

УДК 681.3

DOI: [10.26102/2310-6018/2025.48.1.035](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2025.48.1.035)

Структурное моделирование при управлении распределением ресурсного обеспечения в региональной организационной системе с использованием средств интеллектуализации принятия решений

А.В. Ломаков✉

Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, Российская Федерация

Резюме. В работе осуществлена структуризация на модельном уровне региональной организационной системы и управления ею при использовании результатов многолетней статистической информации для интеллектуальной поддержки принятия решений. Первая структурная модель позволяет оценить характер взаимодействия управляющего центра и компонентов организационной системы по используемым массивам информации статистического учета. Трансфер данных в форме временных рядов осуществляется по группам населения и территориальным образованиям региона. Структурная модель интеллектуальной поддержки принятия решений управляющим центром является составляющей структуры системы управления распределением ресурсного обеспечения. Для ее эффективного использования в качестве основы интеграции результатов предиктивного анализа в процессе принятия управленческих решений на основе оптимизационного моделирования предложено реализовать подсистемы двухуровневой интеллектуализации. Разработана алгоритмическая схема, обеспечивающая двухуровневую интеллектуализацию при принятии управленческих решений, объединяющая модули визуального и предиктивного анализа для последующего использования результатов машинного обучения прогностических моделей в экспертном оценивании и оптимизационном моделировании.

Ключевые слова: региональная организационная система, управление, статистический учет, предиктивный анализ, прогнозирование, оптимизация.

Для цитирования: Ломаков А.В. Структурное моделирование при управлении распределением ресурсного обеспечения в региональной организационной системе с использованием средств интеллектуализации принятия решений. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2025;13(1). <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1835> DOI: 10.26102/2310-6018/2025.48.1.035

Structural modeling in resource allocation management in a regional organizational system using decision-making intellectualization tools

A.V. Lomakov✉

Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh, the Russian Federation

Abstract. The paper presents the structuring of the regional organizational system and its management at the model level using the results of long-term statistical information for intelligent decision support. The first structural model allows us to assess the nature of the interaction between the control center and the components of the organizational system based on the used arrays of statistical accounting information. Population groups and territorial entities of the region carry out data transfer in the form of time series. The structural model of intelligent decision support by the control center is a component of the structure of the resource distribution management system. For its effective use as a basis for integrating the results of predictive analysis in the process of making management decisions based on optimization modeling, it is proposed to implement two-level intellectualization subsystems. An

algorithmic scheme has been developed that provides two-level intellectualization in making management decisions, combining visual and predictive analysis modules for the subsequent use of the results of machine learning of predictive models in expert assessment and optimization modeling.

Keywords: regional organizational system, management, statistical accounting, predictive analysis, forecasting, optimization.

For citation: Lomakov A.V. Structural modeling in resource allocation management in a regional organizational system using decision-making intellectualization tools. *Modeling, optimization and information technology*. 2025;13(1). (In Russ.). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1835> DOI: 10.26102/2310-6018/2025.48.1.035

Введение

Целый ряд управленческих решений в региональных организационных системах принимается управляющим центром с использованием данных ежегодного статистического учета. Именно статистический учет [1] играет важную роль в управлении региональными системами здравоохранения, образования, социального обеспечения, поскольку позволяет осуществлять анализ многолетней статистической информации, необходимой для экспертного прогнозирования эффективности управленческих действий [2]. При формализованном описании процесса управления в региональных организационных системах многолетняя статистическая информация представляется временными рядами значений показателей эффективности и объемов ресурсного обеспечения, зафиксированных в ежегодных отчетных документах [3]. Исходная информация, представленная временными рядами, дает возможность перейти к следующим этапам формализованного описания; моделированию [4] и оптимизации [5]. Эффективное объединение перечисленных этапов при принятии управленческих решений достигается применением средств интеллектуализации [6]. При этом машинное обучение становится инструментом более полного и детализированного анализа указанных временных рядов – предиктивного анализа [7]. Результаты предиктивного анализа обеспечивают повышение эффективности в региональной организационной системе за счет трансформации путем экспертного оценивания в принятии решений на основе оптимизационного моделирования [8].

