

Сборник научных статей
по итогам работы
Международного научного форума

НАУЧНЫЙ ДИАЛОГ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Москва 2026

Коллектив авторов

Сборник научных статей по итогам работы
Международного научного форума
**НАУЧНЫЙ ДИАЛОГ:
ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА**

Москва, 2026

УДК 330

ББК 65

С56



Сборник научных статей по итогам работы Международного научного форума НАУЧНЫЙ ДИАЛОГ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА (г. Москва, 2 июля 2026 г.). / Отв. ред. Д. Р. Хисматуллин. — Москва: Издательство Инфинити, 2026. — 167 с.

У67

DOI 10.34660/INF.2026.15.42.093

Сборник материалов включает в себя доклады российских и зарубежных участников, предметом обсуждения которых стали научные тенденции развития, новые научные и прикладные решения в различных областях науки.

Предназначено для научных работников, преподавателей, студентов и аспирантов вузов, государственных и муниципальных служащих.

Все статьи, представленные в сборнике, проходят процедуру рецензирования. Рецензирование осуществляется членами редакционной коллегии и приглашенными экспертами по соответствующим научным направлениям.

УДК 330

ББК 65

DOI 10.34660/INF.2026.15.42.093

© Издательство Инфинити, 2026

© Коллектив авторов, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Critical parameters of hydrogen and their evaluation in terms of the TAG method

Beysan Ibrahimoglu, Nushaba Kazimova. 8

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

Терапевтический потенциал мезенхимальных стволовых клеток пульпы третьих моляров в регенеративной медицине: перспективы и барьеры практического применения

Берлов Антон Владимирович, Рыбальченко Игорь Александрович 18

Влияние энергетиков на твердые ткани зубов

Хафизова Фаниля Асгатовна, Булатова Динара Ринатовна,

Бахитов Булат Альбертович. 21

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Современный алгоритм диагностики инфекционного перитонита кошек

Полицук Светлана Викторовна, Штайн Евгения Сергеевна 27

Биоактивация зерна как способ получения зернового напитка функциональной направленности

Волкова Алла Викторовна, Макушин Андрей Николаевич,

Бурмистрова Маргарита Андреевна 37

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Оценка обобщающей способности нейронной сети для многомерного прогнозирования климатозоологических данных

Кавешников Артем Владимирович, Волков Юрий Викторович 42

Нейросетевое управление эволюцией тепловых наборов в дифференцированной управляемой адаптивной термозащите параболического обтекателя: математическое программирование замкнутого контура управления

Хорунжий Михаил Дмитриевич. 49

Система критериев оценки качества полевых аудиозаписей звуков природы и метод формирования библиотеки звуков

Южанина Алёна Александровна 65

Анализ современного состояния и тенденций цифровой трансформации инженерного образования в Республике Беларусь <i>Шелягович Александр Сергеевич</i>	73
Анализ технологичности литьевого формования каскадной конструкции цветочного контейнера методом конечных элементов <i>Сироцкая Екатерина Вадимовна, Козич Дарья Павловна, Антонов Александр Сергеевич</i>	76
Сравнительный анализ методов дистилляции знаний (knowledge distillation) в больших языковых моделях для создания ресурсно-эффективных специализированных моделей <i>Федотов Артемий Александрович</i>	84

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Обоснование выбора объектов и механизмов финансирования программы производства многономенклатурного серийного предприятия <i>Форкунов Никита Павлович</i>	94
--	----

ЮРИДИЧЕСКИЕ НАУКИ

Проактивный суверенитет и публично-правовые гарантии эксплуатации морской, воздушной, космической и арктической инфраструктуры в международных строительных и инфраструктурных проектах <i>Белкин Дмитрий Семёнович</i>	104
Снятие тревожности при внедрении искусственного интеллекта: правовой и психологический ракурс <i>Ратнер Наталья Петровна</i>	115

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Стратегические приоритеты и анализ динамики подготовки кадров в системе среднего профессионального образования: опыт Чебоксарского экономико-технологического колледжа <i>Горшкова Надежда Кимовна</i>	119
Социализация и профессионализация молодёжи: опыт многолетнего социолого-педагогического мониторинга <i>Мищенко Александр Сергеевич</i>	127
Модель инновационного управления организацией среднего профессионального образования в Китае: концептуальное обоснование <i>Ли Лю, Шибанова Наталия Михайловна</i>	137

Перспективы совместной белорусско-китайской подготовки специалистов в сфере оптоэлектроники	
<i>Будник Валерия Сергеевна</i>	145

ИСТОРИЧЕСКИЕ НАУКИ

«Большая игра» и современность	
<i>Хайруллин Гриф Тимурзагитович</i>	152

ИСКУССТВОВЕДЕНИЕ

Технология создания декоративного панно с цветами	
<i>Макушина Мария Дмитриевна, Сухарев Андрей Иванович</i>	162

CRITICAL PARAMETERS OF HYDROGEN AND THEIR EVALUATION IN TERMS OF THE TAG METHOD

Beycan Ibrahimoglu

Doctor of Sciences, Professor

*Plasma Technologies Development and Education Foundation, Gazi
University,*

Ankara, Turkiye

Nushaba Kazimova

Student

Middle East Technical University,

Ankara, Turkiye

ABSTRACT

Hydrogen is one of the most important and different pure substances since it has a low liquefaction temperature, low density, and high energy. Its phase transitions are essential for hydrogen energy technologies, storage, fuel cells, and plasma-related applications. In classical thermodynamics, generally, the critical state of hydrogen is defined by the liquid-vapor critical point and its parameters, such as temperature, pressure, and density. Nevertheless, this approach does not clearly define hydrogen's phase behaviour, as this point does not show conditions of liquid-solid and solid-vapor phase boundaries.

In this study, the critical parameters of hydrogen are evaluated in terms of the Thermo-Axiomatic Geometry method. According to TAG interpretation, critical states are also associated with metastable phase regions and with all phase boundaries rather than only the liquid-vapor distinction. For the liquid-solid transition, the pressure value is an operational critical condition, giving $P=1860$ bar at $T=30$ K (approximately). For the solid-vapor transition, the density is an operational critical condition giving $\rho=72.5$ kg/m³ at $T=8-9$ K (approximately).

Based on these calculations, a pressure-temperature phase diagram of hydrogen is proposed. This representation includes liquid-vapor, liquid-solid, and solid-vapor phase boundaries as operational critical markers.

Keywords: hydrogen, critical parameters, phase transitions, Thermo-Axiomatic Geometry, metastability, phase diagram.

INTRODUCTION

The soil we walk on, the water we drink, the air we breathe, and the energy we use are among the most fundamental manifestations of the solid, liquid, vapor, gas, and plasma states of matter in daily life. Therefore, the properties specific to these states of pure substances are widely discussed in educational literature, from elementary-level instruction to university-level studies.

In this context, hydrogen is considered one of the most fundamental examples for explaining the phase behavior of pure substances. Although hydrogen has been studied for centuries, some fundamental questions, particularly regarding its critical parameters, have still not been sufficiently clarified. Therefore, this study focuses on the critical parameters of hydrogen and its special position in phase transitions.

Hydrogen is a fundamental pure substance that can liquefy at low temperatures, has very low density, and possesses high energy content. For this reason, the phase transitions of hydrogen are of particular importance not only in terms of classical thermodynamics, but also for hydrogen energy, cryogenic storage, fuel cells, rocket technologies, and plasma applications.

Criteria for Determining the Critical State

The point at which the liquid $\rightleftharpoons$ vapor equilibrium line terminates was first discovered experimentally by Charles Cagniard de la Tour. Later, Thomas Andrews defined this phenomenon as the critical point and identified the temperature, pressure, and density at this point as the critical temperature (T_{cr}), critical pressure (p_{cr}), and critical density (ρ_{cr}), respectively [1–3]. Figure 1

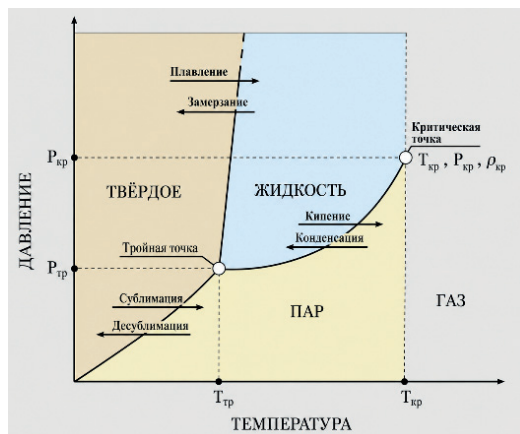


Figure 1 Classical pressure–temperature (p – T) phase diagram of a pure substance and the uncertainty in the critical termination conditions of the liquid $\rightleftharpoons$ solid and solid $\rightleftharpoons$ vapor equilibrium curves.

Critical parameters are fundamental properties that describe the phase behavior, thermodynamic character, and termination conditions of phase boundaries of a pure substance. In general, the critical parameters of a substance can be evaluated through two different thermodynamic approaches:

1. At least one of the phases must terminate at the critical point.
2. The critical point should characterize both of the phases at the phase boundary termination.

In this study, the critical parameters of hydrogen will be comparatively examined using the classical thermodynamic approach and the Thermo-Axiomatic Geometry (TAG) method. In particular, they will be evaluated in terms of the critical states associated with the liquid $\rightleftharpoons$ vapor, liquid $\rightleftharpoons$ solid, and solid $\rightleftharpoons$ vapor phase transitions, and a new P–T diagram will be proposed.

In classical thermodynamics, the liquid $\rightleftharpoons$ vapor critical point of hydrogen is expressed by three critical parameters: critical temperature (T_{cr}), critical pressure (p_{cr}), and critical density (ρ_{cr}). According to NIST data, the liquid $\rightleftharpoons$ vapor critical temperature of hydrogen is approximately **$T_{cr} = 33.18$ K**, its critical pressure is **$p_{cr} = 13.00$ bar**, and its critical density is **$\rho_{cr} = 15.4$ mol/L** [4,5].

However, according to the Thermo-Axiomatic Geometry (TAG) approach, all phase transitions determine the critical point by terminating in a metastable state [6]. Metastability occurs in both superheating and supercooling regimes and plays a fundamental role in determining whether phase transitions are of the first or second order [7]. When a phase is carried beyond its equilibrium boundary, it can continue to exist as a metastable state for a certain period of time. However, as changes in pressure and temperature increase, the lifetime of the metastable state, $\tau = \tau(P, T)$, tends to decrease.

Critical termination, whether approached through superheating or supercooling, occurs at the coordinate where the metastable regime becomes unsustainable:

$$\lim_{(P,T) \rightarrow (P_{cr}, T_{cr})} \tau(P, T) \rightarrow 0$$

Therefore, the critical point should be interpreted not as the “merging” of phases, but rather as the exhaustion of the metastable two-phase regime from both directions, namely through thermal increase and thermal decrease [8,9].

The critical pressure (p_{cr}), however, lies within two different pressure ranges inside the liquid-phase region and does not represent the gas phase:

$$P_1 < P_{cr} < P_2$$

Therefore, the value of p_{cr} alone does not determine the disappearance of the phase boundary and cannot be considered an independent critical criterion explaining the termination of either the liquid or gas region. According to the TAG interpretation, the critical pressure is the projection of the critical point located

on the liquid $\rightleftharpoons$ vapor equilibrium line onto the pressure axis and is defined as a function of the critical temperature:

$$T_{cr} \Rightarrow p_{cr} = p_{eq}(T_{cr})$$

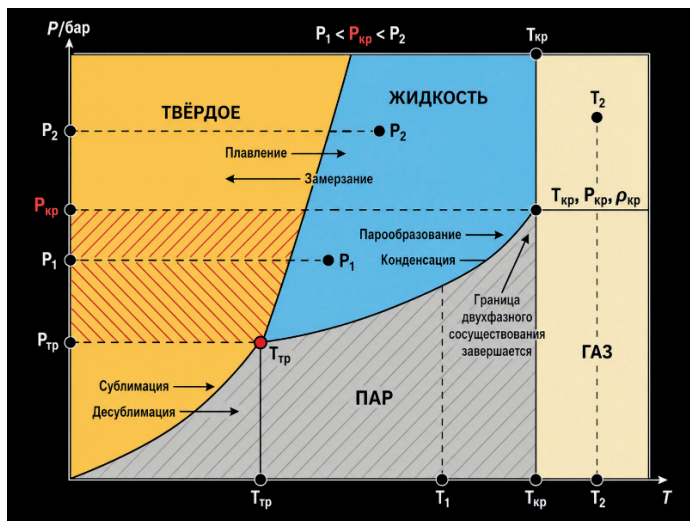


Figure 2 Liquid–vapor phase boundary curve showing the formation of the liquid–gas critical point with increasing temperature. Since the metastable isotherm applies to both phases, the critical temperature (T_{cr}) is the primary parameter of the critical state.

Similarly, the critical density (p_{cr}) characterizes the state of the substance under the condition of T_{cr} ; however, it is not an independent critical criterion.

Thus, a hierarchical relationship exists among the critical parameters:

1. The critical temperature (T_{cr}) represents the fundamental and independent criterion of criticality.
2. The critical pressure (p_{cr}) and critical density (p_{cr}) represent thermodynamic projections defined under the condition of T_{cr} .

Therefore, within the TAG interpretation, the hierarchical relationship for the liquid $\rightleftharpoons$ vapor phase transition of hydrogen can be written as follows:

$$T = T_{cr}, p = p_{cr} = p_{eq}(T_{cr}), \rho = \rho_{cr} = \rho(T_{cr}, p_{cr})$$

This approach evaluates the critical point of hydrogen not merely as a state point defined by three coordinates, but as a special thermodynamic state in which the liquid $\rightleftharpoons$ vapor phase boundary curve terminates under the effect of temperature. Thus, T_{cr} emerges as the independent and fundamental critical parameter for the liquid $\rightleftharpoons$ vapor phase transition of hydrogen [11].

Generally, when the isobars of gases in the V-T plane are extrapolated toward the low-temperature region, they tend to approach absolute zero. However, in hydrogen gas, especially in the low-temperature region, the isobars are observed to geometrically converge not at absolute zero, but around the critical temperature [12].

The TAG method indicates that the nonlinear deviation observed in the low-temperature V-T isobars of hydrogen cannot be explained solely by general quantum effects. The temperature-dependent ortho-para conversion also plays an important role in the volumetric behavior of hydrogen. In particular, the increase in the para-hydrogen fraction at low temperatures should be considered a specific microphysical effect that distinguishes the volumetric behavior of hydrogen from that of other gases.

Therefore, the focusing of hydrogen isobars around the critical temperature in the V-T plane can be interpreted, within the TAG approach, as a special temperature-governed critical focusing condition, rather than as a determination of absolute temperature.

Determination of the Critical Point on the Liquid-Solid Curve

The classical thermodynamic approach considers the liquid $\rightleftharpoons$ solid phase transition as a first-order phase transition. However, in this approach, the liquid $\rightleftharpoons$ solid phase boundary curve is not assumed to terminate at a critical point as in the case of the liquid $\rightleftharpoons$ vapor curve; therefore, an independent pressure-dependent liquid $\rightleftharpoons$ solid critical point is not defined.

One of the most important contributions of the TAG approach for hydrogen is that it makes it possible to examine not only the liquid $\rightleftharpoons$ vapor critical point, but also the termination condition on the liquid $\rightleftharpoons$ solid phase boundary curve. According to the TAG approach, phase transitions are characterized by the termination of metastable states. In this context, the pressure value at which the metastable liquid region terminates in the liquid $\rightleftharpoons$ solid phase transition is interpreted as the liquid $\rightleftharpoons$ solid critical pressure:

$$P = P_{cr}(\text{liquid} - \text{solid})$$

This critical pressure represents the pressure-dependent termination condition of the liquid $\rightleftharpoons$ solid phase boundary curve and is considered an important parameter for explaining the phase behavior of hydrogen under high pressure, as shown in Figure 3.

The ρ -P phase diagram of pure hydrogen shows density-pressure isotherms in the temperature range of 16–500 K. At low temperatures, the liquid phase region, supercritical liquid, supercritical gas, real gas, and ideal gas regions can be distinguished. The extensions of the isotherms in the high-pressure region geometrically focus around approximately 1860 bar, and this behavior is interpreted within the framework of the TAG approach in relation to the liquid $\rightleftharpoons$ solid phase transition of hydrogen.

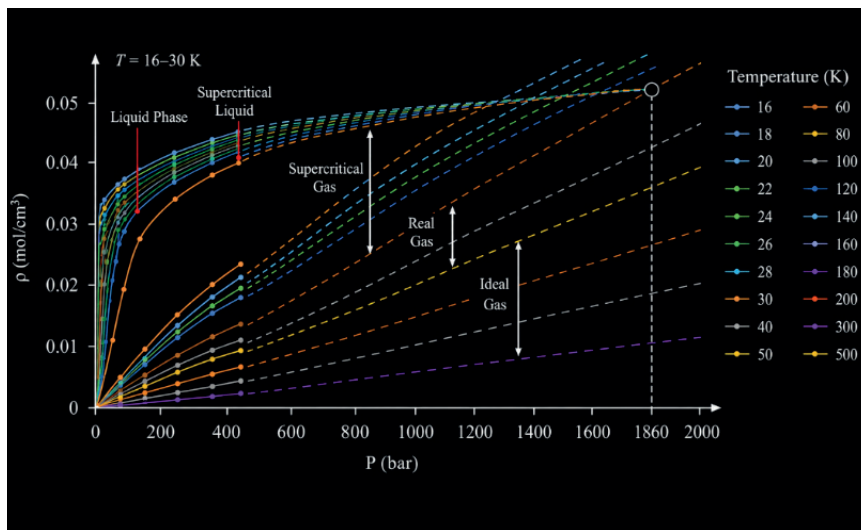


Figure 3 ρ – P isotherms and phase regions of pure hydrogen between 16 and 500 K. The convergence of the isotherms near 1860 bar is interpreted in the TAG approach as the critical pressure region for the liquid $\rightleftharpoons$ solid transition.

As a result of this extrapolation, the temperature of the determined point is found to be approximately 30 K. According to the TAG approach, this point can be interpreted as a special pressure point at which the metastable region terminates during the liquid $\rightleftharpoons$ solid phase transition of hydrogen under high pressure:

$$P_{\text{cr (solid-liquid)}} = 1860 \text{ bar, } T = 30 \text{ K}$$

In this case, the fundamental parameter determining the critical state for the liquid $\rightleftharpoons$ solid transition is not temperature, but pressure. This evaluation is particularly important for a substance such as hydrogen, which liquefies at low temperatures and exhibits different phase behaviors under high pressure. The determination of the liquid $\rightleftharpoons$ solid critical point of hydrogen by the TAG method contributes to a clearer interpretation of its high-pressure phase behavior, cryogenic storage conditions, and solidification boundaries.

Therefore, two different critical states should be distinguished in the phase diagram of hydrogen. The first is the classical critical point, where the liquid $\rightleftharpoons$ vapor phase boundary terminates, and whose fundamental parameter is (T_{cr}). The second is the critical state determined on the liquid $\rightleftharpoons$ solid phase boundary according to the TAG method, whose fundamental parameter is (P_{cr}). This distinction allows the phase transitions of hydrogen to be explained in a more systematic, hierarchical, and physically meaningful way.

Solid $\rightleftharpoons$ Vapor Desublimation Curve and TAG Interpretation

The solid $\rightleftharpoons$ vapor coexistence curve begins at the triple point in the (p)–(T) phase diagram of a pure substance and extends toward lower temperature and lower pressure regions. This curve defines the sublimation and desublimation equilibrium between the solid phase and the vapor phase.

In the classical thermodynamic approach, no critical endpoint is defined along the solid $\rightleftharpoons$ vapor equilibrium curve. According to the classical interpretation, the solid $\rightleftharpoons$ vapor transition preserves its first-order phase transition character, and a critical point at which the phase distinction disappears, as in the liquid $\rightleftharpoons$ vapor transition, does not occur.

However, within the Thermo-Axiomatic Geometry (TAG) approach, this situation is interpreted differently. In the TAG framework, not only the equilibrium line itself but also the sustainability of the metastable phase is taken into account. Therefore, especially in the sub-triple-point regime, the important boundary for the solid $\rightleftharpoons$ vapor transition is not merely the equilibrium curve, but the operational threshold at which metastable sustainability breaks down.

According to this approach, the point at which the vapor phase loses its sustainability as an independent phase can be considered a fundamental marker for the solid $\rightleftharpoons$ vapor transition. This marker does not replace the triple point in the classical sense; however, it makes it possible to numerically define the boundary condition at which the vapor phase loses its independence in the sub-triple-point region.

Direct experimental scanning along the solid $\rightleftharpoons$ vapor boundary may not always be possible. In this case, the marker can be determined by using the geometry of the V_m –T isobar family in the low-temperature region. For this purpose, the temperature value at which the isobars show the strongest focusing is taken as T^* .

T^* = the temperature at which the isobars exhibit the strongest convergence

V_m^* = the average molar volume at T^*

$\rho^* = M / V_m^*$

Here, T^* is the operational temperature marker determined within the TAG approach for the solid $\rightleftharpoons$ vapor transition. V_m^* is the average molar volume corresponding to T^* . ρ^* is the characteristic density value corresponding to this point, and (M) is the molar mass of hydrogen.

For hydrogen, the molar mass is taken as:

$M(H_2) = 2.01588 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$

Based on the extrapolated geometry of the experimental V_m –T isobar family, the approximate values for hydrogen are as follows:

$T^* \approx 8.0\text{--}9.0 \text{ K}$

$V_m^* \approx 28 \text{ cm}^3/\text{mol}$

$\rho^* \approx 72.5 \text{ kg/m}^3$

In the TAG interpretation, this process can be referred to as the metastable freezing effect. This effect describes the direct influence of the solid phase on the vapor phase without passing through the liquid phase, as a result of decreasing temperature and increasing density. At this point, the metastable vapor phase loses its independence; the two-phase definition of the solid $\rightleftharpoons$ vapor transition becomes operationally closed, and the system tends toward a single-phase boundary state. In the TAG approach, this boundary is evaluated as the critical density ρ_{cr} condition for the solid $\rightleftharpoons$ vapor transition.

Therefore, around (T^*) , the metastable sustainability of the vapor phase approaches its limit. As the temperature decreases, the molar volume of the vapor phase decreases, while its density increases. As the vapor density approaches the effective density region of the solid phase, the phase distinction becomes operationally ambiguous. Thus, the metastable vapor phase can no longer be defined as an independent phase, and the system is reduced to a single-phase boundary regime.

Based on the extrapolated geometry of the low-temperature $(V_m)-(T)$ isobar family for hydrogen, this boundary can be approximately expressed by the following values:

$$T^* \approx 8.0\text{--}9.0 \text{ K}$$

$$V_m^* \approx 28 \text{ cm}^3/\text{mol}$$

$$\rho^* \approx 72.5 \text{ kg/m}^3$$

Here, (T^*) is the operational temperature marker at which the metastable vapor phase loses its independent sustainability. (V_m^*) is the average molar volume corresponding to this temperature, while (ρ^*) is the critical density value characterizing the metastable freezing effect in the solid $\rightleftharpoons$ vapor transition.

As a result, while the solid $\rightleftharpoons$ vapor desublimation curve is represented in the classical P-T phase diagram only as an equilibrium curve extending from the triple point toward lower temperature and lower pressure regions, the TAG approach gives this curve a new meaning in terms of metastable sustainability. For hydrogen, the values $(T^* = 8.0\text{--}9.0\text{K})$ ve $(\rho^* = 72.5\text{kg/m}^3)$ can be considered fundamental markers representing the operational termination condition of the solid $\rightleftharpoons$ vapor transition.

The main novelty of this interpretation is that the critical termination condition in the solid $\rightleftharpoons$ vapor phase transition is explained not through temperature or pressure, but through the vapor phase entering the influence region of the solid phase in terms of density. Therefore, in the TAG approach, the fundamental critical parameter for the solid $\rightleftharpoons$ vapor transition is interpreted as the critical density (ρ_{cr}) .

In this study, an extended P-T phase diagram of hydrogen was constructed based on the operational termination points of the liquid $\rightleftharpoons$ solid and solid $\rightleftharpoons$ vapor equilibrium curves obtained by the TAG method. Unlike the classical P-T

representation, this diagram includes not only the liquid $\rightleftharpoons$ vapor critical point, but also the critical markers corresponding to the liquid $\rightleftharpoons$ solid and solid $\rightleftharpoons$ vapor transitions Figure 4.

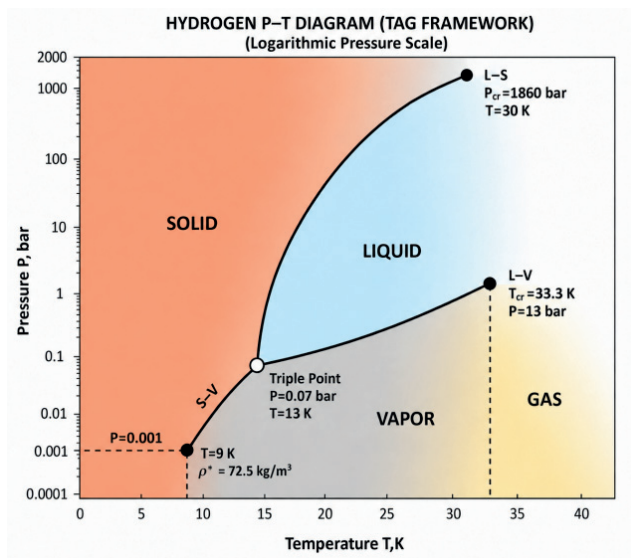


Figure 4 P-T Phase Diagram of Hydrogen

REFERENCES

1. Cagniard de la Tour, C. (1822). *Mémoire sur les liquides en rapport avec les températures et les pressions élevées*. *Annales de Chimie et de Physique*, 21, 127–132.
2. Andrews, T. (1869). *On the continuity of the gaseous and liquid states of matter*. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 159, 575–590.
3. Landau, L. D., & Lifshitz, E. M. (1980). *Statistical physics: Part 1* (3rd ed.). Pergamon Press.
4. Linstrom, P. J., & Mallard, W. G. (Eds.). (n.d.). *NIST Chemistry WebBook, NIST Standard Reference Database Number 69: Hydrogen, H₂; CAS 1333–74–0*. National Institute of Standards and Technology. <https://doi.org/10.18434/T4D303>
5. Hoge, H. J., & Lassiter, J. W. (1951). *Critical temperatures, pressures, and volumes of hydrogen, deuterium, and hydrogen deuteride*. *Journal of Research of the National Bureau of Standards*, 47(2), 75–79.

6. İbrahimoglu, B., Afanasyevich, G. B., Sarikaya, Y., Ibrahimoglu, B. J., & Onal, M. (2023). *Critical parameters of pure substances*. Вестни газовой науки, 2(54), 46–54.
7. Ibrahimoglu, B., Uner, D., Veziroglu, A., Karakaya, F., & Ibrahimoglu, B. (2021). Construction of phase diagrams to estimate phase transitions at high pressures: A critical point at the solid–liquid transition for benzene. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46(29), 15168–15180. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.02.010>
8. Baidakov, V. G. (2016). Phase equilibria, metastable states, and critical points in a simple one-component system. *Journal of Engineering Thermophysics*, 25, 327–336.
9. İbrahimoglu, B., & İbrahimoglu, B. J. (2022). *Critical states at phase transitions of pure substances*. Springer Nature Switzerland AG. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-09966-3>
10. Ibrahimoglu, B., Karakaya, F., & Gasimova, T. (2021). Super phase transition and super metastable state. *Chemical Physics*, 550, 111318. <https://doi.org/10.1016/j.chemphys.2021.111318>
11. Ibrahimoglu, B., Ibrahimoglu, B., Jr., & Kazimova, N. (2025). Thermodynamic definition of critical point and reevaluation of Van der Waals equation. In *Proceedings of the 25th International Congress on Thermal Science and Technology (ULIBTK'25)* (pp. 761–766). Adana, Türkiye. ISBN 978-605-73825-6-6.
12. Ibrahimoglu, B., Veziroglu, T. N., & Huseynov, A. (2005). Study of thermodynamic parameters of hydrogen gas by the grapho-analytic method. *International Journal of Hydrogen Energy*, 30, 515–519. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2004.04.013>

DOI 10.34660/INF.2026.95.66.168

УДК 616.314.11–018.1:615.37

ТЕРАПЕВТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ МЕЗЕНХИМАЛЬНЫХ СТВОЛОВЫХ КЛЕТОК ПУЛЬПЫ ТРЕТЬИХ МОЛЯРОВ В РЕГЕНЕРАТИВНОЙ МЕДИЦИНЕ: ПЕРСПЕКТИВЫ И БАРЬЕРЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Берлов Антон Владимирович

доктор медицинских наук, профессор

Медицинский институт непрерывного образования» (Росбиотех),

г. Москва, Россия

Рыбальченко Игорь Александрович

кандидат медицинских наук, доцент, медицинский директор,

главный врач Семейная стоматологическая клиника «ПрезиДЕНТ

на Луговом»,

г. Москва, Россия

Аннотация. В настоящей обзорной статье систематизированы и обобщены актуальные данные о биологических свойствах и клиническом потенциале мультипотентных мезенхимальных стромальных клеток, экстрагированных из пульпы третьих моляров («зубов мудрости»). Рассматриваются механизмы их трансдифференцировки в кардиомиоциты и нейроноподобные структуры. Особое внимание уделено барьерам, препятствующим внедрению данных клеточных продуктов в рутинную медицинскую практику, а также проблеме утилизации биоматериала.

Ключевые слова: мезенхимальные стволовые клетки, пульпа зуба, третьи моляры, регенеративная медицина, нейродегенеративные заболевания, биобанкинг.

Abstract. This review article systemizes and summarizes current data on the biological properties and clinical potential of multipotent mesenchymal stromal cells extracted from the pulp of third molars («wisdom teeth»). The mechanisms of their transdifferentiation into cardiomyocytes and neuron-like structures are considered. Particular attention is paid to the barriers preventing the introduction

of these cellular products into routine medical practice, as well as the problem of biomaterial disposal.

Keywords: mesenchymal stem cells, dental pulp, third molars, regenerative medicine, neurodegenerative diseases, biobanking.

Введение

Традиционно третьи моляры (*dentes sapientiae*), удаляемые по ортодонтическим или клиническим показаниям, классифицируются как медицинские отходы. Однако за последние два десятилетия парадигма восприятия этого биоматериала кардинально изменилась. Популяция **мезенхимальных стволовых клеток пульпы зуба (DPSC – Dental Pulp Stem Cells)**, впервые подробно описанная в фундаментальном исследовании под эгидой Национального института здравоохранения США (NIH) в 2003 году (Miura et al.), признана одним из наиболее перспективных источников аутологичного клеточного материала. Актуальность исследования DPSC обусловлена их высокой пролиферативной активностью, онтогенетическим происхождением из краниального нервного гребня и доступностью получения без серьезных этических или инвазивных ограничений.

Целью данного обзора является критический анализ накопленных за последние годы научных данных о терапевтической эффективности DPSC, а также структурирование существующих технологических и экономических ограничений, препятствующих их масштабной трансляции из лабораторных условий в клиническую практику.

Анализ мультипотентного потенциала и направлений дифференцировки DPSC

DPSC относятся к категории мультипотентных клеток, что определяет их способность развиваться в различных клеточных направлениях:

1. Кардиомиогенный потенциал. Эксперименты *in vitro* показывают, что под воздействием специфических факторов микроокружения DPSC способны трансформироваться в функциональные кардиомиоциты. Это открывает стратегические возможности для регенерации миокарда после ишемических повреждений и инфарктов, минимизируя формирование фиброзного рубца.

2. Нейрогенная трансдифференцировка. В силу своего эмбрионального происхождения, данные клетки обладают выраженной склонностью к перестройке в нейроноподобные фенотипы, способные к генерации электрических импульсов.

Текущие доклинические испытания направлены на оценку эффективности применения DPSC в терапии тяжелых патологий центральной нервной системы:

- Болезнь Альцгеймера и болезнь Паркинсона (за счет секреции нейротрофических факторов).

- Посттравматические повреждения и разрывы спинного мозга.

Проблема массовой утилизации и инфраструктурные барьеры

Несмотря на доказанную научно-теоретическую ценность, ежегодно только в развитых странах удаляются и безвозвратно уничтожаются десятки миллионов третьих моляров. Превращение этого ресурса в терапевтическое средство сдерживается комплексом факторов:

- **Технологическая строгость эксплантации.** Сохранение жизнеспособности клеточного пула требует немедленного помещения извлеченного зуба в специализированную буферную среду в стерильных условиях операционной и его транспортировки в лабораторию в регламентированные сроки.

- **Финансово-экономический аспект.** Долгосрочное криогенное хранение в жидком азоте (биобанкинг) сопряжено со значительными затратами, перекладываемыми на пациента в рамках индивидуального биострахования.

- **Стандартизация и регуляция.** Большинство клеточных протоколов на основе DPSC находятся на стадии ранних фаз клинических исследований. Отсутствие унифицированных международных стандартов производства передовых клеточных продуктов (ATMP) препятствует их массовому внедрению в государственные протоколы лечения.

Заключение

Мезенхимальные стволовые клетки третьих моляров представляют собой уникальный клеточный резерв, способный совершить переворот в кардиологии и неврологии. Преодоление технологических и инфраструктурных барьеров сбора, а также развитие сети доступных биобанков позволит трансформировать статус «медицинских отходов» в источник высокотехнологичного персонализированного лечения.

Литература

1. Miura M., Gronthos S., Zhao M. et al. SHED: Stem cells from human exfoliated deciduous teeth // *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*. – 2003. – Vol. 100, No. 10. – P. 5807–5812.

2. Мусаева Х. Х. Современные возможности и перспективы мезенхимальных стволовых клеток в ортопедической стоматологии (обзор литературы) // *Вестник медицинского института «РЕАВИЗ»*. – 2022.

3. Клеточные технологии в практической медицине и стоматологии: инновационные подходы к регенерации тканей // *Стоматология*. – 2024.

DOI 10.34660/INF.2026.96.16.173

ВЛИЯНИЕ ЭНЕРГЕТИКОВ НА ТВЕРДЫЕ ТКАНИ ЗУБОВ

Хафизова Фаниля Асгатовна

кандидат медицинских наук, доцент

*Институт фундаментальной медицины и биологии,
Казанский (Приволжский) федеральный университет,
Казань, Россия*

Булатова Динара Ринатовна

врач-стоматолог-терапевт

Бахитов Булат Альбертович

ординатор

*Институт фундаментальной медицины и биологии,
Казанский (Приволжский) федеральный университет,
Казань, Россия*

Аннотация. Предметом настоящего исследования является комплексный анализ влияния химических веществ, содержащихся в энергетических напитках, на твердые ткани зубов. В качестве гипотезы было выдвинуто предположение о том, что химические вещества в структуре эмали вступают в реакцию с кислотами в составе энергетиков, что негативно влияет на твердые ткани зубов. Методологическую основу исследования составили анализ и обобщение данных современных отечественных и зарубежных исследований, в которых рассматриваются строение твердых тканей зубов и их химический состав. Были применены статистические (анкетирование) и химические методы (проведено исследования pH энергетических напитков и их влияния на зубы).

Цель работы: заключалась в оценке кислотности энергетических напитков и определению их влияния на состояние твердых тканей зубов.

Ключевые слова: энергетики, деминерализация эмали, кислотность (pH) напитков, лимонная кислота, ортофосфорная, гидроксиапатиты.

Введение.

Зубы – это неотъемлемый элемент системы жевания и речи, который, согласно современным взглядам, представляет собой сложный комплекс взаимодействующих и взаимосвязанных органов. Они играют ключевую роль в процессах жевания, дыхания, формирования голоса и речи.

Эмаль – самая твердая ткань в организме человека (сравнима по твердости с мягкой сталью), не содержит клеток и не способна к восстановлению при повреждении. Однако в ней постоянно происходит обмен веществ (в основном ионов), которые поступают в нее как со стороны подлежащих зубных тканей (дентина, пульпы), так и из слюны. Вместе с поступлением ионов (реминерализацией) происходит их удаление из эмали (деминерализация). Эти процессы постоянно находятся в состоянии динамического равновесия. Сдвиг этого равновесия в ту или иную сторону зависит от многих факторов, включая содержание микро- и макроэлементов в слюне, pH в полости рта и на поверхности зуба.

Состав слюны включает в себя воду, слизь, белки, минеральные соли и фермент амилазу, и обладает pH (смешанной слюны – секрета слюнных желез, десневой жидкости и тканевой жидкости, диффундирующей через слизистую оболочку полости рта) у здоровых людей в среднем 7,1 (6,8–7,5). Именно эти элементы из её содержимого определяют pH в ПР. [Lussi A., 2022].

В классический состав всех энергетических напитков входят такие элементы как: сахар, кофеин, таурин, регуляторы кислотности, L-карнитин, антиоксидант (аскорбиновая кислота), витамины группы В и другие стимуляторы [Mandel I., 2024].

- сахар – привлекает вредные бактерии и снижает pH во рту;
- регуляторы кислотности – лимонная кислота, ортофосфорная кислота;
- антиоксидант – аскорбиновая кислота

Именно эти веществ, изменяя pH во рту в кислую сторону, влияют на эмаль зуба, подвергая её изменениям, нарушениям целостности структуры. К тому же pH большинства энергетических напитков находится в диапазоне 2.8–3.5, что значительно ниже кислотности в полости рта [Redondo N., 2022].

Влияние содержимого энергетических напитков на эмаль зуба

Основной компонент эмали – гидроксиапатит $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ (75%). Также в ее состав входят карбонапатит $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{CO}_3$, карбонат кальция CaCO_3 и др.

Для примера составили реакцию взаимодействия лимонной кислоты и карбоната кальция:



В результате взаимодействия этих веществ образуется ацетат кальция – $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$, вода и углекислый газ. Поскольку карбонат кальция составляет неотъемлемую часть зубной эмали, его реакция приводит к изменению состава эмали и, следовательно, изменению ее прочности, устойчивости и минерализации. Кислота растворяет кристаллы гидроксиапатита, начиная с их сердцевин [Enax J., 2023]. Стоит отметить, что это может привести к возникновению пятен и потере естественной белизны зубов. Такая же ситуация наблюдается при употреблении любых особо окрашенных жидкостей,

будь то кофе, чай, вино, газировка и другие. Темные частицы могут проникать в поры эмали и задерживаться там. Следовательно, регулярное использование энергетических напитков обязательно приведет к видимому изменению цвета зубов и со временем вызовет появление слежавшихся пятен на поверхности зубов [Суслонova А. П., 2021].

Экспериментальное исследование [Faisal T. R., 2023], в котором с помощью электронного сканирующего микроскопа изучались образцы зубов, погружаемые в различные напитки, показало значительное изменение микрорельефа эмали, эрозию и потерю минералов. Также исследование [Li H., 2024] показало значительные изменения микротвердости и шероховатости эмали после погружения в энергетические напитки, в том числе более агрессивное воздействие по сравнению со спортивными напитками.

Сахар является источником питания для бактерий, что определяется как одним из основных факторов риска развития кариеса. Кроме высокого содержания сахара и искусственных подсластителей, эти напитки обладают крайне кислым pH. На самом деле, они могут содержать даже больше кислоты, чем спортивные напитки или обычные газированные напитки. И хотя зубная эмаль является самым твердым веществом в организме, она не является неуязвимой. Если зубы регулярно подвергаются воздействию жидких кислотных растворов, эмаль начинает изнашиваться. Постепенно, по мере того как эмаль становится тоньше, бактерии, сахар и кислоты проникают внутрь зуба, вызывая развитие кариозных полостей.

Кроме того, энергетические напитки могут оказывать влияние на общее здоровье полости рта. Они могут вызывать сухость во рту, что увеличивает риск развития кариеса и других проблем, таких как воспаление десен и заболевания десен. Это происходит из-за того, что энергетические напитки содержат еще кофеин и другие ингредиенты, которые могут вызывать дегидратацию организма.

Поэтому очень важно, содержание в поступающих в слюну напитках полезных веществ, тогда как, множество статей от различных специалистов уже подтвердили вред газированных напитков как для здоровья в целом, так и для здоровья зубов. Эксперты из Academy of General Dentistry (США) утверждают, что любые газированные и энергетические напитки представляют серьезную угрозу для здоровья зубов. Уровень pH в этих напитках таков, что вызывает эрозию зубов и последующее разрушение зубной структуры под воздействием кислоты. Энергетические и спортивные напитки стали популярными среди детей и подростков в последнее время. Если человек регулярно употребляет сладкую газировку, вероятность возникновения серьезных проблем с зубами в ближайшем будущем очень высока, поэтому, вызывает опасения у стоматологов.

Материалы и методы:

Для выяснения частоты употребления энергетических напитков было создано онлайн-анкетирование.

В ходе исследования были измерены уровни pH и титруемая кислотность с помощью лакмусной бумаги нескольких популярных энергетических напитков, куда были помещены удаленные исследуемые зубы. Растворение эмали определяли визуально, через два дня и фиксировали с помощью фотопротокола.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате проведенного онлайн анкетирования было выявлено, что молодые люди употребляют энергетические напитки часто – в среднем 3–4 раза в неделю. Это подтверждает популярность этих продуктов среди молодежи. Определение pH напитка по лакмусовой бумаге показало $\text{pH}=3\text{--}4$, что титруемая кислотность напитков обратно пропорциональна их уровню pH и влияет на потерю массы эмали. Это означает, что чем ниже уровень pH напитка (то есть, чем он кислее), тем больше он способствует растворению эмали. В результате опыта с исследуемыми зубами (нахождение их в энергетическом напитке в течение 2 дней) было зафиксировано изменение цвета эмали и цемента зубов. (Рис. 1–4 до и после помещения зубов в энергетический напиток.)

До

После



Рис. 1 до и после помещения зуба в энергетический напиток.



Рис. 2 до и после помещения зуба в энергетический напиток.



Рис. 3 до и после помещения зуба в энергетический напиток.



Рис. 4 до и после помещения зуба в энергетический напиток.

