

## СТРАТЕГИРОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОЙ КОНВЕРГЕНЦИИ В УСЛОВИЯХ ИНДУСТРИИ 5.0

**А.В. Бабкин**

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Россия, 195251, г. Санкт-Петербург, вн. тер. г. муниципальный округ Академическое, ул. Политехническая, д.29 литера Б

**Е.В. Шкарупета, В.Н. Родионова**

Воронежский государственный технический университет

Россия, 394006, Воронеж, ул. 20-летия Октября, д. 84

**Введение.** Актуальность данного исследования обусловлена тем, что перед Россией стоит задача не просто адаптироваться к глобальным трендам цифровизации и интеллектуализации, но и формировать собственные подходы, опираясь на уникальные российские потребности и ресурсную базу. Сегодня в условиях геополитической нестабильности, санкционного давления и ограниченного доступа к зарубежным технологиям необходимо разрабатывать суверенные, гибкие и масштабируемые цифровые решения. Человеко-машинная конвергенция способна обеспечить России новые возможности для формирования устойчивых интеллектуальных экосистем, управления цифровыми активами и разработки инноваций на основе локальных технологий, что позволит сократить зависимость от зарубежных платформ.

**Данные и методы.** Методологическая база исследования основана на системном и междисциплинарном подходе. Используются методы анализа и синтеза, кластерного анализа, а также экономико-математическое моделирование.

**Полученные результаты.** Научная значимость и актуальность исследования интеллектуальной человеко-машинной конвергенции и её внедрения в экономику данных отражают потребность России в усилении цифровой независимости и конкурентоспособности на глобальном рынке. В условиях стремительного перехода к Индустрии 5.0, которая ставит человека в центр технологических изменений, важно не только интегрировать передовые человеко-машинные технологии, такие как виртуальные двойники, интеллектуальные платформы и искусственный интеллект, но и адаптировать их к уникальным вызовам российского рынка. Экономика данных, как инфраструктура новых цифровых отношений, требует фундаментальных изменений в производственных и управленческих подходах, чтобы соответствовать требованиям устойчивого развития и цифровой зрелости, поддерживаемых государством.

**Заключение.** Научная значимость исследования определяется его вкладом в развитие методологической базы для стратегического планирования и адаптации интеллектуальных систем, тогда как актуальность проявляется в необходимости ускоренного перехода России к

---

### Сведения об авторах:

**Бабкин Александр Васильевич** (*al-vas@mail.ru*), д-р экон. наук, профессор Высшей инженерно-экономической школы, заведующий научно-исследовательской лабораторией «Цифровая экономика промышленности»

**Шкарупета Елена Витальевна** (*9056591561@mail.ru*), д-р экон. наук, профессор кафедры цифровой и отраслевой экономики

**Родионова Валентина Николаевна** (*rodionovavn2011@yandex.ru*), д-р экон. наук, профессор кафедры экономической безопасности

### On authors:

**Babkin Alexander V.** (*al-vas@mail.ru*), Doctor of Economics, Professor of the Higher School of Engineering and Economics, Head of the Research Laboratory “Digital Economy of Industry”

**Shkarupeta Elena V.** (*9056591561@mail.ru*), Doctor of Economics, Professor of the Department of Digital and Sectoral Economics

**Rodionova Valentina N.** (*rodionovavn2011@yandex.ru*), Doctor of Economic Sciences, Professor of the Department of Economic Security

интеллектуальной экономике данных и укреплению её позиций как технологически суверенной державы.