Объединение перечисленных средств интеллектуализации следует ориентировать на особенности функционирования региональных организационных систем. В этом случае базой для формализации процесса управления является структурное моделирование [9], которое позволяет охарактеризовать компоненты системы и взаимодействие между ними с позиций механизмов управления [10].

Поэтому целью исследования является разработка структурных моделей, позволяющих определить место и роль средств интеллектуализации принятия решений при управлении распределением ресурсного обеспечения на основе результатов предиктивного анализа многолетней статистической информации.

Для достижения поставленной цели необходимо решить задачи, направленные на формирование следующих структурных моделей:

- взаимодействие управляющего центра и компонентов региональной организационной системы;
- интеллектуализация управления распределением ресурсного обеспечения в региональной организационной системе;
- единой алгоритмической схемы двухуровневой интеллектуализации при принятии управленческих решений.

Структурная модель взаимодействия управляющего центра и компонентов региональной организационной системы

Показатели, фиксируемые в рамках ежегодного статистического учета, представляют собой две группы: показатели, характеризующие эффективность деятельности органов управления, и показатели, косвенно определяющие объемы использованного ресурсного обеспечения. Так, в региональной организационной системе здравоохранения к первой группе относятся показатели заболеваемости населения, а ко второй в случае, если рассматривается деятельность, связанная с диспансеризацией населения, – количество лиц, находящихся на диспансерном учете. Затрачиваемое ресурсное обеспечение пропорционально объему диспансерного учета.

Одной из особенностей региональных организационных систем является привязка перечисленных выше показателей, с одной стороны, к группам населения, объединенным по определенному признаку (в системе регионального здравоохранения к нозологическим группам заболеваемости), а с другой – к территориально распределенным субрегиональным образованиям (территориальным образованиям).

Введены следующие обозначения, необходимые для формирования структурной модели, характеризующей связи управляющего центра с распределением ресурсного обеспечения и показателями эффективности управления:

- $n = \overline{1, N}$ – нумерационное множество групп населения региона;
- $d = \overline{1, D}$ – нумерационное множество территориальных образований;
- $j = \overline{1, J}$ – нумерационное множество показателей эффективности деятельности;
- y_j – значения показателей эффективности;
- R – значения объемов определенного вида деятельности, характеризующие уровень ресурсного обеспечения;
- $y_j^\circ, j = \overline{1, J}$ – требования управляющего центра к показателям эффективности;
- R° – плановый объем деятельности, характеризующий уровень ресурсного обеспечения и устанавливаемый управляющим центром;
- $t_1 = \overline{1, T_1}$ – временные (календарные) периоды фиксации данных статистического учета;
- $t = \overline{T_1 + 1, T_1 + T}$ – временные периоды горизонта планирования (прогнозирования) объемов деятельности, характеризующие уровень ресурсного обеспечения;
- $y_j(t_1), y_j(t)$ – временные ряды значений показателей соответственно для периодов $t_1 = \overline{1, T_1}, t = \overline{T_1 + 1, T_1 + T}$;
- $R(t_1), R(t)$ – временные ряды объемов деятельности соответственно для периодов $t_1 = \overline{1, T_1}, t = \overline{T_1 + 1, T_1 + T}$.

Структурная модель отражает действия управляющего центра:

- по определению требований $y_j^\circ, j = \overline{1, J}$ и планового объема R° ;
- по организации и использованию результатов статистического учета для групп населения и территориальных образований.

Схема структурной модели приведена на Рисунке 1.