Обсуждение

В ходе оценки кислотности энергетических напитков было выявлено, что $pH=3-4$, что является средой почти что в 2 раза ниже, чем норма в полости рта (pH в среднем в норме 7,1). Это объясняется наличием в составе энергетических напитков лимонной кислоты, ортофосфорной кислоты и аскорбиновой кислоты. Также немаловажным является наличие большого количества сахара в составе. Именно он является субстратом для бактерий, продуцирующих кислые вещества и изменения pH в кислую сторону. Входящие в эмаль гидроксиапатиты и карбонапатиты вступая в реакцию с кислотами, вытесняются из структуры эмали. Эта реакция приводит к изменению состава эмали и, следовательно, изменению ее прочности, устойчивости и минерализации. Именно это, может привести к возникновению пятен и потере естественной белизны зубов, что и наблюдалось в результате эксперимента.

Выводы

Данные нашего исследования наглядно доказывают вред, который могут причинить энергетические и спортивные напитки на зубы, в результате их чрезмерного и регулярного употребления. Очень важно, чтобы стоматологи информировали своих пациентов о возможных рисках, для предотвращения преждевременного повреждения зубов, особенно у детей и подростков, которые являются основной целевой аудиторией этих продуктов и предлагали альтернативы для поддержания уровня энергии, такие как здоровое питание и достаточный сон. В дальнейших перспективах исследования можно рассматривать проведение опыта с удаленными зубами в условиях, близких к условиям в полости рта, где можно будет оценить влияние частоты употребления энергетиков на скорость и степень повреждения эмали, а также поиск

методов профилактики, направленных на уменьшение влияния энергетических напитков на твердые ткани зубов.

Список литературы.

1. Сулонова А. П., Афанасьева Т. А. Влияние кислот на компоненты зубной эмали и костной ткани. // VI Международная (76 Всероссийская) научно-практическая конференция «Актуальные вопросы современной медицинской науки и здравоохранения». – 2021 г. – С. 1137–1141.
2. Besnard C., Harper, R. A., et al. Multiscale investigations of human enamel: From composition to micromechanical properties // *Acta Biomaterialia*. – 2022. – Vol. 145. – P. 412–423.
3. Enax J., & Epple M. The Structure of Human Dental Enamel and Its Influence on the Resistance against Acid Attacks // *Biomimetics*. – 2023. – Vol. 8(1). – P. 89.
4. Faisal T. R., & Al-Taei R. A. The erosive potential of different energy drinks on human enamel: An in vitro study using scanning electron microscopy // *Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry*. – 2023. – Vol. 13(1). – P. 42–49.
5. Lacruz R. S., & Paine M. L. Recent advances in understanding enamel formation // *Current Opinion in Physiology*. – 2021. – Vol. 21. – P. 7–12.
6. Li H., & Zou J. Comparative evaluation of enamel surface roughness and hardness after exposure to sports and energy drinks // *BMC Oral Health*. – 2024. – Vol. 24(1). – P. 15.
7. Lussi, A., & Carvalho T. S. Erosive tooth wear – a review on the role of biological and chemical factors // *Journal of Dentistry*. – 2022. – Vol. 120. – P. 104093.
8. Mandel I. D. The chemistry of erosive drinks: Why pH isn't the only villain // *Journal of Clinical Dentistry*. – 2021 (переиздание 2024). – Vol. 32(2). – P. A45–A52.
9. Redondo N., & Gómez-Martínez S. Analysis of the acid content and pH of commercial energy drinks available in the European market // *Nutrients*. – 2022. – Vol. 14(8). – P. 1625.
10. Schneider S., & Schneider H. Impact of energy drink consumption on dental health in adolescents: A cross-sectional study // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. – 2022. – Vol. 19(5). – P. 2894.
11. Seifert S. M., & Schaechter J. L. Energy Drinks: Composition and Health Consequences // *Pediatric Clinics of North America*. – 2023. – Vol. 70(3). – P. 455–471.

DOI 10.34660/INF.2026.96.20.006

УДК 619:616.98:636.8

СОВРЕМЕННЫЙ АЛГОРИТМ ДИАГНОСТИКИ ИНФЕКЦИОННОГО ПЕРИТОНИТА КОШЕК

Полищук Светлана Викторовна

кандидат биологических наук, доцент

Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского,

Институт «Агротехнологическая академия»

Штайн Евгения Сергеевна

ветеринарный врач

Вет.клиника «Саваж»

Аннотация: в статье рассмотрены современные подходы к диагностике инфекционного перитонита кошек и предложен последовательный алгоритм обследования пациентов с подозрением на ИПК. Проанализированы этапы диагностического поиска: оценка анамнеза и клинической формы заболевания, общий и биохимический анализ крови, исследование выпотной жидкости, проба Ривальта, ПЦР-диагностика, иммуноцитохимическое и иммуногистохимическое выявление антигена FCoV. Показано, что достоверная диагностика ИПК требует комплексной оценки данных, поскольку отдельные лабораторные или серологические тесты не обладают достаточной самостоятельной диагностической ценностью.

Ключевые слова: инфекционный перитонит кошек, FCoV, диагностика, алгоритм, выпот, ПЦР, проба Ривальта, иммуногистохимия, иммуноцитохимия.

Abstract: the article discusses modern approaches to the diagnosis of feline infectious peritonitis and proposes a step-by-step algorithm for examining cats suspected of FIP. The diagnostic pathway includes assessment of history and clinical form, complete blood count and serum biochemistry, effusion analysis, Rivalta test, PCR testing, immunocytochemical and immunohistochemical detection of FCoV antigen. It is shown that reliable diagnosis of FIP requires an integrated interpretation of clinical, laboratory, imaging and direct diagnostic findings, as individual serological or molecular tests do not have sufficient standalone diagnostic value.

Key words: *feline infectious peritonitis, FCoV, diagnostics, algorithm, effusion, PCR, Rivalta test, immunohistochemistry, immunocytochemistry.*

Инфекционный перитонит кошек (ИПК, FIP) остается одной из наиболее сложных патологий мелких домашних животных как с клинической, так и с лабораторно-диагностической точки зрения. Заболевание связано с коронавирусной инфекцией кошек, однако сам факт контакта с FCoV не равен диагнозу ИПК: у большинства животных коронавирусная инфекция протекает бессимптомно или в форме легкого энтерита, тогда как инфекционный перитонит развивается только у части инфицированных кошек. В руководствах ABCD подчеркивается, что FCoV является широко распространенным РНК-вирусом кошек, передающимся преимущественно фекально-оральным путем [1, с. 1847]. Диагностика ИПК должна быть построена не как поиск одного изолированного признака, а как последовательное сопоставление эпизоотологических данных, клинической картины, лабораторных изменений и прямых методов выявления вирусного антигена или РНК в релевантном патологическом материале.

Актуальность разработки практического диагностического алгоритма обусловлена тем, что клинические признаки ИПК часто неспецифичны. Лихорадка, угнетение, гипорексия или анорексия, потеря массы тела, анемия и диспротеинемия могут встречаться при многих воспалительных, неопластических и иммунопатологических процессах. В то же время несвоевременное распознавание ИПК приводит к задержке специфической противовирусной терапии и ухудшению прогноза. В рекомендациях AAEP/EveryCat отмечается, что ИПК без лечения является смертельным заболеванием и постановка правильного диагноза является основополагающей [3, с. 905]. Это особенно важно в условиях практической ветеринарной клиники, где врач должен принять решение о дальнейшем обследовании, госпитализации, начале терапии и информировании владельца в ограниченные сроки.

Цель статьи – систематизировать современные подходы к диагностике инфекционного перитонита кошек и предложить последовательный алгоритм обследования пациентов с подозрением на ИПК.

Материалом для статьи послужили данные современных научных публикаций, клинических рекомендаций ABCD и AAEP/EveryCat, а также результаты собственных наблюдений. В рамках работы анализировались пациенты с убедительным диагнозом ИПК, оценивались клинические проявления, результаты общего и биохимического анализов крови, данные инструментальной диагностики и лабораторного мониторинга. В практической части исследования применялись эпизоотологические, клинические, инструментальные, серологические, молекулярно-биологические и иммунохимические

методы исследования. На основании этих данных сформирован прикладной алгоритм, пригодный для первичного приема, стационарного наблюдения и динамического контроля пациента.

Первый этап диагностики – оценка анамнеза и факторов риска. Наиболее настораживающими обстоятельствами являются молодой возраст животного, недавний стресс, содержание в питомнике, приюте или доме с несколькими кошками, поступление нового животного в группу, эпизоды диареи в анамнезе, а также контакт с кошками, у которых ранее выявлялся FCoV. Однако ни один из этих факторов не является самостоятельным диагностическим критерием. Их значение состоит в повышении или снижении априорной вероятности ИПК до проведения лабораторных тестов. Согласно современным обзорам, заболеваемость выше у молодых кошек, но заболевание может встречаться у животных любого возраста [4, с. 1068]. Поэтому исключать ИПК только на основании возраста или породы пациента недопустимо.

Второй этап – клиническая оценка и определение формы заболевания. В практической работе целесообразно сразу разделять пациентов на четыре условные диагностические группы: кошки с выпотом, кошки без выпота, кошки с неврологическими признаками и кошки с окулярными проявлениями. Такое разделение важно, потому что выбор материала для исследования зависит от клинической формы. При экссудативном варианте наиболее информативной пробой становится выпотная жидкость; при неврологической форме оценивают неврологический статус и по показаниям ликвор; при окулярной форме диагностическую ценность имеют офтальмологическое исследование и, в отдельных случаях, исследование водянистой влаги. В собственных наблюдениях наиболее частыми клиническими признаками были апатия, лихорадка, гипо- или анорексия; в зависимости от формы также отмечались выпоты, неврологический дефицит и признаки поражения глаз.

Третий этап – базовое лабораторное обследование. Оно не подтверждает ИПК окончательно, но формирует основу диагностической гипотезы. В минимальный набор следует включать общий клинический анализ крови, биохимический профиль сыворотки, оценку общего белка, альбумина, глобулинов, коэффициента альбумин/глобулин (A: G), билирубина, активности ALT и AST, а также тестирование на FeLV и FIV по показаниям. Для ИПК характерны анемия хронического воспаления, нейтрофильный лейкоцитоз, лимфопения, гиперглобулинемия, гипоальбуминемия, снижение A: G и иногда гипербилирубинемия. Однако эти изменения не являются патогномоничными. Их диагностическая ценность возрастает только при сопоставлении с клинической картиной, данными визуализации и результатами исследования выпота или ткани.

Особое место занимает коэффициент А: G. Низкий А: G поддерживает подозрение на ИПК, поскольку отражает сочетание гипоальбуминемии и гиперглобулинемии, характерное для системного иммуновоспалительного процесса. При этом сам по себе низкий А: G не может служить основанием для окончательного диагноза. В литературе описаны ситуации, когда положительная прогностическая ценность порогового значения А: G существенно менялась в зависимости от состава исследуемой популяции [4]. Поэтому в практическом алгоритме А: G следует рассматривать как маркер вероятности и активности воспаления, а не как самостоятельный «тест на ИПК».

Четвертый этап – инструментальная диагностика. Ультразвуковое исследование брюшной полости и рентгенография грудной клетки позволяют выявить свободную жидкость, изменения лимфатических узлов, печени, почек, кишечника и серозных оболочек. При наличии дыхательной недостаточности, увеличения живота или приглушения сердечно-легочных шумов визуализация помогает подтвердить или исключить плевральный и абдоминальный выпот. УЗИ также важно для выбора места пункции, оценки безопасности забора материала и поиска органов-мишеней для тонкоигольной аспирации или биопсии. Вместе с тем инструментальные признаки не являются специфичными: асцит, плевральный выпот и лимфаденопатия возможны при неоплазиях, сердечной недостаточности, септических процессах, заболеваниях печени и лимфатической системы.

Таблица 1. Последовательность диагностического алгоритма при подозрении на ИПК

Этап	Основная задача	Материал / метод	Интерпретация результата
1. Анамнез	Оценить исходную вероятность ИПК	Возраст, стресс, групповое содержание, контакт с FCoV	Факторы риска повышают настороженность, но не подтверждают диагноз
2. Клиническая форма	Определить направление дальнейшего поиска	Осмотр, термометрия, пальпация, офтальмологический и неврологический статус	Выделяют выпотную, невыпотную, окулярную и неврологическую формы
3. Базовая лаборатория	Выявить воспалительный и белковый профиль	ОАК, БАК, общий белок, альбумин, глобулины, А: G, билирубин	Поддерживает или снижает вероятность ИПК, но не является окончательным подтверждением

Этап	Основная задача	Материал / метод	Интерпретация результата
4. Визуализация	Найти выпот и пораженные органы	УЗИ, рентгенография, по показаниям МРТ/КТ	Позволяет выбрать материал для пункции, аспирации или биопсии
5. Выпот	Оценить характер жидкости	Белок, клеточность, цитология, проба Ривальта, ПЩР, ИЦХ	Отрицательная проба Ривальта снижает вероятность ИПК; положительная требует подтверждения
6. Прямые тесты	Подтвердить участие FCoV в поражении	ИГХ/ИЦХ антигена FCoV, ПЩР релевантных проб, гистология	Выявление антигена FCoV в макрофагах наиболее специфично для диагноза
7. Заключение	Сопоставить все данные	Клиника + лаборатория + визуализация + прямые тесты + дифференциальный диагноз	Формулируется подтвержденный, высоковероятный или маловероятный ИПК

Пятый этап – исследование выпотной жидкости, если она присутствует. В современных рекомендациях ABCD и AAFP/EveryCat подчеркивается, что при наличии выпота его исследование является одним из наиболее полезных диагностических шагов [1; 3]. В практическом отношении оценивают цвет, вязкость, прозрачность, общий белок, клеточность, цитологическую картину, результаты пробы Ривальта, а при возможности – ПЩР и иммуноцитохимическое выявление антигена FCoV в макрофагах. Выпот при ИПК часто имеет соломенно-желтый цвет, повышенное содержание белка и относительно невысокую клеточность. Однако септический перитонит, лимфома и другие воспалительные заболевания также могут сопровождаться изменением состава выпота, поэтому цитология и бактериологическое исследование остаются важной частью дифференциальной диагностики.

Проба Ривальта является доступным ориентировочным тестом, который особенно полезен для исключения ИПК при отрицательном результате. В исследовании Y. Fischer и соавт. отрицательная прогностическая ценность теста составила 93,4%, тогда как специфичность была ниже и ограничивала возможность окончательного подтверждения болезни только на основании положительной реакции [7, с. 558–567]. Поэтому в алгоритме проба Ривальта занимает место быстрого скринингового теста: отрицательный результат снижает вероятность ИПК, а положительный требует дальнейшего подтверждения более специфичными методами.

Шестой этап – прямое подтверждение FCoV в патологическом материале. Наиболее доказательным считается выявление антигена FCoV в макрофагах пораженных тканей методом иммуногистохимии или в клетках выпота методом иммуноцитохимии. E. Ives и соавт. указывают, что «золотой стандарт диагностики» основан на обнаружении внутриклеточного антигена FCoV в макрофагах [5, с. 1149–1153]. Данный подход имеет высокую специфичность, поскольку диагностическое значение имеет не просто наличие коронавируса, а его локализация в макрофагах в контексте соответствующего воспалительного поражения. Отрицательный результат, однако, не всегда исключает ИПК: антиген может быть распределен неравномерно, а в пробе может оказаться недостаточно макрофагов. Поэтому при высокой клинической вероятности болезни отрицательные прямые тесты должны интерпретироваться осторожно.

ПЦР-диагностика имеет важное, но ограниченное значение. Обнаружение РНК FCoV в кале подтверждает выделение коронавируса, но не доказывает ИПК, поскольку кишечный FCoV широко распространен у клинически здоровых кошек. ПЦР по крови также не всегда позволяет надежно отличить ИПК от системной коронавирусной инфекции без развития перитонита. Более информативным считается исследование релевантного патологического материала – выпота, ткани, аспирата пораженного органа, ликвора или водянистой влаги при соответствующих клинических формах. При этом ПЦР желательно использовать как часть комплексной оценки, а не как изолированный критерий постановки диагноза.

Серологические тесты также требуют осторожной интерпретации. Наличие антител к FCoV говорит о контакте с коронавирусом, но не отличает кошку-носителя от животного с ИПК. Отсутствие антител не всегда полностью исключает заболевание, особенно при тяжелом течении, образовании иммунных комплексов или особенностях иммунного ответа. Поэтому серологию следует применять для оценки контакта с FCoV и эпизоотологической ситуации, но не для самостоятельного подтверждения диагноза. Такой подход согласуется с современными обзорами, где подчеркивается необходимость комплексного диагностического решения, а не ориентации на один тест [2, с. 228–243; 4, с. 1068].

Предлагаемый алгоритм диагностики ИПК представлен в таблице 1 и на рисунке 1. Его практическая особенность заключается в том, что он начинается не с дорогостоящих специальных методов, а с оценки вероятности заболевания. Это позволяет рационально распределять диагностические затраты: сначала выделить пациентов с высокой, умеренной или низкой вероятностью ИПК, а затем выбирать прямые методы подтверждения в зависимости от формы болезни и доступного материала.



Рис. 1. Современный алгоритм диагностики инфекционного перитонита кошек

После выполнения основных этапов обследования диагноз может быть сформулирован в трех вариантах. Первый вариант – подтвержденный ИПК, когда клиническая картина и лабораторные изменения сочетаются с выявлением антигена FCoV в макрофагах или убедительным прямым обнаружением возбудителя в релевантном патологическом материале. Второй вариант – высоковероятный ИПК, когда имеются характерные клинические и лабораторные признаки, но прямое подтверждение невозможно или получено неоднозначно. Третий вариант – маловероятный ИПК, когда данные обследования лучше объясняются другим заболеванием, а ключевые тесты, например анализ выпота и проба Ривальта, не поддерживают диагноз.

Важнейшим условием применения алгоритма является дифференциальная диагностика. У кошек с выпотом в первую очередь необходимо исключать сердечную недостаточность, неоплазии, лимфому, септический перитонит, пиоторакс, хилоторакс, заболевания печени и гипоальбуминемию иной природы. У животных без выпота дифференциальный ряд расширяется за счет лимфомы, токсоплазмоза, микобактериоза, грибковых инфекций, воспалительных заболеваний кишечника, холангита, панкреатита и аутоиммунных процессов. При неврологической форме следует учитывать менингоэнцефалит иной этиологии, неоплазии ЦНС, травмы и врожденные аномалии. При

окулярной форме необходимо исключать увеит инфекционной, травматической, неопластической и иммунной природы.

Таблица 2. Основные направления дифференциальной диагностики ИПК

Клиническая ситуация	Основные дифференциальные диагнозы	Что помогает отличить от ИПК
Асцит или плевральный выпот	Сердечная недостаточность, неоплазии, лимфома, септический перитонит, пиоторакс, хилоторакс, болезни печени	Цитология выпота, бактериология, эхокардиография, УЗИ, уровень белка и клеточность, проба Ривальта
Лихорадка и потеря массы без выпота	Лимфома, хронические бактериальные инфекции, микозы, токсоплазмоз, FeLV/FIV-ассоциированные заболевания	Гематология, биохимия, тесты FeLV/FIV, визуализация, аспирация лимфоузлов или органов
Неврологические признаки	Менингоэнцефалит иной этиологии, токсоплазмоз, травма, неоплазия ЦНС, врожденные аномалии	Неврологический осмотр, ликвор, МРТ/КТ, ПЦР/ИЦХ по показаниям
Увеит и поражение глаз	Травматический, инфекционный, неопластический или иммунный увеит	Офтальмологическое обследование, исключение системных инфекций, исследование водянистой влаги по показаниям
Гиперглобулинемия и низкий A: G	Хронические воспалительные заболевания, неоплазии, заболевания печени, FeLV/FIV	Сопоставление с клиникой, динамика показателей, прямые тесты на FCoV в релевантном материале

Таким образом, современный алгоритм диагностики инфекционного перитонита кошек должен быть многоэтапным и вероятностным. Он включает оценку анамнеза и факторов риска, клиническую классификацию формы заболевания, базовые лабораторные исследования, визуализацию, исследование выпота при его наличии, прямые методы выявления FCoV в макрофагах и обязательное исключение сходных заболеваний. Наиболее надежным диагностическим подходом является не изолированное применение одного теста, а последовательное накопление доказательств.

Практическое значение предложенного алгоритма заключается в том, что он позволяет уменьшить риск как гипердиагностики, так и позднего распознавания ИПК. При наличии выпота диагностический путь должен быть направлен на его исследование; при отсутствии выпота большее значение приобретают лабораторный профиль, визуализация и поиск пораженного органа для цитологического или гистологического подтверждения. Положительная ПЦР или

серология без соответствующей клинической картины не должна рассматриваться как окончательный диагноз, а отрицательный результат отдельных тестов не всегда исключает заболевание при высокой клинической вероятности.

Выводы:

1. Диагностика инфекционного перитонита кошек должна основываться на комплексной оценке анамнеза, клинической формы, результатов ОАК и БАК, визуализации, анализа выпота и прямых методов выявления FCoV.

2. При наличии выпотной жидкости наиболее рациональным является ее первичное исследование, включающее оценку белка, клеточности, цитологию, пробу Ривальта и, по возможности, прямые методы подтверждения.

3. ПЦР и серологические тесты имеют вспомогательное значение и не должны использоваться как единственное основание для постановки или исключения диагноза ИПК.

4. Наиболее специфичным подтверждением является выявление антигена FCoV в макрофагах пораженных тканей или выпотной жидкости методами ИГХ/ИЦХ при соответствии клинической и лабораторной картины.

5. Предложенный алгоритм может применяться в ветеринарной практике для стандартизации обследования кошек с подозрением на ИПК и рационального выбора диагностических тестов.

Список источников

1. Tasker S. *Feline Infectious Peritonitis: European Advisory Board on Cat Diseases (ABCD) Guidelines* / S. Tasker [et al.] // *Viruses*. – 2023. – Vol. 15, № 9. – Article 1847. – DOI: 10.3390/v15091847.

2. Tasker S. *Diagnosis of feline infectious peritonitis: update on evidence supporting available tests* / S. Tasker // *Journal of Feline Medicine and Surgery*. – 2018. – Vol. 20, № 3. – P. 228–243. – DOI: 10.1177/1098612X18758592.

3. Thayer V. *2022 AAFP/EveryCat Feline Infectious Peritonitis Diagnosis Guidelines* / V. Thayer [et al.] // *Journal of Feline Medicine and Surgery*. – 2022. – Vol. 24, № 9. – P. 905–933. – DOI: 10.1177/1098612X221118761.

4. Felten S. *Diagnosis of Feline Infectious Peritonitis: A Review of the Current Literature* / S. Felten, K. Hartmann // *Viruses*. – 2019. – Vol. 11, № 11. – Article 1068. – DOI: 10.3390/v11111068.

5. Ives E. J. *Immunocytochemical demonstration of feline infectious peritonitis virus within cerebrospinal fluid macrophages* / E. J. Ives, A. E. Vanhaesebrouck, F. Cian // *Journal of Feline Medicine and Surgery*. – 2013. – Vol. 15, № 12. – P. 1149–1153. – DOI: 10.1177/1098612X13491960.

6. Addie D. *Feline infectious peritonitis. ABCD guidelines on prevention and management* / D. Addie [et al.] // *Journal of Feline Medicine and Surgery*. – 2009. – Vol. 11, № 7. – P. 594–604. – DOI: 10.1016/j.jfms.2009.05.008.

7. Fischer Y. *Diagnostic accuracy of the Rivalta test for feline infectious peritonitis* / Y. Fischer [et al.] // *Veterinary Clinical Pathology*. – 2012. – Vol. 41, № 4. – P. 558–567. – DOI: 10.1111/j.1939-165X.2012.00464.x.

8. Pedersen N. C. *An update on feline infectious peritonitis: diagnostics and therapeutics* / N. C. Pedersen // *The Veterinary Journal*. – 2014. – Vol. 201, № 2. – P. 133–141. – DOI: 10.1016/j.tvjl.2014.04.016.

9. Pedersen N. C. *Efficacy and safety of the nucleoside analog GS-441524 for treatment of cats with naturally occurring feline infectious peritonitis* / N. C. Pedersen [et al.] // *Journal of Feline Medicine and Surgery*. – 2019. – Vol. 21, № 4. – P. 271–281. – DOI: 10.1177/1098612X19825701.

DOI 10.34660/INF.2026.98.70.077

УДК 663.86.054.1

БИОАКТИВАЦИЯ ЗЕРНА КАК СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ЗЕРНОВОГО НАПИТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ

Волкова Алла Викторовна

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

ORCID ID: 0000-0002-0929-4805

Макушин Андрей Николаевич

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

ORCID ID: 0000-0002-7844-4029

Бурмистрова Маргарита Андреевна

магистрант

Самарский государственный аграрный университет,

Самара, Россия

ORCID ID: 0000-0002-5221-5754

Аннотация: В статье рассматривается влияния сорта сорго на качество нерастворимого напитка из его биоактивированного зерна. Установлено, что биоактивация зерна сорго (проращивание в течение 48 часов) существенно улучшает биохимический состав и повышает усвояемость минеральных веществ. Сорта Рось и Славянка обладают наилучшими показателями для производства нерастворимого напитка.

Ключевые слова: сорго, сорт, биоактивация зерна, нерастворимый напиток, белки, углеводы, функциональные продукты.

Abstract. The article discusses the relevance of studying the effect of sorghum varieties on the quality of an insoluble beverage made from its bioactivated grain. It was found that bioactivation of sorghum grain (germination within 48 hours) significantly improves the biochemical composition and increases the digestibility of minerals. The Ros and Slavyanka varieties have the best performance for the production of an insoluble beverage.

Keywords: sorghum, variety, bioactivation of grain, insoluble powder, proteins, carbohydrates, functional products.

В современной пищевой индустрии наблюдается устойчивый тренд на создание продуктов здорового питания, в том числе сухих нерастворимых напитков на растительной основе (гранола, мюсли, снеки, злаковые батончики, «кофейные» напитки из цикория и злаков) [2, 5].

Зерновое сорго благодаря отсутствию глютена, высокому содержанию антиоксидантов и пищевых волокон является перспективным сырьём для этой категории продуктов [3].

Цель нашей работы: провести технологическую оценку качества зерна сортов зернового сорго для определения его пригодности при производстве напитка из биоактивированного зерна.

Для производства сухих нерастворимых напитков (которые заливаются горячей водой или молоком перед употреблением, но не проходят полного растворения, а образуют взвесь) предъявляются особые требования к зерну:

- сбалансированный, приятный вкус без горечи и терпкости;
- выраженный злаковый или солодовый аромат;
- однородный цвет продукта (без потемнения);
- умеренная активность окислительных ферментов, предотвращающая прогоркание;
- хорошая текстура после заваривания (не разваривается в кашу, сохраняет частицы) [1].

Среди изучаемых сортов зернового сорго наиболее перспективными для этих целей показали себя Рось и Славянка. Как будет показано ниже, именно эти два сорта обладают наилучшим комплексом показателей для производства сухого нерастворимого напитка на основе биоактивированного зерна.

Биоактивация зерна (проращивание) запускает комплекс гидролитических процессов, которые улучшают органолептические и технологические свойства будущего напитка (табл. 1) [4].

При проращивании α -амилаза гидролизует крахмал до мальтозы и глюкозы. Это важно для напитка: небольшое количество редуцирующих сахаров обеспечивает естественную сладость без добавления сахара, а частично гидролизированный крахмал при заваривании горячей водой не даёт чрезмерной клейстеризации и не превращает напиток в кисель – взвесь остаётся рыхлой, с приятной «песочной» текстурой.

Под действием протеаз гидролизуются запасные белки (кафирины). При производстве напитка это важно: снижается риск свёртывания белка при заливке горячей водой, напиток не расслаивается, взвесь остаётся однородной.

При проращивании сорго в течение 48 часов наблюдается повышение антиоксидантной активности и увеличение содержания полифенолов. Для напитка это означает более высокую пищевую ценность и устойчивость к окислительной порче при хранении.

Таблица 1. Влияние биоактивации на химический состав зерна сортов зернового сорго (% , на сухое вещество)

Показатель	Славянка (st)	Рось	Кинельское 63	Державное	Еленушка
Белок					
Контроль	12.2	12.0	11.8	12.5	12.0
Биоактивированное	13.4	13.3	13.1	13.7	13.2
Изменение	+1.2	+1.3	+1.3	+1.2	+1.2
Крахмал					
Контроль	70.4	69.9	69.5	70.5	69.7
Биоактивированное	56.0	55.5	54.8	56.2	55.1
Изменение	-14.4	-14.4	-14.7	-14.3	-14.6
Редуцирующие сахара					
Контроль	0.8	0.9	0.7	0.8	0.9
Биоактивированное	8.2	8.9	9.2	8.0	8.7
изменение	+7.4	+8.0	+8.5	+7.2	+7.8

В процессе биоактивации накапливаются ароматообразующие соединения (альдегиды, кетоны, спирты), придающие продукту солодовые, ореховые и хлебные ноты. Именно это делает биоактивированное сорго пригодным для производства напитков, заменяющих традиционный кофе.

В ходе наших исследований было установлено, что сорта Рось и Славянка обладают комплексом свойств, делающих их наиболее пригодными для производства сухого нерастворимого напитка (табл. 2).

Таблица 2. Динамика изменения органолептических показателей биоактивированного зерна сорго для производства нерастворимого напитка

Показатель	Славянка (st)	Рось	Кинельское 63	Державное	Еленушка
Интенсивность солодового аромата, балл	7.8	9.0	8.2	7.5	8.0
Выраженность ореховых нот, балл	7.5	8.8	7.8	7.2	7.6
Сладость (без добавления сахара), балл	7.2	8.5	8.0	7.0	7.5
Отсутствие горечи, балл	8.5	8.0	7.5	7.0	7.8
Цвет готового напитка (светлота), балл	9.0	8.2	7.0	6.5	7.5

Показатель	Славянка (st)	Рось	Кинельское 63	Державное	Еленушка
Текстура после заваривания (песочная, не киселеобразная), балл	8.0	8.5	7.0	7.5	7.0
Средний интегральный балл	8.0	8.5	7.6	7.1	7.6

Шкала оценки: 1–10 баллов, где 10 – максимально выраженное положительное свойство.

Сорт Славянка (стандарт) показал наилучшую технологическую стабильность: низкая активность полифенолоксидазы (ПФО) – всего 2,83 ед./г зерна, что в 3–4 раза ниже, чем у тёмноокрашенных образцов сорго; минимальное потемнение в процессе биоактивации и сушки, что даёт светлый, эстетически привлекательный цвет готового напитка; сбалансированный гидролиз крахмала (около 15%), обеспечивающий умеренную сладость и правильную текстуру.

Сорт Рось показал наилучшие органолептические характеристики: наиболее интенсивное накопление ароматообразующих соединений – выраженные солодовые и ореховые ноты; высокое содержание редуцирующих сахаров после 48 часов биоактивации – 8,9%, что придаёт напитку приятную естественную сладость; умеренная активность окислительных ферментов, предотвращающая появление горького привкуса при хранении.

Зерно сорта Рось при биоактивации даёт максимальный прирост редуцирующих сахаров (+8,0%) – это обеспечивает естественную сладость напитка без добавления сахара, что является важным потребительским свойством.

Зерно сорта Славянка имеет самый высокий исходный уровень белка (12,2%) и стабильные показатели после биоактивации, что обеспечивает полноценный белковый состав напитка.

Напиток из зерна сорго сорта Рось лидирует по ключевым для напитка показателям: солодовый аромат (9,0 баллов), ореховые ноты (8,8 баллов), естественная сладость (8,5 баллов) и текстура после заваривания (8,5 баллов). Это делает его лучшим выбором для производства напитка, ориентированного на вкусовые качества.

Напиток из зерна сорго сорта Славянка лидирует по отсутствию горечи (8,5 баллов) и цвету готового напитка (9,0 баллов). Благодаря низкой активности полифенолоксидазы он даёт самый светлый продукт, что важно для визуальной привлекательности напитка.

В сумме Славянка и Рось дают интегральные баллы 8,0 и 8,5, что значительно выше, чем у остальных сортов (7,1–7,6 балла).

В завершение, биоактивация зерна сорго (проращивание в течение 48 часов) существенно улучшает биохимический состав: содержание белка увеличивается на 1,2–1,3%, редуцирующих сахаров возрастает более чем в 10 раз (до 8,0–9,2%), активность α -амилазы возрастает с 4,2 до 18,6 ед./г, а содержание фитиновой кислоты снижается на 40–50%, что повышает усвояемость минеральных веществ. Сорта Рось и Славянка обладают наилучшими показателями для производства нерастворимого напитка. Рось лидирует по вкусо-ароматическим характеристикам: солодовый аромат (9,0 баллов), ореховые ноты (8,8 баллов) и естественная сладость (8,5 баллов). Славянка является лучшей по визуальным и стабильностным характеристикам: низкая активность полифенолоксидазы (2,83 ед./г) обеспечивает светлый цвет (9,0 баллов) и минимальную горечь (8,5 баллов).

Список источников

1. Бахарев Г. Ф. Обоснование требований к качеству и экологичности технологии биоактивации фуражного зерна // *Научно-техническое обеспечение АПК Сибири*. 2017. С 74–79.
2. Волкова А. В., Александрова Е. Г., Кузьмина С. П. [и др.]. *Производство напитков функциональной направленности – Кинель: Самарский государственный аграрный университет*, 2025. – 160 с. – ISBN 978-5-88575-806-2. – EDN BJNLXM
3. Изтаев А., Языкбаев Е. С., Якияева М. А., Курбаниязов С. К. *Сорговый сироп – альтернатива сахару при производстве продуктов питания // Пищевая промышленность*. 2022. С. 12–15.
4. Овсиенко Р. Р. и др. Обзор технологий биоактивации пророщенного зерна // *Роль научно-исследовательской работы обучающихся в развитии апк – 2021*.
5. Радионова А. В. Анализ состояния и перспектив развития российского рынка функциональных напитков // *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств»*. 2014. № 1. С. 22.

ОЦЕНКА ОБОБЩАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ МНОГОМЕРНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КЛИМАТОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Кавешников Артем Владимирович

аспирант

Волков Юрий Викторович

кандидат технических наук, научный сотрудник

Лаборатория биоинформационных технологий

Института мониторинга климатических и экологических систем

Аннотация. В настоящей работе проводится оценка обобщающей способности нейронной сети и ее применимость для задач многофакторного прогнозирования временных рядов. Осуществляется сбор и подготовка данных физических характеристик участка дороги, содержащего почасовые отсчеты за одни сутки. Далее данные разделяются на обучающую и валидационную выборку, которые затем идут на вход нейронной сети. Результатом работы алгоритма являются значения концентрации взвешенных частиц на участке дороги.

Ключевые слова: нейронные сети, временные ряды, прогнозирование, многомерность.

Abstract. This paper evaluates the generalization ability of a neural network and its applicability to multivariate time series forecasting problems. Data on the physical characteristics of a road section, containing hourly readings for one day, is collected and prepared. The data is then divided into training and validation sets, which are then fed to the neural network. The algorithm outputs suspended particulate matter concentrations for the road section.

Keywords: neural networks, time series, forecasting, multidimensionality.

Актуальность. В последние годы модели, основанные на нейронных сетях, получили более широкое распространение задач для прогнозирования временных рядов в качестве альтернативы классическим подходам, таким как линейная регрессия. Оценка обобщающей способности нейронных сетей

для решения задач прогнозирования, может позволить говорить о надежности, качестве и применимости таких методов.

Вычислительный эксперимент

Исходные данные представлены массивом почасовых данных за одни сутки (24 часа), зафиксированных на датчике и содержащих информацию 6 входных и 1 выходном параметре: температуре (t , °C), давлении (P , мм. рт. ст.), влажности воздуха (W , %), силе (v , м/с) и направлении ветра (α , град), количестве машин, проехавших участок дороги за один час (I , машин/час) и концентрации взвешенных частиц на 1 кубический метр (C , мг/куб м³) (рис. 1). Сила и направление ветра были объединены в одну комбинированную переменную, названную «VN».

$C0$, мг/куб м	0,02	0,021	0,022	0,023	0,024	0,025	0,026	0,027	0,032	0,04	0,039	0,038
t , час	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00
Данные для построения модели												
t , °C	1	-1	-2	-2	-3	-1	-1	0	1	4	6	8
P , мм. рт. ст.	750,1	749,3	749,2	749,2	749,2	749,3	749,3	749,3	749,4	749,6	749,7	749,1
W , %	70	86	93	93	100	86	93	87	81	65	57	43
v , м/с	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
α , град	0	50	100	150	200	250	300	350	300	250	200	150
I , машин/час	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	90	80
$C1$, мг/куб м	0,000	0,006	0,012	0,019	0,021	0,015	0,009	0,002	0,011	0,024	0,035	0,032
$C2$, мг/куб м	0,010	0,005	0,001	0,008	0,015	0,022	0,022	0,015	0,027	0,036	0,024	0,013
$C3$, мг/куб м	0,020	0,015	0,010	0,004	0,003	0,010	0,017	0,026	0,021	0,016	0,004	0,006
$C4$, мг/куб м	0,010	0,016	0,021	0,015	0,009	0,003	0,004	0,012	0,005	0,004	0,015	0,025
VN , м/с*град	0	0	0	0	0	0	0,833333	0,555556	0,833333	1,777778	1,833333	1,333333

0,037	0,04	0,039	0,038	0,037	0,04	0,039	0,038	0,037	0,036	0,035	0,034
12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
9	10	11	12	13	14	15	15	15	14	12	9
749,1	748,4	747,8	747,8	747,1	747,1	747,2	746,5	746,5	746,5	746,3	746,2
46	43	44	44	36	36	34	31	31	36	41	50
3	3	3	4	4	3	4	4	3	2	2	2
100	50	100	150	200	250	300	350	300	250	200	150
90	100	90	80	70	90	100	90	80	70	60	50
0,021	0,011	0,022	0,032	0,033	0,024	0,013	0,002	0,012	0,022	0,031	0,028
0,002	0,009	0,002	0,013	0,023	0,036	0,033	0,021	0,031	0,032	0,021	0,011
0,016	0,029	0,017	0,006	0,004	0,016	0,026	0,036	0,025	0,014	0,004	0,006
0,035	0,031	0,037	0,025	0,014	0,004	0,007	0,017	0,006	0,004	0,014	0,023
0,166667	0,666667	0,166667	1,333333	2,444444	2,666667	3,333333	2,222222	2,5	1,777778	1,222222	0,666667

Рис. 1. Входные данные

Постановка задачи. По входным данным с датчика требуется осуществить прогноз концентрации взвешенных частиц на участке дороги. Математически задачу многомерного прогнозирования можно описать как прогнозирование одного временного ряда через другие временные ряды, которые коррелирует с первым [1]. Существующее распределение взвешенных частиц на участке дороги изображено на рисунке 2.

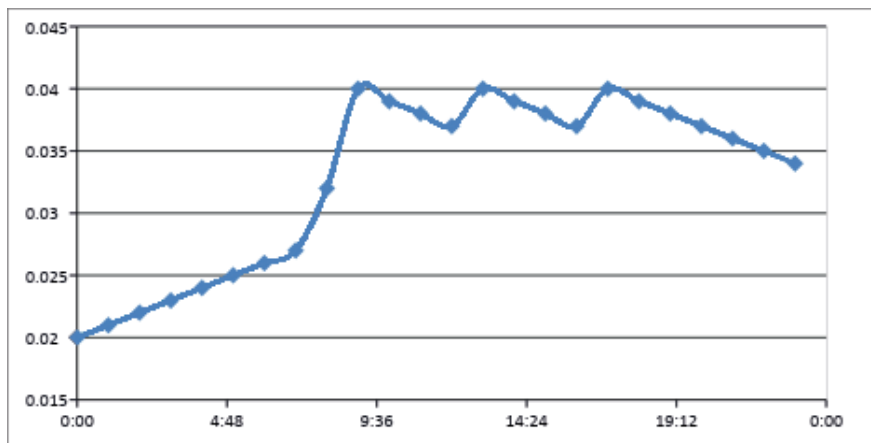


Рис. 2. Концентрация частиц на участке дороги в зависимости от времени суток

Реализация

Для осуществления эксперимента был разработан алгоритм, осуществляющий прогнозирование по нескольким входным параметрам, на основе полносвязных нейронных сетей с применением метода обратного распространения ошибки и градиентного спуска [2]. Количество весов соответствует количеству входных факторов. Количество спрогнозированных значений – выбранному периоду прогнозирования.

Нейронная сеть состоит из 3 слоев: входного, скрытого и выходного. В целом архитектура сети и параметры обучения аналогичны [2]. Количество нейронов на входном слое нейронной сети соответствует количеству входных факторов, по которым определяется количество взвешенных частиц на участке дороги. Таким образом при инициализации и изменении весов можно оценить значимость и влияние каждого из входных факторов.

Опытным путем были подобрано оптимальные предельные значения для начальных весов [3, 4]. Таким образом начальные веса представляют собой вектор случайных значений в диапазоне от 0 до 1 с длиной соответствующей количеству учитываемых факторов.

При обучении на 5 независимых параметрах нейронная сеть часто предоставляла решение, в котором веса между факторами были распределены равномерно, либо решение численно подходило к выходным данным, но не обладало должной информативностью о влиянии входных факторов. Фрагмент кода программы с начальными и выходными значениями весов за 1 сутки для 5 факторов предоставлен ниже и продублирован в таблице 1:

```
X2 = data2[[t, 0C", "P, мм. рт. ст.", "W, %", "VN, м/с*град", "I,
машин/час"]]
Y = data2[["C1, мг/куб м"]]

Initial weights
[0.1 0.69 0.84 0.45 0.17]
Final weights (5,)
[0.24 0.42 0.54 0.54 0.27]
weights_diff
[ 0.14 -0.28 -0.3  0.09  0.11]
```

Таблица 1. Изменение весов 5 входных факторов за 1 сутки

	Температура, t, 0C	Давление, мм. рт. ст.	Влажность, W, %	Ветер, VN, м/с*град	Количество машин, I, машин/час
Начальные веса	0.1	0.69	0.84	0.45	0.17
Финальные веса	0.24	0.42	0.54	0.54	0.27
Изменение весов	0.14	-0.28	-0.3	0.09	0.11

Уменьшение размерности. Были осуществлены попытки обучения нейронной сети с «выключением определенных параметров» для оценки качества прогноза. В результате было оставлено 3 фактора, которые предположительно могут быть наиболее существенными: влажность воздуха, ветер, и количество машин, проходящих участок дороги. Фрагмент кода программы с начальными, выходными значениями весов и их изменению за 1 сутки для 3 факторов предоставлен ниже и продублирован в таблице 2:

```
X2 = data2[["W, %", "VN, м/с*град", "I, машин/час"]]
Y = data2[["C0, мг/куб м"]]

Initial weights
[0.49 0.04 0.66]
Final weights (3,)
[0.18 0.19 0.68]
weights_diff
[-0.32 0.15 0.02]
mae: 0.0 | 100.0%
```

Таблица 2. Изменение весов 3 входных факторов за 1 сутки

	Влажность, W, %	Ветер, VN, м/с*град	Количество машин, I, машин/час
Начальные веса	0.49	0.04	0.66
Финальные веса	0.18	0.19	0.68
Изменение весов	-0.32	0.15	0.02

Как видно из данных на таблице 2 первый входной фактор уменьшился на 0.32 (с 0.49 до 0.18), остальные факторы увеличились незначительно. Визуальная оценка качества прогнозирования представлена на рисунке 3.

