Оригинальная статья / Original article

УДК 004.896

https://doi.org/10.21869/2223-1560-2025-29-1-27-39

CC BY 4.0

Проблемы искусственного интеллекта в строительстве

С.М. Чекардовский [1], И.А. Чекардовская [1], А.П. Бурцев [2] ✉

[1] Тюменский индустриальный университет
ул. Мельникайте, д. 70, г. Тюмень 625027, Российская Федерация

[2] Юго-Западный государственный университет
ул. 50 лет Октября, д. 94, г. Курск 305040, Российская Федерация

✉ e-mail: ap_burtsev@mail.ru

Резюме

Цель исследования. *В исследовании представлены ключевые аспекты внедрения и использования искусственного интеллекта (ИИ) в строительной отрасли. Обсуждаются вызовы, с которыми сталкиваются строители при внедрении ИИ, такие как высокая стоимость оборудования и необходимость переподготовки кадров. Также рассматриваются преимущества ИИ, включая повышение эффективности проектирования, снижение издержек и улучшение контроля над строительными процессами. Особое внимание уделяется применению ИИ в мониторинге строительных объектов, прогнозировании рисков, автоматизации типовых операций и использовании автономной техники. Статья подчеркивает, что несмотря на существующие проблемы, ИИ представляет собой мощный инструмент для трансформации строительной индустрии, способный значительно улучшить качество и скорость строительства.*

Методы. *В исследовании применены методы статистического и сравнительного анализов, метод «золотого квадрата» в условиях цифровизации СК, ориентированного на управление сложными ситуациями.*

Результаты. *Разработан классификатор угроз и рисков для СК в условиях сложных ситуаций с точки зрения устойчивого развития искусственного интеллекта в строительной отрасли.*

Заключение. *Искусственный интеллект в строительстве открывает новые горизонты для повышения эффективности и оптимизации процессов. От BIM-технологий до автономных роботов и дронов, ИИ становится неотъемлемой частью современной строительной индустрии. Однако, несмотря на все преимущества, существуют и вызовы, такие как высокая стоимость оборудования и необходимость переподготовки кадров. Тем не менее, потенциал ИИ в строительстве огромен, и его внедрение обещает значительные улучшения в качестве, скорости и безопасности строительных работ. В работе приведен обзор проблем СК в современных условиях. Представлен анализ применения метода «золотого квадрата» в условиях цифровизации СК, ориентированного на управление сложными ситуациями. Разработан классификатор угроз и рисков для СК в условиях сложных ситуаций с точки зрения устойчивого развития.*

Ключевые слова: *строительная отрасль; искусственный интеллект; внедрение; затраты; эффективность; строительный процесс; мониторинг; автоматизация; трансформация.*

© С.М. Чекардовский, И.А. Чекардовская, А.П. Бурцев, 2025

Конфликт интересов: *Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.*

Для цитирования: Чекардовский С.М., Чекардовская И.А., Бурцев А.П. Проблемы искусственного интеллекта в строительстве // Известия Юго-Западного государственного университета. 2025; 29(1): 27-39. https://doi.org/ 10.21869/2223-1560-2025-29-1-27-39.

Поступила в редакцию 16.01.2025 *Подписана в печать 04.02.2025* *Опубликована 14.04.2025*

Problems of artificial intelligence in construction

Sergey M. Chekardovsky [1], Irina A. Chekardovskaya [1], Alexey P. Burtsev [2] ✉

[1] Tyumen Industrial University
70, Melnikaite str., Tyumen 625027, Russian Federation

[2] Southwest State University
50 Let Oktyabrya str. 94, Kursk 305040, Russian Federation

✉ e-mail: ap_burtsev@mail.ru

Abstract

Purpose*. The study presents the key aspects of the introduction and use of artificial intelligence (AI) in the construction industry. The challenges faced by builders when implementing AI, such as the high cost of equipment and the need for retraining, are discussed. The advantages of AI are also considered, including improving design efficiency, reducing costs and improving control over construction processes. Special attention is paid to the use of AI in monitoring construction sites, risk forecasting, automation of typical operations and the use of autonomous technology. The article emphasizes that despite the existing problems, it is a powerful tool for the transformation of the construction industry, which can significantly improve the quality and speed of construction.*

Methods. *The research uses methods of statistical and comparative analysis, the «golden square» method in the context of digitalization of the IC, focused on managing complex situations.*

Results. *A classifier of threats and risks for IC in difficult situations has been developed from the point of view of the sustainable development of artificial intelligence in the construction industry.*

Conclusion. *Artificial intelligence in construction opens up new horizons for improving efficiency and optimizing processes. From BIM technologies to autonomous robots and drones, and is becoming an integral part of the modern construction industry. However, despite all the advantages, there are also challenges, such as the high cost of equipment and the need for retraining. Nevertheless, the potential in construction is huge, and its implementation promises significant improvements in the quality, speed and safety of construction work. The paper provides an overview of the problems of IC in modern conditions. The analysis of the application of the "golden square" method in the context of digitalization of the IC, focused on managing complex situations, is presented. A classifier of threats and risks for the UK in difficult situations from the point of view of sustainable development has been developed.*

Keywords: *construction industry; artificial intelligence; implementation; costs; efficiency; construction process; monitoring; automation; transformation.*

Conflict of interest: *The Authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.*

For citation: Chekardovsky S. M., Chekardovskaya I. A., Burtsev A. P. Problems of artificial intelligence in construction. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*. 2025; 29(1): 27-39 (In Russ.). https://doi.org/ 10.21869/2223-1560-2025-29-1-27-39.