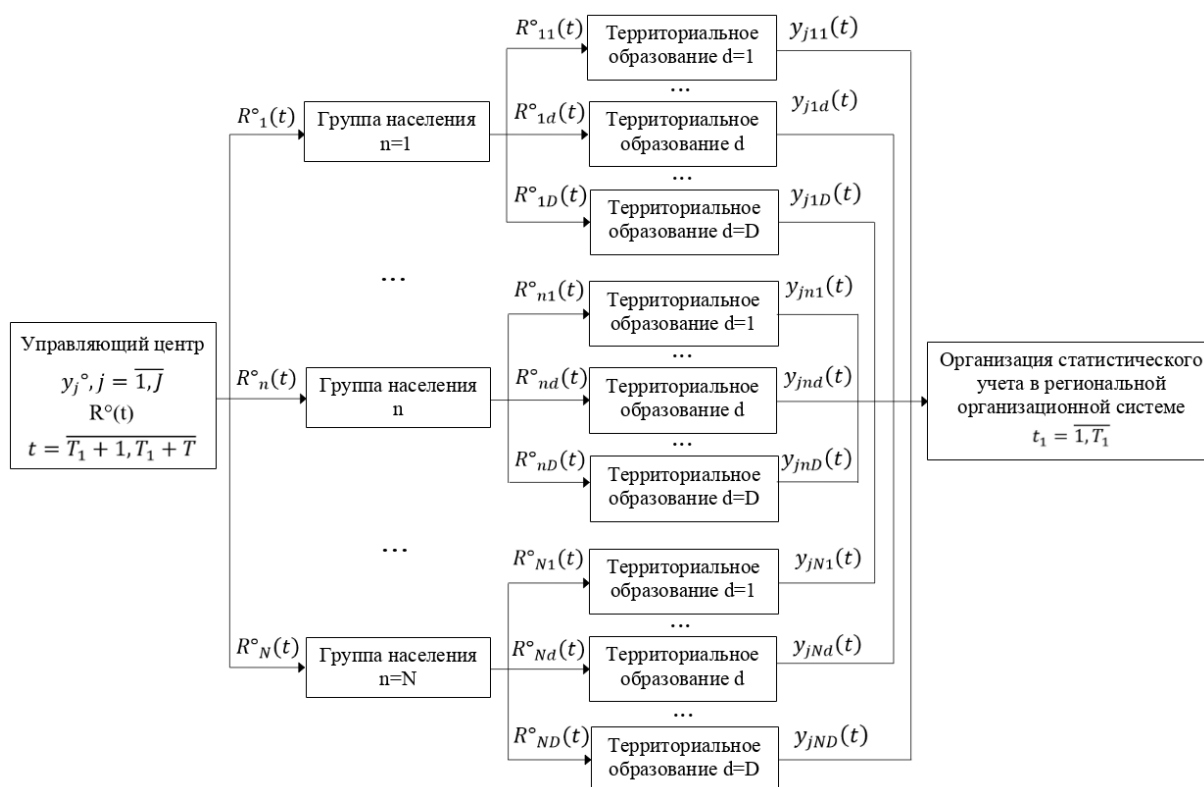


Рисунок 1 – Структурная модель взаимодействия управляющего центра с компонентами региональной организационной системы при управлении распределением ресурсного обеспечения

Figure 1 – Structural model of interaction between the control center and the components of the regional organizational system in managing the distribution of resource provision

Структурная модель интеллектуализации управления распределением ресурсного обеспечения

Структурная модель управления распределением ресурсного обеспечения базируется на двухуровневой интеллектуализации поддержки принятия решений:

- использование методов искусственного интеллекта для получения результатов предиктивной аналитики путем формирования прогностических моделей $\Delta R(t)$, $\Delta y_j(t)$, $j = \overline{1, J}$, $Y(t)$, $t = \overline{T_1 + 1, T_1 + T}$;

- интеграция результатов предиктивной аналитики в процесс принятия управленческих решений с использованием интеллектуальной оптимизации.

Структурная модель двухуровневой интеллектуализации приведена на Рисунке 2.



Рисунок 2 – Структурная модель интеллектуализации управления распределением ресурсного обеспечения в региональной организационной системе на основе многолетней статистической информации

Figure 2 – Structural model of intellectualization of resource distribution management in a regional organizational system based on long-term statistical information

Структурная модель единой алгоритмической схемы реализации двухуровневой интеллектуализации при принятии управленческих решений

Рассмотрим процесс формирования результатов предиктивного анализа для их использования при принятии управленческих решений в региональной организационной системе как многоэтапную алгоритмическую процедуру, объединяющую визуальное моделирование и моделирование на основе машинного обучения с целью последующей оптимизации.

Исходная информация, основанная на данных многолетнего статистического учета, структурируется в массивы значений показателей эффективности и объемов ресурсного обеспечения, детализованных по группам населения, территориальным образованиям и временным периодам в соответствии с Рисунком 1.