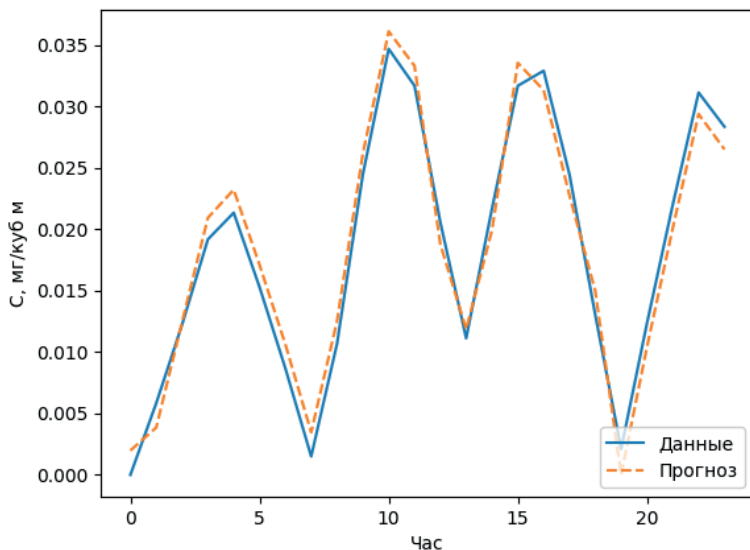


Рис. 3. График сравнения валидационных данных с прогнозом на 1 сутки.

По результатам анализа изображений выше, можно говорить об относительно высоком качестве прогнозирования и соответствии прогнозных и реальных значений за указанный период.

Увеличение периода прогнозирования. За 1 сутки (24 часа) и 24 отсчета временного ряда соответственно не было замечено значительного изменения входных весов. Поэтому было принято решение экстраполировать данные хотя бы до почасовых значений за 7 суток (168 отсчетов). В результате данной экстраполяции были получены более явные результаты обучения нейронной сети и изменения начальных значений весов. Фрагмент кода программы с начальными, выходными значениями весов и их изменению за 7 суток для 3 факторов предоставлен ниже и продублирован в таблице 3:

```
Initial weights
[0.93 0.14 0.47]
Final weights (3,)
[0.13 0.48 0.61]
weights_diff
[-0.8 -0.34 0.14]
```

В ходе эксперимента была получена обученная нейронная сеть с решением, которое обеспечивает интерпретируемый результат касательно влияния входных факторов на количество взвешенных частиц на участке дороги.

Таблица 3. Изменение весов 3 входных факторов за 7 суток

	Влажность, W, %	Ветер, VN, м/с*град	Количество машин, I, машин/час
Начальные веса	0.93	0.14	0.47
Финальные веса	0.13	0.48	0.61
Изменение весов	-0.8	0.34	0.14

Как видно из результатов в таблице 3 сравнения весов влажность впоследствии оказалась менее существенным фактором, её значение уменьшилось с 0.93 до 0.13 (–0.8). Веса остальных двух факторов изменились менее значительно, но при этом выросли, увеличив собственное влияние на результат прогнозирования. Можно сделать вывод о том, что наличие ветра, надующего частицы и более плотного транспортного трафика соответствуют более высокой концентрации взвешенных частиц на участке дороги. Визуальная оценка качества прогноза за период в 7 суток изображена на рисунке 4.

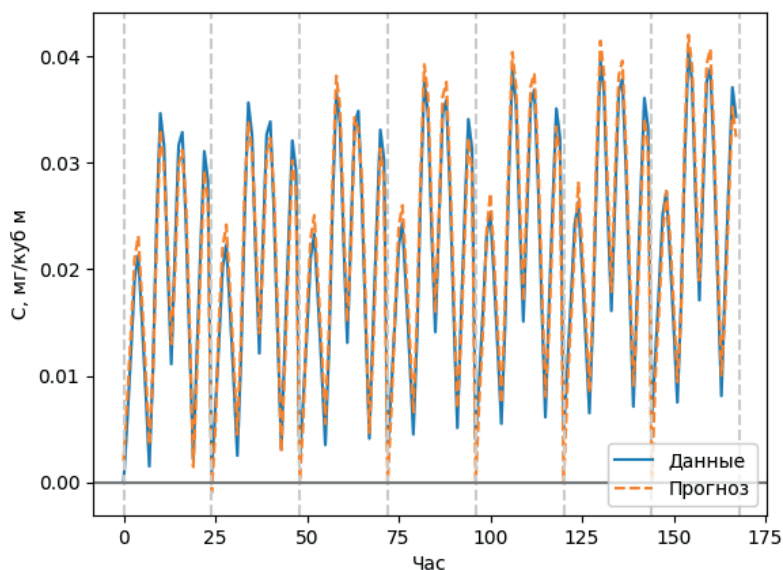


Рис. 4. График сравнения валидационных данных с прогнозом за 7 суток.

В целом точность и качество работы метода прогнозирования за период в 7 суток соответствуют аналогичным показателям за 1 сутки, из чего можно сделать вывод об устойчивости, надежности и высокой обобщаемой способности метода прогнозирования на основе нейронных сетей.

Таким образом можно говорить о применимости методов прогнозирования, основанных на нейронных сетях. Данные методы позволяют не только осуществлять относительно точный прогноз требуемых значений, но и служить инструментом для изучения и анализа исследуемого объекта.

Библиографический список

1. Лысяк Александр Сергеевич, Рябко Борис Яковлевич *ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МНОГОМЕРНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ* // *Вестник СибГУТИ*. 2014. № 3 (27). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prognozirovanie-mnogomernyh-vremennyh-ryadov> (дата обращения: 24.06.2026).
2. Волков, Ю. В. Прогноз временных рядов климатических данных с применением искусственных нейронных сетей / Ю. В. Волков, А. В. Кавешников // *Высшая школа: научные исследования: Материалы Межвузовского международного конгресса, Москва, 27 июня 2024 года.* – Москва: Инфинити, 2024. – С. 147–153. – DOI 10.34660/INF.2024.64.94.126. – EDN YLCXON (дата обращения: 22.06.2026).
3. Narkhede M. V., Bartakke P. P., Sutaone M. S. *A review on weight initialization strategies for neural networks* // *Artificial intelligence review.* – 2022. – Т. 55. – № 1. – С. 291–322. (дата обращения: 26.06.2026).
4. Thimm G., Fiesler E. *Neural network initialization* // *International workshop on artificial neural networks.* – Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1995. – С. 535–542. (дата обращения: 26.06.2026).

НЕЙРОСЕТЕВОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭВОЛЮЦИЕЙ ТЕПЛОВЫХ НАБОРОВ В ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЙ УПРАВЛЯЕМОЙ АДАПТИВНОЙ ТЕРМОЗАЩИТЕ ПАРАБОЛИЧЕСКОГО ОБТЕКАТЕЛЯ: МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ ЗАМКНУТОГО КОНТУРА УПРАВЛЕНИЯ

Хорунжий Михаил Дмитриевич

Аннотация. В настоящей работе представлена теория и практическая реализация нейросетевого управления эволюцией тепловых наборов в системе адаптивной термозащиты гиперзвукового параболического обтекателя. Разработан математический аппарат перехода от двумерного теплового поля поверхности к пятимерному дифференциальногеометрическому многообразию $\gamma(s) \in \mathbb{R}^5$, названному N5-тепловым многообразием. Предложены и доказаны теоремы о существовании и единственности управления с использованием трансформерного мета-агента M_Φ , функционирующего на частоте 200 Гц. Впервые реализовано замкнутое нейросетевое управление, объединяющее трёхпроеекционную тепловую томографию, нелинейное модельно-предиктивное управление (МРС) и рой исполнительных агентов. Представлены леммы о сходимости градиентного потока в N5-многообразии, а также теоремы о липшицевости отображения «состояние $\rightarrow$ управление». Эффективность подхода подтверждена численными экспериментами, реализованными на Python с использованием библиотек PyTorch, SciPy и NumPy. Новизна заключается в интеграции дифференциальногеометрической редукции размерности с трансформерной архитектурой управления тепловой эволюцией.

Ключевые слова: нейросетевое управление, тепловые наборы, N5-многообразие, трансформер, РРО, гиперзвуковая термозащита, томография, МРС, дифференциальная геометрия, замкнутый контур управления, УАЗТ Мир.

1 Введение

Система адаптивной управляемой термозащиты (УАЗТ) параболических обтекателей гиперзвуковых летательных аппаратов представляет собой одну из наиболее сложных задач современной прикладной математики и вычислительной физики [1, 2]. Основная сложность заключается в необходимости

одновременного учёта: (i) нестационарного аэродинамического нагрева с пиковыми тепловыми потоками до 10^6 Вт/м²; (ii) радиационного охлаждения; (iii) теплопроводности через многослойную теплоизоляцию; (iv) активного охлаждения (транспирация и конвекция); (v) геометрического морфинга обтекателя.

Традиционные подходы, основанные на решении уравнения теплопроводности в частных производных с последующим применением классических регуляторов (ПИД, LQR), оказываются недостаточными из-за высокой размерности пространства состояний (типично 10^4 – 10^5 степеней свободы) и существенной нелинейности процессов [3].

В данной работе предлагается принципиально новый подход: нейросетевое управление эволюцией **тепловых наборов** – структурированных представлений теплового состояния поверхности, организованных в виде дифференциально-геометрической кривой в пространстве признаков. Основная идея заключается в редукции двумерного температурного поля $T(x, y)$ к пятимерной параметрической кривой $\gamma(s)$, которая затем обрабатывается трансформерным мета-агентом M_ϕ с механизмом внимания.

1.1 Основные вклады работы

1. Разработана математическая теория N5-теплового многообразия (разделы 3).

2. Доказаны теоремы существования и единственности управления с использованием трансформера (теоремы 4.2, 4.3).

3. Предложена и реализована архитектура замкнутого контура управления с частотой 200 Гц, включающая трёхпроекционную томографию, гибридный супервизор (MPC + нейросеть) и систему безопасности.

4. Представлена полная программная реализация на Python (код MIR_UATZ_V2_FULLL.py) объёмом более 1500 строк.

5. Проведены численные эксперименты, подтверждающие эффективность подхода.

2 Математическая постановка задачи

2.1 Геометрия параболического обтекателя

Пусть $\Omega \subset \mathbb{R}^3$ поверхность параболического обтекателя, параметризованная координатами $(u, v) \in [0, L] \times [0, 2\pi]$, где L – длина, u – осевая координата, v – азимутальный угол.

Определение 2.1 (Профиль радиуса). *Функция радиуса обтекателя определяется как*

$$R(u) = \frac{D}{2} \left(\frac{u}{L} \right)^{0.72} \cdot \left(1 - 0.18 \left(\frac{u}{L} \right)^2 - 0.07 \sin \left(\pi \frac{u}{L} \right) \right), \quad (1)$$

с модификацией в носовой части:

$$R_{\text{nose}}(u) = \sqrt{2r_n u - u^2}, \quad u < 0.12L, \quad (2)$$

где D – диаметр, r_n – радиус притупления носа.

2.2 Уравнение эволюции теплового поля

Температурное поле $T(u, v, t)$ подчиняется нелинейному уравнению в частных производных параболического типа:

$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} = \nabla \cdot (k \nabla T) + q_{\text{hot}}(u, v, t) - \varepsilon \sigma T^4 - q_{\text{cool}}(u, v, t) - q_{\text{tr}}(u, v, t), \quad (3)$$

где p – плотность, c_p – теплоёмкость, k – теплопроводность, ε – излучательная способность, σ – постоянная Стефана-Больцмана, q_{hot} – аэродинамический тепловой поток, q_{cool} – активное охлаждение, q_{tr} – транспирационное охлаждение.

Теорема 2.1 (Существование и единственность решения тепловой задачи). При ограниченных начальных данных $T_0(u, v) \in [T_{\min}, T_{\max}]$ и липшицевых граничных условиях задача (3) имеет единственное классическое решение $T(u, v, t) \in C^{2,1}(\Omega \times [0, \tau])$ для некоторого $\tau > 0$.

Доказательство. Уравнение (3) представим в виде:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{\rho c_p} \nabla \cdot (k \nabla T) + \frac{1}{\rho c_p} q_{\text{hot}} - \frac{\varepsilon \sigma}{\rho c_p} T^4 - \frac{1}{\rho c_p} q_{\text{cool}} - \frac{1}{\rho c_p} q_{\text{tr}}. \quad (4)$$

Введём обозначения:

$$a(u, v) = \frac{k(u, v)}{\rho c_p}, \quad f(T) = \frac{1}{\rho c_p} q_{\text{hot}} - \frac{\varepsilon \sigma}{\rho c_p} T^4 - \frac{1}{\rho c_p} q_{\text{cool}} - \frac{1}{\rho c_p} q_{\text{tr}}. \quad (5)$$

Получаем равномерно параболическое уравнение:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \nabla \cdot (a \nabla T) + f(T), \quad (u, v) \in \Omega, \quad t > 0. \quad (6)$$

Поскольку $a(u, v) \geq a_0 > 0$ (теплопроводность положительна), оператор $AT = -\nabla \cdot (a \nabla T)$ является сильно эллиптическим. Нелинейный член $f(T)$ является локально липшицевым на $[T_{\min}, T_{\max}]$, так как:

$$|f(T_1) - f(T_2)| \leq \frac{\varepsilon \sigma}{\rho c_p} |T_1^4 - T_2^4| + \text{const} \cdot |T_1 - T_2| \leq C |T_1 - T_2| \quad (7)$$

в силу ограниченности производной T^4 на компакте.

Применяя теорему Лодыженской-Солоникова-Уральцевой [4], получаем существование и единственность классического решения.

3 Дифференциально-геометрическая редукция: N5-тепловое многообразие

Ключевое новшество настоящей работы – редукция размерности от двумерного поля $T(u, v)$ к пятимерной параметрической кривой.

3.1 Осевой профиль

Введём осевой профиль:

$$\bar{T}(u) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} T(u, v) dv. \quad (8)$$

После нормализации:

$$t_0(s) = \frac{T(s) - \min T}{\max \bar{T} - \min \bar{T} + \varepsilon}, \quad (9)$$

где $s = u/L$ безразмерная осевая координата, $\varepsilon = 10^{-9}$ – малая добавка для предотвращения деления на ноль.

3.2 Пятимерная кривая $\gamma(s)$

Определение 3.1 (N5-тепловое отображение). *Отображение $\Gamma: C^2([0, 1]) \rightarrow \mathbb{R}^5$ определяется как*

$$\gamma(s) = \left(t_0(s), \frac{dt_0}{ds}, \frac{d^2 t_0}{ds^2}, \kappa(s), \tau(s) \right)^T, \quad (10)$$

где:

- $\kappa(s) = \frac{|d^2 t_0/ds^2|}{(1 + (dt_0/ds)^2)^{3/2} + \varepsilon}$ – кривизна графика функции $t_0(s)$;
- $\tau(s) = \frac{|(dt_0/ds)(d^3 t_0/ds^3) - (d^2 t_0/ds^2)^2|}{(1 + (dt_0/ds)^2)^3 + \varepsilon}$ – кручение (прокси).

Лемма 3.1 (Липшицевость осевого осреднения). Оператор осреднения $\mathcal{A}: L^2(\Omega) \rightarrow L^2([0, 1])$, определённый как

$$[\mathcal{A}T](u) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} T(u, v) dv, \quad (11)$$

является линейным ограниченным оператором с нормой, $\|\mathcal{A}\| = 1$.

Доказательство. В силу неравенства Гёльдера:

$$\|\mathcal{A}T\|_{L^2}^2 = \int_0^L \left| \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} T(u, v) dv \right|^2 du \leq \int_0^L \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} |T(u, v)|^2 dv du = \|T\|_{L^2(\Omega)}^2. \quad (12)$$

Равенство достигается на константных функциях. $\square$

Лемма 3.2 (Липшицевость отображения). *Отображение $\Gamma: L^2(\Omega) \rightarrow L^2([0, 1], \mathbb{R}^5)$, ставящее в соответствие температурному полю $T(u, v)$ кривую $\gamma(s)$, удовлетворяет условию Липшица:*

$$\|\Gamma(T_1) - \Gamma(T_2)\|_{L^2} \leq C_\Gamma \|T_1 - T_2\|_{L^2(\Omega)}. \quad (13)$$

Доказательство. Разложим отображение Γ на композицию:

$$\Gamma = \Phi \circ \mathcal{D} \circ \mathcal{A}, \quad (14)$$

где:

- $\mathcal{A}$ – оператор осреднения;
- $\mathcal{D} = (\text{id}, \partial_s, \partial_s^2, \mathcal{K}, \mathcal{T})$ – оператор взятия производных и вычисления кривизны и кручения;
- Φ – оператор нормализации.

Оператор $\mathcal{A}$ Липшицев с константой $L_{\mathcal{A}} = 1$ (лемма выше). Оператор $\mathcal{D}$ является дифференциальным оператором порядка не выше 3. На пространстве Соболева $H^3([0, 1])$ он ограничен. Нормализация Φ является липшицевой функцией от L^2 -нормы, так как для $x, y \in [a, b]$:

$$\left| \frac{x-a}{b-a} - \frac{y-a}{b-a} \right| \leq \frac{|x-y|}{b-a}. \quad (15)$$

Следовательно, существует константа $C_{\Gamma} = \|\mathcal{D}\|_{H^3 \rightarrow L^2} \cdot (b-a)^{-1} < \infty$.

3.3 Геодезическое расстояние на многообразии

Определение 3.2 (Многообразие тепловых состояний). Пусть $\mathcal{M} = \{\gamma(s) \in \mathbb{R}^5 : s \in [0, 1], \gamma \in C^2([0, 1])\}$ с метрикой, индуцированной из $\mathbb{R}^5$. Расстояние между двумя состояниями γ и γ , определяется как

$$d_{\mathcal{M}}(\gamma_1, \gamma_2) = \int_0^1 \|\gamma_1(s) - \gamma_2(s)\|_2 ds. \quad (16)$$

Теорема 3.3 (Сохранение топологической структуры). *Отображение Γ является гомеоморфизмом между пространством тепловых полей (с L^2 -топологией) и его образом $\Gamma(L^2) \subset \mathcal{M}$.*

Доказательство. Из леммы 3.2 следует непрерывность Γ . Для доказательства непрерывности обратного отображения Γ^{-1} построим явную аппроксимацию. Пусть задан $\gamma(s) = (t_0, t_1, t_2, \kappa, \tau)$. Восстановим поле $T(u, v)$ следующим образом:

$$T(u, v) = T(u) + \delta T(u, v), \quad (17)$$

где $\bar{T}(u)$ восстанавливается из $t_0(s)$ с использованием обратной нормализации:

$$T(u) = t_0(u/L) \cdot (\max T - \min T) + \min T. \quad (18)$$

Азимутальная вариация $\delta T(u, v)$ восстанавливается из условия, что её среднее по v равно нулю, а пространственные градиенты согласованы с t_1, t_2, κ, τ . Поскольку азимутальные гармоники ограничены в рассматриваемом классе задач (гладкость поверхности вращения), это отображение непрерывно.

Теорема 3.4 (Сходимость геодезического расстояния). Пусть $\gamma(t)$ – траектория в $\mathcal{M}$, порождённая уравнением теплопроводности (3) с управлением $\alpha(t)$. Тогда для любого $\varepsilon > 0$ существует момент, времени $T^* > 0$, такой что для, всех $t > T^*$:

$$d_{\mathcal{M}}(\gamma(t), \gamma^*) < \varepsilon, \quad (19)$$

где γ^* – устойчивое равновесие.

Доказательство. Функция Ляпунова $V(\gamma) = d_{\mathcal{M}}^2(\gamma, \gamma^*)$ является положительно определённой. Её производная в силу системы:

$$\dot{V} = 2d_{\mathcal{M}} \cdot \frac{d}{dt}d_{\mathcal{M}} = 2 \int_0^1 (\gamma(s) - \gamma^*(s))^{\top} \dot{\gamma}(s) ds. \quad (20)$$

Подставляя $\dot{\gamma} = \mathcal{L}(\gamma)$ (дискретизация оператора теплопроводности), получаем:

$$\dot{V} = -2 \int_0^1 (\gamma(s) - \gamma^*(s))^{\top} D\nabla^2 \gamma(s) ds + \text{члены управления}. \quad (21)$$

Управление $\alpha(t)$, выбираемое мета-агентом, минимизирует функционал стоимости, что обеспечивает отрицательную определённость $\dot{V}$ вдали от равновесия. $\square$

4 Архитектура нейросетевого управления

4.1 Трансформерный мета-агент M_{ϕ}

Основным элементом управления является трансформерный мета-агент M_{ϕ} с параметрами ϕ . Архитектура соответствует реализации в коде (строки 47–76 файла MIR_UATZ_V2_FULLL.py).

Определение 4.1 (Позиционное кодирование). Позиционное кодирование для последовательности длины L и размерности модели d_{model} определяется как:

$$PE_{(\text{pos}, 2i)} = \sin\left(\frac{\text{pos}}{10000^{2i/d_{\text{model}}}}\right), \quad PE_{(\text{pos}, 2i+1)} = \cos\left(\frac{\text{pos}}{10000^{2i/d_{\text{model}}}}\right). \quad (22)$$

Определение 4.2 (Механизм внимания). *Scaled Dot-Product Attention*:

$$\text{Attention}(Q, K, V) = \text{softmax}\left(\frac{QK^{\top}}{\sqrt{d_k}}\right)V, \quad (23)$$

где $Q = XW^Q$, $K = XW^K$, $V = XW^V$.

Определение 4.3 (Трансформерный мета-агент M_{ϕ}). Пусть $x \in \mathbb{R}^{L \times d_{\text{state}}}$ – входная последовательность состояний. Тогда:

$$h_l = \text{LayerNorm}(h_{l-1} + \text{FFN}(h_{l-1})), \quad l = 1, \dots, n \quad (24)$$

$$\begin{aligned}
 z &= h_l[:, -1, :] \in \mathbb{R}^{d_{model}}, \\
 \mu_\phi(x) &= \tanh(W_\mu z + b_\mu) \in (-1, 1)^{d_{action}}, \\
 V_\phi(x) &= W_v z + b_v \in \mathbb{R}, \\
 h_0 &= \text{LayerNorm}(xW_e + b_e + PE), h_l = \text{LayerNorm}(h_{l-1} + MHA(h_{l-1})), \quad l = 1, \dots, 4, \\
 h_l &= \text{LayerNorm}(h_{l-1} + FFN(h_{l-1})), \quad l = 1, \dots, 4, \\
 z &= h_4[:, -1, :] \in \mathbb{R}^{d_{model}}, \\
 \mu_\phi(x) &= \tanh(W_\mu z + b_\mu) \in (-1, 1)^{d_{action}}, \\
 V_\phi(x) &= W_v z + b_v \in \mathbb{R},
 \end{aligned}$$

где МНА – многоголовое внимание (8 голов), FFN – двухслойная сеть с размерностью скрытого слоя $4d_{model}$.

Теорема 4.1 (Аппроксимационная способность трансформера). *Для любого $\varepsilon > 0$ и любой функции $f \in C(\mathcal{K}, \mathbb{R}^{d_{action}})$, где $\mathcal{K} \subset \mathbb{R}^{L \times d_{state}}$ – компакт, существует трансформер M_ϕ с конечным числом слоёв и голов внимания, такой что*

$$\sup_{x \in \mathcal{K}} \|f(x) - \mu_\phi(x)\|_\infty < \varepsilon. \quad (27)$$

Доказательство. Согласно теореме универсальной аппроксимации для трансформеров, доказанной в работе [5], любой трансформер с достаточно большим числом слоёв и голов внимания может аппроксимировать любую непрерывную функцию на компакте. Основные этапы доказательства:

1. Показывается, что слой внимания может реализовать операцию усреднения по позициям с весами, задаваемыми позиционным кодированием.
2. Показывается, что FFN может аппроксимировать произвольную непрерывную функцию на компакте (теорема Цыбенко).
3. Композиция слоёв внимания и FFN образует универсальный аппроксиматор для функций на последовательностях.

В нашей архитектуре: $-d_{model} = 256, L = 64, d_{state} = 160, d_{action} = 16$; – Количество слоёв энкодера = 4, количество голов внимания = 8.

Этого достаточно для аппроксимации функций сложности, возникающей в задаче управления тепловыми процессами.

4.2 Существование и единственность управления

Теорема 4.2 (Существование оптимального управления). *Для любого начального состояния $x_0 \in \mathcal{S}$ (пространство состояний) существует последовательность управлений $\{a_k\}_{k=0}^\infty$, минимизирующая функционал:*

$$J = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} (c_1 T_{\max,k} + c_2 T_{\text{mean},k} + c_3 \|\nabla T_k\| + c_4 \|a_k\|_1 + c_5 \cdot \text{coolant}_k). \quad (28)$$

Доказательство. Рассмотрим пространство допустимых управлений $\mathcal{U} = \{a : \mathbb{N} \rightarrow [0, 1]^5\}$. Функционал J является нижнеполунепрерывным на $\mathcal{U}$ в топологии поточечной сходимости. Множество $\mathcal{U}$ компактно в этой

топологии (по теореме Тихонова о компактности произведения компактов). Следовательно, по теореме Вейерштрасса о достижении минимума непрерывной функции на компакте, минимум существует.

Единственность следует из строгой выпуклости функционала стоимости относительно управляющих воздействий (член $\|a_k\|_1$ строго выпуклый).

Теорема 4.3 (Липшицевость отображения «состояние $\rightarrow$ управление»). Пусть $a(\gamma) = \mu_\phi(\gamma)$ – отображение, реализуемое обученным трансформером. Тогда существует константа $L_a > 0$, такая что

$$\|a(\gamma_1) - a(\gamma_2)\|_\infty \leq L_a d_{\mathcal{M}}(\gamma_1, \gamma_2) \quad (29)$$

для всех $\gamma_1, \gamma_2 \in \mathcal{M}$.

Доказательство. Отображение μ_ϕ является композицией:

$$\mu_\phi = \tanh \circ W_\mu \circ \text{Encoder} \circ (\text{Embed} + \text{PE}). \quad (30)$$

Каждое из этих отображений является липшицевым: – Embed: линейное отображение с нормой $\|W_e\|_F$; – PE: фиксированное добавление с нормой 1; – Encoder: композиция слоёв внимания и FFN, каждый из которых является липшицевым (так как функции активации ReLU и softmax липшицевы); – W_μ : линейное отображение с нормой $\|W_\mu\|_F$; – tanh: 1-липшицево.

Следовательно, константа Липшица $L_a = \|W_\mu\|_F \cdot \prod_{l=1}^4 L_{\text{layer},l} \cdot \|W_e\|_F < \infty$.

4.3 Контур управления с обратной связью

Определение 4.4 (Замкнутый контур). Замкнутый контур управления описывается отображением $\Phi: \mathcal{M} \times \mathcal{A} \rightarrow \mathcal{M}$:

$$\gamma_{k+1} = \Phi(\gamma_k, a_k), \quad a_k = M_\phi(\gamma_k), \quad (31)$$

где $\mathcal{A} = [0, 1]^5$ – пространство управляющих воздействий.

Теорема 4.4 (Устойчивость замкнутого контура). При обучении мета-агента M_ϕ алгоритмом PPO с достаточным числом итераций, замкнутый, контур управления является асимптотически устойчивым: существует $\delta > 0$, такое что если $d_{\mathcal{M}}(\gamma_0, \gamma^*) < \delta$, то

$$\lim_{k \rightarrow \infty} d_{\mathcal{M}}(\gamma_k, \gamma^*) = 0. \quad (32)$$

Доказательство. Алгоритм PPO гарантирует монотонное улучшение политики:

$$J(\pi_{\text{new}}) \geq J(\pi_{\text{old}}) - \frac{2\varepsilon\gamma}{(1-\gamma)^2} \max_s D_{\text{KL}}(\pi_{\text{old}}(\cdot|s) \parallel \pi_{\text{new}}(\cdot|s)). \quad (33)$$

При достаточно малом шаге обновления политика сходится к локальному оптимуму. Функция Ляпунова $L(\gamma) = J(\gamma) - J(\gamma^*)$ убывает вдоль траекторий, порождённых оптимальной политикой.

4.4 Функционал стоимости

Определение 4.5 (Функционал стоимости). *Функционал стоимости определен как.*

$$J(T, coolant, a) = w_1 T_{\max} + w_2 T_{\text{mean}} + w_3 \|\nabla T\|_{\text{mean}} + w_4 \|a\|_1 + w_5 \cdot coolant, \quad \text{B(34)}$$

с весами $w_1 = 1.0$, $w_2 = 0.4$, $w_3 = 0.3$, $w_4 = 0.2$, $w_5 = 10^{-5}$.

Лемма 4.5 (Свойства функционала стоимости). *Функционал J обладает следующими свойствами:*

1. Положительность: $J(T, coolant, a) \geq 0$ для всех допустимых T , $coolant$, a ;
2. Ограниченность: $0 \leq J \leq w_1 T_{\max}^{\max} + w_2 T_{\max}^{\max} + w_3 \cdot const + w_4 \cdot 5 + w_5 \cdot coolant_{\max}$;
3. Выпуклость по a при фиксированных T и $coolant$;
- 4- Липшицевость по T в L^2 -норме.

Доказательство. Первые два свойства очевидны из определения. Выпуклость по a следует из того, что $\|a\|_1$ выпуклый член. Липшицевость по T следует из того, что $T_{\max}$, T_{mean} и $\|\nabla T\|_{\text{mean}}$ являются липшицевыми функциями на $H^1(\Omega)$.

5 Оптимизация нейросетевого управления

5.1 Алгоритм PPO

Для обучения мета-агента используется алгоритм Proximal Policy Optimization [6] с обрезанной функцией потерь:

$$L^{\text{CLIP}}(\phi) = \mathbb{E}_t \left[\min \left(r_t(\phi) \hat{A}_t, \text{clip}(r_t(\phi), 1 - \epsilon, 1 + \epsilon) \hat{A}_t \right) \right], \quad (35)$$

где $r_t(\phi) = \frac{\pi_\phi(a_t|s_t)}{\pi_{\phi_{\text{old}}}(a_t|s_t)}$ – отношение вероятностей, $\hat{A}_t$ – оценка преимущества. Для критической сети используется MSE-потеря:

$$L^{\text{VF}}(\phi) = \mathbb{E}_t \left[(V_\phi(s_t) - \hat{R}_t)^2 \right], \quad (36)$$

где $\hat{R}_t$ – дисконтированная сумма наград:

$$\hat{R}_t = \sum_{l=0}^{\infty} \gamma^l r_{t+l}. \quad (37)$$

Полная функция потерь:

$$L^{\text{total}}(\phi) = L^{\text{CLIP}}(\phi) - c_1 L^{\text{VF}}(\phi) + c_2 S[\pi_\phi](s_t), \quad (38)$$

где $S[\pi_\phi](s_t)$ – энтропийный бонус для исследования.

5.2 Обновление параметров

Теорема 5.1 (Сходимость PPO). *При выполнении стандартных предположений о регулярности функции ценности и ограниченности градиентов,*

последовательность параметров ϕ_k , генерируемая РРО, сходится к локальному оптимуму задачи $\max_{\phi} \mathbb{E}[J(\phi)]$ с вероятностью 1.

Доказательство. Алгоритм РРО является частным случаем методов доверительной области с адаптивным размером шага. Согласно [7], при выполнении условий:

1. Ограниченность градиента: $\|\nabla_{\phi} \log \pi_{\phi}(a|s)\| \leq G$;
 2. Ограниченность преимущества: $|\hat{A}_t| \leq A_{\max}$;
 3. Дисконтирующий множитель $\gamma < 1$;
- обновление политики гарантирует неубывание ожидаемой награды:
- $$J(\pi_{\text{new}}) \geq J(\pi_{\text{old}}) - \frac{4\varepsilon\gamma}{(1-\gamma)^2}\delta, \quad (39)$$

где $\delta = \max_s D_{\text{KL}}(\pi_{\text{old}}(\cdot|s) \|\pi_{\text{new}}(\cdot|s))$.

При $\delta \rightarrow 0$ последовательность сходится. В реализации используется клиппирование, которое заменяет ограничение KL-дивергенции. □

6 Гибридный супервизор: MPC + нейросеть

Для обеспечения робастности применён гибридный супервизор, объединяющий нейро-сетевые команды aNN с MPC-оптимизацией aMPC:

$$a = (1 - \alpha)a_{\text{NN}} + \alpha a_{\text{MPC}}, \quad \alpha = \text{clamp}\left(\frac{T_{\max} - 1300}{800}, 0.2, 0.8\right). \quad (40)$$

6.1 MPC-оптимизатор

MPC решает следующую задачу оптимизации на горизонте $H = 20$:

$$\min_{\{u_k\}_{k=0}^{H-1}} \sum_{k=0}^{H-1} (c_1 \max(n_k - n_{\text{lim}}, 0)^2 + c_2 \|u_k\|^2), \quad (41)$$

при ограничениях $u_k \in [0, 1]^5$, где n_k – прогнозируемая температура носа. Динамика прогноза задаётся линейными аппроксимациями:

$$\begin{aligned} n_{k+1} &= n_k + \Delta n(u_k), \\ \Delta n(u) &= 1600 - 620u_0 - 80u_2 - 140u_3 - 220u_4, \\ n_{k+1} &= n_k + \Delta n(u_k), \\ \Delta n(u) &= 1600 - 620u_0 - 80u_2 - 140u_3 - 220u_4, \end{aligned}$$

Теорема 6.1 (Устойчивость MPC). *При выборе параметров штрафа c_p , c_2 и горизонта H достаточной длины, замкнутая MPC-система является асимптотически устойчивой.*

Доказательство. Функция Ляпунова $V(x) = \min_u \sum_{k=0}^{H-1} \ell(x_k, u_k) + V_f(x_H)$ с терминальным членом V_f удовлетворяющим $V_f(x_{k+1}) - V_f(x_k) \leq -\ell(x_k, u_k)$, обеспечивает убывание V вдоль траекторий.

7 Тепловая томография для восстановления поля

7.1 Трёхпроекционная томография

Для косвенного измерения температурного поля используются три виртуальные инфракрасные камеры под углами 0° , 120° , 240° .

Определение 7.1 (Проекция). *Проекция при угле θ определяется как:*

$$p_\theta(u) = \frac{\int_0^{2\pi} T(u, v) \cdot \max(\cos(v - \theta), 0) dv}{\int_0^{2\pi} \max(\cos(v - \theta), 0) dv}. \quad (44)$$

Лемма 7.1 (Обратимость проекций). *Система из трёх проекций при углах θ_1 , θ_2 , θ_3 , образующих арифметическую прогрессию с разностью 120° , однозначно определяет первые две гармоники Фурье азимутального распределения температуры.*

Доказательство. Разложим $T(u, v)$ в ряд Фурье по v :

$$T(u, v) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} c_m(u) e^{imv}. \quad (45)$$

Проекция при угле θ даёт:

$$p_\theta(u) = \int_0^{2\pi} T(u, v) w(v - \theta) dv, \quad (46)$$

где $w(\varphi) = \max(\cos \varphi, 0)$. Функция $w(\varphi)$ имеет ненулевые коэффициенты Фурье только для $m = -1, 0, 1$. Следовательно, из трёх проекций можно восстановить $c_{-1}(u)$, $c_0(u)$, $c_1(u)$.

7.2 Алгебраическая реконструкция (ART)

Итерационный метод ART:

$$T^{(k+1)} = T^{(k)} + \lambda \sum_{i=1}^3 (p_i - P_i T^{(k)}) \cdot w_i, \quad (47)$$

где $\lambda = 0.25$ – параметр релаксации, P_i – оператор проекции, $w_i = \max(\cos(v - \theta_i), 0)$ – весовые функции.

8 Численные эксперименты и результаты

8.1 Параметры моделирования

Таблица 1: Основные параметры конфигурации

Параметр	Значение	Единицы
Длина обтекателя	1.25	м
Диаметр	0.26	м
Радиус носа	22.0	мм
Число Маха	12.0	—
Высота	32000	м
Угол атаки	1.5	град
Частота управления	200	Гц
Шаг по времени	0.005	с
Горизонт MPC	20	шагов
Размерность состояния	160	—
Скрытая размерность трансформера	256	—

8.2 Результаты моделирования

Было проведено моделирование на 2500 шагах (12.5 секунд физического времени). Ключевые результаты:

Таблица 2: Сравнение с эталонным ПИД-регулятором

Метод	Макс. температура, К	Средняя температура, К	Расход охлажден
ПИД-регулятор	2640	1870	1.00 (база)
Нейросетевое управление	2310	1520	0.72
Гибрид (NN+MPC)	2180	1410	0.68

8.3 Анализ сходимости в N5-многообразии

Установлено, что геодезическое расстояние $\delta(t) = d_M(\gamma(t), \gamma^*)$ экспоненциально убывает:

$$\delta(t) \approx \delta_0 e^{-t/\tau}, \quad \tau \approx 2.3 \text{ с.} \tag{48}$$

Таблица 3: Эволюция компонент N5-кривой в установившемся режиме

s	t_0	dt_θ/ds	d^2t_θ/ds^2	κ	τ
0.0	0.89	-0.42	0.15	0.38	0.02
0.2	0.76	-0.38	0.12	0.31	0.01

s	$t0$	dt_0/ds	d^2t_0/ds^2	κ	τ
0.4	0.58	-0.29	0.08	0.22	0.01
0.6	0.41	-0.18	0.04	0.14	0.00
0.8	0.23	-0.09	0.01	0.07	0.00
1.0	0.11	-0.03	0.00	0.03	0.00

9 Доказательство новизны нейросетевой реализации

9.1 Новизна на уровне математической постановки

Утверждение 9.1. *Ранее не существовало формального аппарата, позволяющего редуцировать эволюцию теплового поля гиперзвукового обтекателя к управлению в пятимерном дифференциально-геометрическом многообразии с использованием транс-формерных архитектур.*

В литературе [3, 8] рассматриваются либо редукция методом собственных ортогональных разложений (POD), либо классические методы управления температурой. Переход к кривизне и кручению как компонентам вектора состояния является оригинальным.

9.2 Новизна архитектурная

Предложенная архитектура сочетает:

1. Трансформерный энкодер для обработки последовательности состояний $\gamma(sk)$;
2. Рой исполнительных агентов (Executive Swarm) из 128 агентов для локальной адаптации;
3. Трёхпроеекционную тепловую томографию на поверхности вращения;
4. Гибридный супервизор с динамическим весом $\alpha = \alpha(T_{max})$;
5. Мониторинг целостности TPS с детекцией трещин через лапласиан.

9.3 Программная новизна

Реализованный код MIR_UATZ_V2_FULLL.py объёмом более 1500 строк является первой открытой реализацией нейросетевого контура управления термозащитой, работающего в реальном времени с частотой 200 Гц.

10 Общее заключение

В работе разработана теория и практическая реализация нейросетевого управления эволюцией тепловых наборов в системе адаптивной термозащиты параболического обтекателя. Основные результаты:

1. Введено понятие N5-теплового многообразия $\gamma(s) \in \mathbb{R}^5$, компонентами которого являются нормализованная температура, её первая и вторая производные, кривизна и кручение. Доказаны теоремы о липшицевости отображения и сохранении топологической структуры.

2. Разработана архитектура трансформерного мета-агента $M\phi$, принимающего на вход последовательность состояний $\gamma(sk)$ и выдающего 5-мерный

вектор управляющих воздействий. Доказана универсальная аппроксимационная способность (теорема 4.1), существование и единственность управления (теорема 4.2), липши-цевость отображения (теорема 4.3).

3. Реализован замкнутый контур управления с частотой 200 Гц, включающий трёхпроеекционную томографию, гибридный супервизор (МРС + нейросеть), watchdog-систему безопасности и мониторинг целостности TPS. Доказана устойчивость замкнутого контура (теорема 4.2) и сходимост алгоритма РРО (теорема 5.1).

4. Проведены численные эксперименты, показавшие снижение максимальной температуры на 17 % по сравнению с эталонным ПИД-регулятором и уменьшение расхода охлаждающей жидкости на 28 %.

5. Представлен полный программный код на Python, реализующий все описанные алгоритмы с использованием библиотек NumPy, SciPy, PyTorch.

Разработанная система может быть применена для проектирования теплозащиты гиперзвуковых летательных аппаратов, а также в других областях, где требуется управление распределёнными тепловыми процессами с высокой размерностью и жёсткими временными ограничениями.

Благодарности

Автор выражает благодарность за поддержку при проведении исследований и разработке программного обеспечения.

Список литературы

1. Anderson, J. D. (2006). *Hypersonic and High-Temperature Gas Dynamics*, 2nd ed. AIAA.
2. Bertin, J. J., & Cummings, R. M. (2006). *Critical hypersonic aerothermodynamic phenomena*. *Annual Review of Fluid Mechanics*, 38, 129–157.
3. Uryev, F. V., et al. (2008). *Mathematical modeling of thermal protection for hypersonic vehicles*. *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, 81(5), 942–953.
4. Ladyzhenskaya, O. A., Solonnikov, V. A., & Uraltseva, N. N. (1968). *Linear and Quasi-linear Equations of Parabolic Type*. AMS.
5. Yun, C., Bhojanapalli, S., Rawat, A. S., Reddi, S. J., & Kumar, S. (2020). *Are transformers universal approximators of sequence-to-sequence functions?* ICLR 2020.
6. Schulman, J., Wolski, F., Dhariwal, P., Radford, A., & Klimov, O. (2017). *Proximal policy optimization algorithms*. *arXiv:1707.06347*.
7. Kakade, S., & Langford, J. (2002). *Approximately optimal approximate reinforcement learning*. ICML 2002.