Received 16.01.2025 *Accepted 04.02.2025* *Published 14.04.2025*

***

Введение

Если рассматривать искусственный интеллект как развивающуюся систему с обязательным многоуровневым процессом, можно предположить успешность в достижении целей в строительстве. Предположительно через 120 лет все рабочие места будут автоматизированы. Звучит как фантастика, если выполнять основную из задач – повышение уровня строительства и людей, которые в нем работают [1, 2].

Директор Института Искусственного Интеллекта Леонид Жуков утверждает, что уровень предприятия в этом случае должен быть высоко технологичным. Нехватка специалистов в этой области только подстегивает спрос, который вырос на 74% за 2016 - 2019 годы на образовательные услуги.

Данное обстоятельство совершенно по-новому ставит вопрос о национальной безопасности, и более явно прослеживается акцент на элементы войны: политической, экономической информационной. При этом рассматривается сознание человека и его мировоззрение как инструменты военных действий.

Нейросеть ChatGPT4 (март 2023 года) поражает воображение своей недосягаемостью. Способность общения, многоязычный перевод, создание кодов и т.д. не умоляет того обстоятельства что это происходит во время специальной военной операции и остро ставит вопрос о международной безопасности. В области разработки новых технологий искусственный интеллект уже сейчас меняет общую среду, укрепляя технологическое преимущество в условиях войны: политической, экономической, военной и информационной. На сознание человека и его мировоззрение – это может действовать как поражающий фактор.

Трудно не заметить эйфорию от разработанных и уже внедренных в производство экспертных систем, программных средств, интеллектуального анализа (нейронные сети). Но проблема заключается в том, что, охватывая большие массивы данных, эти средства не обладают моделями поведения и планирования.

Увеличение эффективности производственных процессов на основе применения цифровых технологий сегодня становится первостепенной задачей на производстве и рассматривается в условиях четвертой промышленной революции как основное условие для нефтегазовой отрасли. В этом случае предлагается решение следующих задач (рис. 1).

Продвижение науки и искусства в сторону бурного развития отражает современную жизнь. Даже само понятие искусственного интеллекта рождает новое ощущение живого, но пока опасного творения человека.

Мир знаков расширяет информационное поле, эволюционируя все же приходит к человеческому мозгу. Скорость эволюции и развитие информационного мира не пугает только некомпетентных

людей и может предопределить для человечества не лучший исход.

Материалы и методы

Цифровизация выбрана государством как одно из приоритетных направлений развития отраслей и предприятий с учетом эффективности цифровой трансформации.

В результате применения общенаучных методов на предприятиях нефтегазовой отрасли (анализ, синтез, конкретизация, экспертные оценки, метод «Золотой квадрат») доказана их эффективность для применения в строительстве [1-15].

В предложенном методе «Золотой квадрат» по решению задач управления промышленным предприятием в условиях цифровой трансформации был предусмотрен способ исключения угроз и рисков для устойчивого развития промышленного предприятия.