Для управляющего центра важны преобразованные массивы данных:

– нормированные на определенное количество населения значения показателей эффективности

$$\begin{aligned}
 y_j(t), j = \overline{1, J}, t = \overline{1, T_1}, \\
 y_{jn}(t), j = \overline{1, J}, n = \overline{1, N}, t = \overline{1, T_1}, \\
 y_{jnd}(t), j = \overline{1, J}, n = \overline{1, N}, d = \overline{1, D}, t = \overline{1, T_1},
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

– нормированные на определенное количество населения значения дополнительного ресурсного обеспечения

$$\begin{aligned}
 \Delta R(t), t = \overline{1, T_1}, \\
 \Delta R_n(t), n = \overline{1, N}, t = \overline{1, T_1}, \\
 \Delta R_{nd}(t), n = \overline{1, N}, d = \overline{1, D}, t = \overline{1, T_1},
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

– значения интегрального эффекта от использования дополнительного ресурсного обеспечения

$$Y(t) = F(\Delta R(t), \Delta y_j(t)), t = \overline{1, T_1},$$

$$Y_n(t) = F_n(\Delta R_n(t), \Delta y_{jn}(t)), n = \overline{1, N}, t = \overline{1, T_1}, \quad (3)$$

$$Y_{nd}(t) = F_{nd}(\Delta R_{nd}(t), \Delta y_{jnd}(t)), n = \overline{1, N}, d = \overline{1, D}, t = \overline{1, T_1},$$

где одним из вариантов функции F может служить отношение величины улучшения показателей эффективности к величине дополнительного ресурсного обеспечения

$$F\left(\frac{\Delta y_j(t)}{\Delta R(t)}\right), j = \overline{1, J},$$

$$F_n\left(\frac{\Delta y_{jn}(t)}{\Delta R_n(t)}\right), n = \overline{1, N}, j = \overline{1, J}, \quad (4)$$

$$F_{nd}\left(\frac{\Delta y_{jnd}(t)}{\Delta R_{nd}(t)}\right), n = \overline{1, N}, d = \overline{1, D}, j = \overline{1, J}.$$

Все массивы данных (1)–(3) представляют собой временные ряды, графические представления которых позволяют сформировать экспертные мнения об особенностях динамики на основе наглядно-образных механизмов интуиции. Поэтому предлагается включить в алгоритмическую схему возможность использования предварительного визуального моделирования для последующего предиктивного анализа, включающего прогностическое моделирование временных рядов (1)–(3) с учетом вычисления функции интегрального эффекта на основе преобразований (4).

Визуальное моделирование включает в себя ряд сравнительных оценок экспертов управляющего центра региональной организационной системы:

- тенденций изменений $\Delta y_{jn}(t)$ для разных групп населения $n = \overline{1, N}$ и разных показателей $j = \overline{1, J}$ за временные периоды $t = \overline{1, T_1}$;
- темпов изменения (интенсивности) $\Delta y_j(t), \Delta y_{jn}(t), \Delta y_{jnd}(t)$;
- адекватности изменения дополнительного ресурсного обеспечения $\Delta R(t), \Delta R_n(t), \Delta R_{nd}(t)$ для улучшения значения показателей $\Delta y_j(t), \Delta y_{jn}(t), \Delta y_{jnd}(t)$.

Эти результаты являются основой для экспертного обоснования одного из массивов (2), соответствующих $n = n_1, d = d_1$ в качестве тестовой выборки, в которой отражаются характерные тенденции изменений $\Delta y_{jn_1}(t)$, темпы этих изменений $\Delta y_{jn_1}(t), \Delta y_{jn_1d_1}(t)$, приемлемая степень адекватности изменений $\Delta R_{n_1}(t), \Delta R_{n_1d_1}(t)$ и $\Delta y_{jn_1}(t), \Delta y_{jn_1d_1}(t)$.

Прогностическое моделирование на основе предиктивного анализа направлено на формирование ансамбля предобученных моделей с использованием тестовой выборки. Для этого осуществляется машинное обучение разных классов моделей для прогнозирования временных рядов (1), (2) на временные периоды $t = \overline{T_1 + 1, T_1 + T}$: функциональных, нейросетевых, на основе деревьев решений. Обученные модели сравниваются по точности прогнозирования. В результате получаем ансамбль моделей, наилучших по точности для каждого j -го показателя, n_1 -й группы населения, d_1 -го территориального образования региональной организационной системы. С целью перехода к использованию результатов предиктивного анализа при принятии управленческих решений на основе оптимизационного моделирования осуществляется дообучение моделей, полученных с использованием тестовой выборки для всех групп населения и территориальных образований.