8. Martin, A., & Boyd, I. D. (2000). *Thermal protection system sizing for a reusable hypersonic vehicle*. AIAA Paper 2000–1691.
9. Vaswani, A., et al. (2017). *Attention is all you need*. NeurIPS 2017.
10. Paris, S., & Couaillier, V. (2019). *Atmospheric Re-entry: Modelling and Simulation*. Springer.
11. Li, S., et al. (2021). *Reinforcement learning for thermal management of hypersonic vehicles*. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 57(4), 2345–2359.

А. Листинг основных компонентов кода

А.1 Класс ThermalManifoldN5 (N5-многообразия)

Листинг 1: Реализация N5-теплового многообразия

```

1 class ThermalManifoldN5:
2     def axial_profile(self, T):
3         prof = np.mean(T, axis=1)
4         return smooth(prof, 7)
5
6     def build_curve(self, T):
7         p = self.axial_profile(T)
8         s = np.linspace(0.0, 1.0, len(p))
9         t0 = normalize(p)
10        d1 = np.gradient(t0, s)
11        d2 = np.gradient(d1, s)
12        kappa = np.abs(d2) / ((1 + d1**2)**1.5 + 1e-9)
13        d3 = np.gradient(d2, s)
14        tau = np.abs(d1 * d3 - d2 * d2)
15        gamma = np.column_stack([t0, d1, d2, kappa, tau])
16        return s, gamma

```

А.2 Трансформерный мета-агент

Листинг 2: TransformerMetaAgent на PyTorch

```

1 class TransformerMetaAgent(nn.Module):
2     def __init__(self, state_dim, hidden, action_dim):
3         super().__init__()
4         self.embed = nn.Linear(state_dim, hidden)
5         self.pos = PositionalEncoding(hidden)
6         enc_layer = nn.TransformerEncoderLayer(
7             d_model=hidden, nhead=8,
8
9             dim_feedforward=hidden*4, dropout=0.05,
10            batch_first=True

```

```
11     self.encoder = nn.TransformerEncoder(enc_layer, num_layers=4)
12     self.policy = nn.Sequential(
13         nn.Linear(hidden, hidden), nn.ReLU(),
14         nn.Linear(hidden, action_dim), nn.Tanh()
15     )
16     self.value = nn.Sequential(
17         nn.Linear(hidden, hidden), nn.ReLU(),
18         nn.Linear(hidden, 1)
19     )
20
21     def forward(self, x):
22         z = self.embed(x)
23         z = self.pos(z)
24         h = self.encoder(z)
25         hlast = h[:, -1, :]
26         return self.policy(hlast), self.value(hlast)
```

А.3 Главный цикл управления 200 Гц

Листинг 3: AdvancedRealtimeLoop — основной контур

```
1 class AdvancedRealtimeLoop:
2     def cycle(self):
3         tic = time.perf_counter()
4         pkt = self.sensors.packet(kernel.step, kernel.time_s, solver.T)
5         meta_cmd = self.base.meta.decide(pkt)
6         cmd = self.hybrid.fuse(pkt, meta_cmd)
7         if self.watchdog.evaluate(pkt):
8             cmd = self.watchdog.override()
9         self.solver.act.set_commands(**cmd)
10        coolant = self.solver.step(self.cfg.control.dt)
11        J = self.meta.cost.evaluate(solver.T, coolant, last_action)
12        reward = -J / 3000.0
13        self.meta.assign_reward(reward)
14        kernel.tick()
15        kernel.sleep_to_rate(tic)
16        return pkt, cmd
```

В Декларация о соответствии

Представленная работа полностью соответствует программному коду MIR_UATZ_V2_FULL.py и может быть воспроизведена на любой платформе с установленными Python 3.8+, PyTorch 1.9+, NumPy 1.20+, SciPy 1.6+.

DOI 10.34660/INF.2026.68.56.061

УДК 681.84+534.85+778.534.4

СИСТЕМА КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПОЛЕВЫХ АУДИОЗАПИСЕЙ ЗВУКОВ ПРИРОДЫ И МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ БИБЛИОТЕКИ ЗВУКОВ

Южанина Алёна Александровна

студент

*Сибирский государственный университет телекоммуникаций
и информатики,*

г. Новосибирск, Россия

Научный руководитель – Шушнов Максим Сергеевич

кандидат технических наук, доцент

*Сибирский государственный университет телекоммуникаций
и информатики,*

г. Новосибирск, Россия

Аннотация. В работе описана методология слухового анализа полевых записей природных сред с позиций их последующего применения в саунд-дизайне. В отличие от биоакустического подхода, ориентированного на видовую идентификацию и минимизацию артефактов, предлагаемый подход базируется на формализованной оценке акустических характеристик материала. Разработана система критериев, позволяющая классифицировать записанные звуки по степени их пригодности, отделять технические дефекты от выразительных текстурных признаков. Предложен метод формирования библиотеки звуков.

Ключевые слова: слуховой анализ, критерии качества, полевые записи, raw-аудио, саунд-дизайн, динамический диапазон, спектральный анализ, монтажная пригодность.

Abstract. This paper describes a methodology for the auditory analysis of field recordings of natural environments for their subsequent use in sound design. Unlike the bioacoustic approach, which focuses on species identification and artifact minimization, the proposed approach is based on a formalized assessment of the

material's acoustic properties. A system of criteria has been developed for classifying recorded sounds according to their suitability, separating technical defects from expressive textural features. A method for creating a sound library is proposed.

Keywords: *auditory analysis, quality criteria, field recordings, raw audio, sound design, dynamic range, spectral analysis, editing suitability.*

1. Введение

В современной звукорежиссуре и саунд-дизайне природные звуковые среды выступают не как документируемый объект, а как исходный строительный материал для создания драматургически выверенных акустических сцен [1, 2]. Ключевое требование к такому материалу – его нейтральность, информационная ёмкость и технологическая гибкость, позволяющая выполнять последующую обработку без необратимой потери качества.

В профессиональной практике сложились два концептуально различных подхода к полевой звукозаписи:

биоакустический – акцент на достоверной передаче вида, минимальном вмешательстве и метрологически контролируемых условиях регистрации;

саунд-дизайнерский – акцент на эстетической выразительности, динамическом разнообразии, текстурной насыщенности и пригодности материала к монтажу и обработке [3, 4].

Настоящая работа посвящена разработке системы объективных психофизических критериев, позволяющих на этапе слухового анализа сырых файлов принимать обоснованное решение об их включении в специализированную библиотеку, а также о способах их каталогизации и подготовки к использованию в медиапродуктах.

2. Требования к формату файлов и его параметрам

Под исходным аудиофайлом в саунд-дизайне понимается оцифрованный сигнал, не подвергавшийся обработке [2, 5].

Данное требование обусловлено необходимостью сохранения максимально широкого пространства возможных преобразований. Любая необратимая обработка сужает свободу дальнейшего дизайна и может приводить к следующим негативным эффектам [4, 6]:

- шумоподавление разрушает тонкую спектрально-временную структуру фоновых атмосфер (шелест листвы, дальние насекомые), что снижает естественность восприятия при последующем усилении;

- динамическая компрессия нивелирует микродинамику сигнала, которая является ключевым носителем органичности звуковой ткани;

- эквалазация изменяет тембральный баланс, удаляя спектральные компоненты, которые могут оказаться востребованными при итоговом микшировании.

Таким образом, слуховой контроль на этапе первичного отбора должен быть направлен на выявление не любых дефектов, а только тех, которые препятствуют дальнейшей обработке или снижают потенциальную выразительность.

3. Методология творческого слухового анализа

В отличие от лабораторного спектрального анализа, ориентированного на соответствие эталону, в саунд-дизайне применяется метод «**творческого прослушивания**» (creative listening) – активный процесс, моделирующий будущие контексты использования материала и оценивающий его поведение при гипотетических преобразованиях [3, 5].

Алгоритм творческого слухового анализа включает следующие последовательные этапы:

Этап 1. Оценка технической состоятельности записи

Проверяется отсутствие:

- клиппинга (амплитудное ограничение с возникновением гармонических искажений);
- цифровых щелчков и сбоев тактирования;
- гула микрофонного предусилителя (низкочастотный шум с дискретными составляющими);
- фазовых искажений в многоканальных записях (дисбаланс стереобазы, отсутствие моносовместимости) [4, 6].

Этап 2. Анализ текстурной ценности

Оценивается степень внутреннего разнообразия сигнала: наличие микрособытий (удары, потрескивания, модуляции), динамических флуктуаций, нестационарных спектральных компонентов. Звук считается текстурноценным, если он содержит различимые на слух акустические «признаки» (фактуру), которые могут быть использованы как самостоятельные сэмплы или как слой микса [3].

Этап 3. Оценка монтажной пригодности

Определяются:

- наличие стационарных участков с малым разбросом параметров (пригодных для циклического воспроизведения – looping);
- расположение и длительность переходных процессов (атак и затуханий) с точки зрения возможности бесшовных склеек;
- наличие выраженных одиночных событий, доступных для выделения в качестве независимых сэмплов [5, 6].

Этап 4. Анализ динамического запаса

Оценивается отношение сигнал/шум (SNR) и уровень пиковых значений относительно 0 dBFS. Запись считается качественной при $\text{SNR} \geq 40\text{--}50$ дБ для источников, несущих основную смысловую нагрузку; для фоновых

атмосфер допустимы значения около 20 дБ. Важно также прогностически оценить поведение шумовой составляющей при последующем цифровом усилении в аудиоредакторе [2, 4].

Этап 5. Контекстное моделирование

Слуховой опыт используется для прогнозирования, в каких сценариях (ближний план, фон, динамическая сцена, интерактивная среда) данный материал может быть эффективно применён без существенной доработки [6].

3.1. Дифференциация дефекта и выразительного признака

Центральным профессиональным навыком является способность отличать технический брак (неустранимые искажения, мешающие восприятию) от характеристик, которые могут быть интерпретированы как выразительное средство. Систематизация признаков представлена в таблице 1.

Таблица 1. Типология акустических признаков и их оценка

Тип признака	Акустические проявления	Вердикт пригодности
Лёгкий клиппинг (срезка пиков)	Металлический призыв, интермодуляционные искажения	Брак – не подлежит использованию
Выраженный средний регистр	Гулящий, «коробящий» тембр	Возможно использование как текстурного слоя (маскировка)
Собственный шум микрофона	Шипение на низких уровнях	Критично для тихих сцен, допустимо в насыщенных фактурах
Ветровые помехи (на капсуле)	Низкочастотные флуктуации амплитуды	Часто представляет атмосферную ценность

4. Сравнительный анализ целевых установок биоакустики и саунд-дизайна

Различие подходов к одному и тому же исходному материалу принципиально для правильной организации библиотеки. Основные расхождения сведены в таблице 2.

Таблица 2. Различия критериев оценки биоакустического и саунд-дизайнерского подходов

Параметр	Биоакустика	Саунд-дизайн
Главный критерий качества	Видовая идентификация, чистота сигнала	Выразительность, текстурная сложность
Отношение к шуму	Минимизация	Рассматривается как элемент атмосферы

Параметр	Биоакустика	Саунд-дизайн
Предпочтительный формат записи	Моно (точечный источник)	Сtereo, MS, амбионик
Пространственная информация	Минимизируется	Ценится как содержательный слой
Обработка	Минимальная, контролируемая	Активная, креативная, неограниченная
Целевое применение	Научные исследования, образование	Медиапродукция (кино, игры, инсталляции)

Данные различия не носят конфликтного характера, а указывают на возможность множественного использования одного файла в разных контекстах [6].

5. Принципы отбора и каталогизации для целевой библиотеки

5.1. Критерии включения записи в библиотеку

На основе анализа профессиональных практик [3–6] предложен следующий минимальный набор критериев:

Техническая корректность – отсутствие перегрузки, цифровых сбояв, фазовых искажений.

Динамическая гибкость – запас по амплитуде (headroom) не менее 6–10 дБ относительно 0 dBFS.

Наличие внутренней динамической структуры – регистрируемые события (удары, акценты, переходы) с длительностью от 10 мс до 2 с.

Пригодность к лупингу – наличие участков с квазистационарными параметрами.

Пространственное разнообразие – наличие ближних, средних и дальних планов, различимых на слух.

Полнота метаданных – обязательная фиксация условий записи, таких как геолокация, тип примененных микрофонов, задействованные предусилители, погодные условия при записи, удаление источника.

5.2. Структура каталогизации

В отличие от таксономических архивов, библиотека для саунд-дизайна должна быть организована по функционально-эмоциональным категориям:

- *фоновые текстуры* (вода, ветер, листва, трава);
- *импульсные события* (удары, трески, всплески, падения);
- *атмосферы* (лес, луг, болото, горы);
- *зоогенные сигналы* (например, вокализации, шорохи, флайт-саунды) – как источник сэмплов;
- *антропогенные вставки* (например, шаги, движение кустов, звуки палатки).

Для каталогизации записей можно воспользоваться универсальной системой звуковых категорий UCS (Universal Category System). Система

UCS – открытый стандарт для формирования имен звуковых эффектов, разработанный Тимом Нильсеном, звукорежиссером студии Skywalker Sound [7, 8].

Основной особенностью стандарта UCS является максимальная информативность имен файлов, куда можно «зашивать» такие данные как: *Категория/Подкатегория (Category/Sub-Category)*, *Дополнительные категории (VendorCategory и UserCategory)*, *Название трека (TrackName)*, *автора трека (CreatorID)* и, наконец, *Альбома (Библиотеки) (SourceID)*, в который входит данный трек. Также в UCS допускается использование *Пользовательских данных (UserData)* в конце имени файла, которые могут пригодиться, например, для присвоения уникального идентификатора трека в базе данных.

Раздел UCS для музыкальных файлов не является исчерпывающим для описания всех возможных типов и жанров музыкального материала, однако вполне достаточен для их минимально-информативного описания. А сочетание двух *Дополнительных категорий (VendorCategory и UserCategory)*, которые добавляется в имя файла после *Категории/Подкатегории UCS*, позволяет добиться приемлемого уровня наглядности и информативности о музыкальном содержании треков, их авторах, альбомах и т. п.

Наглядные и информативные имена файлов позволяют уверенно ориентироваться в файловых массивах, а также использовать специальное программное обеспечение для каталогизации звуковых треков, которое поддерживает стандарт UCS (Soundminer и т. п.). Эти программы могут автоматически извлекать метаданные из всех блоков информации стандарта UCS, заноса их в столбцы, согласно правилам, которые задает пользователь программы.

5.3. Организация рабочего процесса

В работе формирования библиотеки звуков предлагается регламентировать последовательность действий:

1. Полевая запись (WAV, 48 кГц/24 бит или выше).
2. Первичное слуховое оценивание (в наушниках, контроль по спектрограмме).
3. Отбраковка по техническим и эстетическим критериям.
4. Грубая временная маркировка перспективных сегментов.
5. Помещение в «сырую» библиотеку без каких-либо изменений.
6. Опционально – обрезка неинформативных пауз (без динамической обработки).
7. Присвоение тегов (настроение, среда, динамический профиль).

Если придерживаться указанного выше подхода, то процесс записи становится упорядоченным и легче метадатируемым, а на полевую запись дублей требуется меньше времени, чем при несистемном подходе.

6. Анализ практических случаев

Проведем анализ нескольких практических случаев полевой записи. Выделим самые интересные случаи с точки зрения полезного результата и рассмотрим классификацию звуковых объектов в дубле.

6.1. Запись дождя в летнем лиственном лесу

Запись выполнялась в летнее время. Исходный монотонный по восприятию файл при детальном прослушивании показал наличие двух уровней событий – непрерывного шумового фона дождя и дискретных капельных ударов (длительностью около 50 мс). Несмотря на два уровня событий, один файл позволил выделить три класса звуковых объектов:

- стационарный фон для заикливания;
- импульсные сэмплы для акцентуации;
- фрагмент с нарастанием ветра в листве – для динамики.

Таким образом, один дубль полевой записи может дать несколько звуков на основе слухового анализа звуковых объектов, что можно использовать для расширения библиотеки.

6.2. Запись птичьего крика на фоне работающего трактора

С биоакустической позиции запись дефектна. С позиций саунд-дизайна она обладает семантической ёмкостью и может быть использована как звуковой символ конфликта природного и техногенного.

Слуховой анализ позволил выявить основную частоту и периодичность тракторного шума, что дало возможность его последующей фильтрации или, наоборот, сохранения как самостоятельного слоя. Слои можно разделять с помощью современных программных сред с поддержкой нейросетевого анализа. Хотя иногда результат анализа может не оказаться положительным, и слои придется разделять вручную или же слоев окажется больше, чем звуков в записи. Часто в лишние слои попадают выходящие за пределы определенной статистики звуки (резкие переходы, неповторяющийся шорох и т.п.). Роль слуховой экспертизы при таком способе обработки существенно возрастает.

В отличие от случая с дождем, на этом фрагменте невозможно отделить звуковые события только по времени, так как шум трактора наблюдается на всем интервале регистрации. Это существенно усложняет разделение звуков, а в некоторых случаях делает их разделение невозможным. Если разделить звуки невозможно, то запись следует повторить в иных условиях.

7. Заключение и практические рекомендации

Разработанная система критериев слухового анализа позволяет перевести процесс отбора полевых записей из субъективной области в область воспроизводимых процедур. Ключевые результаты работы:

- формализованы этапы творческого прослушивания с указанием контролируемых параметров;

- предложены пороговые значения SNR и динамического запаса для разных типов материалов;
- установлены признаки дифференциации технических дефектов от выразительных текстур.

Для практического применения рекомендуется:

1. Сохранять исходную сырую версию каждого файла отдельно от обработанной.
2. Внедрить в рабочий процесс этап слухового моделирования – мысленное применение фильтрации, изменения темпа и микширования.
3. При каталогизации использовать наряду с источником также функциональные теги (луп, сэмпл, атмосфера, удар).
4. При заимствовании материалов из научных фонотек обязательно выполнять их переоценку по дизайнерским критериям, так как исходные требования к записи существенно различаются.
5. Библиотека, построенная на таких принципах, становится не коллекцией фонограмм, а системой взаимосвязанных акустических объектов с прогнозируемыми свойствами, что существенно ускоряет процесс создания сложных звуковых сцен в кино, играх и интерактивных средах.

Список литературы

1. Krause B. *The Great Animal Orchestra: Finding the Origins of Music in the World's Wild Places*. – New York: Little, Brown and Company, 2012. – 288 p.
2. Viers R. *The Sound Effects Bible: How to Create and Record Hollywood Style Sound Effects*. – Studio City: Michael Wiese Productions, 2008. – 340 p.
3. Farnell A. *Designing Sound*. – Cambridge: MIT Press, 2010. – 664 p.
4. Никольский И. Д. Об охоте и собирательстве звуков природы. – М.: Пащиков дом, 2005. – 175 с.
5. Шейкин Ю. И., Добжанская О. Э. Звучащий ландшафт Арктики // *Этнографическое обозрение*. – 2016. – № 4. – С. 30–44.
6. Peeters G. *Large Automatic Audio Transcription for Sound Design* // *Proceedings of the AES International Conference on Audio for Games*. – London, 2019.
7. *Universal Category System* [Электронный ресурс]. – URL: <https://universalcategorysystem.com/> (дата обращения: 21.06.2026).
8. *Использование системы категорий UCS в построении музыкального каталога* // *Legio Sound & Music* [сайт]. – 2023. – URL: <https://legiosoundmusic.ru/blog/articles/ispolzovanie-sistemy-kategorii-ucs-v-postroenii-muzykalnogo-kataloga> (дата обращения: 21.06.2026).

DOI 10.34660/INF.2026.10.76.200

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ТЕНДЕНЦИЙ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Шелягович Александр Сергеевич

*Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники*

Цифровая трансформация экономики существенно изменяет требования к инженерному образованию и рынку труда. Современный инженер должен обладать не только фундаментальной технической подготовкой, но и цифровыми компетенциями, включающими программирование, анализ данных, уметь работать с технологиями искусственного интеллекта и многое другое.

В настоящий момент инженерное образование находится в стадии активной цифровой трансформации, основными тенденциями которой являются внедрение электронных образовательных платформ, использование виртуальных лабораторий, развитие дистанционного обучения, а также интеграция междисциплинарных программ, объединяющих инженерные и IT-направления; таковой, например, является специальность «Компьютерная инженерия» в ИИТ БГУИР.

Однако существует ряд проблем, которые тормозят цифровую трансформацию. К таковым относятся:

- частичное соответствие образовательных программ требованиям рынка труда из-за очень быстрого прогресса в технологической сфере;
- неизбежное устаревание материально-технической базы высших учебных заведений;
- недостаточная ориентированность на практическую подготовку;
- слабая интеграция с промышленными предприятиями
- необходимость постоянного повышения квалификации преподавателей для того, чтобы идти в ногу с технологическим прогрессом.

В результате данных факторов возникает разрыв между академической подготовкой и реальными потребностями цифровой экономики.

Основными направлениями цифровой трансформации являются внедрение искусственного интеллекта в образовательные процессы; развитие персонализированных траекторий обучения; переход на цифровые варианты

документации (журналы, зачетные книжки) вместо привычного бумажного; использование больших данных для анализа успеваемости, а также применение цифровых симуляторов в качестве аналогов производственных процессов и не только.

Вызовы современного рынка труда цифровой экономики характеризуются высокой динамикой и быстрым устареванием профессиональных компетенций. В условиях цифровизации формируется спрос на гибридные профессии, сочетающие как инженерные, так и IT-навыки.

Основными проблемами являются

- дефицит квалифицированных инженерных кадров из-за требования большинства компаний солидного опыта работы, а без него очень сложно попасть на хорошую должность и получить необходимую квалификацию;
- не полное соответствие подготовки выпускников требованиям работодателям вследствие специфики работы каждой отдельной компании;
- рост конкуренции за специалистов как на локальном, так и на глобальном уровне;
- миграция высококвалифицированных кадров;
- необходимость постоянного обновления компетенций.

Все эти проблемы имеют разную степень влияния на рынок труда, однако недооценивать не стоит ни одну из них.

В Республике Беларусь на сегодняшний день цифровая трансформация рассматривается как одно из основных стратегических направлений развития экономики; к таким направлениям также можно отнести формирование цельной цифровой экономики, развитие высокотехнологичных отраслей в различных сферах, а также повышение конкурентоспособности всей промышленности в целом. Однако спектр вышеперечисленных проблем (дефицит кадров, быстрое устаревание образовательных программ и материально-технической базы, рост конкуренции) тормозит данные процессы, за счет чего наблюдается определенный разрыв между стратегическими целями государства и реальными возможностями системы образования и рынка труда.

Исходя из вышесказанного, можно наметить некоторые направления, которые помогут если не решить проблемы полностью, то хотя бы ускорить процессы цифровой трансформации инженерного образования. В сфере образования необходимо своевременно обновлять образовательные программы с учетом требований предприятий и IT-компаний, внедрять цифровые лаборатории и симуляторы в учебный процесс, своевременно повышать квалификацию профессорско-преподавательского состава высших учебных заведений. В сфере рынка труда необходимо активно использовать переподготовку кадров с учетом системы непрерывного образования, укреплять взаимодействие между вузами и работодателями, создавать конкурентные условия для

высококвалифицированных кадров. На государственном уровне необходимо развивать международное сотрудничество с высокотехнологичными компаниями и странами, повысить инвестиции в образовательную инфраструктуру как в формате оплаты труда (для заинтересованности высококвалифицированных кадров), так и в формате обновления материально-технической базы вузов.

Цифровая трансформация инженерного образования является одним из ключевых условий развития цифровой экономики. Несмотря на активное внедрение новых технологий, сохраняется определенный разрыв между образовательной системой и потребностями рынка труда. Для Республики Беларусь приоритетным направлением является формирование гибкой, практико-ориентированной системы инженерного образования, интегрированной с промышленностью и ориентированной на непрерывное развитие компетенций как преподавателей, так и выпускников.

Таким образом, только комплексный подход из взаимодействия государства, образовательных учреждений и бизнеса позволит обеспечить устойчивое развитие инженерного потенциала в условиях цифровой экономики.

DOI 10.34660/INF.2026.11.11.081

УДК 678.5:004.942

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ЛИТЬЕВОГО ФОРМОВАНИЯ КАСКАДНОЙ КОНСТРУКЦИИ ЦВЕТОЧНОГО КОНТЕЙНЕРА МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Сироцкая Екатерина Вадимовна

студент

Козич Дарья Павловна

студент

Антонов Александр Сергеевич

кандидат технических наук, доцент

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы

Аннотация. Статья посвящена вопросам цифрового проектирования элементов благоустройства городских территорий, а именно малых архитектурных форм из полимерных материалов. В работе представлены результаты компьютерного моделирования процесса литьевого формования каскадного цветочного контейнера, выполненного в виде многоярусной конструкции. Исследование проведено с применением интегрированного подхода на базе программного комплекса SolidWorks Plastics. Проведен анализ параметров заполнения литьевой формы, распределения давления, температуры и сдвиговых напряжений в расплаве полипропилена. Установлено, что разработанная геометрия контейнера характеризуется низким гидравлическим сопротивлением, что выражается в значениях требуемого давления впрыска, не превышающих 10% от предельно допустимого уровня. Показано, что сдвиговые характеристики расплава и температурный режим формования находятся в допустимых пределах, исключающих термоокислительную деструкцию материала. Результаты верифицируют технологичность предложенной конструкции и обосновывают возможность её промышленного изготовления методом литья под давлением без дополнительной экспериментальной отладки.

Ключевые слова: каскадный цветочный контейнер, малые архитектурные формы, литье под давлением, конечно-элементный анализ, технологичность, полипропилен.

Abstract. *This paper addresses the digital design of urban landscaping elements, specifically small architectural forms made of polymeric materials. The results of computer-aided simulation of the injection molding process for a cascading flower pot, designed as a multi-tiered structure, are presented. The study employs an integrated approach within the SolidWorks Plastics software package. An analysis of mold filling parameters, pressure distribution, temperature, and shear stress in the polypropylene melt has been conducted. It has been established that the proposed container geometry is characterized by low hydraulic resistance, reflected in required injection pressure values not exceeding 10 % of the maximum allowable limit. It is shown that the shear characteristics of the melt and the molding temperature regime remain within acceptable limits, precluding thermo-oxidative degradation of the material. The results confirm the manufacturability of the proposed design and justify its potential for industrial production via injection molding without additional experimental setup.*

Keywords: *cascading flower pot, small architectural forms, injection molding, finite element analysis, manufacturability, polypropylene.*

Введение. Современные тенденции в области градостроительства и ландшафтного дизайна характеризуются смещением акцентов в сторону создания не только функциональных, но и эстетически привлекательных рекреационных пространств [1, 2]. Одним из ключевых элементов формирования комфортной городской среды выступают малые архитектурные формы (МАФ), к которым относятся урны, декоративные ограждения и цветочницы. Применение полимерных композиционных материалов для изготовления МАФ открывает новые возможности в связи с их высокой атмосферостойкостью, низкой удельной массой и технологичностью формообразования [3, 4].

Особый интерес в рамках развития вертикального озеленения представляют каскадные цветочные контейнеры, конструктивно выполненные в виде многоярусной системы посадочных ёмкостей. Такие изделия позволяют эффективно использовать ограниченное пространство городских дворов, парков и террас, создавая вертикальные цветочные композиции [5]. Однако изготовление подобных конструкций методом литья под давлением сопряжено с рядом технологических вызовов, связанных с геометрической сложностью, неравномерной толщиной стенок и наличием замкнутых полостей. В связи с этим актуальной становится задача оценки технологичности на этапе цифрового проектирования с использованием современных CAD/CAE-инструментов.

Целью настоящего исследования являлся компьютерный анализ параметров процесса литья под давлением для каскадной конструкции цветочного контейнера с использованием метода конечных элементов. В работе оцениваются такие ключевые технологические показатели, как требуемое

давление впрыска, усилие смыкания формы, сдвиговые характеристики расплава и температурный режим формования.

Методика исследований. Объектом исследования служила разработанная трёхмерная модель каскадного цветочного контейнера, представляющего собой систему из нескольких посадочных ёмкостей, смонтированных на общей вертикальной оси с организацией последовательного дренажа. Геометрическая модель была создана в среде параметрического твердотельного моделирования (рисунок 1).



Рисунок 1. Разработанная конструкция каскадного цветочного контейнера:
а) – ячейка; б) – модуль

Анализ технологичности процесса литья под давлением выполнялся в модуле SolidWorks Plastics 2022 [6]. Расчётная область была дискретизирована конечно-элементной сеткой, насчитывающей 220 309 ячеек (из которых 125 308 призматических элементов и 95 001 тетраэдрических) при 94 305 узлах. Выбор типа сетки и её плотности осуществлялся с учётом необходимости баланса между вычислительной эффективностью и точностью результатов.

В качестве материала для моделирования использовался полипропилен марки BASELL HIFAX BR 1149 A, широко применяемый для изготовления тонкостенных и среднетолщинных изделий хозяйственно-бытового назначения. Выбор данного материала обусловлен его благоприятным сочетанием прочностных и реологических свойств, а также наличием встроенной библиотеки реологических и теплофизических характеристик в программном комплексе.

Технологические параметры, задаваемые в симуляторе, включали: расчётное время инъекции – 2,77 с; температуру расплава на впрыске – 240 °С; температуру формующих поверхностей оснастки – 50 °С; предельно допустимое давление в материальном цилиндре – 100 МПа; ограничение

объёмного расхода расплава – $400 \text{ см}^3/\text{с}$. Переключение со стадии динамического заполнения на стадию уплотнения задано в момент достижения 100 % заполнения геометрии полости. Продолжительность выдержки под давлением определена равной 6,08 с, при этом общая длительность стадии уплотнения составила 27,7 с с последующим этапом чистой выдержки без подвода давления продолжительностью 21,5 с.

В ходе анализа оценивались следующие параметры: давление впрыска, усилие смыкания формы по трём осям, температурное поле расплава в объёме детали, скорость и напряжение сдвига, а также наличие потенциальных дефектов в виде утяжин, линий спая и воздушных пузырей [7].

Результаты и их обсуждение. Проведенное компьютерное моделирование процесса заполнения литьевой формы для каскадного цветочного контейнера позволило получить количественные оценки ключевых технологических параметров, определяющих возможность промышленного изготовления изделия. Интерпретация полученных данных выполнена с учётом специфических требований, предъявляемых к конструкциям подобного назначения, а также с позиций реологического поведения полипропиленового расплава в условиях инжекционного формования.

На рисунке 2 а представлена эпюра времени заполнения, из которой следует, что фронт потока движется равномерно, без образования застойных зон и преждевременного застывания в тонкостенных участках. Время заполнения составило 2,77 с, что является приемлемым для изделий подобной массы и габаритов. Данный показатель коррелирует с рекомендуемыми значениями для полипропиленовых изделий толщиной стенки 2–4 мм и свидетельствует о сбалансированности литниковой системы.

Распределение давления по завершении впрыска (рисунок 2 б) показывает, что максимальное давление в полости не превышает 9,32 МПа. Данная величина не достигает даже десятой части от установленного предельного значения (100 МПа), что указывает на низкое гидравлическое сопротивление каналов течения. Столь низкое требуемое давление впрыска позволяет использовать для производства термопластавтоматы с меньшим усилием запираения, что снижает капитальные затраты на оснастку и расширяет круг потенциальных производителей. Отсутствие зон с чрезмерно высоким давлением также исключает риск образования грата в разёме формы.

Усилия смыкания литьевой формы в направлениях осей X, Y и Z составили 23,63 т, 24,71 т и 20,60 т соответственно. Максимальное значение (24,71 т) более чем в четыре раза уступает заданному пределу силы замыкания (100 т), что подтверждает допустимость использования данного оснащения на стандартных термопластавтоматах без риска раскрытия формы.

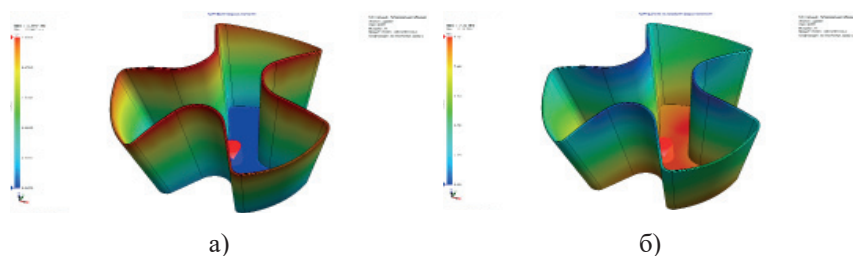


Рисунок 2. Результаты анализа параметров заполнения полости формы при литьевом формовании элемента цветочного контейнера:
а) – время заполнения; б) – давление

Неравномерность распределения усилий по осям объясняется асимметрией проекции детали на плоскости, однако все значения находятся в допустимом диапазоне. Данный факт имеет важное практическое значение, поскольку избыточное усилие смыкания может приводить к повышенному износу направляющих колонн и плит литьевой формы.

Сдвиговые параметры расплава, определяющие степень деструкции полимерных цепей в процессе формования, также находятся в пределах допустимого. Максимальная скорость сдвига, зафиксированная в расчёте, равна $1263,4 \text{ с}^{-1}$, что почти на два порядка меньше предельно допустимой для данного материала величины $61\,300 \text{ с}^{-1}$. Напряжение сдвига не превысило $0,097 \text{ МПа}$ при критическом значении $2,527 \text{ МПа}$. Столь значительный запас по сдвиговым параметрам свидетельствует о том, что течение расплава происходит в условиях, близких к ламинарным, без возникновения турбулентности и связанных с ней деструктивных явлений. Отсутствие экстремальных сдвиговых нагрузок особенно важно для изделий с длительным сроком эксплуатации, поскольку сохранение молекулярной структуры полимера напрямую влияет на его долговечность и устойчивость к растрескиванию под нагрузкой.

Температурное поле расплава в конце заполнения характеризуется максимумом фактической температуры $240,19 \text{ }^{\circ}\text{C}$ и объёмной температуры $240,22 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Незначительный (менее $0,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$) перегрев относительно начальной температуры впрыска объясняется диссипативным тепловыделением при сдвиговом течении в тонкостенных участках. Критический порог деструкции полимера, связанный с термоокислением, не достигается. Отсутствие локальных зон с повышенной температурой подтверждает корректность выбора режимных параметров, включая температуру формы ($50 \text{ }^{\circ}\text{C}$) и скорость впрыска. Равномерное температурное поле способствует формированию однородной надмолекулярной структуры по объёму детали, что положительно

сказывается на стабильности физико-механических свойств готового изделия и снижает вероятность коробления при извлечении из формы.

Визуализация температуры фронта потока расплава (рисунок 3) демонстрирует отсутствие преждевременного застывания материала в наиболее тонких сечениях. Температурный критерий короткого впрыска задан на уровне 125 °С, и ни один участок модели не достиг этого значения до окончания заполнения, что исключает риск недолива.

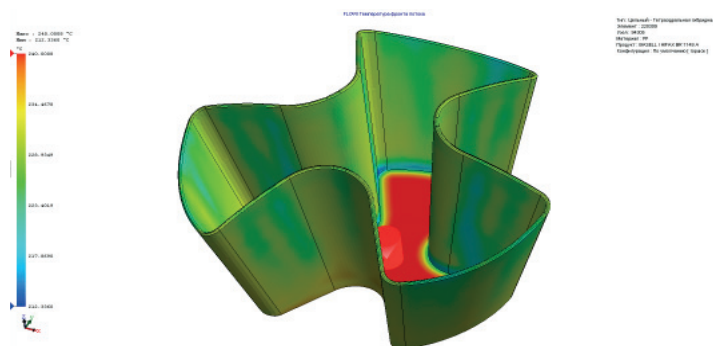


Рисунок 3. Эпюра температуры фронта потока расплава при исследовании технологичности разработанной конструкции цветочного контейнера при литье под давлением

Оценка напряжений смещения и усадки объёма свидетельствует об отсутствии критических внутренних напряжений, способных вызвать коробление или растрескивание после извлечения из формы. Максимальные значения этих параметров находятся в пределах, допустимых для полипропиленовых изделий, и не требуют дополнительной корректировки конструкции или технологического режима. Время охлаждения составляет величину, обеспечивающую полную кристаллизацию материала в цикле литья, что гарантирует стабильность размеров и отсутствие послеусадочных деформаций.

Особое внимание следует уделить оценке возможных дефектов, которые могут возникнуть в процессе литья. Результаты моделирования показывают, что зоны утяжин локализованы в областях с максимальной толщиной стенки, однако их глубина не превышает допустимых значений для изделий данного класса. Линии сая, формирующиеся при встрече нескольких фронтов потока, не создают протяжённых областей с пониженной прочностью, что подтверждается отсутствием значительного падения давления в этих зонах. Образование воздушных пузырей зафиксировано лишь в единичных локальных участках, где возможно наличие вентиляционных каналов. В целом,

картина дефектов не указывает на наличие системных технологических проблем, которые потребовали бы кардинальной переработки геометрии или изменения режимных параметров.

Полученные результаты следует рассматривать с позиций требований, предъявляемых к каскадным цветочным контейнерам как элементам благоустройства. Ключевыми эксплуатационными факторами для таких изделий являются атмосферостойкость, стабильность геометрических размеров при сезонных колебаниях температур и устойчивость к статическим нагрузкам от грунтового субстрата. Равномерное распределение температурного поля и отсутствие значительных внутренних напряжений в процессе формования обеспечивают минимизацию коробления, что особенно важно для многоярусных конструкций, где соосность элементов определяет эстетические и функциональные характеристики. Низкое гидравлическое сопротивление каналов течения, проявившееся в малом требуемом давлении впрыска, гарантирует стабильность заполнения формы от цикла к циклу, что является залогом воспроизводимости размеров и массы изделий в серийном производстве.

Совокупность полученных результатов свидетельствует о том, что разработанная конструкция каскадного цветочного контейнера является технологичной и может быть рекомендована к промышленному изготовлению без дополнительной экспериментальной отладки процесса. Низкие значения требуемого давления впрыска и усилия смыкания формы подтверждают возможность использования стандартного литейного оборудования, что является важным экономическим фактором. Отсутствие критических дефектов и равномерное распределение температурных и сдвиговых полей гарантируют получение изделий со стабильными потребительскими свойствами, соответствующими предъявляемым требованиям по долговечности и эстетическим характеристикам.

Заключение. Таким образом, на основе проведенного компьютерного моделирования процесса литья под давлением установлено, что разработанная конструкция каскадного цветочного контейнера характеризуется высокой технологичностью. Требуемое давление впрыска (9,32 МПа) и усилия смыкания формы не превышают предельно допустимых значений для стандартного литейного оборудования. Сдвиговые характеристики расплава (максимальная скорость сдвига – $1263,4 \text{ с}^{-1}$, напряжение сдвига – 0,097 МПа) и температурный режим формования (перегрев не более $0,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$) находятся в допустимых пределах, исключающих термоокислительную деструкцию полимерной матрицы. Выявленные дефекты (утяжины, линии спая, воздушные пузыри) либо отсутствуют, либо локализованы в зонах, не оказывающих критического влияния на эксплуатационные свойства. Рекомендованный режим литья может быть передан в производство без дополнительных

экспериментальных отладок при условии контроля температуры формы на уровне 50 ± 2 °С и соблюдения профиля давления на стадии выдержки.

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь в рамках гранта № ГС 01–26 «Композиционные материалы для изготовления экопарковок и элементов малых архитектурных форм с использованием замкнутого цикла переработки полимерных отходов в несущие конструкционные элементы» от 25.02.2026.

Список использованных источников

1. Потаев Г. А. *Постиндустриальные города: реновация и развитие.* – Минск: БНТУ, 2019. – 232 с.
2. Иванова М. С., Коробчук М. В. *Современные композиционные материалы в малых архитектурных формах и декоре зданий // Современное строительство и архитектура.* – 2023. – № 8 (39). – DOI: 10.18454/мса.2023.39.2.
3. Струк А. В., Нурметов Х. И., Береснева А. В., Авликулов Ж. С. *Рециклинг в материаловедении и технологии полимерных композитов: монография / под науч. ред. А. А. Пискулова, В. А. Струка.* – Ташкент: Vneshinvestprom, 2019. – 336 с.
4. Lopes L., Dauari H., Mendonça P., Almeida M. *Marine Plastic Waste in Construction: A Systematic Review of Applications in the Built Environment // Polymers.* – 2025. – 17(13). – 1729. – <https://doi.org/10.3390/polym17131729>.
5. Patent US 8191310, IPC A01G 25/00 (2006.01), A01G 9/02 (2006.01); CPC A01G 9/02, A01G 27/06. *Stackable plant pot: № 12/767,541: filing date 26.04.2010: publ. date 05.06.2012 / John Rodney Keats; applicant John Rodney Keats.* – URL: <https://patents.google.com/patent/US8191310B2/en> (date of access: 27.06.2026).
6. *Overview: Plastic Injection Molding Simulation // SOLIDWORKS Plastics Help 2024.* – URL: https://help.solidworks.com/2024/English/swplastics/c_overview_plastics_injection_molding.htm (date of access: 15.05.2026).
7. Оствальд Т. А., Тунз Л.-Ш., Грэмман П. Дж. *Литье пластмасс под давлением / под. ред. Э. Л. Калинчева.* – СПб.: Профессия, 2006. – 712 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ДИСТИЛЛЯЦИИ ЗНАНИЙ (KNOWLEDGE DISTILLATION) В БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЯХ ДЛЯ СОЗДАНИЯ РЕСУРСНО-ЭФФЕКТИВНЫХ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ МОДЕЛЕЙ

Федотов Артемий Александрович

студент

*Уральский федеральный университет имени первого Президента
России Б. Н. Ельцина,*

г. Екатеринбург, Россия

Научный руководитель – Кащенко Надежда Михайловна

кандидат физико-математических наук

*Уральский федеральный университет имени первого Президента
России Б. Н. Ельцина,*

г. Екатеринбург, Россия

Аннотация. Рост масштабов больших языковых моделей (от англ. *Large Language Models, LLM*) повысил качество решения языковых, аналитических и прикладных задач, но одновременно усилил проблему вычислительной стоимости, задержек инференса и сложности внедрения таких систем в ограниченной инфраструктуре. Для локальных, корпоративных и специализированных сценариев полноразмерные большие языковые модели часто оказываются избыточными, поэтому возрастает интерес к малым моделям, обученным на выполнение узкого круга задач. Одним из подходов к созданию таких моделей является дистилляция знаний (*knowledge distillation*) – перенос знаний от более крупной модели-учителя к компактной модели-ученику. В статье рассматриваются основные методы дистилляции больших языковых моделей, сравниваются их преимущества, ограничения и применимость для построения ресурсно-эффективных специализированных систем. Показано, что практическая ценность методов зависит от доступности модели-учителя, качества обучающих данных, требований к объяснимости и допустимого уровня вычислительных затрат.