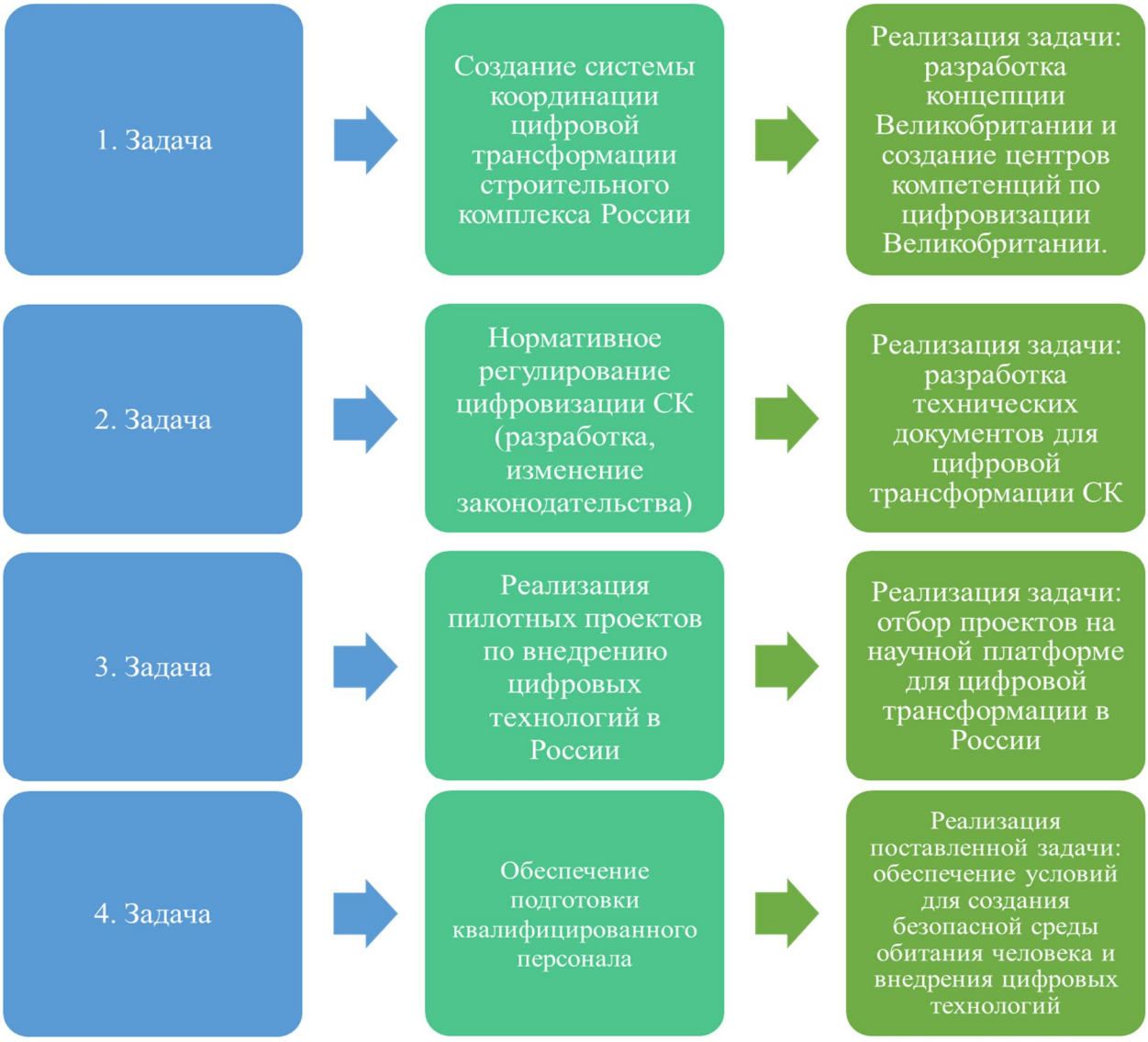

Рис. 1. Решение необходимых задач

Fig. 1. Solving the necessary tasks

Этот метод позволит в дальнейшем объективно рассматривать процесс ситуационного управления строительным комплексом (СК) и адаптировать разработанный инструментарий в соответствии с выявленными особенностями бизнес-процессов.

Задачи:

1. Описание проблем СК в современных условиях.

2. Анализ применения метода «золотого квадрата» в условиях цифровизации СК, ориентированного на управление сложными ситуациями.

3. Разработка классификатора угроз и рисков для СК в условиях сложных ситуаций с точки зрения устойчивого развития (табл. 1).

Строительный комплекс, реализуя стратегию цифровизации, еще не вполне соответствует уровню цифровой зрелости. Как выяснил автор статьи, главной проблемой цифровой трансформации остается не понимание того, что сама по себе стратегия не может обеспечить устойчивость строительной компании на перспективу [2-11].

Таблица 1. Кризисный классификатор угроз в строительстве [2]

Table 1. Crisis classifier of threats in construction [2]

Признак / Sign	Угроза / Threat	Описание угрозы / Description of threat	Человеческий фактор / Human factor	
Источник возникновения угрозы	Внешние	Гибкость закона в области цифровых технологий, кибератаки	Обслуживание системы	Нарушитель
	Внутренние	Ошибки, злоупотребления, раскрытие конфиденциальной информации, низкое качество работы	Современное оборудование	Старое оборудование
Природа возникновения угрозы	Объективные	Трудные климатические условия, истощение ресурсов, тупиковые варианты развития (незрелые цифровые технологии)	Неправильные решения	Правильные решения (не выполнимые из-за климатических условий)
	Субъективные	Искажение, кража информации, изменение компетенций персонала и увеличение ошибок	Отсутствие профессиональных умений в области цифровых технолгий	Высокие профессиональные навыки в области цифровых технологий
	Смешанные	Значительный объём информационного мусора	Отсутствие возможности моментального реагирования на способность системы порождать информационный поток	Способность системы порождать информационный мусор

Окончание табл. 1 / Ending of table 1

Признак / Sign	Угроза / Threat	Описание угрозы / Description of threat	Человеческий фактор / Human factor	
Время воздействия	Краткосрочные	Аварийные случаи	Продления времени аварийной ситации. Сокращение времени на ликвидацию аварии	Продление времени аварийной ситуации
	Среднесрочные	Не соответствие планового и фактического строительства	Различные виды не соответствий строительства	Задачи разрушения системы
	Долгосрочные	Финансовые потери от безграмотной эксплуатации цифровых технологий	Различные задачи финансистов и обслуживающего персонала системы	Задачи разрушения системы

И вероятнее всего необходимо понимание происходящего технологического и цифрового процессов, а таких специалистов на предприятии, к сожалению, не так много. Стандартизация и унификация контроля и диагностики в строительстве с использованием риск-ориентированного подхода может решать ряд проблем фальсификации экспертиз промышленной безопасности.