**Ключевые слова:** стратегирование, экономика данных, Индустрия 5.0, искусственный интеллект, виртуальный двойник, гиперсвязанность, иммерсивность, вездесущность, человеко-машинная конвергенция, социо-кибер-физическое взаимодействие, интеллектуальная киберсоциальная экосистема, техновацции

### Для цитирования:

Бабкин А.В., Шкарупета Е.В., Родионова В.Н. Стратегирование интеллектуальной человеко-машинной конвергенции в условиях Индустрии 5.0 // Организатор производства. 2024. Т.32. № 4. С. 59-69. DOI: 10.36622/1810-4894.2024.71.88.005

## STRATEGIZING INTELLIGENT HUMAN-MACHINE CONVERGENCE IN THE CONDITIONS OF INDUSTRY 5.0

**A.V. Babkin**

*Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University*

*Russia, 195251, St. Petersburg, n. ter. d., Akademicheskoye municipal district, Polytechnicheskaya St., 29, lit. B.*

**E.V. Shkarupeta, V.N. Rodionova**

*Voronezh State Technical University*

*Russia, 394006, Voronezh, 84, 20-letiya Oktyabrya str.*

**Introduction.** *The relevance of this study is due to the fact that Russia faces the task not only to adapt to global trends of digitalization and intellectualization, but also to form its own approaches, based on the unique Russian needs and resource base. Today, amid geopolitical instability, sanctions pressure and limited access to foreign technologies, it is necessary to develop sovereign, flexible and scalable digital solutions. Human-machine convergence can provide Russia with new opportunities to form sustainable intellectual ecosystems, manage digital assets and develop innovations based on local technologies, thus reducing dependence on foreign platforms.*

**Data and methods.** *The methodological basis of the research is based on a systemic and interdisciplinary approach. The methods of analysis and synthesis, cluster analysis, as well as economic and mathematical modeling were used.*

**Obtained results.** *The scientific significance and relevance of the study of intelligent man-machine convergence and its implementation in the data economy reflect Russia's need to strengthen digital independence and competitiveness in the global market. With the rapid transition to Industry 5.0, which puts humans at the center of technological change, it is important not only to integrate advanced human-machine technologies such as virtual twins, intelligent platforms and artificial intelligence, but also to adapt them to the unique challenges of the Russian market. The data economy, as the infrastructure of new digital relationships, requires fundamental changes in production and management approaches to meet the requirements of sustainable development and government-backed digital maturity.*

**Conclusion.** *The scientific significance of the project is determined by its contribution to the development of a methodological framework for strategic planning and adaptation of intelligent systems, while the relevance is manifested in the need to accelerate Russia's transition to an intelligent data economy and strengthen its position as a technologically sovereign power.*

**Keywords:** *strategizing, data economy, Industry 5.0, artificial intelligence, virtual twin, hyperconnectivity, immersiveness, ubiquity, human-machine convergence, socio-cyber-physical interaction, intelligent cyber-social ecosystem, technovations*

### For citation:

Babkin A.V., Shkarupeta E.V., Rodionova V.N. Strategizing intelligent man-machine convergence in the conditions of Industry 5.0 // Organizer of Production. 2024. Vol. 32. No. 4. Pp. 59-69. DOI: 10.36622/1810-4894.2024.71.88.005

### Введение

Современное состояние цифровой экономики в России демонстрирует существенные успехи и высокую степень реализации, что стало возможным благодаря национальному проекту «Цифровая экономика». Россия занимает лидирующие позиции по уровню развития электронного правительства, доступности интернета и внедрению цифровых сервисов во все сферы экономической жизни. Сегодня в нашей стране интернетом пользуются около 90% населения, реализуются 197 значимых отечественных IT-инициатив. Уровень цифровой зрелости в 2023 году достиг 74,7%. Однако, несмотря на эти успехи, ряд целевых показателей нацпроекта не был достигнут, что объясняется как внешнеполитическими вызовами, включая экономические санкции, так и внутренними проблемами, такими как необходимость ускоренного импортозамещения. Уровень затрат на цифровую экономику не достиг запланированных 4,3% от ВВП, а доля домохозяйств с доступом к интернету составила лишь 86,4%. Сокращение финансирования проекта на 30% в 2023 году, а также его предпоследнее место среди нацпроектов по уровню освоения бюджетных средств подчеркивают необходимость пересмотра подходов к стратегированию в цифровой экономике.

