

УДК 004.942 © П.В. Симонин¹, С.А. Анохин², Ю.Б. Надточий¹, А.А. Кузьмина³, Е.А. Костромина⁴, Н.В. Капустина¹, О.Т. Семчишина³, Э.Р. Мухаррамова¹, 2025

UDC 004.942 © P.V. Simonin¹, S.A. Anokhin², Yu.B. Nadtochiy¹, A.A. Kuzmina³, E.A. Kostromina⁴, N.V. Kapustina¹, O.T. Semchishina³, E.R. Mukharramova¹, 2025

¹ ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», 125167, г. Москва, Россия

¹ Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, 125167, Russian Federation

² ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству», 105064, Москва, Россия

² State University of Land Use Planning, Moscow, 105064, Russian Federation

³ НИТУ МИСИС, 119049, Москва, Россия

³ National University of Science and Technology MISIS (NUST MISIS), Moscow, 119049, Russian Federation

⁴ Филиал ЧОУВО «Московский университет им. С.Ю. Витте» в г. Сергиевом Посаде, 141303, г. Сергиев Посад, Россия

⁴ Witte Moscow University, Branch in Sergiev Posad, Sergiev Posad, 141303, Russian Federation

✉ e-mail: pvsimonin@fa.ru, simoninp-v@mail.ru

✉ e-mail: pvsimonin@fa.ru, simoninp-v@mail.ru

Концептуальная модель цифровой экосистемы Индустрии 5.0: проблемы интеграции машинного и человеческого интеллекта

A conceptual model of Industry 5.0 digital ecosystem: challenges of integrating machine and human intelligence

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2025-4-71-75>

Установлено что интеграция человеческого и машинного интеллекта является частью нейро-цифровой экосистемы. В процессе формирования мета-когнитивного взаимодействия человека и роботов требуется усиленное использование искусственного и человеческого интеллекта. Выстраивание технологических процессов при участии промышленных роботов и коботов позволяет решить проблему нехватки рабочей силы, выполнить сложные рутинные задачи и способствует снижению нагрузки на персонал что способствует повышению общей организационной производительности. Авторы предлагают использовать концептуальную модель нейро-цифровой промышленной экосистемы в условиях Индустрии 5.0, которая отвечает современным потребностям промышленности. Обосновываются перспективы интеграции нейро-цифровой и HR-экосистемы, развития киберсоциальных метаэкосистем, коллаборативных процессов, усиления мер по интеграции информационных технологий, стратегических инициатив и кадровой политики.

Ключевые слова: нейро-цифровая экосистема, Индустрия 5.0, промышленные роботы, коботы, коллаборативные навыки, стратегии, кадровая политика.

Для цитирования: Концептуальная модель цифровой экосистемы Индустрии 5.0: проблемы интеграции машинного и человеческого интеллекта / П.В. Симонин, С.А. Анохин, Ю.Б. Надточий и др. // Уголь. 2025;(4):71-75. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-71-75.

СИМОНИН П.В.

Канд. экон. наук, доцент, доцент Кафедры Операционного и отраслевого менеджмента Факультета «Высшая школа управления» ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», 125167, г. Москва, Россия, e-mail: pvsimonin@fa.ru, simoninp-v@mail.ru

АНОХИН С.А.

Доктор экон. наук, доцент, профессор кафедры менеджмента и управления сельскохозяйственным производством ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству», 105064, г. Москва, Россия, e-mail.ru: asa70.70@yandex.ru

НАДТОЧИЙ Ю.Б.

Канд. пед. наук, доцент, доцент кафедры
Стратегического и инновационного развития
Факультета «Высшая школа управления»
ФГБОУ ВО «Финансовый университет при
Правительстве Российской Федерации»,
125167, г. Москва, Россия,
e-mail: Yflnjxbq-7e@yandex.ru

КУЗЬМИНА А.А.

Канд. экон. наук, доцент, доцент
кафедры Экономики НИТУ МИСИС,
119049, г. Москва, Россия,
e-mail: kuzmina.aa@isis.ru

КОСТРОМИНА Е.А.