Результаты и их обсуждение

Для решения системных проблем по причине износа фондов оборудования, отсутствия средств на разработку методов и средств диагностирования, отсутствия своевременных предложений по планированию и реализации эффективных мероприятий ставят в ряд приоритетных комплексную программу развития единого информационного пространства для строительного комплекса. Например, по данным ГазТехЭксперт, ежегодный эффект в России от внедрения программы «Индустрия 4.0» в 2025 году может составить до 4,1 трлн. руб. На рис. 2 с поправкой на долю ВВП России показан расчетный эффект в общем ВВП развивающихся стран[1].

Стремление человека научится управлять хаотическими системами идет от внутреннего желания управлять своими познавательными возможностями. С позиции методологического сознания и обретения методологического знания исследователь формирует собственное сознание. И оно у каждого человека индивидуально и субъективно. В основном обработка научных методов осуществляется на основе личного, группового и исторического опыта.

Различие между методологическим сознанием и методологией науки еще раз доказывает не только логичность в рассуждениях, но и стихийность и неосозна-

[1] Трофимов С. В. Методы ситуационного управления промышленным предприятием: дис. ... канд. экон. наук. М., 2012. 143 с.

ваемость процессов (интуитивный уровень). Объективное представление в структуре связей методологии науки лишь отдаленно согласуются с какой-либо теоретической системой. И сами структуры научного познания ученые (Макиенко М.А., Черниговская Т.В.). связывают с общими моделями культурологического освоения реальности.

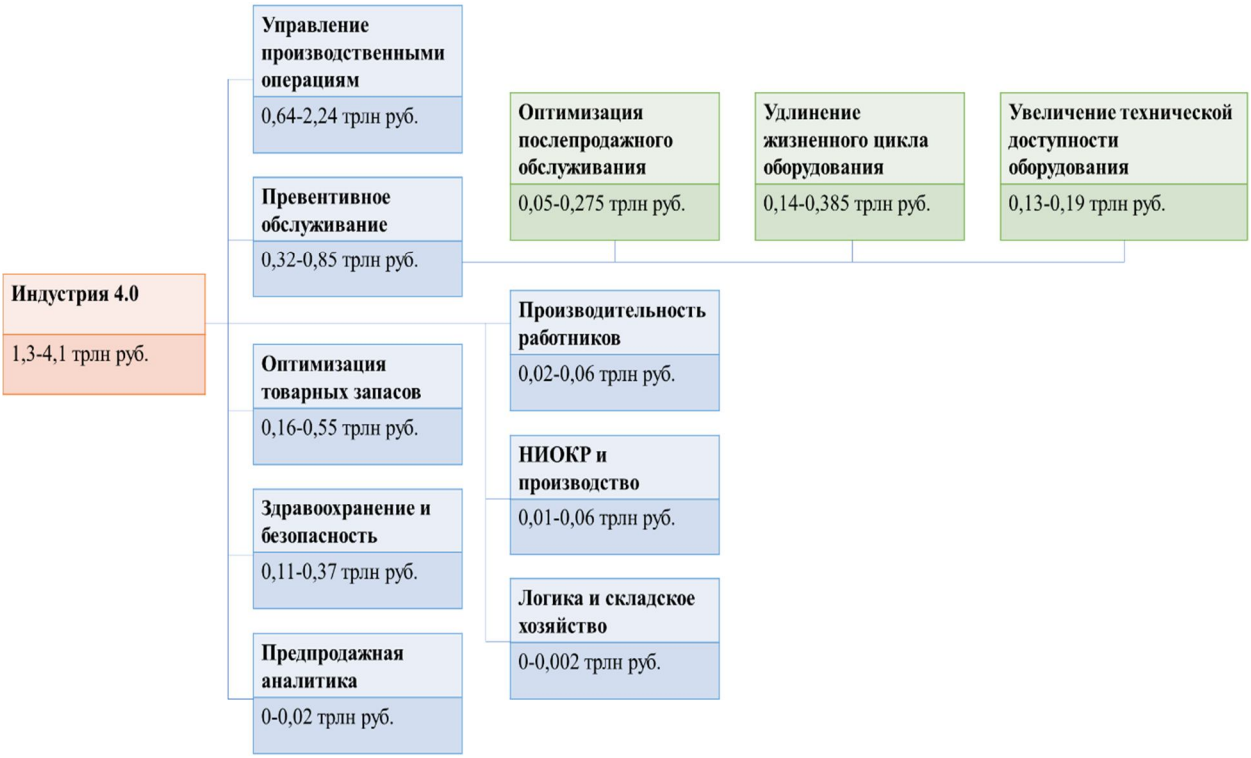

Рис. 2. Ежегодный эффект от внедрения программы «Индустрия 4.0»