Темпы роста цифровой экономики во всем мире замедляются (по оценкам экспертов Huawei, Oxford Economics, EY analysis – до менее, чем 5 % в год). Этап системной цифровой трансформации постепенно начинает замещаться этапом «вездесущней интеллектуальной гиперсвязанности», когда на место цифровой приходит более сложная

интеллектуальная экономика, а на место Индустрии 4.0 – более человекоцентричная Индустрия 5.0 и будущая эмоционально-интеллектуальная Индустрия 6.0. Именно с учетом этих вызовов в нашей стране разработан новый национальный проект «Экономика данных и цифровая трансформация государства» на 2025-2027 гг., который сосредоточится на внедрении ИИ-сервисов в ключевые отрасли экономики. Уже сейчас Россия по объему совокупных вычислительных мощностей входит в топ-10 стран-лидеров, а общий уровень внедрения ИИ в приоритетных направлениях экономики составляет 31,5%. Ожидается, что к 2030 году Россия войдет в ТОП-5 стран мира по основным метрикам ИИ. В соответствии с национальной стратегией развития ИИ к 2030 году внедрение ИИ даст прирост ВВП на 11,2 трлн рублей, а инвестиции бизнеса и государства в ИИ увеличатся со 120 до 850 млрд рублей в год. При этом активно внедрять ИИ будет до 95% приоритетных отраслей.

Актуальность исследования заключается в насущной необходимости стратегирования интеллектуальной человеко-машинной конвергенции, представляющей собой интеграцию когнитивных, сенсомоторных и технологических систем в единый интеллектуальный киберсоциотехнический континуум на основе применения таких техноваций, как виртуальные (превосходящие цифровые) двойники (в т.ч. человеческие), гиперсвязанные и иммерсивные среды, промышленные метавселенные Индустрии 5.0/6.0, квантовые технологии, ультраумные фабрики и т.д. Эти технологии способны воспроизводить когнитивные и

эмоциональные состояния, тем самым обеспечивая новый уровень синергетического взаимодействия и персонализации. Вместе с тем, такие технологии несут этические риски метауровня, затрагивая сохранение уникальной человеческой идентичности. Кроме того, развитие ИИ требует колоссальных ресурсов.

Научная новизна исследования заключается в развитии методологии интеллектуальной человеко-машинной конвергенции в экономике данных. Впервые будет разработан целостный фреймворк интеллектуальной человеко-машинной конвергенции в ключевых отраслях экономики данных, основанный на концепции виртуальных двойников и методиках оценки интеллектуальной зрелости отраслей. Исследование предусматривает разработку дорожной карты стратегических этапов перехода к интеллектуальной экономике данных с чёткими KPI и реперными точками, создание инновационных моделей для симбиотического взаимодействия человека и машины, а также формирование стратегий реализации кросс-отраслевых задач и создания долгосрочных конкурентных преимуществ России в многополярном мире.

### Методы

В исследовании используется интегрированный подход, включающий методы системного анализа, сценарного прогнозирования, научной абстракции, стратегического и концептуального моделирования, что обеспечит всестороннее исследование интеллектуальной человеко-машинной конвергенции в условиях Индустрии 5.0. Для разработки терминологического аппарата и создания научной базы исследования применяются методы научной абстракции и концептуального анализа, которые позволят интегрировать ключевые понятия, такие как

«интеллектуальная гиперсвязность» и «цифровой эмоциональный интеллект».

Для разработки концептуального фреймворка человеко-машинной конвергенции будут использоваться методы системного анализа, обеспечивающие структурирование подходов к созданию и внедрению виртуальных двойников в различных отраслях. В рамках этого направления планируется проведение научной классификации и систематизация передового опыта в области виртуального моделирования, что обеспечит стандартизацию технологий человеко-машинного взаимодействия.