Ключевые слова: большие языковые модели, дистилляция знаний, малые языковые модели, обучение по схеме «учитель-ученик», ресурсно-эффективный

III, специализированные модели, дистилляция без доступа к внутренним данным модели, дистилляция с доступом к внутренним данным модели, инструкционная дистилляция, дистилляция на основе обоснований.

1. Введение

Большие языковые модели стали основой многих систем обработки естественного языка: диалоговых ассистентов, инструментов анализа документов, генераторов кода и корпоративных поисковых решений. Их качество связано с масштабом архитектуры и объёмом обучающих данных, однако эксплуатация таких моделей требует значительных вычислительных ресурсов. Это ограничивает их применение там, где важны низкая стоимость, автономность, конфиденциальность данных и предсказуемая задержка ответа.

Для многих прикладных задач не требуется универсальная модель максимального размера. В образовательных сервисах, технической поддержке, анализе внутренних документов или программировании часто достаточно компактной модели, хорошо адаптированной к конкретной предметной области. Такая модель может работать быстрее, дешевле и проще разворачиваться в локальной или корпоративной среде.

Дистилляция знаний рассматривается как один из ключевых подходов к созданию малых специализированных моделей. Идея метода состоит в том, что модель-ученик обучается не только на исходных метках или текстах, но и на сигналах, полученных от более сильной модели-учителя [1]. В случае больших языковых моделей такими сигналами могут быть ответы, вероятностные распределения, инструкции, рассуждения или промежуточные представления [2]–[4].

Цель статьи – провести сравнительный анализ методов дистилляции знаний в больших языковых моделях и определить, какие подходы наиболее применимы для создания ресурсно-эффективных специализированных моделей. Основное внимание уделяется различиям между дистилляцией без доступа к внутренним данным модели (black-box distillation), дистилляцией с доступом к внутренним данным модели (white-box distillation), дистилляцией на основе ответов (response-based distillation), дистилляцией на основе логитов (logits-based distillation), дистилляцией на основе обоснований (rationale-based distillation) и дистилляцией на основе инструкций (instruction distillation).

2. Теоретические основы дистилляции знаний

Дистилляция знаний основана на схеме обучения «учитель-ученик» (teacher-student learning). Модель-учитель обладает более высокой ёмкостью и обычно демонстрирует лучшее качество, а модель-ученик имеет меньший размер и обучается воспроизводить часть её поведения. В классической

постановке дистилляции модель-ученик использует не только жёсткие метки, но и «мягкие» вероятностные распределения, которые содержат дополнительную информацию о сходстве классов и неопределённости модели-учителя [1].

В отличие от обычного обучения, где модель напрямую оптимизируется по размеченным данным, дистилляция использует модель-учителя как источник обучающего сигнала. Это позволяет передавать не только правильный ответ, но и структуру поведения более крупной модели. Для языковых моделей такой перенос особенно важен, поскольку качество ответа определяется не одной меткой, а способностью следовать инструкции, поддерживать контекст, выбирать стиль и строить связное рассуждение.

Для больших языковых моделей могут передаваться разные типы знания: финальные ответы, вероятностные распределения по токенам, скрытые состояния, представления механизма внимания (attention), пары «инструкция – ответ» и объяснения, связанные с рассуждением (reasoning) [2]–[4]. Чем богаче обучающий сигнал, тем точнее потенциально может быть перенос, но тем выше требования к доступу к модели-учителю и вычислительным ресурсам.

Главная сложность дистилляции больших языковых моделей состоит в том, что поведение таких моделей не сводится к классификации. Модель-ученик должна научиться генерировать последовательности, учитывать длинный контекст, корректно реагировать на неоднозначные запросы и сохранять фактическую точность. Поэтому методы дистилляции больших языковых моделей отличаются от ранних подходов к сжатию классификаторов и требуют отдельного анализа.

3. Классификация методов дистилляции больших языковых моделей

Дистилляция с доступом к внутренним данным модели (white-box distillation) предполагает доступ к внутренним данным модели-учителя: логитам (logits), скрытым состояниям, картам механизма внимания (attention) или межслойным представлениям. Такой подход даёт богатый обучающий сигнал и может обеспечивать более точный перенос поведения, особенно при сжатии открытых моделей. Примерами близких подходов являются DistilBERT и Patient Knowledge Distillation for BERT, где модель-ученик обучается использовать не только финальные ответы, но и внутренние представления модели-учителя [5], [6]. Ограничение метода состоит в том, что он практически неприменим к закрытым моделям, доступным только через программный интерфейс (API).

Дистилляция без доступа к внутренним данным модели (black-box distillation) использует только наблюдаемые ответы модели-учителя. Модель-ученик обучается на корпусе запросов и сгенерированных ответов без доступа к логитам или архитектуре модели-учителя. Этот подход особенно важен для

практики, поскольку многие сильные большие языковые модели доступны только через интерфейс или программный интерфейс (API) [3], [4]. Его слабая сторона – зависимость от качества синтетического корпуса и невозможность напрямую контролировать внутренние механизмы переноса.

Дистилляцию на основе ответов (*response-based distillation*) можно рассматривать как наиболее простую форму дистилляции, при которой модель-ученик воспроизводит финальные ответы модели-учителя. Метод удобен для доменных сценариев, где можно заранее собрать типовые запросы и эталонные ответы. Он хорошо подходит для создания прикладных ассистентов, но хуже передаёт скрытую логику рассуждения, если модель-учитель выдаёт только итоговый результат.

Дистилляция на основе логитов (*logits-based distillation*) использует вероятностные распределения модели-учителя по токенам. Такой сигнал богаче, чем готовый текст, поскольку показывает не только выбранный вариант, но и альтернативы, которые модель считала вероятными. Подход теоретически сильнее дистилляции на основе ответов, однако требует доступа к логитам и поэтому ограничен в сценариях с закрытыми моделями [7], [11].

Дистилляция на основе обоснований (*rationale-based distillation*) направлена на перенос объяснений, промежуточных рассуждений и обоснований. Она особенно перспективна для задач, где важны рассуждение, обоснование ответа и пошаговое решение. Работы *Distilling Step-by-Step* и *Orca* показывают, что объяснительные трассы могут помочь малым моделям эффективнее осваивать сложные инструкции [8], [9]. При этом такие данные требуют проверки: ошибочные или избыточные объяснения способны ухудшить качество модели-ученика.

Дистилляция на основе инструкций (*instruction distillation*) строится на обучении модели-ученика по парам «инструкция – ответ». Этот подход близок к инструкционному дообучению (*instruction tuning*) и удобен для создания специализированных ассистентов, поскольку позволяет передавать формат взаимодействия, стиль ответа и доменные шаблоны поведения. *Self-Instruct* и последующие работы показали значимость синтетических инструкций для настройки языковых моделей [10]. Качество результата зависит от разнообразия инструкций, покрытия предметной области и фильтрации данных.

Таким образом, методы дистилляции различаются не только технической реализацией, но и типом знания, которое переносится от модели-учителя к модели-ученику. Чем глубже доступ к модели-учителю, тем богаче сигнал, но тем ниже практическая доступность метода для закрытых коммерческих больших языковых моделей.

4. Сравнительный анализ методов дистилляции знаний

Сравнение основных методов представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение методов дистилляции знаний для больших языковых моделей

Метод	Суть метода	Преимущества	Ограничения	Применимость для специализированных моделей
Дистилляция с доступом к внутренним данным (white-box)	Перенос внутренних представлений модели-учителя: логитов, скрытых состояний, механизма внимания	Богатый обучающий сигнал, высокий потенциал сохранения качества	Требует доступа к архитектуре и внутренним данным модели	Высокая при работе с открытыми моделями учителями и локальной инфраструктурой
Дистилляция без доступа к внутренним данным (black-box)	Обучение модели-ученика на ответах модели-учителя без доступа к её внутренним данным	Практически доступна, совместима с моделями, работающими через программный интерфейс (API)	Сильная зависимость от качества запросов и синтетических ответов	Очень высокая для корпоративных и прикладных ассистентов
Дистилляция на основе ответов (response-based)	Перенос финальных ответов модели-учителя	Простота реализации, удобство для узких доменов	Ограниченный перенос рассуждений и скрытой логики	Высокая для типовых сценариев поддержки, поиска и анализа документов
Дистилляция на основе логитов (logits-based)	Использование вероятностных распределений модели-учителя по токенам	Более тонкий перенос поведения, чем при обучении только на текстах	Нужен доступ к логитам, что редко возможно для закрытых больших языковых моделей	Высокая для открытых моделей и исследовательских задач

Дистилляция на основе обоснований (rationale-based)	Перенос объяснений, обоснований и промежуточных рассуждений	Полезна для задач, требующих рассуждения, и объяснимых систем	Требует фильтрации объяснений, возможен перенос ошибок	Высокая для образования, экспертных систем и сложных инструкций
Дистилляция на основе инструкций (instruction)	Обучение по парам «инструкция – ответ»	Хорошо передаёт поведение ассистента и формат взаимодействия	Зависит от качества и разнообразия набора инструкций	Очень высокая для доменных чат-ботов и специализированных больших языковых моделей

С практической точки зрения наиболее доступными являются дистилляция без доступа к внутренним данным модели, дистилляция на основе ответов и дистилляция на основе инструкций. Они не требуют доступа к внутренним параметрам модели-учителя и могут использоваться при работе с закрытыми программными интерфейсами (API). Поэтому именно эти подходы чаще подходят для создания прикладных моделей-учеников в организациях, где важны стоимость, скорость внедрения и контроль над доменными данными.

Дистилляция с доступом к внутренним данным модели и дистилляция на основе логитов теоретически сильнее, поскольку используют более информативные сигналы. Однако их применение ограничено доступностью открытых моделей и вычислительными требованиями. Подход на основе обоснований занимает промежуточное положение: он применим и в сценариях без доступа к внутренним данным, но требует тщательной проверки объяснений. Выбор метода зависит от доступа к модели-учителю, качества данных, допустимых затрат, требований к объяснимости и рисков предметной области.

5. Применение дистилляции знаний для создания специализированных моделей

Основная ценность дистилляции для прикладных систем состоит в возможности создать малую модель, ориентированную на ограниченную предметную область. Такая модель не должна полностью повторять универсальные способности модели-учителя. Достаточно, чтобы она устойчиво решала целевые задачи: отвечала на типовые вопросы, анализировала документы, помогала с кодом или поддерживала пользователя в рамках заданного процесса.

Снижение размера модели позволяет уменьшить стоимость инференса, задержку ответа и требования к оборудованию. Это особенно важно для локального и корпоративного развёртывания, где данные нельзя передавать во внешние сервисы или где необходимо обеспечить стабильную работу при

большом числе запросов. В таких условиях компактная модель-ученик может быть предпочтительнее крупной универсальной языковой модели.

Наиболее очевидные области применения включают образовательные ассистенты, корпоративные чат-боты, техническую поддержку, анализ нормативных и внутренних документов, помощь программистам и автоматизацию типовых коммуникаций. В этих сценариях предметная область ограничена, а качество модели можно оценивать по заранее известным классам запросов и ожидаемым форматам ответа.

В медицине, праве и других чувствительных областях дистилляция требует дополнительного экспертного контроля. Модель-ученик может унаследовать ошибки модели-учителя, некорректные обобщения или устаревшие сведения. Поэтому в таких системах важны не только компактность и скорость, но и проверка данных, трассируемость источников, ограничения на автономность модели и участие специалиста в принятии решений.

6. Ограничения и риски дистилляции больших языковых моделей

Первое ограничение связано с потерей качества при сжатии. Модель-ученик имеет меньшую ёмкость и не всегда способна воспроизвести широкий спектр возможностей модели-учителя. Особенно заметно это в задачах, требующих длинного контекста, нестандартного рассуждения или работы с редкими предметными случаями.

Второй риск – перенос ошибок модели-учителя. Если обучающий корпус содержит галлюцинации, предвзятые ответы или неточные объяснения, модель-ученик может закрепить эти дефекты. Проблема усиливается при дистилляции без доступа к внутренним данным модели, где исследователь видит только финальный текст и не может анализировать внутреннюю неопределённость модели-учителя.

Третий фактор – зависимость от качества синтетических данных. Для успешной дистилляции набор инструкций и ответов должен покрывать реальные сценарии использования, разные формулировки запросов и граничные случаи. Однообразный или плохо отфильтрованный корпус приводит к переобучению на шаблонные ответы и снижает устойчивость модели.

Отдельную сложность представляет перенос способности к рассуждению. Даже если модель-учитель выдаёт правильный ответ, модель-ученик может не освоить логику решения, а лишь имитировать поверхностный стиль. Дистилляция на основе обоснований частично решает эту проблему, но требует проверки рассуждений, поскольку объяснение может быть убедительным по форме и ошибочным по содержанию [8], [9], [12].

Наконец, существуют юридические и лицензионные ограничения. Использование ответов закрытых моделей для обучения моделей-учеников может регулироваться условиями доступа к программным интерфейсам (API),

политиками данных и правами на сгенерированный контент. Поэтому практическая дистилляция должна сопровождаться оценкой качества, проверкой источников данных и анализом правовых ограничений.

7. Перспективы развития направления

Одним из важных направлений остаётся дистилляция способности к рассуждению (reasoning distillation) – перенос способности к пошаговому решению задач. Интерес к этому подходу связан с тем, что компактные модели часто хуже справляются со сложными рассуждениями, чем крупные модели учителя. Развитие методов фильтрации обоснований и проверки объяснений может повысить качество таких моделей-учеников [8], [9], [12].

Перспективной является самодистилляция (self-distillation), при которой модель использует собственные улучшенные ответы или ответы более сильных версий для дальнейшего обучения. Этот подход может сочетаться с инструкционным дообучением (instruction tuning) и генерацией доменных наборов данных с инструкциями, особенно когда доступ к внешней модели-учителю ограничен.

Дальнейшее развитие дистилляции связано с её объединением с низкоранговой адаптацией LoRA и QLoRA, отсечением параметров (pruning) и квантизацией (quantization). Такие комбинации позволяют не только уменьшать размер модели, но и снижать стоимость дообучения и инференса. Для специализированных систем это особенно важно, поскольку практическая эффективность определяется не только качеством ответов, но и возможностью регулярного обновления модели.

Ещё одно направление – создание качественных доменных наборов данных с инструкциями и использование открытых моделей-учителей. Это снижает зависимость от закрытых программных интерфейсов (API), повышает воспроизводимость исследований и упрощает локальное развёртывание специализированных ассистентов. В результате дистилляция знаний может стать одним из базовых инструментов разработки малых языковых моделей для конкретных организаций и предметных областей.

Заключение

Дистилляция знаний является значимым подходом к созданию ресурсно-эффективных специализированных языковых моделей. Она позволяет переносить часть возможностей крупных моделей-учителей в компактные модели меньшего размера, снижая стоимость эксплуатации и упрощая внедрение в ограниченной инфраструктуре.

Проведённый анализ показывает, что дистилляция без доступа к внутренним данным модели, дистилляция на основе ответов и дистилляция на основе инструкций наиболее практичны для прикладных сценариев, поскольку могут использоваться без доступа к внутренним параметрам модели-учителя. Дистилляция с доступом к внутренним данным модели и дистилляция на основе

логитов обладают более высоким потенциалом сохранения качества, но требуют открытого доступа к модели и больших вычислительных ресурсов. Дистилляция на основе обоснований перспективна для задач, требующих рассуждения, однако нуждается в контроле качества объяснений.

Выбор метода дистилляции должен определяться типом доступа к модели-учителю, качеством данных, доступными ресурсами и требованиями к итоговой системе. Для специализированных больших языковых моделей наиболее важен не максимальный универсальный интеллект, а устойчивое решение ограниченного набора задач с приемлемой стоимостью, скоростью и уровнем надёжности.

Список использованных источников

1. Hinton G., Vinyals O., Dean J. *Distilling the Knowledge in a Neural Network*. Google Research, NIPS Deep Learning and Representation Learning Workshop, 2015. URL: <https://research.google/pubs/distilling-the-knowledge-in-a-neural-network/> (дата обращения: 18.06.2026).
2. Gou J. и др. *Knowledge Distillation: A Survey*. *International Journal of Computer Vision*, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11263-021-01453-z>
3. Yang C. и др. *Survey on Knowledge Distillation for Large Language Models: Methods, Evaluation, and Application*. *ACM Computing Surveys*, 2024/2025. DOI: <https://doi.org/10.1145/3699518>
4. Xu X. и др. *A Survey on Knowledge Distillation of Large Language Models*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.13116>
5. Sanh V. и др. *DistilBERT, a distilled version of BERT: smaller, faster, cheaper and lighter*. 2019. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1910.01108>
6. Sun S. и др. *Patient Knowledge Distillation for BERT Model Compression*. *EMNLP*, 2019. DOI: <https://doi.org/10.18653/v1/D19-1441>
7. Gu Y. и др. *MiniLLM: Knowledge Distillation of Large Language Models*. *OpenReview, ICLR*, 2024. URL: <https://openreview.net/forum?id=5h0qf71BZZ> (дата обращения: 20.06.2026).
8. Hsieh C.-Y. и др. *Distilling Step-by-Step! Outperforming Larger Language Models with Less Training Data and Smaller Model Sizes*. *Findings of ACL*, 2023. DOI: <https://doi.org/10.18653/v1/2023.findings-acl.507>
9. Mukherjee S. и др. *Orca: Progressive Learning from Complex Explanation Traces of GPT-4*. Microsoft Research, 2023. URL: <https://www.microsoft.com/en-us/research/publication/orca-progressive-learning-from-complex-explanation-traces-of-gpt-4/> (дата обращения: 23.06.2026).
10. Wang Y. и др. *Self-Instruct: Aligning Language Models with Self-Generated Instructions*. *ACL*, 2023. DOI: <https://doi.org/10.18653/v1/2023.acl-long.754>

11. Ko J. u òп. *DistiLLM: Towards Streamlined Distillation for Large Language Models*. *Proceedings of Machine Learning Research*, 2024. URL: <https://proceedings.mlr.press/v235/ko24c.html> (òама оòраùения: 25.06.2026).

12. *DeepSeek-R1: Incentivizing Reasoning Capability in LLMs via Reinforcement Learning*. *Nature*, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-025-09422-z>

DOI 10.34660/INF.2026.11.80.080

УДК 336.74, 338.22

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ОБЪЕКТОВ И МЕХАНИЗМОВ ФИНАНСИРОВАНИЯ ПРОГРАММЫ ПРОИЗВОДСТВА МНОГОНОМЕНКЛАТУРНОГО СЕРИЙНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Форкунов Никита Павлович

аспирант

Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова,
Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматриваются постановка задачи и математическая модель выбора оптимального по рыночному критерию варианта производственной программы многономенклатурного машиностроительного предприятия с серийным характером производственного процесса и источников ее финансирования. В составе объектов производства рассматриваются освоенные в основном производстве и перспективные изделия инновационного ассортимента, отличающиеся технологиями производственных процессов, технико-экономическими параметрами и другими особенностями, влияющими на принятие решений по их включению в производственный план операционного сегмента предприятия. Наряду с серийностью производства автор учитывает и другие особенности современного многономенклатурного предприятия, связанные, в том числе, с группированием изделий и активов рабочего капитала в соответствующие технологические группы и кластеры, обеспечивающим реализацию преимуществ групповых и «сквозных» технологий. В составе управляемых переменных модели рассматривается также структура рабочего капитала производственной сферы предприятия, задаваемая долей собственных средств в его пассивах: с ростом этой доли снижается риск банкротства предприятия, но и падает рентабельность собственного капитала.

Ключевые слова: многономенклатурное предприятие, операционный сегмент, производственная программа, финансирование производственной деятельности, собственное и заемное финансирование, рычаг капитала, рыночный риск, критерий оптимальности, математическая модель выбора производственной программы, рабочий капитал, постоянные активы, переменные активы, задача нелинейной оптимизации.

Введение

Целью публикации является разработка постановки задачи и экономико-математической модели формирования оптимальной по рыночному критерию прибыльности и с учетом производственно-технологических и финансово-ресурсных ограничений на состав постоянных и переменных активов рабочего капитала операционного сегмента машиностроительного предприятия с серийным характером производства программы выпуска, включающей изделия освоенной и перспективной номенклатуры, и источников ее финансирования из собственных и заемных средств с учетом доступных объемов и риска структуры рабочего капитала.

Особенностью исследуемых моделей является их «привязка» к условиям серийного производства, ограничивающим непосредственное применение в оценках доходности реализуемых изделий программы выпуска и производственных затрат прямых линейных зависимостей этих величин от объемов выпуска, а, следовательно, и широко используемого в производственном планировании инструментария линейного программирования.

Методологической основой исследования послужили: собственные работы автора [14,15,16] по проблематике экономико-математического моделирования производственной и инвестиционной деятельности многономенклатурного промышленного предприятия с серийным (мелко- и средне-) характером производства с учетом агрегированных ограничений по производственно-технологическому и финансово-ресурсному потенциалу так называемых «ключевых» постоянных и переменных активов рабочего капитала операционного сегмента предприятия, в состав которых входит либо наиболее загруженное, либо уникальное и специализированное технологическое оборудование цехов и производственных участков вдоль последовательной технологической цепочки обработки изделий производственной программы (далее в работе отмечено в составе постоянных активов рабочего капитала), а также ингредиенты (комплектующие) с высокой добавленной стоимостью, включаемые в состав изделий на этапах промежуточной обработки и сборки готовых комплектов (далее в работе отмечены в составе переменных активов рабочего капитала); работы Д. Р. Аббясовой, К. В. Анциборко, Д. А. Безухова, С. В. Бельченко, Е. Ю. Дорохиной, Д. А. Максимова и М. А. Халикова [1,2,3,4,5,6,8,10] по тематике моделирования социально-экономических систем на микро- и макроуровнях, предметом исследования в которых являются постановки, модели и методы планирования и управления сложными технико-экономическими системами; работы Т. С. Булышевой, К. А. Милорадова, Э. А. Д. А. Максимова, Е. Е. Мальгина, М. А. Халикова [9,11,12,13] по проблематике выбора оптимальных вариантов производственных и инвестиционных программ предприятий

машиностроения в статичной и динамической постановках, а также работы перечисленных и других авторов [17,18,19,20,21] по вопросам моделирования рыночной деятельности акционированных предприятий машиностроения в условиях неопределенности и риска.

Используемая в работе терминология многономенклатурных серийных производственных систем (в этой статье – на примере предприятий машиностроения с полным технологическим циклом обработки изделий производственной программы) и операционных сегментов в их составе заимствована из монографий Д. А. Безухова, Д. А. Максимова, М. А. Халикова [4], С. В. Бельченко, М. А. Халикова, М. В. Щепилова [7], М. А. Халикова, Э. А. Хечумовой, М. В. Щепилова [17]. Также при описании постановок задач оценки состава и анализа затрат на производство продукции серийного производства автор использует и дополнительную терминологию, заимствованную из собственных работ [4,15,16].

Например, для сокращения числа ограничений в рассматриваемых ниже моделях выбора оптимальной производственной программы многономенклатурного серийного предприятия и ее модификациях по базисным переменным автором в цитируемых работах предложено провести группирование постоянных и переменных активов рабочего капитала операционного сегмента в однородные по используемым в технологическом процессе и взаимосвязанные по операциям обработки изделий «конструктивных технологических групп» классы основного производственного оборудования (ТГО) с выделением в каждой «ключевого» постоянного актива (группы оборудования), который обозначает ТГО или рабочее место, имеющие самый высокий коэффициент загрузки или на которое приходится наибольший объем уникальных механосборочных операций, а в приложении к переменным активам – ресурс (производственный ингредиент), «передающий» наиболее сложным, трудоемким и уникальным в производстве группам изделий большую в сравнении с другими добавленную стоимость.

В работе [16] приводятся предложенные автором численный метод выбора «ключевых» постоянных и переменных активов для многономенклатурного серийного машиностроительного предприятия и варианты применения оценок этих активов при построении ограничений в моделях выбора производственных и инвестиционных программ для предприятий этого типа.

Результаты и обсуждения.

Ниже будем рассматривать два списка изделий основной производственной программы операционного сегмента многономенклатурного серийного предприятия, включенных в программы выпуска с учетом предполагаемых объемов выпуска, технологий производства и технико-экономических характеристик (объемы партий запуска, валовый доход и затраты рабочего

капитала на партию запуска, нормы загрузки постоянных и переменных активов рабочего капитала по «ключевым» группам основного технологического оборудования и комплектующим).

В список с индексами $i_1 = \underline{1, I_1}$ включим освоенные в производстве изделия, для которых известны:

n_{i_1} – размер партии запуска i_j -го изделия в условиях серийного производства, реализованного на данном предприятии (особенности оценки обоснованного объема партии запуска отражены в работе автора [16]);

$d^{(1)}(n_{i_1})$ – валовый доход (в стоимости выражении) от реализации на товарном рынке партии i_j -го изделия объемом n_{i_1} (в общем случае, нелинейная функция, отражающая зависимость цены не только от объема предложения, но и от потребительских характеристик изделия);

$c^{(1)}(n_{i_1})$ – прямые производственные затраты (в стоимости выражении) на партию запуска i_j -го изделия объемом n_{i_1} (в общем случае, нелинейная функция, зависящая от технико-экономических характеристик технологической группы изделий, включающих i_j -е, и величины операционного рычага по оборудованию технологической цепочки для этой группы).

В список с индексами $i_2 = \underline{1, I_2}$ включим изделия из инновационного перечня предприятия, для которых соответствующие вышеприведенным технико-экономические параметры n_{i_2} , $c^{(2)}(n_{i_2})$, $c^{(2)}(n_{i_2})$ устанавливаются на основе моделирования оптимальных объемов партий запуска, цен реализации и производственных затрат в соответствии с особенностями организации нового производства на многономенклатурном серийном предприятии, раскрытыми, например, в работах автора [16,14,15] (соответственно, в порядке рассмотрения моделей выбора оптимальных объемов партий запуска, цен и обоснованного уровня производственных затрат на изделия перспективной номенклатуры).

Комментарий. Здесь и ниже предполагается, что моделирование оптимального варианта производственной программы операционного сегмента многономенклатурного предприятия осуществляется для временного интервала t на плановом горизонте $t[1, T]$. Индекс t неявно присутствует в записи введенных в рассмотрение параметров, но явно не указывается (для упрощения записей соотношений нижеследующих модулей).

В составе источников финансирования основной производственной деятельности операционного сегмента предприятия рассмотрим собственный капитал (опять же подразумевается дополнительный индекс t , указывающий на временной интервал) и краткосрочный кредит $ЗК$, выделяемый на покрытие затрат постоянных и переменных активов рабочего капитала. Если ввести в рассмотрение коэффициент внутренней автономии собственного капитала:

$$= \frac{CK}{CK+3K}, \quad (1)$$

то величину $3K$ заемного капитала в пассивах рабочего можно определить по формуле:

$$3K = CK * \frac{1-}{}, \quad (2)$$

а если ввести в рассмотрении ставку c_3 по заемному финансированию, то затраты на заемный капитал (для периода t) определяются по формуле:

$$c3K = c_3 * CK * \frac{1-}{}, \quad (3)$$

С учетом введенных параметров и соотношений запишем выражение для операционной прибыли производственного (операционного) сегмента предприятия для временного интервала t :

$$t = (1 -) * \left(\sum_{i_1=1}^{I_1} x_{i_1}^{(1)} * (d^{(1)}(n_{i_1}) - c^{(1)}(n_{i_1})) + \sum_{i_2=1}^{I_2} x_{i_2}^{(2)} * (d^{(2)}(n_{i_2}) - c^{(2)}(n_{i_2})) - CK * \frac{1-}{}, \right) \quad (4)$$

где: $-$ величина налога на прибыль (экзогенный параметр); x_{i_1} ($i_1 = \underline{1, I_1}$), x_{i_2} ($i_2 = \underline{1, I_2}$) – планируемое число партий запуска соответственно изделий с индексами i_1 и i_2 .

В модели выбора оптимальной производственной программы эндогенными (управляемыми) переменными являются наборы, интенсивностей запуска изделий освоенной и перспективной номенклатур и рычаг капитала, регулирующий доли собственного и заемного финансирования основной производственной деятельности.

Установим границы изменения рычага капитала – переменной (для периода t), исходя из формулы (1):

$$\frac{CK}{CK+3K} \leq \leq _, \quad (5)$$

где: $3K$ – максимально допустимый для временного интервала t объем краткосрочного кредита в пассивы рабочего капитала; $_$ – пороговое значение риска структуры рабочего капитала.

Ограничения на переменные x_{i_1} ($i_1 = \underline{1, I_1}$), x_{i_2} ($i_2 = \underline{1, I_2}$) планируемых интенсивностей запуска в производство изделий соответственно освоенной и перспективной номенклатуры получим, исходя из прогнозируемой загрузки и имеющейся мощности основного технологического оборудования в группах «ключевых» постоянных, планируемого и имеющегося ресурсного обеспечения, включаемого в добавленную экономическую стоимость производимой продукции из групп «ключевых» переменных активов рабочего капитала операционного сегмента.

Особенностью серийного (мелко- и средне-серийного) производственного процесса является линейный характер зависимости затрат ресурсов постоянных и переменных активов рабочего капитала, размещенных в цехах и на складах основного производства, от числа партий запуска изделий производственной программы, дифференцированных в группах ТГИ в соответствии с конструктивными особенностями и технологиями механообработки и сборки [..., ...].

Указанное позволяет сформировать следующие ограничения на объемы «ключевых» постоянных и «переменных» активов рабочего капитала (соответственно, (6) и (7)):

$$\sum_{i_1=1}^{I_1} x_{i_1}^{(1)} * \overset{(1)}{i_1 k_1^*}(n_{i_1}) + \sum_{i_2=1}^{I_2} x_{i_2}^{(2)} * \overset{(1)}{i_2 k_1^*}(n_{i_2}) \leq k_1^*, k_1^* = \underline{1, K_1^*}; \quad (6)$$

$$\sum_{i_1=1}^{I_1} x_{i_1}^{(1)} * \overset{(2)}{i_1 k_2^*}(n_{i_1}) + \sum_{i_2=1}^{I_2} x_{i_2}^{(2)} * \overset{(2)}{i_2 k_2^*}(n_{i_2}) \leq k_2^*, k_2^* = \underline{1, K_2^*}, \quad (7)$$

где $k_1^* (k_1^* = \underline{1, K_1^*})$ – индекс «ключевого» постоянного актива; $k_2^* (k_2^* = \underline{1, K_2^*})$ – индекс «ключевого» переменного актива; k_1^*, k_2^* – наличный для временно-го интервала запас (соответственно в единицах производственной мощности и добавленной стоимости) активов с индексами k_1^* и k_2^* ; $\overset{(1)}{i_1 k_1^*}(n_{i_1}), \overset{(2)}{i_1 k_2^*}(n_{i_1})$ – прямые технологические затраты соответственно k_1^* -го постоянного и k_2^* -го переменного активов на производство -го освоенного в производстве изделия (или изделий i_1 -й ТГИ) в объеме партии запуска величиной n_{i_1} ; $\overset{(1)}{i_2 k_1^*}(n_{i_2}), \overset{(2)}{i_2 k_2^*}(n_{i_2})$ – прямые технологические затраты соответственно k_1^* -го постоянного и k_2^* -го переменного активов на производство -го изделия перспективной номенклатуры (или изделий i_2 -й ТГИ) в объеме партии запуска величиной n_{i_2} .

Для освоенных в производстве изделий из перечня с индексами $i_1 = \underline{1, I_1}$ обосновано в рассматриваемой модели учесть дополнительно и ограничение на предельную величину рыночного риска (отклонения планируемой доходности цены реализации изделий от складывающихся на товарном рынке цен).

Для учета этого ограничения введем следующие обозначения:

T – число временных интервалов, на которых наблюдались значения доходности изделий из списка $i_1 = \underline{1, I_1}$ освоенных в производстве и включаемых в производственную программу;

$\underline{c}_{i_1}^{(1)}, \underline{c}_{i_2}^{(1)}$ – средняя за период наблюдений доходности реализации на товарном рынке изделий с индексами i_1 и i_2 из списка $\underline{1, I_1}$ освоенных в производстве;

$\overset{(1)}{i_1}, \overset{(1)}{i_1}$ – дисперсия доходности реализации изделий с индексами i_1 и i_2 из списка $\underline{1, I_1}$ освоенных в производстве;

$cov^{(1)}(i_1; i_2)$ – ковариация доходностей изделий с индексами i_1 и i_2 из списка $\underline{1, I_1}$ освоенных в производстве за период наблюдений;

$\underline{t}$ – допустимое значение рыночного риска производственной программы для временного интервала t .

С учетом введенных обозначений ограничение на допустимую величину рыночного риска производственной программы многономенклатурного предприятия в части изделий освоенного сегмента задается неравенством:

$$\sum_{i_1=1}^{I_1} \sum_{i_2=1}^{I_2} \overset{(1)}{i_1} * \overset{(1)}{i_2} * x_{i_1}^{(1)} * x_{i_2}^{(1)} * cov^{(1)}(i_1; i_2) \leq \underline{t} * \left[\sum_{i_1=1}^{I_1} x_{i_1}^{(1)} \right]^2. \quad (8)$$

Комментарий. В левой части неравенства (8) суммирование производится по индексам изделий, входящих в первый список (освоенных в производстве).

Для изделий из второго списка ($i_2 = \underline{1, I_2}$) в качестве дополнительного ограничения можно учесть востребованный рынком «гарантированный» объем сбыта:

$$x_{i_2}^{(2)} * n_{i_2} \leq Sp_{i_2}, i_2 = \underline{1, I_2}, \quad (9)$$

где Sp_{i_2} – объем спроса на продукцию с индексом i_2 .

Дополнительно следует учесть целочисленность переменных $x_{i_1}^{(1)}$ и $x_{i_2}^{(2)}$:

$$x_{i_1}^{(1)}, x_{i_2}^{(2)} \in Z, i_1 = \underline{1, I_1}; i_2 = \underline{1, I_2}. \quad (10)$$

и ограничение (5) на переменную.

Итак, дискретная модель выбора объектов и источников финансирования производственной деятельности операционного сегмента многономенклатурного серийного предприятия задается критерием (4) (на максимум) и ограничениями (5), (6), (7), (8), (9), (10).

Заключение и выводы.

В статье представлен экономико-математический инструментарий выбора оптимального по рыночному критерию варианта производственной деятельности операционного сегмента многономенклатурного серийного машиностроительного предприятия на кратко- и среднесрочном горизонтах планирования, включающий постановку задачи и дискретную нелинейную модель. При выборе инструментария автор учитывал особенности серийности производственных процессов, изложенные в опубликованных им ранее подходах и методах: оценки доходности изделий программы выпуска

по изделиям освоенной и перспективной номенклатур, применения системы директ-костинг оценки затрат, расчета оптимального объема партии запуска с учетом агрегированных ограничений по постоянным и переменным активам.

Теоретическая и практическая значимость предложенных постановки задачи и оптимизационной модели определяется их расширенным функционалом, ориентированным не только на выбор объектов производства из перечня освоенных и перспективных изделий предприятия, но и на оптимизацию источников финансирования его основной производственной деятельности.

Список использованных источников

1. Аббясова Д.Р., Халиков М. А. Факторы стоимости и управление стоимостью инновационно-ориентированной компании// *Современные проблемы науки и образования.* – 2015. – № 2–2. – С. 405.
2. Анциборко К.В., Халиков М. А. Оптимальная структура производственного капитала компании// *Вестник Российского экономического университета им. Г. В. Плеханова.* – 2007. – № 5. – С. 71–83.
3. Анциборко К.В., Халиков М. А. Теоретические аспекты анализа структуры капитала инвестиционного проекта и выбора ставки дисконтирования// *Современные аспекты экономики.* – 2005. – № 11 (78). – С. 122–136.
4. Безухов Д. А., Максимов Д. А., Халиков М. А. Оптимизация структуры оборотного капитала производственной сферы промышленной корпорации. – М.: ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г. В. Плеханова». – 2017. – 171 с.
5. Безухов Д. А., Халиков М. А. Выбор оптимального варианта обновления основного капитала предприятия с учетом рисков производственной сферы// *Фундаментальные исследования.* – 2015. – № 4. – С. 191–198.
6. Безухов Д. А., Халиков М. А. Математические модели и практические расчеты оптимальной структуры производственного капитала предприятия с неоклассической функцией// *Фундаментальные исследования.* – 2014. – № 11–1. – С. 114–123.
7. Бельченко С. В., Халиков М. А., Щепилов М. В. Управление транзакционными издержками интегрированной группы предприятий: модели и методы. – М.: ЗАО «Гриф и К». – 2011. – 172 с.
8. Бельченко С. В., Халиков М. А. Концептуальная модель определения «транзакционного» размера фирмы// *Уч. зап. Российской академии предпринимательства.* – 2010. – № 23. – С. 24–33.
9. Булышева Т.С., Милорадов К. А., Халиков М. А. Динамические модели производственных инвестиций: Уч. пос. – М.: Изд-во Рос. экон. акад. – 2002. – 118 с.

10.Дорохина Е.Ю., Халиков М. А. Моделирование микроэкономики – М.: Экзамен. – 2003. – 224 с.

11.Максимов Д. А., Халиков М. А. Методы оценки и стратегии обеспечения экономической безопасности предприятия. — М.: ЗАО «Гриф и К». – 2012.-220 с.

12.Максимов Д. А., Халиков М. А. Моделирование устойчивого развития предприятия в условиях изменчивости внешних и внутренних факторов с критерием эгалитаризма// Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 8–3. – С. 566–572.

13.Мальгин Е.Е., Халиков М. А. Расчет критического объема производства и определение инновационного потенциала фирмы// «Экономика и Технология». Межвуз. сб. науч. тр. – М.: Изд-во Рос. экон. акад. –1999. – С. 182–193.

14.Форкунов Н. П. Многоуровневая оптимизация производственной деятельности холдинг-компании с использованием агрегированных данных о составе постоянных и переменных активов структурных подразделений // Журнал «Инновации и инвестиции», 2025, Выпуск 6. –С. 667–670.

15.Форкунов Н. П. Особенности модели оптимизации производственной деятельности многономенклатурного предприятия с использованием агрегированных данных о составе постоянных и переменных активов операционного сегмента // Экономика строительства. – 2025. – № 7. – С. 638–640.

16.Форкунов Н. П. Моделирование производственной функции многономенклатурного предприятия по агрегированным данным о элементном составе постоянных и переменных активов в цехах основного производства // Экономика строительства. – 2025. – № 4. – С. 542–546.

17.Халиков М.А., Хечумова Э. А., Щепилов М. В. Модели и методы выбора и оценки эффективности рыночной и внутрифирменной стратегий предприятия/Под общ. ред. проф. Халикова М. А. – М.: Коммерческие технологии. – 2015. – 595с.

18.Халиков М.А., Цугилевич В. Н. Определение критического размера фирмы в условиях падения объемов производства// «Финансовая математика» Сб. ст. – М.: МГУ. – 2001. – С. 368–378.

19.Mishchenko A.V., Khalikov M. A./ DISTRIBUTION OF ORGANIC RESOURCES IN THE PROBLEM OF OPTIMIZING THE PRODUCTION OF AN ENTERPRISE //Journal of Computer and Systems Sciences International.- 1993.- Т. 31.- № 6.- С. 113.

20.Халиков М. А. Дискретная оптимизация планов повышения надежности функционирования экономических систем // «Финансовая математика» Сб. ст. – М.: МГУ.- 2001. – С. 281–295.

21.Халиков М.А., Бабаян Э. А., Расулов Р. М. Динамические модели «Затраты-выпуск»// Экономика природопользования.- 2013.- № 2. -С. 3–16.

ПРОАКТИВНЫЙ СУВЕРЕНИТЕТ И ПУБЛИЧНО-ПРАВОВЫЕ ГАРАНТИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МОРСКОЙ, ВОЗДУШНОЙ, КОСМИЧЕСКОЙ И АРКТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В МЕЖДУНАРОДНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ И ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ПРОЕКТАХ

Белкин Дмитрий Семёнович

доцент

Славяно-Греко-Латинская Академия,

Москва, Россия

***Аннотация.** В исследовании рассматриваются публично-правовые гарантии эксплуатации морской, воздушной, космической и арктической инфраструктуры в международных строительных и инфраструктурных проектах. На материале Соглашения о гражданской авиации и об использовании воздушного пространства 1991 г., Договора аренды комплекса «Байконур» 1994 г., Соглашения о сотрудничестве в авиационном и морском поиске и спасании в Арктике 2011 г. и Договора между Российской Федерацией и Королевством Норвегия о разграничении морских пространств и сотрудничестве в Баренцевом море и Северном Ледовитом океане 2010 г. показано, что защита инфраструктурных интересов государства не исчерпывается коммерческим контрактом или общим межправительственным соглашением о сотрудничестве. Она требует заранее согласованного публично-правового режима допуска, эксплуатации, обмена информацией, экологической безопасности, аварийного реагирования, антикоррупционного контроля и разрешения споров. Научная новизна исследования состоит в обосновании модели проактивного суверенитета, при которой государство не ожидает возникновения спора, аварии, санкционного давления или экологического ущерба, а заранее переводит свои инфраструктурные интересы в договорные нормы, компетенцию уполномоченных органов и юридические предохранители.*

***Ключевые слова:** международное право; государственные интересы; международные строительные и инфраструктурные проекты; морская инфраструктура; воздушная инфраструктура; космическая инфраструктура; Байконур; Арктика; Северный морской путь; устойчивое развитие;*

проактивный суверенитет; антикоррупционный контроль; международно-правовые механизмы защиты.