Fig. 2. The annual effect of the implementation of the «Industry 4.0»

Погружение в современные проблемы науки сознания и методологии науки лишь может сориентировать познавательную деятельность в направлении научности. Ум (интеллект) как категория относительная в разные периоды человечества существует лишь до того периода, пока существуют разработанные критериальные оценки. Смена периода влечет за собой новый взгляд на происходящее и новую критериальную оценку. Внутри метода «Золотой квадрат» заложена категория «чувствительности», которая реагирует на изменение условий внешней среды, что делает ее более приоритетной по сравнению с другими (для различных периодов). Используем для этого принцип «золотого сечения» отрезка и «золотого прямоугольника»[1] для построения «Золотого квадрата» (рис. 3) с делением сторон по принципу «золотого сечения».

[1] Чекардовская И. А. Оценка эффективности организации технического обслуживания и ремонта оборудования компрессорных станций: дис. ... канд. техн. наук. Тюмень, 2009. 140 с.

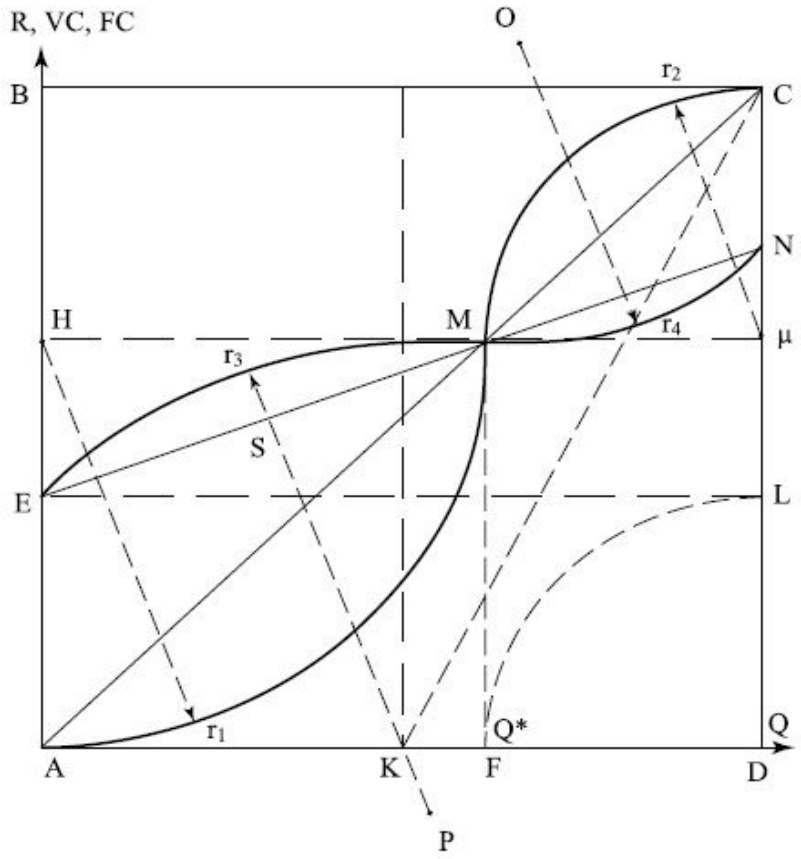

Рис. 3. Графическое определение экономических показателей эффективности организации производства

Fig. 3. Graphical definition of economic indicators of the efficiency of the organization of production

Блок-схема для построения «Золотого квадрата» ABCD с делением сторон по принципу «золотого сечения» и «золотого прямоугольника» представлена на рис. 4.

Достижение максимальной эффективности целевого функционирования всех систем и отраслей народного хозяйства предположительно должно обеспечивать и максимальное достижение целей процессов и целеустремленных систем. Но по сегодняшний день максимальное развитие системы по результатам критериальной оценки далеко от идеальной [1].

Выводы

Искусственный интеллект в строительстве открывает новые горизонты для повышения эффективности и оптимизации процессов. От BIM-технологий до автономных роботов и дронов, ИИ становится неотъемлемой частью современной строительной индустрии. Однако, несмотря на все преимущества, существуют и вызовы, такие как высокая стоимость оборудования и необходимость переподготовки кадров. Тем не менее, потенциал ИИ в строительстве огромен, и его внедрение обещает значительные улучшения в качестве, скорости и безопасности строительных работ.