Сценарное прогнозирование и многокритериальный анализ станут основными методами для разработки прогнозной модели и создания адаптированных сценариев развития интеллектуальной экономики данных. Сценарное моделирование позволит учитывать вариативные траектории внедрения технологий и их влияние на ключевые отрасли экономики, такие как промышленность, здравоохранение и образование, создавая стратегическую основу для долгосрочных прогнозов.

Для оценки коэволюционно-конвергентного потенциала и уровня интеллектуализации отраслей будут применяться методы структурного анализа и индексного моделирования. Эти методики позволят выявить показатели интеллектуальной зрелости отраслей и их готовности к внедрению человеко-машинных технологий. Кроме того, использование индексного анализа обеспечит сопоставимость данных с международными стандартами и позволит эффективно применять результаты для стратегического планирования.

На протяжении всего срока реализации исследования методы экономико-математического моделирования и структурно-логического анализа будут служить основой для разработки научно обоснованных рекомендаций. Они позволят

выработать конкретные рекомендации по созданию правовой, инфраструктурной и образовательной базы, необходимой для масштабного внедрения интеллектуальных технологий в экономику данных. Это направление будет дополнено системным подходом, который обеспечит целостность и скоординированность рекомендаций с учётом существующих и прогнозируемых глобальных трендов.

### Результаты

Современное состояние исследований в области человеко-машинной конвергенции отражено в ключевых трудах, формирующих фундаментальный и прикладной контекст развития интеллектуальных интерфейсов и интеграционных технологий.

Статья Xi Yang, Jichen Wang, Chong Gao и Jiangpeng Hou «Research on Human Machine Interaction of Exoskeleton» [1] посвящена анализу механических аспектов взаимодействия человека и экзоскелета, включая расчёт сил, возникающих в местах контакта, таких как суставы. Авторы рассматривают влияние отклонений и инерции, возникающих в процессе движения, что соответствует тематике исследования, направленного на изучение пределов и возможностей человеко-машинного взаимодействия в интеллектуальных системах Индустрии 5.0.

В работе Yi Xiong, Yunlong Tang, Samyeon Kim и David W. Rosen «Human-machine collaborative additive manufacturing» [2] исследуется аддитивное производство в контексте человеко-машинного взаимодействия, где акцент делается на сотрудничестве людей и машин при создании изделий. Исследование демонстрирует, как такая кооперация может повысить производительность и оптимизировать рабочие процессы, что релевантно для исследования, поскольку отражает практическое применение концепции человеко-машинной

конвергенции в современных производственных системах Индустрии 5.0.

Статья Rohan Paleja «Mutual Understanding in Human-Machine Teaming» [3] рассматривает взаимопонимание в командах, состоящих из людей и машин. Автор подчёркивает важность специфического понимания и эффективного взаимодействия между участниками таких команд, особенно в динамичных областях, таких как здравоохранение. Это исследование предоставляет концептуальные идеи для исследования, где взаимопонимание и адаптация к разнородным командам являются ключевыми аспектами в интеллектуальных киберсоциальных экосистемах.

В работе Olga Protasenko и Galyna Mygal «Designing Human-Machine Systems: Transformation of a Designer's Thinking» [4] исследуется эволюция мышления инженеров при создании человеко-машинных систем, а также вопросы безопасности этих систем. Авторы анализируют процесс проектирования и изменения подходов к созданию надёжных и устойчивых человеко-машинных систем, что соответствует целям исследования в условиях Индустрии 5.0.

Статья Wang Sen, Zhao Hong и Zhu Xiaomei «Effects of human-machine interaction on employee's learning: A contingent perspective» [5] посвящена исследованию влияния взаимодействия с машинами на обучение сотрудников. Авторы выявляют, что человеко-машинное взаимодействие оказывает нелинейное воздействие на процесс обучения и адаптации сотрудников к новой рабочей среде, что соотносится с исследованием, отражая влияние интеллектуальных систем на развитие человеческого капитала в условиях интеграции цифровых технологий.