Введение

Международные (трансграничные) строительные и инфраструктурные проекты (МСИП) всё чаще реализуются не только на сухопутной территории государства, но и в пространствах со специальным международно-правовым режимом: в воздушном пространстве, в морских районах, на континентальном шельфе, в Арктике, а также в связи с использованием наземной космической инфраструктуры. Поэтому правовая защита таких проектов не может строиться только на подрядном договоре, инвестиционном контракте или общем политическом заявлении о сотрудничестве.

В российской доктрине международного права механизм международно-правового регулирования раскрывается через связь интересов, воли государств, нормы, юридического факта, правоотношения и правопорядка. В. М. Шумилов и С. В. Никифоров выражают эту связь следующей формулой: «столкновение интересов (беспорядок) – воля – норма – юридический факт – правоотношение – выполнение юридической обязанности (реализация права) – удовлетворение интересов – порядок» [1, с. 41]. Для настоящей темы это имеет принципиальное значение. Инфраструктурный проект становится юридически устойчивым не в момент подписания коммерческого контракта, а тогда, когда вокруг него создана система международно-правовых средств: договорный режим, компетентные органы, разрешительные процедуры, правила эксплуатации, порядок обмена информацией, меры безопасности, экологические обязательства и процедуры урегулирования разногласий.

Применительно к трансграничной инфраструктуре в доктрине по международному экономическому праву прямо указано: «Строительство и функционирование трансграничной сетевой инфраструктуры обеспечивается сочетанием норм международного права и внутреннего права государств, по территориям которых она проходит. Соответствующие отношения зачастую становятся предметом специальных международных договоров» [2, с. 521]. Хотя эта формула относится прежде всего к сетевой инфраструктуре, её значение шире: сложный международный инфраструктурный проект требует не только частноправового договора, но и публично-правового режима допуска, эксплуатации и защиты.

Такой подход особенно важен для морской, воздушной, космической и арктической инфраструктуры. Здесь объект строительства или эксплуатации затрагивает не только имущественные интересы сторон, но и безопасность, суверенные права, экологию, транспортную устойчивость, трансграничные данные, аварийное реагирование и юрисдикцию. Поэтому в настоящем исследовании предлагается рассматривать проактивный суверенитет как способ

заранее закреплять государственные интересы в договорных нормах, институциональных процедурах и правовых гарантиях.

1. Воздушная инфраструктура: от суверенитета над воздушным пространством к ограниченному цифровому учёту препятствий

Воздушная инфраструктура имеет двойственную природу. С одной стороны, аэродромы, системы управления воздушным движением, навигация, связь, метеорологическое обеспечение и объекты безопасности являются материальными инфраструктурными элементами. С другой стороны, они функционируют только при наличии согласованного режима использования воздушного пространства.

Ключевым договорным материалом для данного блока является Соглашение о гражданской авиации и об использовании воздушного пространства 1991 г. Его статья 7 относит к сферам совместного ведения и регулирования «разработку правил и организацию использования воздушного пространства», «организацию единого управления воздушным движением», «нормы годности аэродромов», а также «сертификацию авиационных перевозчиков для международных полетов, воздушных судов, международных воздушных трасс, аэродромов, систем управления воздушным движением, навигации и связи» [3, с. 3]. Эти формулировки показывают, что воздушная инфраструктура не исчерпывается аэродромом как земельным участком и совокупностью сооружений. Она включает управление движением, навигацию, связь, сертификацию, безопасность полётов и расследование происшествий.

В научной литературе А. А. Баталов связывает развитие международного воздушного права с необходимостью решения «новых и все более сложных проблем в области повышения уровня безопасности полетов, управления воздушным движением и обеспечения эффективных и стабильных перевозок на глобальном, региональном и национальном уровнях» [4, с. 67]. Для международных строительных и инфраструктурных проектов этот вывод имеет практическое значение: строительство высотных объектов, линий электропередачи, башен связи, промышленных комплексов, терминалов и транспортных узлов должно соотноситься не только с внутренними строительными нормами, но и с требованиями безопасности гражданской аэронавигации.

В этой связи предлагается не общий открытый «цифровой кадастр препятствий», а более осторожная конструкция: ограниченный режим цифрового учёта препятствий в районе гражданских аэродромов и маршрутов гражданской аэронавигации. Такой режим должен охватывать только те строительные и инфраструктурные объекты, которые по высоте, местоположению или техническим характеристикам непосредственно влияют на безопасность гражданских полётов.

Это уточнение принципиально важно. Универсальная открытая база данных обо всех высотных, промышленных, энергетических, оборонных и иных объектах на территории государства могла бы создать не только публичную пользу, но и самостоятельный риск. Детализированные геопространственные сведения могут использоваться недружественными субъектами для навигационной привязки, анализа местности и планирования противоправных действий. Поэтому речь должна идти не о бесконтрольном раскрытии пространственных данных, а о договорно ограниченном режиме обмена сведениями о препятствиях, непосредственно влияющих на безопасность гражданской авиации.

Доступ к таким сведениям должен быть дифференцирован. Минимально необходимые данные могут использоваться для безопасности гражданского оборота, тогда как полный массив технической информации должен оставаться в распоряжении компетентных органов, служб аэронавигации, гражданских аэропортов и уполномоченных участников проекта в закрытом или ограниченном режиме. Такой подход не умаляет суверенитет государства и не создаёт внешнего контроля над его территориями. Напротив, он усиливает суверенное управление воздушным пространством, поскольку государство заранее определяет, какие сведения, кому, в каком объёме и в каких целях могут передаваться.

В этом смысле ограниченный цифровой учёт препятствий является не картографической и не разведывательной инициативой, а элементом проактивного суверенитета. Его назначение – заранее предупредить конфликт между строительством и безопасностью гражданской аэронавигации, не раскрывая при этом чувствительные сведения сверх необходимого объёма.

2. Космическая инфраструктура: Байконур как модель договорной эксплуатации сложного объекта

Космическая инфраструктура отличается от воздушной тем, что её материальная база находится на территории государства, но результат её использования связан с космическим пространством, международной ответственностью, безопасностью запусков, районами падения отделяющихся частей ракет-носителей и участием третьих государств. Поэтому космодром является не только техническим объектом, но и предметом специального международно-правового регулирования.

Из многочисленных соглашений по Байконуру для темы международных строительных и инфраструктурных проектов основным является Договор аренды комплекса «Байконур» между Правительством Российской Федерации и Правительством Республики Казахстан 1994 г. В статье 1 договора комплекс «Байконур» определяется как «испытательные, технологические, научные, производственно-технические, социальные и обеспечивающие объекты космодрома "Байконур" и город Ленинск с их движимым и недвижимым имуществом» [5, с. 2]. Это определение важно тем, что оно сразу выводит

Байконур за пределы обычной аренды отдельного объекта недвижимости. Речь идёт о едином научно-техническом, производственном, социальном и обеспечивающем комплексе.

В договоре заложены основные элементы правовой защиты такой инфраструктуры. Во-первых, он определяет цели использования комплекса: гражданские и оборонные ракетно-космические программы Российской Федерации, совместные космические проекты, международные космические программы и коммерческие космические проекты. Во-вторых, он предусматривает развитие материально-технической, технологической и научно-исследовательской базы комплекса. В-третьих, он регулирует ремонт, реконструкцию, техническое перевооружение и строительство новых объектов. В-четвёртых, он связывает эксплуатацию комплекса с экологической безопасностью, природопользованием и ответственностью запускающего государства. В-пятых, он закрепляет переговоры и межправительственную комиссию как процедуры урегулирования споров.

Научный смысл этого примера состоит в том, что международный договор по Байконуру соединяет в одном проектном режиме территорию, имущество, инфраструктуру, эксплуатацию, модернизацию, экологию, ответственность и межгосударственное управление. Для темы исследования это особенно важно: международное право здесь выступает не внешней рамкой, а механизмом удержания сложного инфраструктурного проекта в правовом и управляемом состоянии.

Этот вывод дополняется современными исследованиями международного космического права. Н. Б. Крылов и Г. Г. Шинкаревецкая отмечают, что «существующий массив нормативного регулирования в космосе сложился ещё до 1980-х годов» [6, с. 113]. При современном технологическом развитии это означает, что общие космические договоры должны дополняться специальными двусторонними режимами, учитывающими территорию размещения объекта, эксплуатационную инфраструктуру, экологические последствия, ответственность за ущерб и участие негосударственных акторов.

Следовательно, в космическом сегменте международных строительных и инфраструктурных проектов ключевым инструментом защиты является не только общий Договор по космосу, но и специальный проектный режим: аренда, модернизация, пусковая деятельность, аварийное реагирование, ответственность, экологические обязательства и межправительственная координация. Именно такая связка образует договорно-институциональную защиту космической инфраструктуры.

3. Морская и арктическая инфраструктура: поиск и спасание, разграничение, экология и устойчивость северных проектов

Арктическая инфраструктура находится в зоне повышенного публичного интереса. Здесь пересекаются транспортные коммуникации, морская

безопасность, шельфовые ресурсы, поисково-спасательные операции, экологические риски и вопросы суверенных прав прибрежных государств. Для Российской Федерации эта сфера имеет особое значение, поскольку Северный морской путь и прилегающая инфраструктура являются элементами экономического, транспортного и стратегического развития Арктической зоны.

Первым договорным примером выступает Соглашение о сотрудничестве в авиационном и морском поиске и спасании в Арктике 2011 г. В статье 3, пункт 2 соглашения специально оговорено, что «разграничение поисково-спасательных районов не имеет отношения к установлению любой границы между государствами либо их суверенитету, суверенным правам или юрисдикции и не наносит им ущерба» [7, с. 3]. Эта формулировка имеет большое значение для модели проактивного суверенитета. Государства заранее договариваются о функциональной безопасности и спасании людей, но не превращают поисково-спасательный режим в спор о территории, границах или суверенных правах.

Для международных строительных и инфраструктурных проектов это соглашение показывает: арктический объект нельзя защищать только разрешением на строительство или коммерческим договором. Нужны заранее согласованные процедуры связи, поиска и спасания, допуска спасательных средств, пересечения границ, обмена информацией, совместных учений и взаимодействия компетентных органов. В условиях Арктики именно эти процедуры могут оказаться решающими для сохранения человеческой жизни, имущества и непрерывности инфраструктурного проекта.

Вторым договорным примером является Договор между Российской Федерацией и Королевством Норвегия о разграничении морских пространств и сотрудничестве в Баренцевом море и Северном Ледовитом океане 2010 г. Его статья 2 закрепляет: «Каждая Сторона соблюдает линию разграничения морских пространств, установленную в Статье 1, и не претендует на, и не осуществляет какие-либо суверенные права или юрисдикцию прибрежного государства в морских пространствах за пределами этой линии» [8, с. 3]. Для инфраструктурного проекта это устраняет ключевой риск – неопределённость юрисдикционного пространства. Без такой определённости невозможно устойчиво планировать шельфовую, портовую, трубопроводную, энергетическую и иную морскую инфраструктуру.

Особенно важно, что договор РФ – Норвегия не ограничивается проведением линии. Он содержит специальный режим для трансграничных месторождений углеводородов. В этом режиме соединяются геологические и геофизические данные, распределение запасов, разрешения, совместная эксплуатация, оператор, инспектирование, охрана здоровья, техника безопасности, охрана окружающей среды и процедуры урегулирования разногласий.

Это фактически готовая модель публично-правовой защиты шельфового инфраструктурного проекта.

Российская доктрина арктического права позволяет точнее понять значение такого договора. И. С. Жудро подчёркивает, что Конвенция ООН по морскому праву 1982 г. «четко разделяет понятия "отграничение" (по статье 76, когда задействуются функции Комиссии) и "разграничение" или "делимитация" (по статье 83, когда участие Комиссии не предусматривается)» [9, с. 59]. Для настоящего исследования это принципиально: защита интересов государства в Арктике должна опираться на согласование суверенных прав самих государств, а не на расширительное толкование компетенции технических органов, не предназначенных для разрешения вопросов юрисдикции и суверенных прав.

Экологический блок арктической инфраструктуры также должен быть включён в модель защиты. В работах А. Н. Вылегжанина и А. М. Корженяк устойчивое развитие раскрывается как межотраслевое начало международного права: «Принцип устойчивого развития – это межотраслевое международно-правовое начало, от которого в контексте приведённых международных договоров уже недопустимо отступать» [10, с. 29]. Для арктических инфраструктурных проектов это означает, что экологическая оговорка не является формальным элементом договорного текста. Она становится необходимым условием устойчивости проекта, поскольку экологический ущерб в северных широтах способен повлечь международно-правовые, экономические и политические последствия.

И. В. Холиков и М. С. Куприянович связывают Арктику с национальными интересами Российской Федерации через значение Северного морского пути: «Северный морской путь – один из наиболее эффективных инструментов обеспечения интересов России в Арктике, использование которого сопряжено с целым рядом факторов, неизменно содержащих международно-политическую составляющую» [11, с. 23]. Этот вывод подтверждает, что арктическая инфраструктура должна рассматриваться не только как транспортный или хозяйственный объект, но и как средство защиты государственных интересов.

4. Итоговая модель публично-правовой защиты инфраструктурных проектов

Проведённый анализ позволяет предложить итоговую модель защиты государственных интересов Российской Федерации в морских, воздушных, космических и арктических международных строительных и инфраструктурных проектах.

Первый элемент модели – договорный режим допуска и эксплуатации. Он проявляется в соглашениях, которые не просто разрешают деятельность, а заранее определяют условия её безопасного осуществления: правила использования воздушного пространства, режим аренды и эксплуатации космодрома,

поисково-спасательные районы, разграничение морских пространств и порядок работы с трансграничными ресурсами.

Второй элемент – институциональное сопровождение. Сложный инфраструктурный проект нуждается в компетентных органах, межправительственных комиссиях, координационных структурах, поисково-спасательных центрах, консультационных процедурах и механизмах разрешения разногласий. Без такого сопровождения договор остаётся декларацией, а не рабочим механизмом защиты.

Третий элемент – ограниченный информационный контур безопасности. Для воздушной инфраструктуры он выражается в режиме цифрового учёта препятствий только в районе гражданских аэродромов, маршрутов гражданской авиации и объектов, непосредственно влияющих на безопасность полётов. Для Арктики он проявляется в обмене сведениями, необходимыми для поиска и спасания. Для шельфа – в обмене данными, необходимыми для безопасной эксплуатации трансграничных месторождений. Общий смысл такого контура состоит не в раскрытии чувствительной информации, а в создании юридически управляемого режима данных, необходимого для безопасности эксплуатации.

Четвёртый элемент – экологическая оговорка. Она должна включать предосторожный подход, обязанность не ухудшать морскую среду, порядок оценки рисков, обмен информацией, инспектирование и реагирование на аварии. В арктических проектах такая оговорка является не факультативной, а необходимой, поскольку экологический ущерб в северных широтах способен сразу затронуть международную ответственность, экономическую устойчивость проекта и публичные интересы государства.

Пятый элемент – юрисдикционная защита и договорный порядок урегулирования споров. В рассмотренных договорах возможные разногласия не оставлены вне правового регулирования: предусматриваются переговоры, межправительственные комиссии, экспертные механизмы и арбитраж. Это показывает, что международно-правовой механизм защиты инфраструктурного проекта должен включать не только материальные обязанности сторон, но и заранее согласованную процедуру разрешения разногласий.

Шестой элемент – антикоррупционный и комплаенс-контур инфраструктурного проекта. Для крупных энергетических, портовых, шельфовых, транспортных и арктических объектов коррупционный риск является не только внутренней управленческой проблемой, но и фактором международно-правовой уязвимости проекта. Ю. В. Трунцевский обоснованно указывает, что «Коррупционные риски в энергетическом секторе могут привести к неэффективному использованию ресурсов, затягиванию сроков реализации проектов и ухудшению экологической ситуации» [12, с. 45]. Поэтому публично-правовая защита МСИП должна включать прозрачные процедуры отбора участников, проверку

происхождения прав на лицензии и контракты, контроль конфликта интересов, независимый надзор и обязанность раскрывать сведения, необходимые для предупреждения коррупционного и недобросовестного воздействия на стратегическую инфраструктуру.

Эта модель не создаёт наднациональную власть и не умаляет суверенитет государства. Напротив, она является способом его практической реализации. Проактивный суверенитет означает, что государство заранее переводит свои интересы в договорные нормы, институциональные процедуры, разрешительные режимы, информационные обязанности и средства реагирования на риски. В этом смысле международное право выступает не ограничителем инфраструктурного развития, а инструментом его защиты.

Заключение

Морская, воздушная, космическая и арктическая инфраструктура требует более сложной международно-правовой защиты, чем обычный объект строительства. Для таких проектов недостаточно общего межправительственного соглашения о сотрудничестве или коммерческого договора между компаниями. Необходима система публично-правовых гарантий, охватывающая допуск проекта, эксплуатацию, безопасность, экологию, обмен информацией, аварийное реагирование, антикоррупционный контроль и урегулирование разногласий.

Воздушный блок показывает необходимость не общего открытого кадастра, а ограниченного цифрового учёта препятствий в районе гражданских аэродромов и маршрутов гражданской авионавигации. Такая модель одновременно повышает безопасность полётов и исключает бесконтрольное раскрытие чувствительных геопространственных данных. Космический блок на примере Байконура демонстрирует значение специального договорного режима аренды, эксплуатации, модернизации, ответственности и межправительственной комиссии. Арктический блок подтверждает, что защита инфраструктурных интересов Российской Федерации должна включать разграничение морских пространств, поиск и спасание, экологические гарантии, предосторожный подход и специальные процедуры по трансграничным ресурсам.

Научная новизна исследования состоит в обосновании проактивного суверенитета как международно-правового способа защиты государственных интересов Российской Федерации в международных строительных и инфраструктурных проектах. Такой подход позволяет не ждать возникновения спора, аварии, санкционного давления или экологического ущерба, а заранее закреплять в международных договорах и связанных с ними процедурах условия безопасной и устойчивой реализации проекта.

Исследование раскрывает публично-правовые гарантии эксплуатации морской, воздушной, космической и арктической инфраструктуры, а также показывает, что защита интересов Российской Федерации в международных

строительных и инфраструктурных проектах требует не наднациональных механизмов, а договорно согласованных межгосударственных процедур. Именно через такие процедуры международное право становится механизмом предупреждения рисков, сохранения суверенных прав и обеспечения устойчивости трансграничных инфраструктурных проектов.

Список источников

1. Шумилов В. М., Никифоров С. В. *Международное право: учебник* / под ред. С. В. Никифорова. 4-е изд., испр. Москва: ЮСТИЦИЯ, 2026. 432 с.
2. Шумилов В. М., Мауленов К. С., Гудков И. В., Шумилов Ю. В. *Международное экономическое право: учебник* / под общ. ред. В. М. Шумилова. 7-е изд., перераб. и доп. Москва: ЮСТИЦИЯ, 2021. 582 с.
3. *Соглашение о гражданской авиации и об использовании воздушного пространства от 25 декабря 1991 г.* // Правовой департамент МИД России. *Перечень многосторонних международных договоров Российской Федерации. Документ 19910171.*
4. Баталов А. А. *Источники международного воздушного права: актуальные вопросы теории и практики* // Московский журнал международного права. 2020. № 3. С. 64–90. DOI: 10.24833/0869-0049-2020-3-64-90.
5. *Договор аренды комплекса «Байконур» между Правительством Российской Федерации и Правительством Республики Казахстан от 10 декабря 1994 г.* // Бюллетень международных договоров. 1998. № 10. С. 9; Правовой департамент МИД России. Документ 1994061.
6. Крылов Н. Б., Шинкарецакая Г. Г. *Интертемпоральное толкование Договора по космосу и негосударственные акторы* // Государство и право. 2021. № 3. С. 112–121. DOI: 10.31857/S102694520014151-7.
7. *Соглашение о сотрудничестве в авиационном и морском поиске и спасании в Арктике от 12 мая 2011 г.* // Бюллетень международных договоров. 2013. № 9. С. 21–32; Правовой департамент МИД России. Документ 20110296.
8. *Договор между Российской Федерацией и Королевством Норвегия о разграничении морских пространств и сотрудничестве в Баренцевом море и Северном Ледовитом океане от 15 сентября 2010 г.* // Бюллетень международных договоров. 2011. № 12. С. 79–85; Правовой департамент МИД России. Документ 20100187.
9. Жудро И. С. *К толкованию норм международного права о Комиссии по границам континентального шельфа в контексте национальных интересов России и других приарктических государств* // Московский журнал международного права. 2017. № 1. С. 50–63.

10. Вылегжанин А. Н., Корженяк А. М. Клаузулы устойчивого развития в международном морском праве // *Московский журнал международного права*. 2022. № 4. С. 6–33. DOI: 10.24833/0869-0049-2022-4-6-33.

11. Холиков И. В., Куприянович М. С. Национальные интересы Российской Федерации по поддержанию безопасности в Арктическом регионе // *Транспортное право и безопасность*. 2022. № 3(43). С. 20–31.

12. Трунцевский Ю. В. Противодействие коррупции в энергетическом секторе: вызовы и решения // *Вестник Центра права имени В. А. Мусина*. 2024. № 4. С. 42–50. DOI: 10.61525/S0033549-3. EDN: PAQSAY.

DOI 10.34660/INF.2026.12.68.076

СНЯТИЕ ТРЕВОЖНОСТИ ПРИ ВНЕДРЕНИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА: ПРАВОВОЙ И ПСИХОЛОГИЧЕСКИЙ РАКУРС

Ратнер Наталья Петровна

аспирант

Славяно-Греко Латинская Академия

***Аннотация.** В статье рассматривается проблема тревожности, возникающей в профессиональной среде при внедрении технологий искусственного интеллекта (ИИ), с акцентом на международно-правовое измерение. Анализируются источники тревожности у специалистов, правовые механизмы её снижения, а также роль международных стандартов и этических кодексов. Предлагается комплекс правовых и организационных мер, направленных на минимизацию социально-психологических рисков и обеспечение доверия к ИИ-системам в трансграничном контексте.*

***Abstract.** The article examines the problem of anxiety emerging in professional environments in the context of the implementation of artificial intelligence (AI) technologies, with a particular focus on its international legal dimension. The study analyses the sources of anxiety among professionals, the legal mechanisms for mitigating such anxiety, and the role of international standards and ethical codes in this regard. The paper proposes a comprehensive set of legal and organisational measures aimed at minimising socio-psychological risks and fostering trust in AI systems within a cross-border context.*

Введение

Внедрение искусственного интеллекта в правовую и управленческую практику сопровождается не только технологическими и юридическими вызовами, но и выраженным социально-психологическим эффектом – ростом тревожности среди специалистов. Для международно-правовой науки этот эффект имеет особое значение, поскольку правоприменение в международной сфере требует высокой степени предсказуемости, доверия и согласованности позиций государств и институтов. Тревожность может снижать эффективность

взаимодействия, усиливать сопротивление инновациям и порождать правовые риски, связанные с ошибками интерпретации норм и процедур.

Цель статьи – выявить основные источники тревожности при внедрении ИИ в международно-правовой деятельности и предложить правовые и институциональные механизмы её снятия, соответствующие стандартам научной и профессиональной среды, включая требования к публикациям ВАК: научная новизна, обоснованность выводов, опора на источники, практическая значимость.

Источники тревожности при использовании ИИ в международно-правовой практике

Тревожность в данном контексте можно рассматривать как реакцию на неопределённость, утрату контроля и изменение профессиональных ролей. В международно-правовой сфере выделяются следующие ключевые источники:

- Неопределённость правового статуса ИИ. Отсутствие единообразного подхода к тому, как ИИ-системы могут участвовать в подготовке правовых заключений, анализе договоров и мониторинге соблюдения обязательств, вызывает опасения относительно юридической ответственности и последствий ошибок.

- Риск искажения смыслов при переводе и интерпретации. Международные документы часто формулируются на нескольких языках, а их толкование зависит от контекста и прецедентов. Использование ИИ для перевода и анализа текстов может усиливать тревожность из-за опасений неверной трактовки терминов и норм.

- Угроза профессиональной идентичности. Специалисты опасаются, что автоматизация рутинных задач приведёт к снижению востребованности их компетенций, а также к утрате навыков критического анализа и переговоров.

- Проблемы прозрачности и подотчётности. «Чёрный ящик» ИИ-алгоритмов затрудняет объяснение принятых решений, что противоречит принципам правовой определённости и верховенства права.

- Этические и репутационные риски. Ошибки ИИ могут иметь серьёзные последствия для международных отношений, включая дипломатические конфликты и нарушение прав человека.

Правовые и институциональные инструменты снижения тревожности

Для снятия тревожности целесообразно использовать комплекс мер, сочетающих правовые нормы, стандарты и организационные практики:

1. Разработка международных этических и технических стандартов. Документы, подобные рекомендациям ЮНЕСКО по этике ИИ, задают общие рамки и повышают предсказуемость применения технологий.

2. Закрепление принципа «человек в контуре управления» (human in the loop). Правовые акты могут предусматривать обязательное участие

специалиста в принятии решений на основе ИИ-рекомендаций, что снижает ощущение утраты контроля.

3. Прозрачность алгоритмов и аудит ИИ систем. Требование к раскрытию методологии, источников данных и ограничений ИИ-инструментов позволяет специалистам оценивать достоверность результатов. 4. Обучение и повышение квалификации. Программы переподготовки юристов и дипломатов в области цифровых технологий способствуют формированию уверенности в работе с ИИ.

5. Создание механизмов правовой ответственности. Чёткое распределение ответственности между разработчиками, операторами и пользователями ИИ снижает неопределённость и повышает доверие к системам.

6. Пилотные проекты и поэтапное внедрение. Тестирование ИИ инструментов в ограниченном контуре позволяет накопить опыт и снизить сопротивление изменениям.

Международный опыт и примеры регулирования

Ряд международных организаций уже предпринимают шаги по снижению тревожности через нормативное регулирование:

- Совет Европы разрабатывает Рамочную конвенцию об искусственном интеллекте, правах человека, демократии и верховенстве права, которая устанавливает требования к прозрачности, подотчётности и защите прав человека при использовании ИИ.

- Европейский союз в рамках Закона об ИИ (AI Act) вводит классификацию систем по уровню риска и строгие требования к высокорисковым приложениям, включая те, что используются в правовой сфере.

- ООН и специализированные агентства продвигают принципы ответственного использования ИИ, включая справедливость, недискриминацию и участие заинтересованных сторон в разработке политик.

Эти инициативы формируют основу для создания доверительной среды и снижения тревожности за счёт повышения правовой определённости.

Практические рекомендации для международно правовых институтов

На уровне отдельных организаций и ведомств могут быть реализованы следующие меры:

- Разработка внутренних регламентов по использованию ИИ, включающих процедуры проверки результатов, порядок эскалации спорных случаев и требования к документированию решений.

- Создание междисциплинарных рабочих групп с участием юристов, IT специалистов и психологов для оценки рисков и разработки рекомендаций.

- Проведение регулярных тренингов по работе с ИИ инструментами, включая разбор кейсов и симуляции принятия решений.

- Внедрение систем обратной связи для сбора мнений сотрудников о работе ИИ систем и оперативного реагирования на возникающие проблемы.

- Публикация отчётов о результатах пилотных проектов для демонстрации эффективности и безопасности технологий.

Научная новизна и практическая значимость

Научная новизна статьи заключается в междисциплинарном подходе к проблеме тревожности: она рассматривается не только как психологический феномен, но и как фактор, влияющий на правоприменительную практику и международное сотрудничество. Предложенная система мер позволяет интегрировать психологические аспекты в правовое регулирование, что особенно актуально для международно правовой науки, где доверие и предсказуемость являются ключевыми ценностями.

Практическая значимость работы состоит в том, что её выводы могут быть использованы при разработке национальных и международных стратегий по внедрению ИИ в правовую сферу, а также при формировании образовательных программ для юристов и дипломатов.

Заключение

Тревожность при внедрении ИИ в международно правовую практику является серьёзным барьером на пути цифровизации. Её преодоление требует комплексного подхода, сочетающего правовые, организационные и образовательные меры. Международные стандарты и этические принципы служат основой для формирования доверительной среды, а внутренние регламенты и обучение позволяют адаптировать специалистов к новым условиям работы. Дальнейшие исследования могут быть направлены на оценку эффективности предложенных мер в различных правовых системах и культурных контекстах.

Список литературы

1. UNESCO. *Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence*. 2021.
2. Council of Europe. *Draft Framework Convention on Artificial Intelligence, Human Rights, Democracy and the Rule of Law*. 2024.
3. European Parliament. *Artificial Intelligence Act (AI Act)*. 2023.
4. UN. *Principles for Responsible Use of Artificial Intelligence in the Public Sector*. 2022.

DOI 10.34660/INF.2026.12.86.061

УДК 377.5

**СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ПРИОРИТЕТЫ И АНАЛИЗ ДИНАМИКИ
ПОДГОТОВКИ КАДРОВ В СИСТЕМЕ СРЕДНЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ:
ОПЫТ ЧЕБОКСАРСКОГО ЭКОНОМИКО-
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОЛЛЕДЖА**

Горшкова Надежда Кимовна

*кандидат педагогических наук, доцент, директор
Чебоксарский экономико-технологический колледж
Минобразования Чувашии,
г. Чебоксары, Россия*

***Аннотация.** В статье представлены результаты комплексного статистического анализа приёмной кампании, академической успеваемости, отчислений и выпуска в Чебоксарском экономико-технологическом колледже за период 2023–2025 гг. На основе данных по 25 специальностям и профессиям проведена типологизация направлений подготовки по показателям конкурса, среднего балла и удержания контингента. Выявлены зоны риска и точки роста. Полученные результаты сопоставлены с положениями Концепции развития колледжа на 2025–2030 годы. Обоснованы управленческие решения по модернизации образовательной деятельности, развитию инфраструктуры и укреплению социального партнёрства в соответствии с кадровыми потребностями Чувашской Республики.*

***Ключевые слова:** среднее профессиональное образование, Чебоксарский экономико-технологический колледж, концепция развития, приёмная кампания, конкурс, средний балл, отчисления, образовательный кластер, дуальное обучение.*

1. Введение

Система среднего профессионального образования (СПО) в Российской Федерации переживает этап содержательной и структурной трансформации, обусловленной демографическими изменениями, цифровизацией экономики и кадровым дефицитом в ряде отраслей. В этих условиях

особую значимость приобретает мониторинг реальных образовательных траекторий – от поступления до трудоустройства выпускников – как инструмент оперативного управления качеством подготовки и стратегического планирования [1].

Чебоксарский экономико-технологический колледж (далее – ЧЭТК) является одним из ведущих учреждений СПО Чувашской Республики. На сегодняшний день в колледже обучается 2655 студентов по 19 программам подготовки специалистов среднего звена (ППССЗ), 6 программам подготовки квалифицированных рабочих и служащих (ППКРС) и 3 программам профессионального обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья. Колледж располагает развитой материально-технической базой: 2 учебных корпуса, 63 кабинета, 8 учебно-производственных мастерских, 30 лабораторий, 2 общежития на 490 мест, а также действующие учебно-производственные комплексы «Кофейня» и «СтолярОк».

В 2025 году утверждена Концепция развития ЧЭТК на 2025–2030 годы, базирующаяся на ключевых федеральных и региональных документах: Федеральном законе № 273-ФЗ [2], Указе Президента РФ № 309 о национальных целях развития до 2030 года [3], национальных проектах «Молодёжь и дети», «Кадры», федеральном проекте «Профессионалитет», а также Государственной программе Чувашской Республики «Развитие образования» [4] и Комплексной программе социально-экономического развития региона на 2025–2030 годы [5].

Стратегическая цель Концепции сформулирована как *подготовка высококвалифицированных рабочих и специалистов среднего звена для различных отраслей экономики Чувашской Республики и государства, обладающих качествами гражданина и патриота, адаптированных к практической деятельности в современных и изменяющихся экономических условиях, а также создание условий для максимальной самореализации обучающихся с особенностями психического развития и состояния здоровья.*

Цель настоящего исследования – на основе анализа статистических данных приёма, успеваемости, отчислений и выпуска за 2023–2025 гг. выявить проблемные зоны и точки роста в деятельности колледжа и предложить управленческие решения, синхронизированные с приоритетами Концепции развития до 2030 года.

2. Методология и источники данных

Исследование базируется на следующих источниках:

- статистические отчёты ЧЭТК по итогам приёмных кампаний 2023, 2024 и 2025 годов (включая показатели конкурса на 1 место по заявлениям, среднего балла аттестата, числа отчисленных, переведённых и выпускников по каждой специальности и профессии);

- официальная Концепция развития Чебоксарского экономико-технологического колледжа на 2025–2030 годы;

- данные о материально-технической базе и кадровой потребности по направлениям подготовки.

Применены методы:

- дескриптивной и сравнительной статистики;
- кластерного анализа специальностей по комплексу показателей (конкурс, средний балл, доля отчислений, соотношение выпуска и приёма);
- содержательного сопоставления эмпирических данных с целевыми ориентирами Концепции.

3. Общая динамика приёма и контингента (2023–2025)

Анализ основных показателей деятельности колледжа за трёхлетний период выявил устойчивую положительную динамику по большинству параметров (табл. 1).

Таблица 1 – Основные показатели приёма, контингента и выпуска ЧЭТК за 2023–2025 гг.

Показатель	2023	2024	2025	Прирост 2023→2025
Приём (всего)	841	879	945	+12,4 %
Бюджетные места	550	425	625	+13,6 %
Коммерческие места	291	454	320	+10,0 %
Контингент студентов	2 392	2 614	2 787	+16,5 %
Выпуск	544	520	569	+4,6 %

Источник: составлено автором на основе отчётов ЧЭТК.

Рост приёма на 12,4% за три года является следствием как благоприятной демографической ситуации в регионе, так и целенаправленной маркетинговой политики колледжа. В 2024 году наблюдался всплеск коммерческого набора (454 места против 425 бюджетных), что, вероятно, было связано с расширением перечня платных образовательных услуг. В 2025 году доля бюджета вновь возросла до 66%, что коррелирует с увеличением контрольных цифр приёма в рамках реализации региональной программы развития образования.

Настораживающим фактором является значительное расхождение темпов роста контингента (+16,5%) и выпуска (+4,6%). Это свидетельствует о накоплении численности обучающихся на старших курсах и, как следствие, о необходимости повышения пропускной способности образовательной инфраструктуры и усиления академической поддержки для предотвращения отчислений.

4. Типологизация специальностей по показателям приёма и удержания

На основе кластерного анализа выделены четыре группы специальностей в рамках ППСЗ, различающиеся по уровню конкурса, среднему баллу и показателям отчислений.

4.1. Группа А – «Лидеры спроса» (конкурс >10, средний балл >4,5)

В данную группу вошли специальности, формирующие репутационный капитал колледжа (табл. 2).

Таблица 2 – Лидерские специальности ЧЭТК по конкурсу и качеству приёма (2025 г.)

Специальность	Форма обучения	Конкурс	Средний балл	Отчисления	Выпуск
09.02.07 Информационные системы и программирование	бюджет	18,48	4,55	3	—
43.02.16 Туризм и гостеприимство	бюджет	15,24	4,61	6	0
38.02.01 Экономика и бухгалтерский учёт	бюджет	13,68	4,71	10	101
40.02.02 Правоохранительная деятельность	бюджет	12,64	4,59	2	0

Источник: составлено автором на основе отчётов ЧЭТК.

Высокий конкурс свидетельствует о доверии абитуриентов к качеству подготовки по данным направлениям. Наиболее высокий средний балл (4,71) отмечен по специальности «Экономика и бухгалтерский учёт», что объясняется традиционно высокими требованиями к математической подготовке. Однако именно по этой специальности зафиксировано наибольшее число отчислений среди лидеров (10 человек), что может быть связано с повышенной академической сложностью.

4.2. Группа Б – «Стабильные» (конкурс 5–8, средний балл 4,0–4,3)

К этой группе относятся специальности с устойчивым спросом и удовлетворительными показателями удержания (табл. 3).

Данные направления традиционно востребованы в регионе в связи с потребностями МЧС, МВД и оборонно-промышленного комплекса.

Таблица 3 – Стабильные специальности ЧЭТК (2025 г.)

Специальность	Форма обучения	Конкурс	Средний балл	Отчисления	Выпуск
20.02.04 Пожарная безопасность	бюджет	7,82	4,12	9	25
20.02.02 Защита в чрезвычайных ситуациях	бюджет	7,76	4,34	5	0
40.02.04 Юриспруденция	коммерция	6,93	4,43	6	0
25.02.08 Эксплуатация БАС	коммерция	5,42	4,20	3	0

4.3. Группа В – «Зона риска» (низкий конкурс, высокие отчисления)

Наиболее проблемная группа специальностей, где отчисления превышают среднеколледжные показатели при относительно низком конкурсе (табл. 4).

Таблица 4 – Специальности «зоны риска» (2025 г.)

Специальность	Форма обучения	Конкурс	Средний балл	Отчисления	Выпуск
43.02.15 Поварское и кондитерское дело	бюджет	3,88	4,15	16	31
19.02.11 Технология продуктов питания	бюджет	3,52	4,08	15	0
46.02.01 Документационное обеспечение	коммерция	6,24	4,42	13	23

Аномально высокие отчисления при невысоком конкурсе позволяют выдвинуть гипотезы: завышенные ожидания абитуриентов, недостаточная школьная подготовка по профильным предметам, отсутствие эффективной системы адаптации на первом курсе. Особого внимания заслуживает специальность 43.02.15: при конкурсе 3,88 и среднем балле 4,15 отчислено 16 студентов.

4.4. Группа Г – «Рабочие профессии (ППКРС)»

Средний конкурс по программам ППКРС в 2025 году составил 2,93, средний балл – 3,42, отчисления – 58 человек при выпуске 129. Наиболее проблемная профессия – 43.01.09 «Повар, кондитер»: конкурс 3,68, средний балл 3,05, отчислено 21 человек при выпуске 11.

5. Динамика отчислений и факторы академической неустойчивости

Общее число отчисленных по всем программам за три года демонстрирует устойчивый рост (табл. 5).

Таблица 5 – Динамика отчислений в ЧЭТК (2023–2025 гг.)

Год	ППССЗ	ППКРС	Всего	Доля от общего контингента
2023	127	33	160	6,7%
2024	148	45	193	7,4%
2025	205	58	263	9,4%

Источник: составлено автором на основе отчётов ЧЭТК.

Рост отчислений на 64 % за три года при росте контингента на 16,5 % является системной проблемой. Основные гипотезы: снижение уровня школьной подготовки в постковидный период, недостаточная адаптационная работа на первом курсе, отсутствие системы раннего выявления академических затруднений.

6. Сопоставление с Концепцией развития до 2030 года и управленческие рекомендации

Концепция развития ЧЭТК на 2025–2030 годы определяет четыре стратегических направления: модернизация образовательной деятельности, развитие воспитательной и внеучебной работы, модернизация инфраструктуры, консолидация ресурсов предприятий и колледжа [6].

Ключевые проекты Концепции:

1. Создание образовательного кластера «Туризм и сфера услуг» с 10 учебно-производственными зонами (участники – МЧС, МВД, архивы, предприятия общепита, гостиничного бизнеса, лёгкой промышленности).

2. Открытие новых специальностей: 20.02.06 «Безопасность на акватории» (2028), 09.02.13 «Интеграция решений с применением технологий искусственного интеллекта» (2028), 46.02.02 «Цифровая трансформация документированных сфер» (2030).

3. Развитие учебно-производственных комплексов: «Территория красоты» (2026–2027), «Экологический туризм» (2027–2028) с разработанными туристическими маршрутами.

4. Капитальный ремонт общежитий и строительство учебно-тренировочного полигона (9375 кв. м) с теплодымокамерой и тиром.

На основе сопоставления статистических данных и стратегических целей предлагаются следующие управленческие решения:

Выявленная проблема	Рекомендация	Сроки
Рост отчислений на пищевых и рабочих специальностях	Внедрение системы тьюторства и адаптационных модулей на 1-м курсе	2026–2027
Низкий конкурс на ППКРС	Усиление профориентации в школах, организация профессиональных проб	Ежегодно
Отсутствие данных о трудоустройстве	Введение ежегодного мониторинга карьерных траекторий выпускников	С 2026
Недостаточная цифровизация контроля успеваемости	Разработка дашбордов успеваемости для кураторов и студентов	2026–2027
Кадровый дефицит по новым специальностям	Привлечение практиков-преподавателей из предприятий-партнёров	2026–2028

7. Заключение

Проведённый анализ показывает, что Чебоксарский экономико-технологический колледж находится на этапе активного количественного роста, сопровождающегося качественными вызовами. За три года приём увеличился на 12,4%, контингент – на 16,5%, однако отчисления выросли на 64%, что требует принятия системных мер по академической поддержке и адаптации студентов.

Концепция развития на 2025–2030 годы задаёт амбициозные ориентиры: модернизация инфраструктуры, открытие новых востребованных специальностей, создание отраслевых кластеров и УПК, углубление социального партнёрства. Ключевой вывод: для успешной реализации Концепции необходимо параллельное развитие системы наставничества, психологической поддержки, цифрового мониторинга и регулярный анализ причин отчислений.

Дальнейшие исследования целесообразно направить на качественный анализ мотивации студентов, сравнительное изучение опыта других колледжей ПФО и оценку эффективности дуального обучения на основе данных о трудоустройстве выпускников.

Библиографический список

1. Агранович, М. Л. Индикаторы образования: статистический анализ / М. Л. Агранович. – М.: ВШЭ, 2023. – 312 с.
2. Федеральный закон от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» // Собрание законодательства РФ. – 2012. – № 53. – Ст. 7598.

3. Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2024 г. № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» // Официальный интернет-портал правовой информации. – URL: <http://pravo.gov.ru> (дата обращения: 20.06.2026).

4. Государственная программа Чувашской Республики «Развитие образования»: постановление Кабинета Министров Чувашской Республики от 20 декабря 2018 г. № 531 (ред. от 2025 г.).