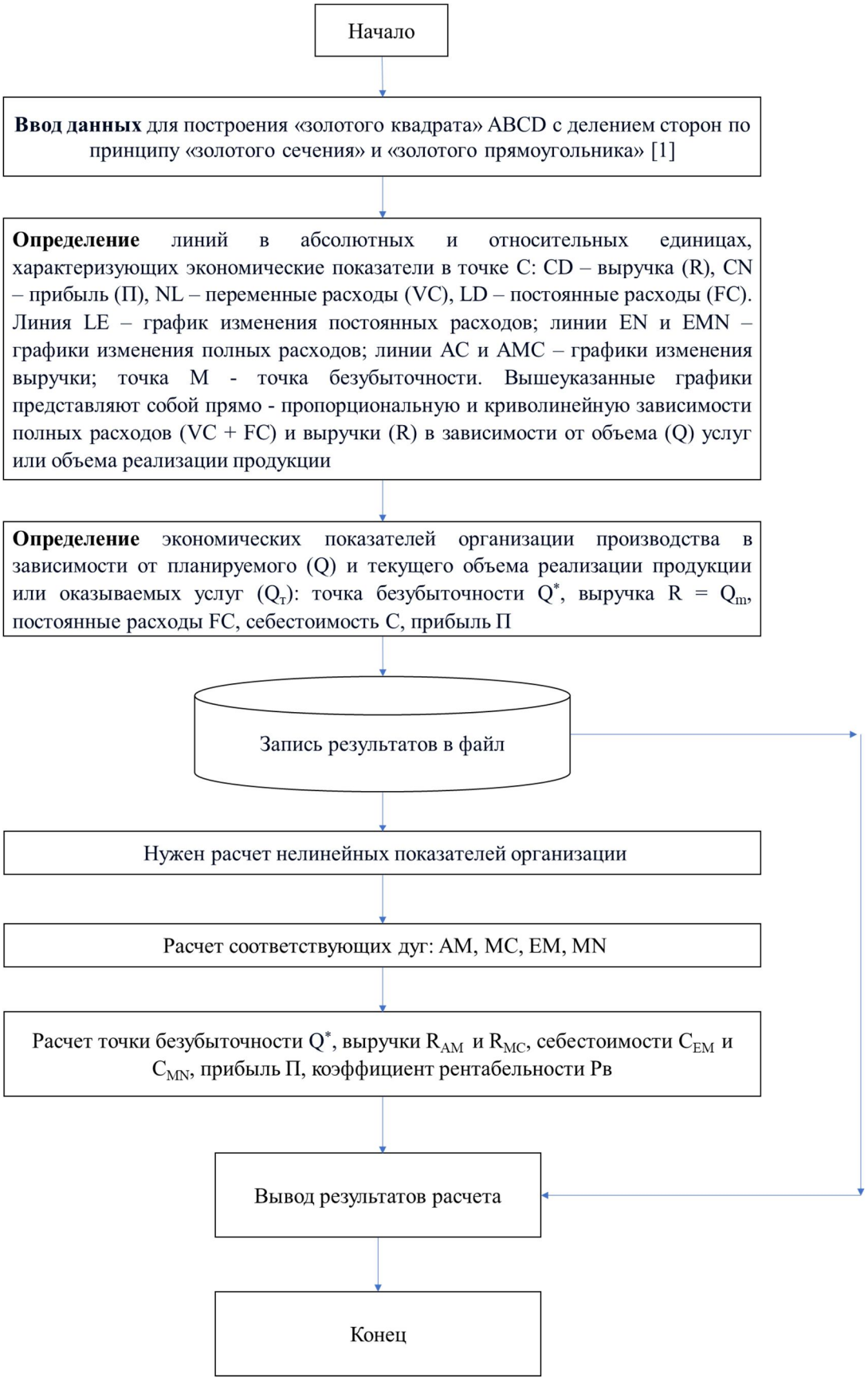

Рис. 4. Блок-схема для построения «золотого квадрата»

Fig. 4. Flowchart for the construction of the "golden square"

Список литературы

1. Чекардовская И. А., Чекардовский М. Н. Золотой квадрат. Методика определения экономических показателей нефтегазотранспортного // Деловой журнал Neftegaz.RU. 2015. № 11-12(47-48). С. 72-77.

2. Жизненный цикл энергии. Энергетический менеджмент и принятие оптимальных решений / Н. П. Ширяева, А. В. Гришкова, А. Ю. Морозов [и др.]. Тамбов: Издательство Першина Р.В., 2014. 190 с.

3. Петухов Г.Б., Якунин В.И. Методологические основы внешнего проектирования целенаправленных процессов и целеустремленных систем. М.: АСТ, 2006. 504 с.

4. The comparative analysis of the calculation methods of heat exchange efficiency in frame-panel housing construction / M. N. Chekardovskiy, T. S. Zhilina, I. Y. Shalagin, V. V. Mironov // International Journal of Civil Engineering and Technology. 2018. Vol. 9, no. 6. P. 40-47.

5. Chekardovskiy M. N., Chekardovskiy S. M., Chekardovskaya I. A. Evaluation development method of production efficiency level // Asia Life Sciences. 2019. No. 1 Suppl. 21. P. 527-538.