Канд. филол. наук, доцент,
заведующий кафедрой
Менеджмента и маркетинга
Филиала ЧОУВО «Московский университет
им. С.Ю. Витте» в г. Сергиевом Посаде,
141303, г. Сергиев Посад, Россия,
e-mail: ea_kostromina@mail.ru

КАПУСТИНА Н.В.

Доктор экон. наук, профессор кафедры
Экономической безопасности
и управления рисками
Факультета экономики и бизнеса
ФГБОУ ВО «Финансовый университет при
Правительстве Российской Федерации»,
125167, г. Москва, Россия,
e-mail: NVKapustina@fa.ru

СЕМЧИШИНА О.Т.

Канд. экон. наук, доцент, доцент
кафедры Экономики НИТУ МИСИС,
119049, Москва, Россия,
e-mail: olship@inbox.ru

МУХАРРАМОВА Э.Р.

Канд. экон. наук, доцент, доцент Кафедры
общего и проектного менеджмента
Факультета «Высшая школа управления»
ФГБОУ ВО «Финансовый университет
при Правительстве Российской Федерации»,
125993, г. Москва, Россия,
e-mail: emrra@yandex.ru

Abstract

It has been established that integration of the human and machine intelligence is part of the neuro-digital ecosystem. The process of forming meta-cognitive interaction between humans and robots requires enhanced use of artificial and human intelligence. Designing technological processes with participation of industrial robots and cobots makes it possible to solve the challenge of manpower shortage, perform complex routine tasks and helps to reduce the workload on personnel, which contributes to the increase of overall organizational productivity. The authors propose to use a conceptual model of neuro-digital industrial ecosystem in the context of Industry 5.0, which meets the modern needs of the industry. The research justifies the prospects of integrating the neuro-digital and HR ecosystems, developing cyber-social meta-ecosystems, collaborative processes, strengthening the integration of the information technology, strategic initiatives and HR policy.

Keywords

Neuro-digital ecosystem, Industry 5.0, industrial robots, cobots, collaborative skills, strategies, HR policies.

For citation

Simonin P.V., Anokhin S.A., Nadochiy Yu.B., Kuzmina A.A., Kostromina E.A., Kapustina N.V., Semchishina O.T., Mukharramova E.R. A conceptual model of Industry 5.0 digital ecosystem: challenges of integrating machine and human intelligence. *Ugol*. 2025;(4):71-75. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-71-75.

МАШИННЫЙ И ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ИНТЕЛЛЕКТ

Процесс объединения машинного интеллекта и человеческого интеллектуального капитала в рамках Индустрии 5.0 позволяет охарактеризовать ее как нейро-экосистемную модель [1]. Ввиду этого нейро-цифровая экосистема в рамках концепции Индустрии 5.0 в большей степени связана с совокупностью нейро-цифровых платформ, которые действуют на рынках и в отраслях промышленности, которые обеспечивают мета-когнитивное взаимодействие между людьми и технологиями, объединяя на основе нейро-цифровой трансформации материальный мир (технические системы, технологические комплексы, информационные системы и т.д.) и с интеллектуальным миром людей [2].

Кроме того, уже сейчас ряд промышленных цифровых платформ создают прочную инфраструктурную основу для цифровой экономики и распространения связанных с ней технологий. Однако в РФ пока отсутствует в достаточной мере единое цифровое пространство [3], что, по сути, не объединяет совместные исследования и разработки, а также имеющиеся перспективные технологии, новые продукты из-за наличия разных факторов и отсутствия эффективных моделей взаимодействия [4].

На данном этапе мы лишь отметим, что цифровые экосистемы, основанные на цифровых технологиях, возникают прежде всего как реакция на долгосрочные социальные и экономические изменения, в частности на снижение эффективности деятельности предприятий и рынков – двух традиционных методов организации производственной деятельности человека [5].

ПРОБЛЕМА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЧЕЛОВЕКА И РОБОТОВ

В любом случае, внедрение реального взаимодействия человека и роботов является более сложной задачей, чем автоматизация отдельных рабочих процессов, и поэтому вовлеченные агенты должны осуществлять совместные действия, разделять намерения,

а также ставить общие цели [6], а это требует внедрения искусственного интеллекта (ИИ) [7], промышленных роботов [8] (рис. 1), которые способны не только эффективно взаимодействовать но и выполнять задачи, которые обеспечиваются человеческим интеллектом в процессе мета-когнитивного взаимодействия и коллаборации.