В работе Igor Lipkovich, Maxim Ukrainsev, Irina Egorova, Sergey Pjatikopov и Nadezhda Petrenko «Reliability of human-machine systems in crop production» [6]

рассматривается надёжность человеко-машинных систем в сельскохозяйственном производстве. Авторы анализируют роль человеческого фактора в управлении мобильными сельскохозяйственными агрегатами и подчёркивают важность надёжности таких систем. Это исследование актуально для исследования, так как демонстрирует применение человеко-машинного взаимодействия в агропромышленном комплексе, что способствует пониманию его потенциала в различных отраслях экономики.

Статья Jiaqing Liu, Guo Tian, Weiqing Yang, Weili Deng, Zhifeng Ren, Chuan Fei и Fangling Production «Recent progress in flexible piezoelectric devices toward human-machine interactions» [7] посвящена развитию гибких пьезоэлектрических устройств для человеко-машинного взаимодействия. Авторы обсуждают применение таких устройств в робототехнике, Интернете вещей и спортивном коучинге, что соответствует исследованию, направленному на интеграцию передовых технологий в человеко-машинные системы Индустрии 5.0.

В работе Shuxian Chen, Jiaona Xiang и Zongqiang Ren «To Leverage the Innovation Capability by Co-creation of Human-Machine» [8] предлагается новая парадигма совместного создания инноваций посредством синергии человека и машины. Авторы подчёркивают, что такое взаимодействие способствует устойчивому развитию и повышению инновационного потенциала, что соответствует целям исследования по стратегированию интеллектуальной человеко-машинной конвергенции.

Статья Shiqi Fan и Zaili Yang «Analysing seafarer competencies in a dynamic human-machine system» [9] анализирует компетенции моряков в динамичных человеко-машинных системах. Авторы разрабатывают модель, отражающую процесс взаимодействия человека и

машины в судоходстве, что актуально для исследования, так как демонстрирует применение человеко-машинного взаимодействия в морской отрасли и подчёркивает необходимость адаптации к новым технологиям.

В работе Igor Lipkovich, Irina Egorova, Sergey Pjatikopov, Nadezhda Petrenko и Maria Zholobova «Features of substantiation and functioning of human-machine system» [10] рассматриваются технологические обоснования и особенности функционирования специализированных комплексов как человеко-машинных систем. Авторы анализируют режимы работы и технологические процессы, что соответствует исследованию, направленному на разработку эффективных человеко-машинных систем в различных отраслях экономики.

Таким образом, ведущие исследования демонстрируют значительный интерес к технологиям человеко-машинной конвергенции, где интеграция ИИ и IoT в различных отраслях экономики формирует новый ландшафт для интеллектуальных экосистем.

Исследование на тему человеко-машинной конвергенции активно развивается в российских академических кругах и включает как прикладные, так и теоретические работы.

Важный вклад в сравнительный анализ технологий Индустрии 4.0 и Индустрии 5.0, особенно в контексте человеко-машинного взаимодействия, внесли Екатерина Дмитриева и соавторы в статье «AI Evolution in Industry 4.0 and Industry 5.0: An Experimental Comparative Assessment» [11]. Авторы обсуждают ожидаемый рост сотрудничества между человеком и машиной на 400% и отмечают снижение человеческой зависимости от машин на 133%. Этот труд значим для нашего исследования тем, что подтверждает перспективы и вызовы в реализации человеко-машинных систем с интенсивной цифровой интеграцией, что особенно

актуально для экономической сферы, ориентированной на высокий уровень автоматизации.