6. Methodology of application of open-source platform Protégé in the measurement and computing systems development for diagnostics of heat supply networks / A. Petrov, A. Popov, A. Pushkarev, M. Chekardovsky // CEUR Workshop Proceedings. Moscow, 2021.

7. Research of Spined Heat-Exchanging Pipes / K. Akulov, V. Golik, M. Chekardovsky, A. Serebrennikov // XV International Conference «Topical Problems of Architecture, Civil Engineering, Energy Efficiency and Ecology – 2016», 11 August 2016. Les Ulis: EDP Sciences–France, 2016. Vol. 73. P. 01027. https://doi.org/10.1051/matecconf/20167301027.

8. Upgraded Algorithm for Calculating the Turbo-Expander of Gas Distribution Stations / M. Chekardovskiy, S. Chekardovskiy, K. Ilyukhin, A. Gladenko // XV International Conference «Topical Problems of Architecture, Civil Engineering, Energy Efficiency and Ecology – 2016», 11 August 2016. Les Ulis: EDP Sciences–France, 2016. Vol. 73. P. 01020. https://doi.org/10.1051/matecconf/20167301020.

9. Research on Thermodynamic Parameters of a Micro-Turbine for Standalone Cogeneration / M. N. Chekardovskiy, S. M. Chekardovskiy, I. A. Chekardovskaya, A. I. Mihajlenko // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Tyumen, 20–25 мая 2016 года. Vol. 154. Tyumen: Institute of Physics Publishing, 2016. P. 012005. DOI 10.1088/1757-899X/154/1/012005.

10. A Frequency Model of Vibrational Processes in Gas-Turbine Drives of Compressor Stations of Main Gas Pipelines / M. N. Chekardovskiy, S. M. Chekardovskiy, A. A. Razboynikov, T. G. Ponomareva // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering,

Tyumen, 20–25 мая 2016 года. Vol. 154. Tyumen: Institute of Physics Publishing, 2016. P. 012023. DOI 10.1088/1757-899X/154/1/012023.

11. Chekardovskiy M. N., Chekardovskiy S. M., Ilyukhin K. N. Methods for Determining the Thermodynamic Parameters of Gas Compressor Units of Gas Pipelines // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Tyumen, 20–25 мая 2016 года. Vol. 154. Tyumen: Institute of Physics Publishing, 2016. P. 012027. DOI 10.1088/1757-899X/ 154/1/012027.

12. Жилина К. В., Тютюнов Д. Н., Бурцев А. П. Один из вариантов управления системой теплоснабжения зданий и сооружений с применением методов математического анализа // Известия Юго-Западного государственного университета. 2024. Т. 28, №2. С. 56-70. https://doi.org/ 10.21869/2223-1560-2024-28-2-56-70.

13. Бурцев А. П., Булгаков А. В., Яковлева В. Н. Вариант управления воздушными потоками по схеме «умный дом» с использованием комплексного многослойного пластинчатого рекуператора // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2023. № 7(1067). С. 60-63.

14. Математическая модель для автоматизированного управления тепловыми потоками энергоэффективной системы вентиляции / В. С. Ежов, Н. Е. Семичева, Д. Н. Тютюнов, А. П. Бурцев, Н. С. Перепелица, А. П. Бурцев // Известия Юго-Западного государственного университета. 2021; 25(1): 38-52. https://doi.org/10.21869/2223-1560-2021-25-1-38-52.

15. Experimental research of main characteristics in a complex multi-layer plate heat exchanger / V. S. Yezhov, N. E. Semicheva, A. P. Burtsev [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2022. Vol. 1242, no. 1. P. 012042. DOI 10.1088/1757-899x/1242/1/012042.

References

1. Chekardovskaya I. A., Chekardovsky M. N. Golden Square. Methodology for determining quantitative indicators of non-gas transfer production. *Delovoi zhurnal Neftegaz.RU = Business Magazine Neftegaz.RU*. 2015; (11-12): 72-77. (In Russ.).

2. Shiryaeva N. P., Grishkova A.V., Morozov A. Y., et al. The life cycle of energy. Energy management and the adoption of optimal solutions. Tambov: Izdatel'stvo Pershina R.V.; 2014. 190 p.

3. Petukhov G.B., Yakunin V.I. Methodological foundations of external design of purposeful processes and purposeful systems. Moscow: AST; 2006. 504 p. (In Russ.).

4. Chekardovsky M. N., Zhilina T. S., Shalagin I. Yu., Mironov V. V. Comparative analysis of methods for calculating the efficiency of heat transfer in frame-panel housing construction. *International Journal of Civil Engineering*. 2018; 9(6): 40-47.

5. Chekardovsky M. N., Chekardovsky S. M., Chekardovskaya I. A. Development of a method for assessing the level of production efficiency. *Asia Life Sciences*. 2019; (1): 527-538.