Однако ключевая особенность состоит в том, что коллаборативные роботы («коботы») распознают присутствие людей и могут работать вместе в одном пространстве с людьми. Использование роботов и коботов решает проблему нехватки рабочей силы и способствует снижению нагрузки на персонал. Они могут быть развернуты на рабочих местах с высокой нагрузкой и делегированы для выполнения простых или опасных задач, но и для выделения ценных человеческих ресурсов на основные задачи, требующие более творческого подхода [10], однако это требует соответствующего экономического, технологического и социального обоснования для внедрения в промышленности.

Так, например, коллаборативные роботы уже сейчас обеспечивают выполнение современных промышленных процессов сложных рутинных задач, таких как сортировка и упаковка, что повышает общую организационную производительность во взаимодействии с персоналом [11]. В соответствии с указом Президента РФ «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 г. и на перспективу до 2036 г.» уже сейчас обозначена стратегическая задача войти в топ-25 стран мира по показателю плотности роботизации к 2030 г., и поэтому предприятия в обозримом будущем, вероятно, будут использовать примерно 94 тыс. роботов [12].

ПРОГНОЗ РОСТА РЫНКА ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ И НЕЙРО-ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

К примеру, традиционная промышленная робототехника будет занимать наибольшую долю рынка и будет расти со среднегодовым темпом роста 9,75%. Промышленный робот – это прежде всего роботизированная система, предназначенная для использования в обрабатывающей и добывающей промышленности, которая является многофункциональным манипулятором с искусственным интеллектом, запрограммированным на различные движения. Она обладает механическими руками, способностью реагировать на сенсорные данные, способностью общаться с другими машинами и принимать решения.

В такой же мере, чтобы снизить затраты, сэкономить время и производить продукцию более высокого качества, компании автоматизируют производственный процесс для улучшения качества и повышения производительности. Кроме того, автоматизация внутренних процессов снижает нагрузку на сотрудников, а роботы, совместно функционирующие в единой рабочей среде, используются для повышения производительности, особенно в опасных зонах.

Тем не менее важно подчеркнуть, что первоначальная настройка роботов требует высоких затрат на развертывание и навыков интеграции, что препятствует компании решиться на внедрение роботов. Сочетание



Источник [9]: ASC, 2025.

Рис. 1. Структура топ-10 стран по количеству промышленных роботов (на 10 тыс. работников)

Fig. 1. Structure of the top 10 countries by the number of industrial robots (per 10000 employees)

высококачественного аппаратного обеспечения и мощной программной системы управления для создания роботизированной системы приведет к высоким первоначальным инвестициям и текущим затратам на техническое обслуживание. Кроме того, использование роботов с искусственным интеллектом (ИИ) создаст предпосылки для наращивания прибыли и рентабельности отдельных промышленных предприятий [13].

Механизмы разработки инновационных услуг и выпуск сложных продуктов с добавленной стоимостью как главных элементов интернационализации, по сути, определили условия для последующей перестройки процессов из-за международной конкуренции и активного развития цифровых технологий в условиях санкций [15]. Поэтому для реализации бизнес-стратегии многие промышленные компании выбрали инструменты бережливого управления, локализации трудовых отношений на основе производственного аутсорсинга и труда и получения предельной краткосрочной прибыли [16].