Исследование Ильдуса Кучкарова и Ованеса Петросяна «Non-autonomous Linear Quadratic Non-cooperative Differential Games with Continuous Updating» [12] фокусируется на математическом моделировании конфликтов и задач, возникающих в системах человеко-машинного взаимодействия. Представленные модели и подходы к анализу таких систем позволяют глубже понять основы формирования эффективных человеко-машинных интерфейсов. Данный труд имеет прикладное значение для разработки стратегий оптимального управления в человеко-машинных взаимодействиях, что особенно важно в условиях сложных систем Индустрии 5.0.

Игорь Липкович и соавторы в статье «Influence of technical tools on the ecology of agricultural engineering sphere» [13] рассматривают воздействие человеко-машинных систем на экологию в сельскохозяйственной сфере. Данное исследование расширяет тему человеко-машинного взаимодействия за счет экологического аспекта, подчеркивая важность устойчивости и экосистемного подхода. Актуальность этой работы для нашего исследования заключается в интеграции экологических факторов в процессы человеко-машинной конвергенции.

Работа Андрея Резаева и Натальи Трегубовой «Human-Machine Interdependence Beyond AI Development: the Case of Bitcoin» [14] исследует роль криптовалют, таких как Bitcoin, как примера систем человеко-машинной взаимозависимости. Это исследование представляет собой важный социологический взгляд на взаимосвязь между пользователями и цифровыми технологиями, включая криптовалютные сети. Рассмотрение аспектов цифровой экономики и технологий на примере Bitcoin

может служить примером для разработки стратегий адаптации человеко-машинных систем в более широком контексте экономической трансформации.

Смирнов, Пономарев и Шилов в статье «Collaborative Decision Support Systems Based on Neuro-Symbolic Artificial Intelligence: Problems and Generalized Conceptual Model» [15] разрабатывают концептуальную модель систем поддержки принятия решений на основе нейросимволического интеллекта. В работе описываются подходы к интеграции когнитивных моделей и онтологических систем для улучшения взаимодействия человек-машина, что созвучно задачам нашего исследования по созданию интеллектуальных решений для совместного принятия решений.

Исследование Игоря Петухова и коллег «Analysis of factors influencing the performance of cadets trained to operate logging machinery» [16] анализирует факторы, влияющие на эффективность обучения курсантов работе с лесозаготовительной техникой. Авторы рассматривают особенности человеко-машинного взаимодействия и профессиональные навыки, что подтверждает важность адаптации операторов к современным технологическим требованиям, а также необходимость создания образовательных программ, направленных на повышение их компетенций в условиях цифровой среды.

Таким образом, российские исследования в области человеко-машинной конвергенции активно развиваются и охватывают широкий спектр вопросов — от теоретического анализа и математического моделирования до практических приложений в различных отраслях экономики.

Среди ведущих зарубежных институтов, которые также занимаются исследованиями в области человеко-машинной конвергенции и являются значимыми конкурентами, выделяются:

Harbin Institute of Technology и Shanghai Jiao Tong University (по 6 публикаций каждый). Эти китайские университеты активно развивают технологии в области искусственного интеллекта и человеко-машинного взаимодействия, часто в прикладных областях робототехники и цифровых интерфейсов, что делает их значительными игроками на международной арене исследований.

Chinese Academy of Sciences (5 публикаций) и University of Chinese Academy of Sciences (5 публикаций). Китайская академия наук и связанные с ней университеты сосредоточены на передовых технологиях для цифровой экономики, в том числе на системах интеллектуального управления и симбиотических человеко-машинных интерфейсах. Эти институты играют ведущую роль в мировой науке в данной области.

Georgia Institute of Technology (5 публикаций) — американский вуз, который активно занимается междисциплинарными исследованиями в человеко-машинном взаимодействии, применяя методы ИИ для создания адаптивных и когнитивных систем, что соответствует требованиям Индустрии 5.0.

Zhejiang University (5 публикаций) и Tsinghua University (4 публикации). Эти китайские университеты также играют важную роль в области человеко-машинной конвергенции, разрабатывая решения для цифровых интерфейсов, роботизированных систем и интеграции ИИ, что делает их крупными конкурентами в мировых исследованиях.