6. Petrov A., Popov A., A Pushkarev., Chekardovsky M. Methodology for using the open source Protégé platform in development measuring and computing systems for diagnostics of thermal networks. In: *Materials of the CEUR seminar.* Moscow; 2021.

7. Akulov K., Golik V., Chekardovsky M., Serebrennikov A. Research of heat exchange pipes with spikes. In: *XV International Conference "Actual problems of architecture, civil engineering, energy efficiency and ecology – 2016"*. Les Ulis: EDP Sciences–France; 2016. 73: 01027. https://doi.org/10.1051/matecconf/20167301027.

8. Chekardovsky M., Chekardovsky S., Ilyukhin K., Gladenko A. Improved algorithm for calculating the turbo expander of gas distribution stations. In: *XV International Conference "Actual problems of architecture, civil engineering, energy efficiency and ecology – 2016"*. Les Ulis: EDP Sciences–France; 2016. 73: 01020. https://doi.org/10.1051/ matecconf/20167301020.

9. Chekardovsky M. N., Chekardovsky S. M., Chekardovskaya I. A., Mikhailenko A. I. Investigation of thermodynamic parameters of a microturbine for autonomous cogeneration. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Tyumen: Publishing House of the Physical Institute; 2016. P. 012005. DOI 10.1088/1757-899X/154/1/012005.

10. Chekardovsky M. N., Chekardovsky S. M., Robbers A. A., Ponomareva T. G. Frequency model of oscillatory processes in gas turbine drives of compressor stations of main gas pipelines. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Tyumen: Publishing House of the Physical Institute; 2016. P. 012023. DOI 10.1088/1757-899X/154/1/012023.

11. Chekardovsky M. N., Chekardovsky S. M., Ilyukhin K. N. Methods for determining thermodynamic parameters of gas pumping units of gas pipelines. In: *IOP conference series: Materials Science and Engineering*. Tyumen: Publishing House of the Physical Institute; 2016. P. 012027. DOI 10.1088/1757-899X/154/1/012027.

12. Zhilina K. V., Tyutyunov D. N., Burtsev A. P. One of the options for managing the heat supply system of buildings and structures using mathematical analysis methods. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*. 2024; 28(2): 56-70 (In Russ.). https://doi.org/10.21869/ 2223-1560-2024-28-2-56-70

13. Burtsev A. P., Bulgakov A.V., Yakovleva V. N. Variant of air flow control according to the "smart house" scheme using a complex multilayer plate heat exchanger. *BST: Byulleten' stroitel'noi tekhniki = BST: Bulletin of construction machinery*. 2023; (7): 60-63. (In Russ.).

14. Yezhov V. S., Semicheva N. E., Tyutyunov D. N., Burtsev A. P., Perepelitsa N. S., Burtsev A. P. A Mathematical Model for Automated Heat Flow Control of an Energy-Efficient Ventilation System. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*. 2021; 25(1): 38-52 (In Russ.). https://doi.org/10.21869/2223-1560-2021-25-1-38-52.

15. Yezhov V. S., Semicheva N. E., Burtsev A. P., et al. Experimental study of the main characteristics of a complex multilayer plate heat exchanger. In: *IOP conference series: Materials Science and Engineering*. Tyumen; 2022. 1242(1): 012042. DOI 10.1088/1757-899x/1242/1/012042.

Информация об авторах / Information about the Authors

Чекардовский Сергей Михайлович, кандидат технических наук, доцент кафедры транспорта углеводородных ресурсов, Тюменский индустриальный университет,
г. Тюмень, Российская Федерация,
e-mail: chekardovskijsm@tyuiu.ru,
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9303-5648,
ScopusID: 57190858464

Sergey M. Chekardovsky, Cand. of Sci. (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Transportation of Hydrocarbon Resources Department, Tyumen Industrial University, Tyumen, Russian Federation,
e-mail: chekardovskijsm@tyuiu.ru,
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9303-5648,
ScopusID: 57190858464

Чекардовская Ирина Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры транспорта углеводородных ресурсов, Тюменский индустриальный университет,
г. Тюмень, Российская Федерация,
e-mail: chekardovskajaia@tyuiu.ru,
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5460-6265,
ScopusID: 57192157889

Irina A. Chekardovskaya, Cand. of Sci. (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Transportation of Hydrocarbon Resources Department, Tyumen Industrial University, Tyumen, Russian Federation,
e-mail: chekardovskajaia@tyuiu.ru,
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5460-6265,
ScopusID: 57192157889

Бурцев Алексей Петрович, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры инфраструктурных энергетических систем, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Российская Федерация,
e-mail: ap_burtsev@mail.ru,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2003-960X,
ScopusID: 57090197100

Alexey P. Burtsev, Cand. of Sci. (Engineering), Senior Lecturer of the Infrastructure Energy Systems Department, Southwest State University, Kursk, Russian Federation,
e-mail: ap_burtsev@mail.ru,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2003-960X,
ScopusID: 57090197100