НЕЙРО-ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ РАЗВИТИЯ

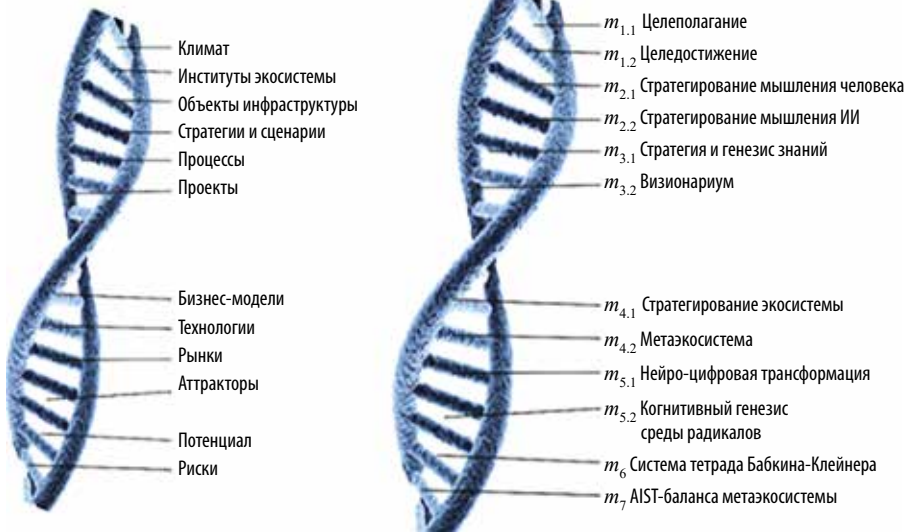
В долгосрочной перспективе развитие российской промышленности кроме вышеперечисленного, возможно, благодаря превентивным мерам, направленным на реализацию стратегии нейро-цифровых экосистем для прорывного технологического развития с учетом нового технологического уклада (рис. 2).

К тому же уже сейчас формируется инновационное пространство нейро-сетевой трансформации киберсоциальных мета-экосистем, которые позволяют многократно повысить эффективность предприятий (рис. 3).

Следовательно, уже сейчас требуются инвестиции в цифровую и роботизированную инфраструктуру в коллаборации с человеческой деятельностью, которая будет сопровождаться эффективными системами регулирования и механизмами управления.

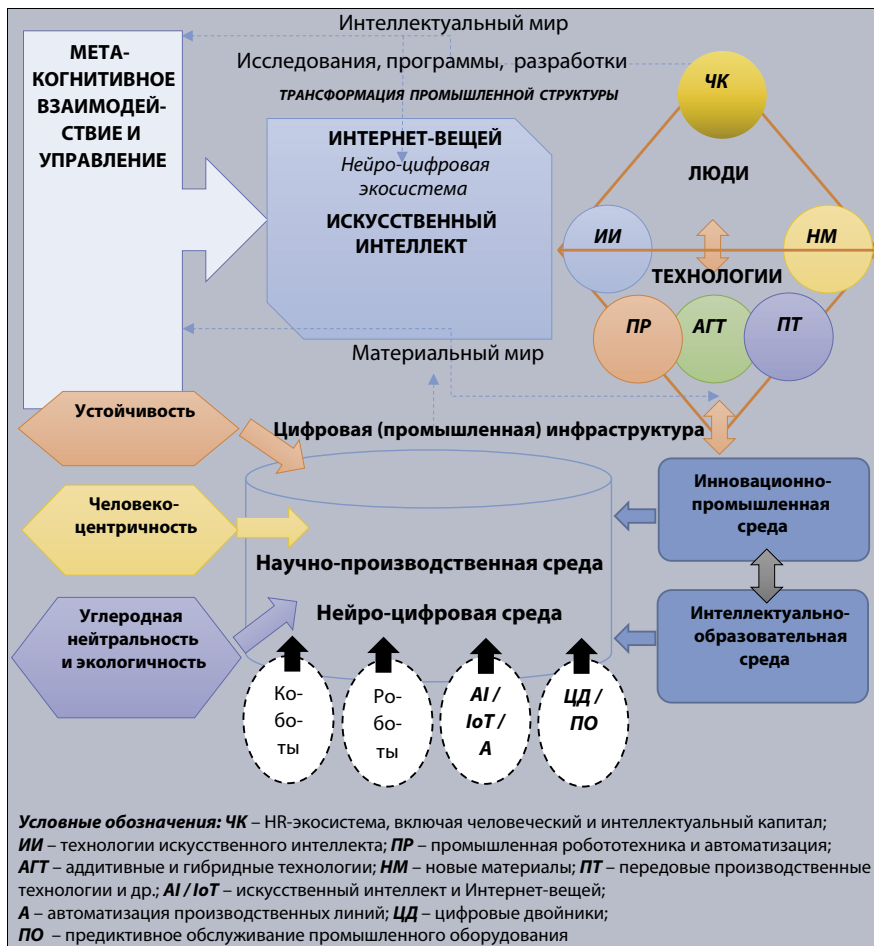
Геном (А) цифровой трансформации

Геном (В) нейро-цифровой трансформации



Источник [14]: Бабкин и др., 2023.