National University of Singapore (4 публикации) активно участвует в разработке человеко-машинных интерфейсов и робототехнических систем. Университет занимает лидирующие позиции в Азии по количеству и качеству исследований в этой сфере, что делает его важным конкурентом.

Technische Universität München (4 публикации) представляет собой ключевой

европейский центр, разрабатывающий инновационные решения для интеграции ИИ и человеко-машинных систем, что позволяет им занимать лидирующую позицию среди европейских институтов.

University of Twente и Northwestern Polytechnical University (по 4 публикации каждый). Эти университеты занимаются исследованиями в области человеко-машинного взаимодействия, развивая технологические решения для улучшения производительности и надежности интерфейсов, что также усиливает их конкурентоспособность в международной академической среде.

Эти институты являются ключевыми зарубежными конкурентами в области человеко-машинной конвергенции, активно разрабатывая технологии и решения, соответствующие направлениям Индустрии 5.0 и новой цифровой экономики.

Среди российских институтов, активно работающих над темой человеко-машинной конвергенции и являющихся потенциальными конкурентами, выделяются:

1. Российская академия наук (Russian Academy of Sciences) — ведущий научный центр России, имеющий значительные ресурсы и опыт в исследованиях, связанных с человеко-машинными системами.

2. Санкт-Петербургский государственный университет (Saint Petersburg State University) — один из ведущих университетов, активно исследующий проблемы человеко-машинного взаимодействия в условиях цифровизации и обладающий сильными академическими традициями.

3. Донской государственный аграрный университет (Don State Agrarian University) — вуз, исследующий вопросы человеко-машинных систем, особенно в аграрной и экологической сфере, что расширяет прикладные аспекты взаимодействия.

4. Вычислительный центр им. А.А. Дородницына (Dorodnitsyn Computing Centre) — специализированное учреждение,

занимающееся вычислительными и инженерными решениями, включая исследование интерфейсов «человек-машина».

5. Казанский федеральный университет (Kazan Federal University) — один из крупнейших университетов, который участвует в исследованиях в области ИИ и человеко-машинного взаимодействия, в частности для задач адаптации и интеграции цифровых технологий.

6. Московский авиационный институт (Moscow Aviation Institute) — ведущий технический вуз, занимающийся разработкой технологий для высокоточных и автоматизированных систем, включая человеко-машинные интерфейсы.

7. Московский государственный университет (Moscow State University) — ключевой научный центр, имеющий сильные исследовательские группы по ИИ и когнитивным технологиям, что делает его важным конкурентом.

8. Московский государственный строительный университет (Moscow State University of Civil Engineering) — вуз, работающий над развитием технологий в строительстве и инфраструктуре, включая цифровые и человеко-машинные технологии.

9. Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (National Research University Higher School of Economics) — университет, активно занимающийся исследованиями цифровой экономики и технологий человеко-машинного взаимодействия.

Эти институты представляют собой значительную конкуренцию в научно-технических исследованиях человеко-машинной конвергенции и могут формировать конкурентную среду для дальнейшего развития исследования.

### Заключение

Исследование направлено на решение научной проблемы стратегирования интеллектуальной

человеко-машинной конвергенции для укрепления позиций России в экономике данных и адаптации ключевых отраслей к вызовам Индустрии 5.0, включая разработку концептуальных и методологических основ, обеспечивающих устойчивое внедрение и расширение человеко-машинных технологий в условиях ограниченного доступа к зарубежным технологиям, с целью формирования базы для цифровой независимости и конкурентоспособности страны.