Важную роль для оптимизации распределения дополнительного ресурсного обеспечения между временными периодами $t = \overline{T_1 + 1}, \overline{T_1 + T}$ играют модели интегрального эффекта, обученные на основе массивов (3) и преобразований (4). В этом случае предлагается проводить сравнительный анализ разных классов моделей, обученных на основе (3):

$$Y(t) = F(\Delta R(t), t), t = \overline{T_1 + 1}, \overline{T_1 + T}$$

с моделями, в которых выборка для обучения формируется на основе вычисления (4) по прогностическим моделям на стадии предиктивного анализа.

Структурная модель единой алгоритмической схемы реализации двухуровневой интеллектуализации приведена на Рисунке 3.

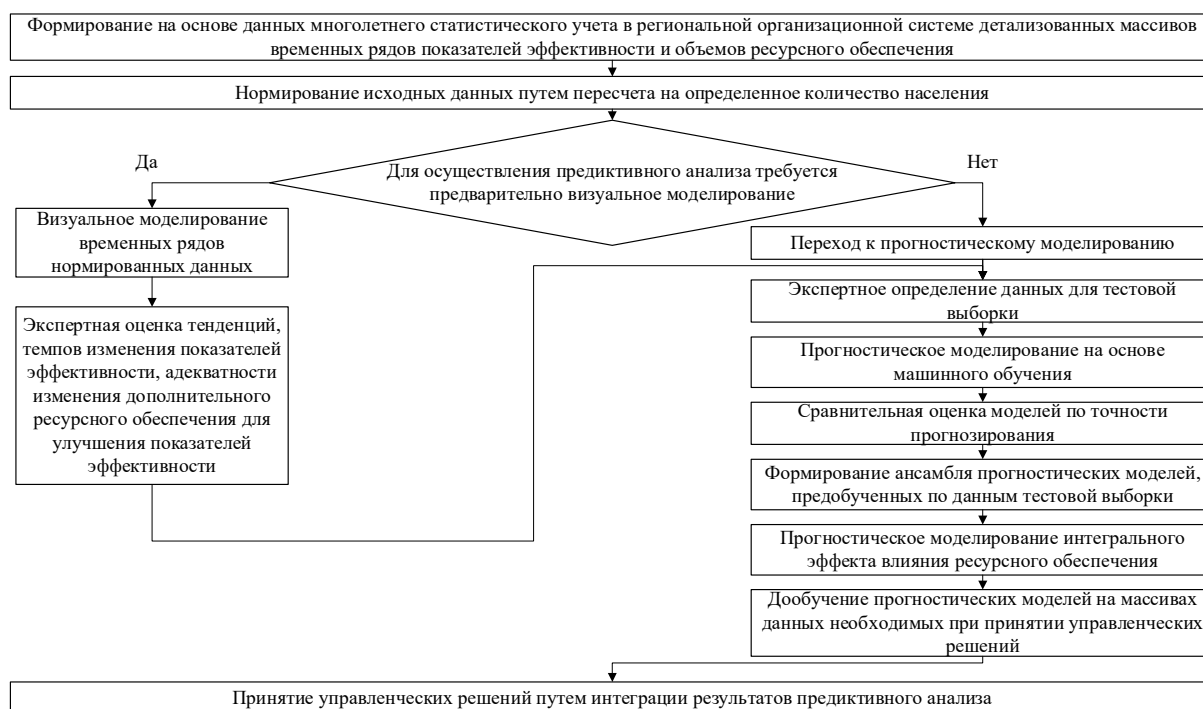


Рисунок 3 – Структура объединенной алгоритмической схемы визуального моделирования и моделирования на основе машинного обучения

Figure 3 – Structure of the combined algorithmic scheme of visual modeling and modeling based on machine learning

Заключение

Базовой основой интеллектуализации принятия решений при управлении распределением ресурсного обеспечения в региональной организационной системе на основе интеграции результатов предиктивного анализа и оптимизации являются структурные модели как самой организационной системы, так и процесса интеллектуальной поддержки экспертов управляющего центра.