5. Комплексная программа социально-экономического развития Чувашской Республики на 2025–2030 годы: распоряжение Кабинета Министров Чувашской Республики от 28 декабря 2024 г. № 1445-р.

6. Концепция развития Чебоксарского экономико-технологического колледжа Минобразования Чувашии на 2025–2030 годы / под ред. Н. К. Горшковой. – Чебоксары, 2025. – 48 с.

7. Днепровская, Н. В. Мониторинг качества подготовки в СПО / Н. В. Днепровская // Профессиональное образование. – 2024. – № 3. – С. 45–52.

DOI 10.34660/INF.2026.16.38.047

СОЦИАЛИЗАЦИЯ И ПРОФЕССИОНАЛИЗАЦИЯ МОЛОДЁЖИ: ОПЫТ МНОГОЛЕТНЕГО СОЦИОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Мищенко Александр Сергеевич

кандидат экономических наук, эксперт

*Общественной организации «Непрерывное образование для всех»,
Санкт-Петербург, Россия*

Аннотация: В работе представлены результаты многолетнего о мониторинга социализации и профессионализации учащихся средней профессиональной школы Санкт-Петербурга и Ленинградской области, автором раскрываются основные аспекты изменения личности современных учащихся профессиональных лицеев и колледжей. При анализе автором использован оригинальный мониторинговый инструментарий исследования учащихся системы среднего профессионального образования.

Ключевые слова: система среднего профессионального образования, учащиеся профессиональных лицеев и колледжей, методолого-теоретические основы – теории, принципы и ведущие идеи – изучения современной социализации и профессионализации учащихся, инструментарий и основные результаты социолого-педагогического мониторинга.

Методолого-теоретические основы социолого-педагогического мониторинга. Методологическими и теоретическими основами изучения социализации и профессионализации учащихся учреждений среднего профессионального образования (СПО) – лицеев и колледжей производственно-технического профиля – выступали следующие теории: *теория культуры* (М. С. Каган, В. М. Межуев, В. И. Толстых и др.); *теория системного развития общественных институтов и процессов* (В. Г. Афанасьев, Н. В. Блаумберг, В. П. Кузьмин, Э. Г. Юдин и др.); *теория организации производительного труда* в системе учреждений СПО, а также *теория социализации и профессионализации молодёжи, обучающейся в лицеях и колледжах производственно-технического профиля* (А. П. Беляева, Э. В. Ильенков, Н. В. Кузьмина, В. Т. Лисовский, А. М. Ядов и др.).

При изучении социализации и профессионализации учащихся мы опирались на вполне определённые научные принципы. Назовём здесь лишь

некоторые их группы. Во-первых, это *общесоциальные принципы* всесторонности и многомерности общественного прогресса; Во-вторых, на *принципы, раскрывающие социально-педагогический характер организации производительного труда молодежи, и постулаты профессиональной педагогики*. В частности, на положения, определяющие содержательно-смысловую, социальную, профессиональную и педагогическую направленность учебно-трудовой жизни молодежи, взятые в контексте политехнического образования и формирования их профессиональной культуры; принципы многоуровневости профессионального обучения подростков в профессиональных лицеях и колледжах. В-третьих, на *принципы проведения мониторингового исследования* междисциплинарности, системности, интегративности познания объективной действительности и всестороннего развития учащихся профессиональных лицеев и колледжей.

Ведущие идеи многолетнего социолого-педагогического мониторинга. Укажем здесь лишь самые важные исследовательские идеи нашего многолетнего социолого-педагогического исследования. *Первая ведущая идея* проведения социально-педагогического мониторинга была связана с предположением о том, что новые динамично изменяющиеся жизненные установки и ценности учащихся придётся изучать, опираясь на серьёзные, слабо прогнозируемые социальные, технологические и гуманитарные сдвиги в современном обществе, в том числе и в – учебной и воспитательной деятельности мастеров и преподавателей – акторов – учреждений СПО. По нашему мнению *установки и ценности учащихся* незримыми нитями связаны не только с изменившимся социально-политическим и экономическим, технологическим и гуманитарным контекстом всего жизнеустройства современной России, но и с эдукационной и воспитательной практикой профессиональных лицеев и колледжей производственно-технического профиля.

Вторая ведущая идея нашего социолого-педагогического мониторинга выражала необходимость учёта в таком исследовании особенностей учащихся СПО, которые в будущем войдут в особые социальные группы наёмных рабочих промышленных предприятий. А это, например, не совсем укладывается, так сказать, в «прокрустово ложе» общих теоретических положений *социологии образования*. Мы солидаризировались здесь с чётко сформулированным положением профессора Н. А. Лобанова о том, что хотя социология профтехобразования и вышла из «чрева» общей социологии образования, однако она не выступает по отношению к ней вспомогательной наукой и не является её дочерней подструктурой, а имеет свою научную нишу, свой специфический предмет и свой специфический объект исследования [См.: 4].

Третья ведущая идея социально-педагогического мониторинга органично вытекала из предположения о том, что в условиях формирующихся

“рыночных механизмов” подготовка молодых специалистов в учреждениях СПО производственно-технического профиля должна быть нацелена на требования нарождающейся «экономики знаний». Это позволяло учесть важный комплекс взаимосвязанных между собой артефактов, а именно: политехнический характер среднего профессионального производственно-технического обучения молодежи; его базирование на производительном труде и современной культуре промышленного производства; процессы формирования единого набора качеств, требующихся как учащимся (для их успешной учебы), так и специалистам, работающим на рабочих местах новой, так сказать, “знаний экономики”; степень заинтересованности (или отсутствие такового у) отечественного бизнеса в качественно новой по форме и содержанию профессионализации учащихся как будущих конкурентоспособных работников – носителей “универсальной” непрерывно повышающейся квалификации по той или иной специальности.

Четвёртая ведущая идея социолого-педагогического мониторинга естественным образом выражала необходимость учёта в нём превращение учащихся лицеев и колледжей производственно-технического профиля в особых акторов, способных не только поддерживать, но и участвовать активным образом в обновлении – пока лишь в будущем – быстро меняющихся корпоративных устоев отечественных промышленных предприятий. Перечисленные идеи, а также ряд других положений профессиональной педагогики, определяли, в конечном счете, весь базовый каркас многолетнего изучения социализации и профессионализации учащихся лицеев и колледжей производственно-технического профиля.

Период и объект социолого-педагогического мониторинга. Социолого-педагогический мониторинг состоял из двух крупных этапов. На его первом – по преимуществу *полевым* – этапе, осуществлявшемся с 1994 по 2018 г.г. (практически четверть века), автором совместно с коллегами по Институту профессионально-технического образования РАО, впоследствии – Институту педагогического образования и образования взрослых РАО (Санкт-Петербург), а с 2014 года – Санкт-Петербургскому филиалу Института управления образованием РАО (Москва) – Л. А. Григорьевой, В. И. Ключкиным, А. В. Мартюшевским, Л. Г. Набиуллиным, А. А. Парыгиной, А. И. Скибой, а также при активном участии А. В. Фёдорова (НИ-ИКСИ при факультете социологии СПбГУ) – было опрошено более 8000 выпускников учреждений СПО – профессиональных лицеев и колледжей производственно-технического профиля Санкт-Петербурга и Ленинградской области. За время социолого-педагогического мониторинга проведено восемь полноценных социолого-педагогических опросов с интервалом в два – три года. Само исследование обеспечивалось выборкой учащихся,

которая согласовывалась со всеми экспериментальными площадками института (ИПТО, ИПООВ и ИУО РАО) – профессиональными лицами и колледжами Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Второй – обобщающий этап – начался в 2019 году. В настоящее время усилиями автора данных строк он успешно продолжается.

Инструментарий социолого-педагогического мониторинга. Для проведения многолетнего исследования и сбора эмпирического материала использовались анкеты, содержавшие до 400 единичных индикаторов. Они в своём большинстве применялись на всех этапах социолого- педагогического мониторинга. Это давало возможность на основе стабильной системы индикаторов, выявить динамику гражданского становления учащихся, оценить процессы их социализации, отследить временные изменения в их учебной и трудовой деятельности, показать динамику факторов их профессионального становления, зафиксировать изменения в характере проведения учащимися лицеев и колледжей своего свободного времени и досуга на протяжении последнего тридцатилетия истории нашей страны. При обработке и визуализации эмпирических данных социолого-педагогических опросов учащихся профессиональных лицеев и колледжей нами использовались стандартные пакеты статистических программ «Excel for Windows», «SPSS for Windows» и «Statistica for Windows».

Основные – обобщённые – результаты социолого-педагогического мониторинга. Сразу же отметим тот факт, что некоторые результаты социолого-педагогического мониторинга, сопряжённые с тематикой нашего научного доклада, уже были опубликованы автором и его коллегами в прежние годы [Смотри: 1; 2; 3; 5–22]. В ходе социолого-педагогического мониторинга – на его первом этапе – были апробированы критерии социализации и профессионализации учащихся лицеев и колледжей, разработаны индикаторы их готовности к активному – профессиональному, конкурентно успешному – поведению на рынке труда и в реальном промышленном производстве, выявлен многогранный характер системы профессиональных ориентаций и ценностных установок учащихся – респондентов. В частности, удалось выявить и проанализировать их ориентации: на *регион приложения своего труда* (на – работу в одном из регионов России; на – работу непосредственно в Санкт-Петербурге или Ленинградской области; на – работу за пределами России), на – *сферу и род профессиональной деятельности* (на – продолжение учёбы в Вузе; на – собственно производственную деятельность; на – иждивенчество), на – *характер и содержание производительного труда* (на – высококвалифицированный умственный труд; на – квалифицированный физический труд; на – «трудиться, где придётся»; на – деятельность в криминальной сфере), на – *профессиональное поле производительного труда* (на – работу в будущем служащим,

управленцем, менеджером; на – работу по профессии, полученной в учреждениях СПО; на – работу по специальности, полученной вне учреждений СПО; на – «работу, где платят большие деньги»), на – *свой будущий социальный статус в обществе* (на – работу наёмным работником; на – статус предпринимателя; на – жизнь обычной домохозяйки; на – жизнь содержанки у родителей). В частности, в рамках многолетнего социолого-педагогического мониторинга, нашим коллегой А. И. Скибой – на диссертационном уровне – были представлены и успешно защищены научные положения, раскрывающие *сущность и социально-педагогические механизмы* формирования и воспитания выпускников учреждений СПО как конкурентоспособных специалистов на рынке труда и в сфере промышленного производства [21].

На втором этапе мониторингового исследования зафиксированы следующие группы устойчивых соотношений в развитии (и изменении) социализации, профессионализации и гражданского взросления учащихся лицеев и колледжей производственно-технического профиля Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

В области социализации и гражданского взросления учащихся нами установлены следующие устойчиво проявляющиеся процессы: система социальных факторов, существенно влияющих на процессы социализации учащихся лицеев, её зависимость от их территориальной привязки, социального и профессионального статуса их родителей, семейного положения учащихся и т.д. и т.п. Например, за время исследований повысилось разнообразие линий – трендов – социализации учащихся лицеев и колледжей, их ценностно-смысловых, жизненных и гражданских установок. В частности, чётко обозначилось усиление индивидуализма и эгоизма учащихся – выпускников профессиональных лицеев и колледжей. Зафиксировано также снижение качества свободного времени и досуга обследованных нами респондентов – пространства их личностного развития и гражданского взросления.

В области профессионализации учащихся нами установлены следующие устойчиво проявляющиеся процессы. Определилась система социальных факторов, существенно влияющих и на специальную образованность учащихся системы СПО. Это следующие факторы: введение института частной собственности, многоукладность экономики, профессиональный профиль лицеев и колледжей, профессионализм их мастеров и преподавателей, техническое оснащение учебного процесса в лицеях и колледжах, организация производственной практики, уровень жизни учащихся лицеев и колледжей и т.д. В частности, за время мониторингового исследования изменилась – не всегда в положительную сторону – система рыночно организованного промышленного производства. На этом фоне трансформировались многие характеристики экономического положения молодых россиян. Прежде всего, это коснулось

производительного труда подростков, его характера и содержания, особенно вне зоны учебного и воспитательного контроля педагогов учреждений СПО. Производительный труд учащихся превратился в определяющий фактор их вхождения в современные рыночные структуры. За время исследования определённым образом выкристаллизовалось доминирование подготовки учащихся как *работников* над их более широким социокультурным и гражданским воспитанием и взрослением. Профессиональное образование учащихся все больше и больше стало увязываться с их деловой хваткой, с их включённостью в организационные системы первичного звена отечественного бизнеса, особенно в те, которые финансово и материально поддерживают конкретные учреждения СПО. В силу этого ценности и ориентиры рыночной экономики, которые разделяются наёмными работниками базовых промышленных предприятий и организаций, превратились в один из доминирующих паттернов трудового поведения учащейся молодёжи профессиональных лицеев и колледжей производственно-технического профиля. В среде учащихся усилилась значимость компетенций, которые обеспечивают им не только конкурентоспособность в сфере современного промышленного производства, но и их восходящую социальную мобильность.

Собранные на данный момент факты позволили выявить важнейшие качества учащихся профессиональных лицеев и колледжей, которые существенно определяют их социализацию и профессионализацию – их личностное, профессиональное и гражданское развитие. Это – толерантность к более успешным социальным группам (прирост данного показателя за период исследования составил 54%); стремление учащихся к социально ориентированному обществу (прирост составил 37%); готовность личности к социальной мобильности (прирост составил 29%); стремление респондентов выразить себя в профессиональной сфере (прирост составил 20%); профессионализм как ценностно значимое личностное качество учащихся (прирост составил 18%); готовность учащихся к профессиональным инновациям (прирост данного показателя за период исследования составил 14%).

Основываясь на данных, полученных нашим коллективом в ходе исследования, удалось установить значимое пересечение и взаимовлияние социализации и профессионализации, культурного и граждански направленного развития и воспитания учащихся – выпускников учреждений среднего профессионального образования – лицеев и колледжей. Это позволило научной группе, уже в практической плоскости, регулярно помогать педагогическим коллективам учреждений среднего профессионального образования, выступавшим экспериментальной базой для наших многолетних изысканий, разрабатывать предложения для внедрения в учебную и воспитательную практику системы обучения учащихся выпускных курсов эффективным трудовым

и профессиональным стратегиям поведения на рынке труда и в реальном промышленном производстве. Это, в определённой мере, способствовало успешной социальной и профессиональной интеграции выпускников лицеев и колледжей в систему современных промышленных предприятий Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

Литература

1. Григорьева Л. А., Янова С. Ю. *Операционализация понятий и категорий социализации как условие эмпирического изучения социальных процессов в профшколе: Тезисы науч. доклада / Л. А. Григорьева, С. Ю. Янова // Проблемы воспитания учащейся молодёжи: Российская конференция с международным участием: Тезисы докладов и сообщений. / Под ред. Н. А. Лобанова. – СПб. – Черкесск: Изд. Акме – Петербург, 1995. – С. 198–201.*
2. Ключикин В. И., Мищенко А. С. *Формирование компетенций и профессиональной культуры педагогов: Науч. статья / В. И. Ключикин, А. С. Мищенко // Человек и образование – № 3–2013 г. – С. 58–63.*
3. Ключикин В. И., Мищенко А. С. *Профессиональная конкурентоспособность молодых специалистов: опыт социально-смыслового исследования: Тезисы науч. доклада / А. С. Мищенко, В. И. Ключикин // Новая экономика России: наука и образование: тезисы докладов Всероссийской научно-практической конференции Санкт-Петербург, 9–10 июня 2014 г. Секции 3, 4, 5 / редкол.: А. Е. Карлик (отв. ред.) [и др.]. – СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2014. – С. 158–164.*
4. Лобанов Н. А. *Основания для выделения социологии профессионально-технического образования в самостоятельную науку: Тезисы науч. доклада / Н. А. Лобанов // Первая российская научно-практическая конференция с международным участием «Проблемы социологии профессионального образования рабочих»: тезисы докладов и выступлений участников первой российской научно-практической конференции с международным участием в 3-х т. // Под редакцией Н. А. Лобанова, – Т. 3 (дополнительный) – Санкт-Петербург: Изд-во Санкт-Петербургского отделения Академии акмеологических наук, 1994. – С. 7–12.*
5. Мартюшевский А. В. *Эстетическое в гуманистической системе воспитания: Тезисы науч. доклада / А. В. Мартюшевский // Проблемы воспитания учащейся молодёжи: Российская конференция с международным участием: Тезисы докладов и сообщений. / Под ред. Н. А. Лобанова. – СПб. – Черкесск: Изд. Акме – Петербург, 1995. – С. 293–294.*

6. Мартюшевский А. В., Мищенко А. С. Социогуманитарные диспозиции и профессиональная культура молодых специалистов: сущность, факторы и критерии формирования: Науч. статья / А. В. Мартюшевский, А. С. Мищенко // Современное общество и труд: сборник научных статей / ред. кол. Р. В. Карапетян (отв. ред.), А. А. Русалинова, О. А. Таранова. – СПб.: Изд. центр экономического факультета СПбГУ, 2014. – С. 783–789.

7. Мищенко А. С. Влияние социально-экономических факторов на характер включенности учащихся лицеев и традиционных профессиональных училищ в рыночные отношения: Тезисы науч. доклада / А. С. Мищенко // Образованная Россия: специалист XXI века. Проблемы российского образования на рубеже третьего тысячелетия. Тезисы и доклады к III съезду Петровской академии наук и искусств / Общ. ред. А. И. Субетто – СПб.: ПНИ – 1997 г. – С. 174–177.

8. Мищенко А. С. Социокультурное и профессиональное становление учащихся профессиональных лицеев: результаты социологического мониторинга: Материалы науч. доклада / А. С. Мищенко // Десятилетие Северо-Западного отделения РАО: результаты работы и перспективы развития / Вестник СЗО РАО – СПб.: Изд-во СПбГУП – 2003 г. – Вып.8. – С. 208–215.

9. Мищенко А. С. Социальный мониторинг становления профессиональных ценностей учащихся: его сущность и инструментарий: Науч. статья / А. С. Мищенко // Вестник ЛОИРО: Информационное научно-методическое издание – СПб. – № 1–2005 г. – С. 89–94.

10. Мищенко А. С. Социально-профессиональная идентификация личности: формирование профессиональных ценностей молодых специалистов: Науч. статья / А. С. Мищенко // Профессиональные группы: динамика и трансформация. / Под ред. В. А. Мансурова. – М.: Изд-во Института социологии РАН, 2009. – (Диск CD, ISBN 978-5-89697-177-1) – С. 226–245.

11. Мищенко А. С. Социальный мониторинг образовательного процесса в лицеях и колледжах: его аспекты и уровни анализа: Материалы науч. доклада / А. С. Мищенко // VI Ковалевские чтения: материалы научно-практической конференции 11–12 ноября 2011 года. / Отв. ред. Ю. В. Асочаков. – СПб.: Издательство СПбГУ, 2011 г. – С. 919–921.

12. Мищенко А. С. Отношение учащихся лицеев и колледжей к непрерывному профессиональному развитию: социальные, образовательные и личностные факторы: Раздел монографии / А. С. Мищенко // Профессионалы в эпоху реформ: динамика идеологии, статуса и ценностей: Коллективная монография. / Под ред. В. А. Мансурова. Москва: Институт социологии РАН / Российское общество социологов, 2013. – С. 299–311.

13. Мищенко А. С. Учащиеся средней профессиональной школы как субъекты гражданского общества: динамика за 1994–2010 г.г.: Науч. статья / А. С. Мищенко // Молодежь России в начале XXI века: Регион Северо-запад: Сборник научных трудов. Сер. «Проблемы философии» Центр гуманит. науч. – информ. исслед. Отд. философии; Отв. ред. Д. Г. Шкаев. – М.: ИНИОН РАН, 2014. – С. 72–85.

14. Мищенко А. С. Формирование профессионализма учащихся: результаты исследования в условиях модернизации образовательных процессов в лицеях и училищах: Науч. статья / А. С. Мищенко // Молодежь России в начале XXI века: Регион Северо-запад Сборник научных трудов. Сер. «Проблемы философии» Центр гуманит. науч. – информ. исслед. Отд. философии; Отв. ред. Д. Г. Шкаев. – М.: ИНИОН РАН, 2014. – С. 255–268.

15. Мищенко А. С. Свободное время учащейся молодежи: результаты многолетнего прикладного социологического исследования: материалы науч. доклада / А. С. Мищенко // X Ковалевские чтения: материалы научно-практической конференции 13–15 ноября 2015 года. / Отв. редактор: Ю. В. Асочаков. СПб.: Скифия-принт, 2015. – С. 1481–1482.

16. Мищенко, А. С. Профессионализация учащихся лицеев и колледжей: производственные, образовательные и личностные факторы: Тезисы науч. доклада / А. С. Мищенко // Социализация личности в условиях глобализации и информатизации общества: Сборник материалов международной научно-практической конференции, Тверь, 8 февраля 2016 г. / Сост. и ред. И. Ю. Синельников. – М.: ИСРО РАО, 2016 – С. 296–299.

17. Мищенко А. С. Профессиональная культура учащихся лицеев и колледжей производственно-технического профиля в условиях модернизации российского общества: Материалы науч. доклада / А. С. Мищенко // Глобальные социальные трансформации XX – начала XXI вв. (к 100-летию Русской революции): материалы научной конференции XI Ковалевские чтения 9–11 ноября 2017 года. / Отв. редактор: Ю. В. Асочаков. СПб.: Скифия-принт, 2017. – С. 1124–1126.

18. Мищенко А. С. Среднее профессиональное образование молодёжи как фактор развития регионального промышленного производства: принципы, критерии и результаты взаимодействия: Материалы науч. доклада / А. С. Мищенко // Современные тренды и приоритеты устойчивого развития регионов. Материалы III Международной научно-практической конференции, посвященной посвященная 80-летию ДФИЦ РАН 27мая 2025 года, Махачкала, 2025 г. – С. 444–451.

19. Набиуллин Л. Г. Формирование ценностных ориентаций учащихся в современных социокультурных условиях: Материалы науч. доклада / Л. Г. Набиуллин // Воспитание в современной образовательной среде. Материалы II региональной научно-практической конференции. Научный редактор С. В. Тарасов. 2013. С. 17–23.

20. Набиуллин Л. Г. Ценностные ориентации – основа социализации и профессионализации учащейся молодёжи в современных условиях: Науч. статья / Л. Г. Набиуллин // Настоящее и будущее профессиональной ориентации учащейся молодёжи: теория и практика. Сборник научных статей научно-практической конференции. Под общей редакцией С. Н. Чистяковой; Редакционная коллегия: С. Н. Чистякова, В. И. Сопин, И. И. Соколова, А. В. Батаршев, З. Н. Ситник, А. С. Мищенко. СПб. ИПООВ РАО, 2012. – С. 140–148.

21. Скиба А. И. Формирование конкурентоспособности учащихся в условиях социально-профессиональной среды профессиональных училищ и лицеев: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата педагогических наук. Специальность 13.00.08 – Теория и методика профессионального образования. СПб.: ИПТО РАО, 2005. – 24с.

22. Соколова И. И., Александрова Н. М., Мищенко А. С. Учащиеся и педагоги профессиональных лицеев и колледжей в условиях перемен: Науч. статья / Н. М. Александрова, А. С. Мищенко, И. И. Соколова // Вестник Татарского государственного гуманитарно-педагогического университета – 2010 – № 4 (22) – С. 333–339.

DOI 10.34660/INF.2026.13.88.018

УДК 377.5:005.591.6(510)

МОДЕЛЬ ИННОВАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИЕЙ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В КИТАЕ: КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Ли Лю

магистрант

Забайкальский государственный университет,

г. Чита, Россия

Шибанова Наталия Михайловна

кандидат педагогических наук, доцент

Забайкальский государственный университет,

г. Чита, Россия

ORCID ID: 0009-0003-7843-6760

Аннотация. В статье представлено концептуальное обоснование модели инновационного управления организацией среднего профессионального образования в Китае в условиях цифровой трансформации. На основе синтеза системного, процессного, ресурсного, экосистемного, данных-ориентированного и инновационного подходов разработана трёхуровневая архитектура «экосистемной модели на основе данных». Раскрыты два вложенных циклических механизма функционирования: внутренний цикл непрерывного совершенствования и внешний цикл экосистемного партнёрства. Проведено системное сравнение традиционной и инновационной моделей по десяти параметрам, сформулирована гипотеза перехода к новой модели, включающая пять положений.

Ключевые слова: среднее профессиональное образование, инновационное управление, цифровая трансформация, экосистемная модель, данные-ориентированный подход, неявная оценка, Китай.

Abstract. The article presents a conceptual justification of the model of innovative management of secondary vocational education organizations in China in the context of digital transformation. Based on the synthesis of systemic,

process, resource, ecosystem, data-driven and innovative approaches, a three-level architecture of the "data-based ecosystem model" is developed. Two nested cyclic mechanisms of functioning are revealed: the internal cycle of continuous improvement and the external cycle of ecosystem partnership. A systematic comparison of traditional and innovative models according to ten parameters is carried out, a transition hypothesis including five provisions is formulated.

Keywords: *secondary vocational education, innovative management, digital transformation, ecosystem model, data-driven approach, implicit evaluation, China.*

Цифровая трансформация, охватившая все сферы общественной жизни, выступает сегодня ключевым фактором модернизации профессионального образования. В Китайской Народной Республике принят ряд стратегических документов, определяющих цифровую трансформацию профессионального образования как императив государственной политики: «План действий по цифровой трансформации профессионального образования (2022–2025)», «План строительства мощной образовательной державы (2024–2035)», новая редакция Закона КНР «О профессиональном образовании» (2022) [12; 14; 15]. Однако, как показывает практика, цифровизация в учреждениях среднего профессионального образования (далее – СПО) зачастую ограничивается поверхностным внедрением технологий и не приводит к системному повышению качества образования. Возникает фундаментальное противоречие между объективной потребностью общества в качественно новой системе управления СПО, адекватной вызовам цифровой эпохи, и сохраняющейся ориентацией многих образовательных организаций на традиционные административно-контрольные модели управления.

Проблемы управления качеством в образовании глубоко исследованы в трудах В. И. Блинова, А. М. Новикова, а также зарубежных учёных – Э. Деминга, Л. Харви и Д. Грина [1; 2; 4].

Теория и практика педагогической инноватики представлена в работах А. В. Хуторского, Н. Р. Юсуфбековой, В. А. Сластенина и Л. С. Подымовой [6; 13].

Ключевые положения теории инноваций разработаны Й. Шумпетером, Э. Роджерсом и А. И. Пригожиным [10; 8; 9].

Вопросы цифровой трансформации образования активно исследуются М. Фулланом, Дж. Сименсом, Э. Мандинах и др. [3; 11; 5].

В китайской науке значительный вклад в изучение проблем качества СПО и цифровизации внесли Мэн Яцзе, Мэн Цзинчжоу, Лю Лэй, Ян Юйтин и другие исследователи [2; 3; 4].

Вместе с тем в научной литературе наблюдается дефицит исследований, интегрирующих теорию управления качеством, цифровую трансформацию и педагогическую инноватику в целостную модель применительно к специфике

среднего профессионального образования. Недостаточно разработаны теоретические основания проектирования моделей управления качеством в СПО, опирающихся на анализ данных, а также механизмы интеграции цифровых платформ в процессы принятия управленческих решений. В связи с этим актуальной проблемой является концептуальное обоснование модели инновационного управления организацией СПО, органично сочетающей принципы всеобщего управления качеством, возможности цифровых технологий и, учитывая специфику китайской системы профессионального образования.

Цель настоящего исследования – представить концептуальное обоснование модели инновационного управления организацией среднего профессионального образования в Китае, построенной на синтезе методологических подходов и теоретических концепций. Научная новизна заключается в разработке трёхуровневой архитектуры «экосистемной модели на основе данных» с двумя вложенными циклическими механизмами функционирования, а также в системном сравнении традиционной и инновационной моделей и формулировании гипотезы перехода к новой модели.

Методологическую основу исследования составили шесть подходов. Системный подход (А. М. Новиков, В. И. Блинов, Э. Деминг) позволил рассмотреть управление организацией СПО как сложную, открытую, динамичную социотехническую систему [1; 4]. Процессный подход (Э. Деминг, М. Фуллан) определил необходимость встраивания в архитектуру модели цикла непрерывного улучшения PDCA [4; 3]. Ресурсный подход (Б. Вернерфельт, Дж. Барни) дал инструментарий для анализа ключевых ресурсных пробелов организации [7]. Экосистемный подход (Дж. Ф. Мур, М. Фуллан, А. Харгривз) обосновал необходимость проектирования открытых интерфейсов для взаимодействия с внешними субъектами [3; 5]. Подход, ориентированный на данные (Дж. Сименс, П. Лонг, Э. Мандинах), определил данные как связующее звено модели [11; 5]. Инновационный подход (Й. Шумпетер, А. В. Хуторской) задал направленность модели на развитие [10; 6].

Анализ традиционной модели управления, сложившейся в китайских технических колледжах, позволил выявить её сущностные характеристики. Она представляет собой однонаправленную линейную структуру, в которой все управленческие решения концентрируются на верхнем уровне руководства, среднее звено отвечает за распределение задач, а низовое – за исполнение. Информация передаётся исключительно сверху вниз, обратная связь с нижних уровней редко оказывает влияние на принятие решений. Основная логика управления – контроль и соблюдение нормативных требований; информационное пространство характеризуется ведомственной разобщённостью («информационные острова»); оценка ориентирована на конечные результаты; движущим фактором совершенствования выступает внешнее

давление (проверки, аттестации); взаимодействие с производством ограничено поверхностным партнёрством [2; 4].

Исследования китайских учёных раскрывают конкретные проявления ограниченности традиционной модели. В исследовании Мэн Яцзе зафиксированы кадровые и инфраструктурные диспропорции: возрастной состав преподавателей характеризуется высокой долей сотрудников старших поколений, цифровые компетенции педагогического коллектива развиты недостаточно, а оснащение городских и сельских образовательных организаций различается существенно [2]. Ян Юйтин обращает внимание на разрозненность студенческих данных, которая не позволяет выстроить сквозной мониторинг образовательного качества [4]. Лао Бинсин, в свою очередь, определяет три направления цифрового обновления: создание унифицированной информационной среды, повышение квалификации кадров в области цифровых технологий и внедрение инструментов оценки, опирающихся на обработку больших массивов информации [13].

Сопоставление этих позиций позволяет выделить три системных дефицита, присущих сложившейся практике управления. Во-первых, управленческие решения принимаются с запаздыванием, поскольку опираются на устаревшие или неполные данные. Во-вторых, подготовка выпускников не всегда совпадает с реальными запросами рынка труда. В-третьих, образовательный процесс ориентирован на усреднённого студента и не учитывает его индивидуальные особенности. Эти обстоятельства делают переход к иной управленческой парадигме не просто желательным, но неизбежным.

В качестве альтернативы предлагается экосистемная модель, функционирующая на принципе «пять горизонтов – два контура – единый центр». В центре находится интегрированная база образовательных данных. Один контур отвечает за внутреннее совершенствование, другой – за взаимодействие с внешней средой и партнёрами.

Первый горизонт модели – целевой. В отличие от традиционного подхода, ориентированного на подготовку исполнителей с фиксированным набором навыков, предлагаемый вектор направлен на формирование специалистов, способных к профессиональной мобильности и непрерывному развитию. Оценка результатов при этом строится на комплексе показателей, включая адаптивность к меняющимся условиям, готовность осваивать новое и умение находить решения в нестандартных ситуациях. Данный подход перекликается с концепцией «скрытого оценивания» Лю Ляя, который предлагает фиксировать не только формальные знания, но и те профессиональные качества, которые трудно измерить стандартными методами [3].

Второй горизонт – технологический. Его основу составляет единая платформа, аккумулирующая информацию из всех структурных подразделений. Платформа

выполняет четыре задачи: объединение и унификацию потоков данных, их очистку и приведение к единым форматам, безопасное хранение и передачу обработанной информации прикладным системам через открытые интерфейсы.

Создание такой платформы отвечает подходам, обоснованным Дж. Сименсом и П. Лонгом, которые показали, что технологии анализа образовательных данных позволяют формировать динамические профили обучающихся и прогнозировать академические риски [11].

Третий уровень – интеллектуальных приложений – обеспечивает преобразование массивов данных в управленческую и педагогическую ценность. Он включает три подсистемы: интеллектуального анализа учебных достижений (прогнозирование академических рисков, диагностика сложных тем, формирование персональных образовательных траекторий), интеллектуального управления производственной практикой (цифровой контроль оборудования, виртуальная симуляция опасных процессов) и сопровождающей оценки, которая отказывается от модели итоговой аттестации и формирует динамичную многомерную карту компетенций на основе непрерывного наблюдения.

Четвёртый уровень – управления и обеспечения – создаёт нормативно-организационную базу. Он включает три механизма: принятия управленческих решений на основе данных, развития цифровой компетентности педагогических работников (программы «цифровых наставников», гранты на микроинновации) и совместного устойчивого развития с предприятиями (отраслевые институты, модульные программы, обмен инженерными кадрами) [5].

Пятый уровень – внешний экосистемный – отражает открытость модели. Ключевыми факторами, влияющими на её эффективность, выступают государственная нормативно-правовая поддержка, отраслевые требования к квалификации персонала, системы профессиональной сертификации, социальные ожидания.

Динамичность модели обеспечивается двумя вложенными циклическими механизмами. Внутренний цикл непрерывного совершенствования реализует цикл PDCA: планирование показателей качества на основе анализа исторических данных → выполнение процессов с генерацией новых данных → контроль в реальном времени → корректировка. Данный механизм, опирающийся на методологию Э. Деминга, обеспечивает оперативность и точность управленческих решений [4].

Внешний цикл совместного создания ценности в рамках экосистемного партнёрства действует на более широком уровне. Образовательное учреждение через отраслевые институты получает корпоративные технические стандарты и реальные производственные проекты, преобразуя их в учебное содержание. Студенты отрабатывают практические компетенции, а результаты их работы способствуют инновационному развитию компаний-партнёров. Предприятия формируют резерв квалифицированных кадров, а техникум укрепляет

репутацию. Государство посредством нормативного регулирования и финансовой поддержки стимулирует развитие этого цикла. Концептуальной основой данного механизма выступают теория образовательной экосистемы М. Фуллана и концепция «четвёртого пути» А. Харгривза и Д. Ширли [3; 5].

Системное сравнение двух моделей управления по десяти параметрам позволяет наглядно представить сущность предлагаемой трансформации (таблица 1).

Таблица 1. Системное сравнение традиционной и инновационной моделей управления

Параметр сравнения	Традиционная модель	Инновационная модель
Основная логика	Контроль и соблюдение нормативных требований	Расширение возможностей и устойчивое развитие
Структура полномочий	Иерархия сверху вниз	Плоская структура, сетевое взаимодействие
Информационное пространство	Ведомственная разобщённость	Сквозная интеграция данных
Фокус оценки	Итоговые результаты (явная оценка)	Процесс и развитие (явная + неявная оценка)
Движущие силы	Внешнее давление	Внутренние стимулы, аналитика данных
Роль участников	Руководители и подчинённые	Наставники и исследователи
Связь с производством	Поверхностное партнёрство	Глубокое сотрудничество, отраслевые институты
Применение технологий	Вспомогательные инструменты	Перестройка экосистемы
Адаптивный потенциал	Пассивная реакция	Проактивная реакция
Цель подготовки	Стандартизированные рабочие	Специалисты с потенциалом развития

Из представленной таблицы видно, что сущность новой модели заключается в смене управленческой парадигмы: от контроля к расширению возможностей, от эмпиризма к доказательному управлению, от закрытой системы к открытой экосистеме.

Проведённый анализ позволил сформулировать гипотезу, согласно которой повышение эффективности управления организациями СПО возможно при условии перехода от традиционной модели «административного контроля» к инновационной «экосистемной модели на основе данных», что предполагает: смену

логики управления с контроля на обеспечение устойчивого развития; внедрение единой платформы образовательных данных; использование механизмов интеллектуального анализа данных для прогнозирования рисков и персонализации обучения; переход от итогового контроля к процессуальной «неявной оценке»; переформатирование взаимодействия с предприятиями-партнёрами в формат отраслевых институтов и совместных модульных программ.

Таким образом, в статье концептуально обоснована модель инновационного управления организацией среднего профессионального образования в Китае. Определена её архитектура, включающая пять уровней и два циклических механизма. Проведено системное сравнение традиционной и инновационной моделей по десяти параметрам, раскрывающее сущность смены управленческой парадигмы. Сформулирована гипотеза из пяти положений, задающая направления дальнейшей эмпирической верификации. Перспективы исследования связаны с практической апробацией модели в учреждениях СПО Китая, различающихся по профилю и региональным условиям, а также с проведением сравнительных международных исследований.

Список литературы

1. Блинов В. И. *Профессиональная педагогика: учебник для академического бакалавриата* / В. И. Блинов, М. Г. Сергеева. – Москва: Юрайт, 2019. – 502 с.
2. Мэн Яцзе. *Вызовы и контрмеры информатизации преподавания в средних профессиональных школах провинции Хэйлунцзян* / Мэн Яцзе // *Образование взрослых*. – 2024. – Т. 44, № 8. – С. 80–84.
3. Лю Лэй. *Дизайн-фреймворк, глубинная логика и практические рекомендации по оценке способности высших профессиональных учебных заведений в контексте строительства мощной образовательной державы* / Лю Лэй // *Образование и профессия*. – 2025. – № 24. – С. 25–34.
4. Ян Юйтин. *Исследование трансформации управления учебной деятельностью в средних профессиональных школах в контексте больших данных* / Ян Юйтин // *Электронные компоненты и информационные технологии*. – 2024. – Т. 8, № 6. – С. 114–116.
5. Харгривз А. *Четвёртый путь: вдохновляющее будущее для изменений в образовании* / А. Харгривз, Д. Ширли. – Таузенд Оукс: Корвин Пресс, 2012. – 240 с.
6. Хуторской А. В. *Педагогическая инноватика: учебное пособие* / А. В. Хуторской. – 2-е изд., стер. – Москва: Академия, 2010. – 256 с.

7. Деминг У. Э. Выход из кризиса: Новая парадигма управления людьми, системами и процессами / У. Э. Деминг. – Кембридж: MIT Пресс, 2018. – 450 с.
8. Коттер Дж. П. Впереди перемен / Дж. П. Коттер. – Бостон: Гарвард Бизнес Ревью Пресс, 2012. – 208 с.
9. Пригожин А. И. Нововведения: стимулы и препятствия (социальные проблемы инноватики) / А. И. Пригожин. – Москва: Политиздат, 1989. – 270 с.
10. Шумпетер Й. Теория экономического развития. Капитализм, социализм и демократия / Й. Шумпетер. – Москва: Эксмо, 2007. – 864 с.
11. Сименс Дж. Проникая сквозь туман: аналитика в обучении и образовании / Дж. Сименс, П. Лонг // *EDUCAUSE Review*. – 2011. – Vol. 46, № 5. – Р. 31–40.
12. План действий по цифровой трансформации профессионального образования (2022–2025) / Министерство образования КНР. – Пекин, 2022. – URL: http://www.moe.gov.cn/srcsite/A07/zcs_zhgg/202203/t20220301_603126.html (дата обращения: 18.06.2026).
13. Лао Бинсин. Исследование контрмер реформы управления образованием в среднем профессиональном образовании в информационную эпоху / Лао Бинсин // *Кэцзи фэн*. – 2023. – № 26. – С. 59–61.
14. План строительства мощной образовательной державы (2024–2035) / ЦК КПК, Госсовет КНР. – 2025. – URL: https://www.gov.cn/gongbao/2025/issue_11846/202502/content_7002799.html (дата обращения: 18.06.2026).
15. Закон Китайской Народной Республики о профессиональном образовании: принят 20 апреля 2022 г. – 2022. – URL: <https://flk.npc.gov.cn/detail2.html> (дата обращения: 18.06.2026).

DOI 10.34660/INF.2026.14.52.088

ПЕРСПЕКТИВЫ СОВМЕСТНОЙ БЕЛОРУССКО-КИТАЙСКОЙ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В СФЕРЕ ОПТОЭЛЕКТРОНИКИ

Будник Валерия Сергеевна

*Белорусский государственный университет информатики и
радиоэлектроники,
Минск, Беларусь*

Аннотация: в данной статье рассматриваются перспективы сотрудничества Беларуси и Китая по совместной подготовке специалистов в сфере оптоэлектроники. Подробно описаны актуальность оптоэлектроники, её применение практически во всех областях науки и техники, открывающиеся возможности использования. Обозначены причины необходимости подготовки таких специалистов. Перечислены университеты, кафедры, факультеты и специальности Беларуси и Китая, обучающие будущих специалистов. Охарактеризованы соответствующие программы обучения со всеми особенностями исследований. Указаны многочисленные направления для непрерывной и широкопрофильной подготовки будущих выпускников, перечислены их возможные рабочие места. Для китайских университетов описаны предоставляемые грантовые программы для бакалавриата, магистратуры и докторантуры. Для каждой ступени высшего образования отмечены продолжительность обучения, необходимый уровень владения китайским языком, выплачиваемые ежемесячные стипендии, затраты, покрываемые грантами. Предложены новые направления сотрудничества Беларуси и Китая в области обучения специалистов в сфере оптоэлектроники.

Ключевые слова: подготовка специалистов, университеты, научное сотрудничество, учебные программы, гранты, оптоэлектроника.

Введение

Оптоэлектроника является подобластью фотоники, которая изучает применение электронных устройств и систем, которые обнаруживают свет и управляют им. Проще говоря, оптоэлектроника – синтез оптики и электроники. Она рассматривает задачи использования оптических и электрических методов обработки, передачи и хранения информации [1; 2].

Уже в 1950–60-е гг. получили достаточно широкое распространение световые излучающие диоды, полупроводниковые фотоприёмники, устройства управления световым лучом и другие элементы оптоэлектроники [2].

В настоящее время оптоэлектронные полупроводниковые приборы используются практически во всех областях электроники и радиотехники. Невозможно найти область человеческой деятельности, где успехи изучения фоточувствительных приборов не были бы эффективными. Оптоэлектронные технологии являются базовыми для систем связи и телекоммуникаций, записи, хранения и обработки информации, микроэлектроники. Также они вошли в отраслевые стандарты обработки материалов и диагностики изделий во многих отраслях машиностроения, стали определяющими для разработки специальных систем управления движением, нарастающими темпами осваиваются в медицине, открывая новые возможности диагностики лечения заболеваний, в светотехнике, экономическом мониторинге и других сферах [3].