Рис. 2. Модель нейро-цифровой трансформации киберсоциальных метаэкосистем
Fig. 2. A model of neuro-digital transformation of cybersocial meta-ecosystems



Источник: разработка авторов

Рис.3. Концептуальная модель нейро-цифровой промышленной экосистемы в условиях Индустрии 5.0
Fig. 3. A conceptual model of neuro-digital industrial ecosystem in the context of Industry 5.0

ВЫВОДЫ

Таким образом, при формировании модели цифровой экосистемы Индустрии 5.0 важно уделять особое внимание цифровой инфраструктуре и развитию цифровых и коллаборативных навыков, усилению мер по интеграции информационных технологий в более широкую стратегию социально-экономического развития. В то же время российские промышленные предприятия должны четко выработать стратегические инициативы и кадровую политику, направленные на интеграцию нейро-цифровой и HR-экосистемы с целью обеспечения формирования инновационной промышленной структуры, которая обеспечит реализацию эффективной системы управления инновационной и образовательной средой в том числе с помощью искусственного интеллекта.

Список литературы • References

1. Бабкин А.В., Федоров А.А., Либман И.В. и др. Индустрия 5.0: понятие, формирование и развитие // Экономика промышленности. 2021. № 14(4). С. 377. Babkin A.V., Fedorov A.A., Liberman I.V. et al. Industry 5.0: concept, formation and development. *Ekonomika promyshlennosti*. 2021;14(4):377. (In Russ.).
2. Федоров А.А., Либман И.В., Корягина С.И. и др. Технология проектирования нейро-цифровых экосистем для реализации концепции Индустрия 5.0 // *π-Economy*. 2021. Т. 14. № 3. С. 24-25. Fedorov A.A., Liberman I.V., Koryagina S.I. et al. Neuro-digital ecosystem design technology for the implementation of the Industry 5.0 concept. *π-Economy*. 2021;14(3):24-25. (In Russ.).
3. Цифровая экономика: управление индустрией 4.0: Кол. авторов; под редакцией П.В. Симонина. М.: РУСАЙНС, 2024. С. 56-57.
4. Федоров А.А., Тыщеская А.Ю., Либман И.В. и др. Разработка и внедрение системы элитного инженерно-технического образования на основе нейро-цифровой экосистемы для прорывного развития региональных экономик РФ на примере БФУ им. Канта // *Технико-технологические проблемы сервиса*. 2020. № 4(54). С. 93. Fedorov A.A., Tyshetskaya A.Yu., Liberman I.V. et al. Development and implementation of prestigious engineering and tech-