Структурная модель региональной организационной системы отражает действие управляющего центра на основе анализа многолетней статистической информации по определению требований к показателям эффективности и объектам ресурсного обеспечения и их трансформации для групп населения и территориальных образований региона.

Для организации эффективного процесса принятия решений целесообразным является отражение в структурной модели управления распределением ресурсного

обеспечения региональной организационной системы процедур двухуровневой интеллектуализации при формировании результатов предиктивного анализа и их использование при оптимизационном моделировании.

В структурной модели реализации двухуровневой интеллектуализации при принятии управленческих решений следует определять основные модули единой алгоритмической схемы и связи между ними, позволяющие на основе результатов визуального анализа и построения ансамблевых предобученных прогностических моделей с использованием тестовой выборки сформировать результаты предиктивного анализа, которые ориентированы на повышение эффективности процесса управления в региональной организационной системе.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Мамаев А.Н., Кудлай Д.А. *Статистические методы в медицине*. Москва: Практическая медицина; 2021. 136 с.
2. Лобкова Е.В., Петриченко А.С. Управление эффективностью региональной системы здравоохранения. *Региональная экономика: теория и практика*. 2018;16(2):274–295. <https://doi.org/10.24891/re.16.2.274>
Lobkova E.V., Petrichenko A.S. Managing the Effectiveness of the Regional Health System. *Regional Economics: Theory and Practice*. 2018;16(2):274–295. (In Russ.). <https://doi.org/10.24891/re.16.2.274>
3. Львович Я.Е., Львович И.Я., Чопоров О.Н. и др. *Оптимизация цифрового управления в организационных системах*. Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга»; 2021. 191 с.
4. Львович И.Я. *Принятие решений на основе оптимизационных моделей и экспертной информации*. Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга»; 2023. 232 с.
5. Гусев П.Ю., Ломаков А.В., Львович Я.Е. Оптимизация управления ресурсным обеспечением в региональной организационной системе на основе предиктивного анализа многолетней статистической информации. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2024;12(4). <https://doi.org/10.26102/2310-6018/2024.47.4.007>
Gusev P.Yu., Lomakov A.V., Lvovich Ya.E. Optimization of resource management in a regional organizational system based on predictive analysis of long-term statistical information. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2024;12(4). (In Russ.). <https://doi.org/10.26102/2310-6018/2024.47.4.007>
6. Донской В.И. Интеллектуальная оптимизация на основе машинного обучения: современное состояние и перспективы (обзор). *Таврический вестник информатики и математики*. 2020;(1):32–63.
Donskoy V.I. Intelligent Optimization Based on Machine Learning: State of Art and Perspectives (A Survey). *Taurida Journal of Computer Science Theory and Mathematics*. 2020;(1):32–63. (In Russ.).
7. Kelleher J.D., Mac Namee B., D’Arcy A. *Fundamentals of Machine Learning for Predictive Data Analytics: Algorithms, Worked Examples, and Case Studies*. The MIT Press; 2020. 856 p.
8. Львович Я.Е. *Многоальтернативная оптимизация: теория и приложения*. Воронеж: Издательство «Кварта»; 2006. 415 с.
9. Новосельцев В.И. *Системный анализ: современные концепции*. Воронеж: Издательский дом «Кварта»; 2003. 359 с.

10. Бурков В.Н., Кузнецов Н.А., Новиков Д.А. Механизмы управления в сетевых структурах. *Автоматика и телемеханика*. 2002;(12):96–115.
Burkov V.N., Novikov N.A., Kuznetsov D.A. Control Mechanisms in Network Structures. *Automation and Remote Control*. 2002;63(12):1947–1965.
<https://doi.org/10.1023/A:1021695432453>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ломаков Андрей Владимирович, аспирант, **Andrew V. Lomakov**, Postgraduate, Voronezh
Воронежский институт высоких технологий, Institute of High Technologies, Voronezh, the
Воронеж, Российская Федерация. Russian Federation.
e-mail: lomakov97@mail.ru

*Статья поступила в редакцию 27.02.2025; одобрена после рецензирования 18.03.2025;
принята к публикации 20.03.2025.*

*The article was submitted 27.02.2025; approved after reviewing 18.03.2025;
accepted for publication 20.03.2025.*