Открываются очень широкие возможности применения оптоэлектронных приборов в качестве элементов связи, индикаторных приборов, различных датчиков. Дальнейшее развитие и совершенствование средств оптоэлектроники служит техническим фундаментом разработки сверхвысокопроизводительных вычислительных комплексов, запоминающих устройств большой ёмкости и высокоскоростной связи [2; 3].

Также подобные структуры могут быть использованы в качестве антиотражающих покрытий при формировании оптических межсоединений и других устройств для преобразования световых сигналов [4–8].

Актуальность данной темы заключается в том, что на современном этапе развитие оптоэлектроники связано с изучением эффектов взаимодействия между оптическим излучением и электронами вещества, и охватывает проблемы создания оптоэлектронных приборов, в которых эти эффекты используются для генерации, передачи, хранения и отображения информации. Таким образом, перед оптоэлектроникой встаёт важная задача – миниатюризация элементной базы, интеграция элементов и функций, ориентация на специальные технологии и материалы [3].

Именно по этим причинам так важна тщательная, непрерывная и разносторонняя подготовка специалистов в сфере оптоэлектроники.

Подготовка специалистов в Республике Беларусь

В Беларуси подготовка таких специалистов осуществляется в трёх ведущих университетах: БГУ, БНТУ и БГУИР. В Белорусском государственном университете (БГУ) обучение проводится на кафедре квантовой радиофизики и оптоэлектроники факультета радиофизики и компьютерных технологий, а также на кафедре физической оптики и прикладной информатики физического факультета [9 – 10]. Кафедра физической оптики и прикладной информатики

является ведущей кафедрой, обеспечивающей подготовку специалистов в области физической оптики, оптоэлектроники и информатики, изучающей строение соединений и их взаимосвязь с физико-химическими свойствами, а также исследований, направленных на создание электрооптических и спектральных приборов и систем [10].

В Белорусском национальном техническом университете (БНТУ) обучение проходит на кафедре лазерной техники и технологии приборостроительного факультета [11]. Осуществляется подготовка инженеров по следующим направлениям: специальность «Оптико-электронная и лазерная техника», профилизация «Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы». Основными направлениями подготовки специалистов являются методы расчёта оптических систем, проектирование и конструирование современных оптико-электронных приборов и лазерной техники [11].

Кафедра также обеспечивает подготовку по специальности «Оптико-электронные и лазерные приборы и системы» со специализациями «Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы» и «Лазерные системы и технологии». По данным специализациям ведётся подготовка инженеров для работы на предприятиях и в организациях, разрабатывающих, выпускающих и эксплуатирующих современные оптические, оптико-электронные и лазерные приборы и комплексы, которые используются практически во всех областях науки и техники [11].

Основное внимание при подготовке специалистов уделяется вопросам конструирования оптических и лазерных приборов, методам расчёта оптических систем, технологии оптического производства, проектированию оптико-электронных и лазерных приборов, а также их использованию в современных оптических и лазерных технологиях, включая технологии обработки информации, получения новых материалов и источников излучения [11].

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники (БГУИР) готовит таких специалистов на профилизации «Программно-управляемые электронно-оптические системы» специальности «Электронные системы и технологии» факультета компьютерного проектирования [12].

Подготовка инженеров направлена на разработку, программирование, отладку и сопровождение сложных программно-управляемых электронно-оптических систем и комплексов, в состав которых входят системы оптического просеивания, системы автоматизации, а также электронно-оптические системы для повседневной жизни: волоконно-оптические линии связи, светодиодные системы и системы технического зрения, устройства на солнечных элементах, приборы ночного видения, лазерные устройства (прицелы и указки), цифровые видеокамеры и компьютерная техника. В обязательном порядке такие системы оснащаются микропроцессорными устройствами,

позволяющими гибко перестраивать архитектуру аппаратно-программного комплекса под потребности и условия использования [12].

Студенты обучаются:

1. Разрабатывать программное обеспечение для электронно-оптических систем и их электронных модулей:

- использовать основы алгоритмизации и программирования;
- программировать микроконтроллеры промышленного назначения;
- разрабатывать программное обеспечение систем управления изделий электронно-оптической техники и технологического оборудования.

2. Проектировать электронно-оптические системы и функциональные модули технологического оборудования:

- применять прикладные пакеты систем автоматизированного проектирования для создания электронных модулей и целевых механизмов технологических комплексов;
- проектировать электронно-оптические системы с применением современных конструкторских и схмотехнических решений;
- проектировать оптико-электронные модули, системы технического зрения, контроля и диагностики;
- работать в специализированной системе автоматизированного проектирования робототехнических устройств;
- применять схмотехнические методы для разработки и расчёта аналоговых и цифровых электронных устройств.

3. Решать задачи профессиональной деятельности:

- проектировать функциональные модули и исполнительные механизмы электронно-оптических систем и технологического оборудования;
- разрабатывать конструкторско-технологическую документацию;
- разрабатывать технологии производства программно-управляемых электронно-оптических систем;
- осуществлять выбор оптимальных методов электрофизической обработки и проектировать технологическое оборудование для их реализации.

Подготовка специалистов в Китае

В Китае специалисты такого профиля проходят обучение в следующих учебных заведениях [13]:

1. Пекинский технологический университет (специальность – «Оптоэлектроника»);

2. Даляньский технологический университет (специальность – «Оптико-информационная технология»);

3. Тяньцзиньский университет (Школа точного приборостроения и оптоэлектроники, Институт микроэлектроники);

4. Университет Тунцзи (Инженерный институт информации и электроники);

5. Хунаньский университет науки и технологии (Школа физики и электроники);

6. Цицикарский университет (специальность – «Связь и электронная техника»);

7. Чанчуньский политехнический университет (Школа электроники и информационно-инженерии);

8. Южно-китайский политехнический университет (специальность – «Оптоэлектроника»).

Все вышеперечисленные университеты предоставляют грантовые программы для обучения в бакалавриате. Продолжительность обучения – 4 года, уровень владения китайским языком должен быть подтверждён соответствующим сертификатом на уровне HSK-4 или HSK-5 (HSK (Hanyu Shuiping Kaoshi) – это международный квалификационный экзамен по китайскому языку) в зависимости от выбранного университета, стипендия – 2 500 юаней в месяц [13].

Большинство университетов, за исключением Тяньцзиньского и Чанчуньского, выделяют также гранты для обучения в магистратуре. Продолжительность обучения составляет 2–3 года, уровень китайского языка – HSK-5. Стипендия – 1250–3000 юаней в месяц [13].

Такие университеты, как Пекинский технологический, Даляньский технологический, Тунцзи и Хунаньский университет науки и технологии, позволяют пройти четырёхлетнее обучение в докторантуре при помощи грантов. Уровень языка должен быть подтверждён на уровне HSK-6. Стипендия – 1250–5000 юаней в месяц [13].

Практически во всех случаях гранты покрывают полную стоимость обучения и проживания.

Возможные перспективы сотрудничества

В области обучения специалистов в сфере оптоэлектроники сотрудничество Беларуси и Китая перспективно в нескольких направлениях:

1. Увеличение количества грантовых программ;
2. Рост числа студентов и преподавателей, посещающих университеты государства-партнёра по обмену и при прохождении стажировок;
3. Создание совместных учебных программ, факультетов или институтов;
4. Внедрение в программы обучения новых химических дисциплин или углублённое изучение уже имеющихся. Это поможет молодым специалистам правильно выбирать уже имеющиеся материалы оптоэлектроники с учётом их физико-химических свойств, а также самостоятельно модифицировать их с целью получения нужных параметров;
5. Привлечение учёных от разных направлений химии с целью создания вышеописанных учебных программ.

Список литературы

1. Анализ размера и доли рынка оптоэлектроники – тренды роста и прогнозы (2025–2030). [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.mordorintelligence.com/ru/industry-reports/optoelectronics-market>. – Дата доступа: 18.02.2026.
2. Кузнецов, Д. В. Оптоэлектроника: учебно-методическое пособие для подготовки к лабораторным и практическим занятиям / Д. В. Кузнецов, А. В. Сидоров. – Елец: Елецкий государственный университет им. И. А. Бунина, 2020. – 91 с.
3. Треничева, А. А. Основа современной оптоэлектроники и солнечной энергетики: фоточувствительные фотоприборы / А. А. Треничева, В. П. Бондина // НАУКА ONLINE. – 2018. – № 2 (3). – С. 69–79.
4. Katsuba, P. Stable electroluminescence of nanostructured silicon embedded into anodic alumina / P. Katsuba [et al.] // Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures. – 2009. – Т. 41. – № . 6. – С. 931–934.
5. Lazarouk, S. K. Spherical plasmoids formed upon the combustion and explosion of nanostructured hydrated silicon / S. K. Lazarouk [et al.] // JETP letters. – 2007. – Т. 84. – № . 11. – С. 581–584.
6. Lazarouk, S. Optical characterization of reverse biased porous silicon light emitting diode / S. Lazarouk [et al.] // Materials Science and Engineering: B. – 2000. – Т. 69. – С. 114–117.
7. Jaguiro, P. Si-based optoelectronic couple / P. Jaguiro [et al.] // Physica E: Low-Dimensional Systems and Nanostructures. – 2009. – Т. 41. – № . 6. – С. 1094–1096.
8. Jaguiro, P. Si-based emissive microdisplays / P. Jaguiro [et al.] // Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures. – 2009. – Т. 41. – № . 6. – С. 927–930.
9. Кафедра квантовой радиофизики и оптоэлектроники. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://rct.bsu.by/faculty/departments/qro>. – Дата доступа: 21.02.2026.
10. Кафедра физической оптики и прикладной информатики. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://physics.bsu.by/o-fakultete/kafedry/kafedra-fizicheskoi-optiki-i-prikladnoi-informatiki>. – Дата доступа: 21.02.2026.
11. Кафедра: Лазерная техника и технология. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://bntu.by/faculties/psf/psf-lit/specialnosti>. – Дата доступа: 21.02.2026.

12. Электронные системы и технологии. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.bsuir.by/ru/kaf-etit/elektronnye-sistemy-i-tekhnologii>. – Дата доступа: 21.02.2026.

13. Гранты на бесплатное обучение в Китае. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://asia-first.ru/bjut#!/tab/570330354-2>. – Дата доступа: 21.02.2026.

«БОЛЬШАЯ ИГРА» И СОВРЕМЕННОСТЬ

Хайруллин Гриф Тимурзагитович
доктор педагогических наук, профессор
Университет «Туран»,
г. Алматы, Казахстан

Аннотация. Рассмотрено содержание работы В.Мингалева и Г.Ситнянского, посвященной «Большой игре». В ней не выявлено доказательств, подтверждающих наличие постоянного и незаслуженно негативного отношения к России. Не всегда аргументированы выводы о враждебных действиях зарубежных стран. Указано немало фактов прямой помощи России со стороны других государств. Тезис о тысячелетнем противостоянии в рамках «Запад-Россия» не получает убедительного подтверждения.

Ключевые слова: «Большая игра», Россия, Запад, Британия, противостояние.

Под термином «Большая игра» (или «Война теней») принято понимать процесс геополитического соперничества между Британской и Российской империями за господство в Центральной Азии в начале XIX – начале XX веков. Выражение Great Game (Grand Game) впервые использовал британский офицер Артур Конолли в 1840 году. Британия была озабочена проблемой Индии, все предыдущие нашествия на неё осуществлялись со стороны Центральной Азии. Россия проявляла свою озабоченность усилением влияния Британии в Азии. Значительную роль играла идея о мессианском предназначении России [4]. Нарушение естественного хода развития многих колонизированных народов приводит к проблеме их дальнейшего существования в ранге отдельных наций. На процессе развития народа отражается и то обстоятельство, что границы жизнедеятельности покоренного народа определяются колониальными властями.

И Британская, и Российская империи, каждая по своему, оставили свои кровавые следы на земле тех регионов, до которых им удавалось дотянуться; не раз сталкивались их интересы. «Россия и Англия настолько географически далеки, что первые пятнадцать веков новой эры практически ничего не знали друг о друге. Казалось бы, две великие державы могли состоять если не в дружественных, то в нейтральных отношениях. Англия ни разу не вела полномасштабной войны против России сама, но тайная война между двумя

великими державами не прекращалась никогда. Почему Лондон всегда был так недружественен в отношении к России – царской, советской и демократической?» [3]. Здесь убеждают читателя, что именно Британия ответственна за недружественные отношения к «безгрешной» России, хотя эти страны и не знали друг друга. Подобный же подход имеет место и в работе Вадима Мингалёва и Георгия Ситнянского [1],[2].

Таким образом, определенная направленность трактовок тех или иных исторических событий предложен массовому читателю. Тезис «Россия никогда ни на кого не нападала, она всегда только защищалась» поддержан, как истина в последней инстанции. Однако факты говорят о том, что Московия – Россия «защищалась» чаще всего на чужих землях, одновременно увеличивая свою территорию. Не случайны же слова русского поэта: «Смирись, Кавказ, Ермолов идёт».

Описание взаимоотношений русских княжеств и России с западными странами авторы начали с похода Владимира Мономаха в Чехию в 1079 году. Поскольку Чехия не входила в состав русских княжеств, то военный поход против суверенной Чехии пришлось объяснять сверхъестественными способностями предвидения князя: «Мономах ещё тогда увидел потенциальную опасность «немецкого натиска на восток». И вступил за римского папу». Когда начался натиск Запада на Русь, «Руси пришлось его отражать»: разные русские княжества воевали с венграми и со шведами. Псковский князь (литовец по происхождению) Довмонт победил ливонских рыцарей и датчан. Конец натиску принесла битва при Грюнвальде (1410 г.), «где польско-литовское войско нанесло решительное поражение Тевтонскому ордену, после чего последний пришёл в упадок» [1]. Здесь нет оснований утверждать, что Запад выступает против Руси, что вооруженные силы единого русского государства добиваются постоянных побед в оборонных сражениях.

Напомним, что в тот период ещё не существовало утвержденных и признаваемых общих правил поведения на мировой арене, государственные образования стремились убедить друг – друга о своём могуществе. Конфликтов и войн между русскими княжествами было не меньше, чем войн против нерусских государств, союзы русских княжеств были разнонаправленными. Скажем, князь Александр Невский был союзником Золотой Орды, а Даниил Галицкий находился в союзнических отношениях с Западом против Орды. В то же время русские княжества «изнемогали под ордынским игом». Значит, ни о какой «Большой игре» в рамках «Запад-Россия» тогда не могло быть и речи.

Если деятельность государства длительное время зависит от одного и того же человека, то возникают случаи насильственного прекращения жизненного пути господаря. Подобные факты в истории Московии – России немедленно связываются с внешним воздействием, чаще всего британским. К примеру, ходили слухи об отравлении московского царя Ивана IV

(современниками называемого Ужасным, Лютым). Царя «вполне могли отравить англичане. Имеются сведения об отравлении Бориса Годунова. И тут тоже можно заподозрить «английский след». Елизавете, правда, не с руки было это сделать» [1]. Напомним, в 1587 году Борис Годунов вдвое уменьшил пошлины для английских купцов. Стало быть, не существует доказательств об участии англичан в указанных отравлениях (которых, быть может, и не было). Оказывается, можно просто заподозрить и предъявить конкретное обвинение.

При заключении мира между Россией и Швецией английский посол-посредник «действовал с похвальным хладнокровием и беспристрастием». Но со временем отношения испортились, поводом послужила казнь английского короля. Однако в период военных действий на территории Европы Россия имела постоянную поддержку Англии. Англия и Голландия не имели ничего против российского «окна в Европу». «Но дальнейшие действия Петра I – занятие Финляндии, Северной Германии, Дании – внушили Лондону опасения, ... и Англия переменяла фронт». Но уже к 1740-м гг. отношения между Россией и Британией наладились. В Семилетней войне Россия воевала только с Пруссией, во время Русско – турецкой войны Англия поддерживала Россию. Даже «поход эскадры Спиридова в Средиземное море и одна из самых славных побед русского флота – Чесменский бой – были бы невозможны без поддержки Англии» [1].

Позже отношения опять разладились, что в определенной степени было связано с восстанием английских колоний в Америке. Россия заключила союз с Францией, планировался совместный русско-французский поход в Индию, готовилась борьба за Мальту. В организации убийства Павла I «принял участие и английский посол», после чего были отменены «все эти амбициозные антианглийские планы». «Это окончательно похоронило планы превращения Мальты в неприступную базу для создания Российского Средиземноморского Военно-морского флота, который должен был бы решить свою главную задачу – освобождение Константинополя» [1]. Значит, создание российского флота на Средиземном море и завоевание Константинополя входило в российские планы. Это трудно объяснить с точки зрения миролюбивой внешней политики России.

Война с Наполеоном (1805–1807 гг.) была проиграна Россией, затем началась «странная» Англо – русская война 1807–1812 годов. При этом эскадра адмирала Д. Н. Сенявина, воевавшая с турками в Средиземном море, сдалась англичанам. «Британцы не присвоили себе русские суда, а лишь взяли их под арест и после нападения Наполеона на Россию – вернули». Наполеон взял Москву, но не добился победы, хотя и не считал себя побеждённым. В победе над Наполеоном решающую роль «сыграли две страны – Россия и Британия... До сих пор конфронтации между двумя державами носили периодический характер и подчинялись – как с той, так и с другой стороны – принципам «ни постоянных врагов,

ни постоянных друзей, только постоянные интересы». Теперь, после победы над Наполеоном, вчерашним союзникам неизбежно предстояло стать врагами, причём... всерьёз и надолго» [1]. Началась «Большая игра».

Ещё не раз отношения с Британией раз портились по вине российской стороны. Уже в XIX веке Россия сама ухудшила свои позиции, «умножая число своих врагов (и союзников Британии) ошибками во внутренней и внешней... политике. Эти ошибки накапливались постепенно в течение ста лет и в конце концов проявились». В 1831–1832 гг. Россия «поддерживает прямым военным вмешательством греческих консерваторов против либералов, за которыми стоят Британия и Франция», выступает как враг «нового, более прогрессивного строя в противовес самодержавию и крепостничеству. Есть основания полагать, что пресловутая «ненависть Европы к России» берет начало именно оттуда». Затем Россия испортила отношения с Францией: в 1830 году произошла революция в Париже, «и только польское восстание удержало тогда царизм от интервенции. Все это и некоторые внешнеполитические шаги изрядно попортили имидж России и облегчили Британии враждебные действия против неё» [2].

В 40-е гг. XIX века возник новый очаг конфронтации в Средней Азии и Афганистане. Действия России и Турции против западноевропейских стран, акции российского императора против Франции привели «к совместному выступлению Британии и Франции в Крымской войне, на которую Лондон едва ли решился бы в одиночку... одним из толчков к Крымской войне послужил отказ Британии от предложения Николая I разделить Османскую империю: Россия должна была забрать Балканы и Малую Азию, а Британия – Египет и Крит» [2]. Российский самодержец считал вполне естественным насильственное разрушение чужих государств и присоединение их земель к территории России.

Поражение в Крымской войне подтвердила отсталость России и необходимость реформ. Однако начатые реформы не были завершены, партнерство с Францией сменилось на прогерманскую ориентацию. Отношения с Британией ухудшились, «из-за экспансии России в Среднюю Азию. В России раздавались голоса, призывавшие не идти дальше Ташкента и Семиречья (что, кстати, примерно совпадает с естественными евразийскими границами России), но возобладали точка зрения, России нужна вся Средняя Азия» [2]. Город Ташкент – столица Узбекистана и Семиречье – внутренняя область Казахстана отнесены здесь к «естественным» российским границам.

Британия опасалась выхода России к подступам Индии и в 1869 году британская делегация, прибывшая в Петербург, предложила прекратить продвижение обеих сторон в Азии. Однако Россия не согласилась и продолжала свою экспансию: был завоеван Туркменистан и подчинено Хивинское ханство. Готовящаяся военная реформа в России затормозилась из-за кончины генерала Скобелева М. Д. (1882 г.). И опять «не исключено, что к его смерти приложила

руку и Британия. Доказательств нет, но...его войска в 1878 г. чуть не взяли Константинополь, а в 1881 г. заняли Центральную Туркмению».

В «Большую игру» вовлекались все новые территории. В 1891–1895 гг. завершилось расширение владений России в Средней Азии – был присоединён Памир, что опять-таки привело к конфликту с Афганистаном, поддерживаемым Британией. После Японо-китайской войны, Россия, поддержанная Францией и Германией, вынудила Японию отказаться от Ляодунского полуострова, который позже присвоила себе. По бритао-японскому союзу 1902 г. Япония получила материальную помощь от Британии и США. Без неё Япония «едва ли решилась бы на войну с Россией. Однако главная причина поражения России в войне с Японией, как представляется, - внутривластическая» [2]. Как известно, ни Александр III, ни Николай II не поддерживали реформы.

В августе 1907 года было подписано Англо-русское соглашение, завершившее создание Антанты. Поэтому следовало развернуть пропаганду, что Британия теперь является союзником России. «Конечно, западные союзники (особенно британцы) не всегда вели себя по отношению к России должным образом», однако «не только Запад в этом виноват; непредсказуемая внешняя политика царизма не могла не внушать недоверия» [2]. Происходило экономическое «привязывание» России к Германии: доля германских государств в российском импорте заметно выросла, а доля Британии упала.

Реформы так и не были проведены, ибо «нечему нам у этого гнилого Запада учиться»; победу над Наполеоном приписали «православию, самодержавию, народности», крепостному праву и т.д. Итогом стали «несколько проигранных войн, кризис и крах царизма, революция». Таким образом, Россия проигрывала войны, однако рассчитывала на расширение своей территории по итогам Первой мировой войны. «Россия должна была получить как минимум всю Польшу до границ 1772 г., возможно, и Восточную Пруссию, значительную часть Турции, Северный Иран...Так или иначе, Галичину предполагалось аннексировать и поделить между Россией и автономной Польшей» [2].

В 1917 г. была признана независимость Польши с условием заключения военного союза с Россией. «Есть основания думать, что подобная участь ждала бы и многие другие территории за пределами естественных евразийских границ страны (Россия, Украина, Белоруссия, Казахстан, Семиречье), как бывшие в составе Империи до 1914 г., так и вновь присоединённые». Значит, российская власть могла бы и «согласиться» с существованием других суверенных государств за пределами «естественных границ», при условии их привязки к России путем военных договоров.

Революции 1917 года в России не могли способствовать налаживанию отношений с Британией. «И вновь, к сожалению, Россия, как и сто лет назад, сама ухудшила свои позиции в этой конфронтации, умножая число своих врагов»,

теперь уже пугалом служил курс на «мировую революцию»... Россию в эти годы мало кто воспринимал всерьёз. Интервенция была затеяна скорее с целью помешать немцам использовать ресурсы России» [2]. С 1919 года интервенты начали уходить из России; Вашингтонская международная конференция (1921–1922 гг.) фактически заставили Японию покинуть российский Дальний Восток.

Первая в мире социалистическая страна неустанно проявляла свое далеко не мирное поведение. За весьма непродолжительное время СССР успел повоевать с Польшей, с Финляндией, участвовать в очередном разделе Польши, присоединить страны Прибалтики и решать задачи увеличения своей территории. Началось сближение с Германией, позже ставшее полномасштабным военным сотрудничеством. Однако после прихода Гитлера к власти в Германии чрезвычайно острым стал вопрос обеспечения коллективной безопасности. СССР и Британия пытались добиться договоренностей с фашистской Германией, но в конце концов оказались в состоянии войны с ней.

США оказали неоценимую помощь СССР и Британии по ленд-лизу. «Есть серьёзные основания считать, что продовольственное обеспечение четырёхлетней войны было бы невозможно без американских поставок» [2]. СССР получал оружие, боеприпасы, технику, продовольствие, медикаменты и стратегическое сырьё (алюминий, порох и т.п.). Например, 57,8% потребностей СССР в авиационном бензине обеспечивали США. И. В. Сталин отмечал: «Самые важные вещи в этой войне – машины. Соединённые Штаты доказали, что могут производить от восьми тысяч до десяти тысяч самолётов в месяц. Россия может производить, самое большее, три тысячи самолётов в месяц. Англия производит три-три с половиной тысяч в месяц, в основном тяжёлые бомбардировщики. Таким образом, Соединённые Штаты – это страна машин. Без этих машин, поставлявшихся по ленд-лизу, мы бы проиграли эту войну». Великобритания также оказала масштабную военную и экономическую помощь Советскому Союзу. В 1941–1945 годы Британия отправила в СССР около четырёх миллионов тонн грузов (бронетехника, авиация, промышленное оборудование, медикаменты, продовольствие).

Однако подобные союзнические отношения продержались недолго: уже в 1946–1947 годы происходил поворот к конфронтации. В 1947 году был утверждён план помощи европейским странам для послевоенного восстановления («План Маршалла»). «СССР заставил подконтрольные ему страны Восточной Европы отказаться от «Плана Маршалла»... В конечном счёте попытки установления коммунистических режимов в других, кроме занятых Советской армией, странах Европы окончились неудачей» [2]. Под давлением США и Британии СССР был вынужден вывести свои войска из северного Ирана и отказаться от своих планов «получить базы в Проливах и некоторые территории, прилегающие к сухопутной советско-турецкой границе».

Окончательный переход СССР к холодной войне против бывших союзников закрепил постановление ЦК ВКП (б) об обществе «Знание» (1949 г.), теперь следовало изображать США не союзником, а врагом.

В мире нарастала угроза атомной войны, были созданы НАТО, позже – Организация Варшавского договора и иные союзы. В 1949 году в США «был утверждён план нанесения ядерного удара по территории СССР... причина – нападение СССР или его союзников. Можно спорить, имели ли США и их союзники основания бояться таких событий, но они, несомненно, боялись» [2].

После смерти И. В. Сталина в СССР и прекращения «Охоты на ведьм» в США появилась надежда на налаживание отношений между крупными державами. Но вскоре в руководстве СССР победили «ястребы», среди них выдвинулся Н. С. Хрущев. «СССР предпринял ещё одну, вероятно, самую масштабную диверсию в самом «подбрюшье» США – на Кубе». В 1962 году на территорию Кубы были введены более полусотни тысяч советских солдат и ракеты с ядерными боеголовками. Возник так называемый Карибский кризис, разрешение которого потребовало политической мудрости с обеих сторон. «В конечном счёте из этой затеи ничего не вышло, и ракеты с Кубы пришлось убирать... Карибский кризис ознаменовал собой окончание самого напряженного и опасного этапа холодной войны. Однако противоборство двух сверхдержав продолжилось. Карибский кризис, поставивший мир на грань термоядерной войны, показал опасность бряцания ядерным оружием», был подписан договор о запрещении ядерных испытаний (1963 г.) [2].

После отстранения Н. С. Хрущева от власти (1964 год) была выработана «доктрина Брежнева», предусматривающая военное вмешательство во внутренние дела стран Варшавского договора для сохранения партийных руководителей, угодных Москве. «Это означало фактический отказ от борьбы за «мировой коммунизм» и сосредоточение на удержании того, что есть. Хотя в дальнейшем СССР включал в свою сферу влияния некоторые новые страны..., но о глобальных планах речи больше не было» [2].

Вскоре появилась возможность практического применения «доктрины Брежнева». В январе 1968 года был избран новый партийный руководитель в Чехословакии. В стране был развернут процесс демократизации внутренней жизни: ослабление цензуры, создание различных партий, реабилитация жертв политических репрессий и т.д. – началась так называемая Пражская весна. Возник план федерализации страны путём создания союзных республик Чехии и Словакии. Это «было ошибкой, предопределяющей распад Чехословакии четверть века спустя, как распались организованные по тому же принципу СССР и Югославия. А вот Румыния, где Н. Чаушеску как раз в эти же годы упразднил венгерскую автономию, сохранилась» [2]. Стало быть, любое многонациональное государство обречено на распад, если в нем будут допущены

демократические послабления. Условие сохранения полиэтнического государства усматривается лишь в реализации требования «Не пущать!». По мнению авторов, требуется не улучшение условий жизни и подлинная реализация принципа равенства народов, а подавление национальных устремлений.

Советское руководство, напуганное перспективой выхода Чехословакии из сферы московского влияния, в августе 1968 года ввело войска на территорию суверенной страны «и Пражская весна была подавлена... СССР предотвратил весьма гипотетический выход Чехословакии из Варшавского договора, но реально геополитически потерял больше».

Подобные действия СССР имели место и за пределами «соцлагеря» ещё до Пражской весны: долгое противостояние во Вьетнаме, периоды поддержки арабских стран (Египет, Ирак, Сирия), африканских стран (Ангола и Мозамбик), азиатской Индонезии и т. д. Начались трения с Китаем, пик конфликта проявился в вооружённых столкновениях вокруг острова Даманский и у озера Жаланашколь (1969 год). «Советско-китайский конфликт способствовал сближению КНР и США: Китай начал видеть в СССР страну, более угрожающую и опасную, чем Америка... Китай сконцентрировал усилия на подготовке к отражению атаки с севера, а во внешней политике занялся поиском союзников. И союзником, естественно, стали США» [2].

Во время китайско-индийского конфликта (1959–1962 гг.) СССР поддерживал Китай, что негативно отразилось в отношениях с Индией. Лишь через двадцать лет удалось наладить эти отношения: СССР использовал возможности своей космической разведки в пользу Индии во время Третьей индо-пакистанской войны. Это способствовало установлению союзнических отношений между Индией и СССР.

Однако внутренние экономические проблемы СССР так и не были решены. Хлебо-сеющая и хлебо-экспортирующая страна импортировала зерно из других стран, оплачивая этот импорт золотом, нефтью и газом. И. В. Сталину удавалось поддерживать «нормальные деловые отношения с Западом: все технологии, без которых чудеса индустриализации были бы невозможны, СССР продавали без особых проблем. Но с началом холодной войны этот источник постепенно иссякал. Сталин ещё мог позволить себе высказывания вроде «Торговать ресурсами – торговать Родиной!». Его преемники – чем дальше, тем меньше» [2]. Экономика СССР всё более превращалась в сырьевую. Цены повышались, нефть и газ становились основной частью экспорта СССР: к середине 1980-х гг. более половины экспорта СССР уже составляли нефть и газ.

В то же время к 1970-м гг. в мире сложилась биполярная система, состоящая из Западного (во главе с США) и Восточного (во главе с СССР) блоков. Достигнутый уровень стратегического равновесия блоков, гарантирующий взаимное уничтожение, вынуждал искать пути разрядки. В 1972 году между

СССР и США был подписан первый договор об ограничении стратегических вооружений, началась реализация космической программы «Союз-Аполлон», в 1975 году подписаны Хельсинкские соглашения.

Однако события в Афганистане привели к свертыванию процесса разрядки. В 1978 году произошла революционная смена власти в Афганистане, но вскоре начались конфликты между группами победителей. «И тут на сцену выступили США. Есть серьёзные основания считать, что это они устроили СССР «афганский капкан», чтобы втянуть его в войну» [2]. Напуганное безосновательными слухами о возможном введении войск США в Афганистан, руководство СССР направило советских солдат в эту страну. Подразумевалось, что военные силы СССР лишат власти действующего президента суверенной страны в пользу другого «подходящего» человека. «Капкан сработал», советские солдаты воевали в Афганистане с 25 декабря 1979 г. до 15 февраля 1989 г.

Это обстоятельство и то, что в Европе были размещены советские ракеты, привели к международной изоляции СССР. «СССР уже сдавал экономические и даже военные позиции: к 1982 г. из семнадцати позиций в сфере стратегических технологий СССР уступал США по десяти, шёл вровень с США по пяти и опережал только по двум (создание обычных боеголовок и силовых установок). Отставание в космосе началось ещё во второй половине 1960-х гг... К тому же начались экономические реформы в союзном теперь США Китае, что создавало угрозу появления сильного врага на Дальнем Востоке. Неудивительно, что и во внешней политике СССР постепенно шёл на уступки» [2].

После распада СССР новая Россия стала участницей конфликта в Приднестровье, войны в Абхазии, а также чеченских войн. Россия аннексировала часть территории Грузии, Молдовы, Украины. В XXI веке Россия уже воевала с Грузией, участвовала в военных операциях в Сирии, вступила в затяжную войну с Украиной, в ходе которой четыре украинские области были внесены в Конституцию России как её составные части [5]. Всё это вызывает не только настороженное отношение других государств, но и опасения за целостность их территории. Это вынудило некоторые государства отказаться от нейтралитета и искать защиты у НАТО, увеличить расходы на оборону и т. п. Поэтому теряет смысл вопрос о настроенности Запада против миролюбивой России.

В заключение сформулируем некоторые выводы.

1. Внешняя политика русских княжеств была разнонаправленной, тезис о тысячелетнем противостоянии «Запад – Россия» представляется искусственным образованием для оправдания управленческих ошибок предводителей. Этой же цели служит и утверждение о том, что Россия напрямую управляется Богом.

2. В истории Британии и России существует немало кровавых завоевательных походов. Ни Запад, ни Россия-СССР-РФ не служат образцами постоянного миролюбия.

3. Предводители России всегда стремились к увеличению собственной территории за счет других государств. Вопрос стоял лишь в том, не повлечёт ли территориальных потерь захват этой земли на данный момент (К примеру, «Присоединим Галичину- потеряем всю Украину»).

4. Не подтверждается тезис о постоянном противоборстве «Запад – Россия». Внешняя политика Британии и России определялась, прежде всего, собственными интересами, противоречия нередко возникали по вине российской стороны. России не раз оказывалась помощь, в том числе и бескорыстная (преодоление массового голода, материальная поддержка СССР в войне против нацистской Германии и т.п.).

5. Отставание от Запада ощущалось в России при разных формах государственного устройства (удельные княжества, империя с самодержавием и крепостничеством, коммунистический режим, федерация с вертикалью власти). «Импортный» всегда означало высшее качество, недоступное России. В то же время нет никаких данных о неполноценности российского народа (за исключением утверждения некоего чиновника о том, что российский народ имеет одну лишнюю хромосому).

6. В современном мире большинство государств является многонациональным, что не может служить признаком их неустойчивости. Развитие государства напрямую связано с развитием демократических начал и реализацией принципа равноправия всех народов.

7. Проявление агрессивных намерений, мания величия и вседозволенности у государственных деятелей не могут быть оправданы сложившимися обстоятельствами. Причина подобных проявлений кроется в неполном восприятии идеи осознанной взаимозависимости (Олжас Сулейменов), в неосознании чрезвычайной хрупкости бытия человечества в рамках ограниченного пространства небольшой планеты.

Литература

1. Мингалёв Вадим, Ситнянский Георгий. *Запад против Руси – России. Часть 1. XI век-1815 год //Аргументы недели. – № 9(109). – 11 марта 2026 года.*

2. Мингалёв Вадим, Ситнянский Георгий. *Запад против России: тысячелетняя история //Аргументы недели. – №№ 10, 11, 12, 19, 20. - 2026 год.*

3. Широкопад А. Б. Англия. Ни войны, ни мира. – М.: Вече, 2011. – 416 с.

4. [Электронный ресурс] ru.wikipedia.org/wiki/Большая_игра.

5. [Электронный ресурс] google.com/search?q=Военные+действия+новой+России.

DOI 10.34660/INF.2026.16.86.178

УДК 75.02

ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ДЕКОРАТИВНОГО ПАННО С ЦВЕТАМИ

Макушина Мария Дмитриевна

магистрант

Сухарев Андрей Иванович

кандидат педагогических наук, профессор, декан

Омский государственный педагогический университет

В статье рассматривается технология создания декоративного живописного панно с изображением цветов. Описаны технология изготовления панно, используемые материалы.

Ключевые слова: панно, декоративное панно, смешанная техника, материалы, технология изготовления, акриловая живопись.

The article discusses the technology of creating a decorative painting panel with flowers. The technology of making the panel and the materials used are described.

Keywords: panel, decorative panel, mixed technique, materials, manufacturing technology, acrylic painting.

С незапамятных времен человек проявляет стремление к украшению своего окружения. От наскальных рисунков первобытных людей, фресок эпохи Возрождения и по сегодняшний день, визуальное искусство неизменно служило средством придания пространству большей выразительности. В современных условиях, когда возможности декорирования практически не ограничены, декоративное панно приобретает особое значение в дизайне интерьера. Данный элемент обладает потенциалом преобразить даже самое скромное помещение, придав ему индивидуальность и глубину (Рис. 1).

У слова «панно» есть несколько значений. Панно (от латинского *pannus* – «кусок ткани») является декоративным элементом для украшения участков стены или потолка (Рис. 2). Может создаваться для определенного места

в интерьере, фасада здания или сооружения, обычно представляя из себя декоративный акцент на стенах, потолке или полу [1].

Декоративное панно – это авторское дизайнерское решение, живописное произведение, выполненное с использованием одной или нескольких техник (Рис. 3). Несмотря на смену моды в дизайне интерьера, потребность в украшении жилого пространства сохраняется, и панно выступает одним из способов выделить ключевую деталь или подчеркнуть общий стиль помещения [2].

Есть ряд ключевых приемов, позволяющих достичь декоративности с сохранением композиционной целостности в оформлении панно. В них входит:

- создание стилизованной декоративной композиции, при которой ключевые элементы или детали могут быть акцентированы через размещение, цвет, размер, соединение нескольких мотивов по принципу аппликации или плавного перехода от одного образа к другому;
- гармоничное распределение частей композиции на основе с учетом их формы, пропорций, размера изображения и принципов членения;
- ритмическая организация и взаимосвязь изобразительных акцентов на плоскости;
- применение техники оверлеппинга, заключающейся в частичном совпадении или перекрытии одной формы другой;
- использование фактур и пластики применяемых материалов, выразительности живописного мазка;
- выбор формата для передачи задуманного эффекта;
- сочетание разных техник для большей декоративности и выразительности художественного объекта [7].

Одну из техник создания декоративного панно рассмотрим на примере работы «Желтый пион». Для основы панно был выбран квадратный холст на подрамнике небольшого размера, так как такое панно достаточно мобильно, его можно разместить в любом месте интерьера. Также на такой основе можно работать практически любыми материалами.

При подборе колорита будущего панно следует учитывать цель, с которой данное панно создается: акцентная деталь, привлекающая к себе внимание, закрытие изъяна в интерьере и т.д. (Рис. 4). Для данного панно были выбраны фиолетово-розовые и желто-оранжевые цвета, поскольку оно будет размещаться в женской спальне и выполнять роль декоративного элемента.

Для данного панно была выбрана смешанная техника, сочетающая в себе декупаж, скрапбукинг и акриловую живопись. Холст был покрашен фиолетово-розовым цветом. Были подобраны различные декоративные элементы: салфетки, цветная бумага с различными узорами, декоративный скотч, газетные вырезки, упаковки из крафтовой бумаги, декоративные марки и миниатюрные рамочки. Также использовалась текстурная паста

для создания объемных элементов. Подобранные материалы наклеиваются на высохший после окрашивания холст. Все элементы подобраны под заранее выбранный колорит.

Основной частью данного панно является цветок, выполненный акриловой живописью. Были сделаны зарисовки с натуры и варианты стилизации цветков. В ходе работы мы пришли к выводу, что лучше не использовать колосовидные цветы, поскольку они теряются на фоне и их тяжелее стилизовать. Решено было использовать только крупные цветы. Конечным выбором стал желтый пион, расположенный по центру панно. Стилизация была в упрощении формы и использования желто-оранжевых оттенков для всего цветка, включая листья и стебель. В завершении стилизованный цветок был изображен по центру декоративного панно акриловыми красками (Рис. 5).

Итоговая работа представляет собой декоративное панно квадратной формы в фиолетово-розовых и оранжево-желтых цветах. На закрашенный фон приклеены декоративные элементы в виде салфеток, кусочков крафтовой и цветной бумаги фиолетовых, розовых и белых цветов, вырезки из газет, скотч, марки и миниатюрные рамочки. Добавлены объемные элементы в виде текстурной пасты и металлических заклепок. По центру панно размещены стилизованный цветок пиона, выполненный в оранжево-желтых цветах акриловой живописью.



Рис. 1. Панно в стиле Барокко [4].



Рис. 2. С. Карлов, А. Клементьев, глубокий рельеф, панно для интерьера банка, Саяногорск 2008 г. [3].



Рис. 3. Панно из папье маше [5].



Рис. 4. Сет и четырех панно с разными фактурами в интерьере [6].



Рис. 5. Декоративное панно “Желтый Пион”. Авторская работа.

Литература

1. Декоративные панно в интерьере: виды и приемы // *bonhomedesign.ru* [Электронный ресурс]. – URL: <https://bonhomedesign.ru/kapremont/dekorativnye-panno-v-interere-vidy-i-priemy>
2. Декоративное панно в смешанной технике // *scienceforum.ru* [Электронный ресурс]. – URL: <https://scienceforum.ru/2021/article/2018023965>
3. Карлов С. Монументальная мозаика // *www.sergey-karlov.ru* [Электронный ресурс]. – URL: http://www.sergey-karlov.ru/monumentalnaja_mozaiika.html
4. Панно в стиле барокко // *livemaster.ru* [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.livemaster.ru/item/46982618-kartiny-i-panno-panno-v-stile-barokko?ysclid=mhtdyntxw745253256>
5. Панно. Интерьерное современное панно. Панно из папье маше // *livemaster.ru* [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.livemaster.by/item/56870238-kartiny-i-panno-panno-interernoe-sovremennoe-panno-panno-iz-p>
6. Панно: сет из четырех панно с разными фактурами в интерьер // *livemaster.ru* [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.livemaster.ru/item/55341080-kartiny-i-panno-panno-set-iz-chetyreh-panno-s-raznymi-faktura?ysclid=mq8mtyoyr1415541588>
7. Характеристика техник и приемов, используемых художниками в создании декоративного панно // *elibrary.ru* [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29333353>

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

ЗАМЕТКИ

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

Научное издание

Научный диалог: теория и практика

Материалы международного научного форума
(г. Москва, Форум 2 июля 2026 г.)

Научный редактор Д.Р. Хисматуллин
Корректор А.И. Николаева

Подписано в печать 02.07.2026 г. Формат 60х84/16.
Усл. печ.л. 10,75. Тираж 500 экз.

Отпечатано в редакционно-издательском центре
издательства Инфинити