- nical education based on neuro-digital ecosystem for breakthrough development of regional economies of the Russian Federation on the example of IKBFU. *Tekhniko-tehnologicheskie problemy servisa*. 2020;(4):93. (In Russ.).
5. Arcidiacono D., Borghi P., Ciarini A. et al. Platform work: from digital promises to labor challenges. *Partecipazione e conflitto*. 2019;(12):611-628.
 6. Kolbeinsson A., Lagerstedt E., Lindblom J. Foundation for a classification of collaboration levels for human-robot cooperation in manufacturing. *Production & Manufacturing Research*. 2019;7(1):448-471.
 7. Сорокин В.А. Цифровизация в различных областях индустрии. Новые возможности и последствия // Научные труды Московского гуманитарного университета. 2025. №. 5.
Sorokin V.A. Digitalization in various fields of the industry. New opportunities and consequences. *Nauchnye trudy Moskovskogo gumanitarnogo universiteta*. 2025;(5). (In Russ.).
 8. Перфильев А.А., Шарипов Ф.Ф., Дьяконова М.А. Управление проектами развития бизнеса в условиях цифровизации // Управление. 2025. Т. 12. №. 4. С. 70-78.
Perfilyev A.A., Sharipov F.F., Dyakonova M.A. Project management of business development in the context of digitalization. *Upravlenie*. 2025;12(4):70-78. (In Russ.).
 9. Which country has the most industrial robots in the world? Available at: <https://amekabuclub.com/industrial-robot-density-ranking-2025/> (accessed 15.03.2025).
 10. What is Industry 5.0 (Fifth Industrial Revolution)? Available at: https://staff.persol-xtech.co.jp/hatalabo/mono_engineer/679.html (accessed 15.03.2025).
 11. Савин С. В., Мурзин А. Д. Роль искусственного интеллекта в создании новых бизнес-моделей в цифровой экономике: от цифровизации до полностью автоматизированных решений // Мир новой экономики. 2025. Т. 18. №. 4. С. 10.
Savina S.V., Murzin A.D. The role of artificial intelligence in creating new business models in the digital economy: from digitalisation to fully automated solutions. *Mir novej ekonomiki*. 2025;18(4):10. (In Russ.).
 12. Цифровая экономика. Институт статистических исследований и экономики знаний. Экспресс-информация. ВШЭ. 2024. С. 3.
 13. Global Robotics Technology Market (2025~2033) by Component, Robot Type, and Others. Available at: <https://www.marketresearch.co.jp/insights/robotics-technology-market-stra/> (accessed 15.03.2025).
 14. Бабкин А.В., Либерман И.В., Клачек П.М. Индустрия 5.0 и интеллектуальная экономика: основы нейро-цифровой трансформации киберсоциальных метаэкосистем высокотехнологичных промышленных комплексов // *п-Еconomy*. 2023. Т. 16. №. 5. С. 15.
Babkin A.V., Liberman I.V., Klachek P.M. Industry 5.0 and intelligent economy: fundamentals of neuro-digital transformation of cyber social meta-ecosystems of high-tech industrial complexes. *п-Еconomy*. 2023;16(5):15. (In Russ.).
 15. Шпилькина Т.А., Ковалев А.И., Филимонова Н.Н. Современный рынок труда и особенности его развития в условиях санкций и цифровизации и устойчивого развития // Экономика и бизнес: теория и практика. 2022. №. 8. С. 268-274.
 16. Casilli A., Posada J. The platformization of labor and society. Society and the internet: How networks of information and communication are changing our lives. 2019:293-306.

Authors Information

Simonin P.V. – PhD (Economic), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Operations and Industry Management, Higher School of Management, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, 125167, Russian Federation, e-mail: pvsimonin@fa.ru, simoninp-v@mail.ru

Anokhin S.A. – Doctor of Economic sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Management and Management of Agricultural, State University of Land Use Planning, e-mail.ru: asa70.70@yandex.ru

Nadtochiy Yu.B. – PhD (Pedagogical), Associate Professor, Associate Professor of Department of Strategic and Innovative Development of the Faculty «Higher School of Management», Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, 125167, Russian Federation, e-mail: Yflnjxbq-7e@yandex.ru

Kuzmina A.A. – PhD (Economic), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economic, National University of Science and Technology MISIS (NUST MISIS), Moscow, 119049, Russian Federation, e-mail: kuzmina.aa@misis.ru

Kostromina E.A. – PhD (Philological), Associate Professor, Head of the Department of Management and Marketing, Witte Moscow University, Branch in Sergiev Posad, Sergiev Posad, 141303, Russian Federation, e-mail: ea_kostromina@mail.ru

Kapustina N.V. – Doctor of Economic Sciences, Professor of the Department of Economic Security and Risk Management, Faculty of Economics and Business, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, 125167, Russian Federation, e-mail: NVKapustina@fa.ru

Semchishina O.T. – PhD (Economic), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economic, National University of Science and Technology MISIS (NUST MISIS), Moscow, 119049, Russian Federation, e-mail: olship@inbox.ru

Mukharramova E.R. – PhD (Economic), Associate Professor, Associate Professor of the Department of General and Project Management, Higher School of Management, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, 125167, Russian Federation, e-mail: emrra@yandex.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 17.01.2025

Поступила после рецензирования: 28.02.2025

Принята к публикации: 25.03.2025

Paper info

Received January 17, 2025

Reviewed February 28, 2025

Accepted March 25, 2025