### Библиографический список

1. Yang X. et al. Research on Human Machine Interaction of Exoskeleton // *Advances in Engineering Technology Research*. – 2023. – Т. 8. – №. 1. – С. 859-859.
2. Xiong Y. et al. Human-machine collaborative additive manufacturing // *Journal of Manufacturing Systems*. – 2023. – Т. 66. – С. 82-91.
3. Paleja R. Mutual Understanding in Human-Machine Teaming // *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*. – 2022. – Т. 36. – №. 11. – С. 12896-12897.
4. Mygal G., Protasenko O. Designing human-machine systems: transformation of a designer's thinking. – 2023.
5. Sen W., Hong Z., Xiaomei Z. Effects of human-machine interaction on employee's learning: A contingent perspective // *Frontiers in Psychology*. – 2022. – Т. 13. – С. 876933.
6. Липкович И.Э., Украинцев М.М., Егорова И.В., Пятикопов С.М., Петренко Н.В. Надежность человеко-машинных систем в растениеводстве // [Электрон. ресурс] *АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал*. – 2023. – № 1. – Режим доступа: [http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/1/st\\_106.pdf](http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/1/st_106.pdf). DOI: <https://doi.org/10.51419/202131106>.
7. Liu J. et al. Recent progress in flexible piezoelectric devices toward human-machine interactions // *Soft Sci*. – 2022. – Т. 2. – №. 4. – С. 22.
8. Chen S., Xiang J., Ren Z. To Leverage the Innovation Capability by Co-

creation of Human-Machine //Forest Chemicals Review. – 2021. – С. 345-360.

9. Fan S., Yang Z. Analysing seafarer competencies in a dynamic human-machine system //Ocean & Coastal Management. – 2023. – Т. 240. – С. 106662.

10. Lipkovich I.E., Egorova I.V., Pjatikopov S.M., Petrenko N.V., Zholobova M.V. Features of substantiation and functioning of human-machine system ///[Электрон. ресурс] АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2023. – № 1.

11. Dmitrieva E. et al. AI Evolution in Industry 4.0 and Industry 5.0: An Experimental Comparative Assessment //BIO Web of Conferences. – EDP Sciences, 2024. – Т. 86. – С. 01069.

12. Ildus K., Ovanes P., Yin L. Non-autonomous Linear Quadratic Non-cooperative Differential Games with Continuous Updating //Contributions to Game Theory and Management. – 2022. – Т. 15. – С. 132-154.

13. Lipkovich I. et al. Influence of technical tools on the ecology of agricultural engineering sphere //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – Т. 443. – С. 03002.

14. Резаев А., Трегубова Н. Взаимозависимость «человек-машина» за пределами искусственного интеллекта: случай биткойна //Социологическое обозрение. – 2023. – Т. 22. – №. 3. – С. 263-286.

15. Smirnov A. V. et al. Collaborative Decision Support Systems Based on Neuro-Symbolic Artificial Intelligence: Problems and Generalized Conceptual Model //Scientific and Technical Information Processing. – 2023. – Т. 50. – №. 6. – С. 635-645.

16. Petukhov I. et al. Analysis of factors influencing the performance of cadets trained to operate logging machinery //Journal of Applied Engineering Science. – 2023. – Т. 21. – №. 4. – С. 1132-1138.

Поступила в редакцию – 13 сентября 2024 г.

Принята в печать – 02 декабря 2024 г.

### **Bibliography**

1. Yang X. et al. Research on Human Machine Interaction of Exoskeleton //Advances in Engineering Technology Research. – 2023. – Т. 8. – №. 1. – S. 859-859.

2. Xiong Y. et al. Human-machine collaborative additive manufacturing //Journal of Manufacturing Systems. – 2023. – Т. 66. – S. 82-91.

3. Paleja R. Mutual Understanding in Human-Machine Teaming //Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence. – 2022. – Т. 36. – №. 11. – S. 12896-12897.

4. Mygal G., Protasenko O. Designing human-machine systems: transformation of a designer's thinking. – 2023.

5. Sen W., Hong Z., Xiaomei Z. Effects of human-machine interaction on employee's learning: A contingent perspective //Frontiers in Psychology. – 2022. – Т. 13. – S. 876933.

6. Lipkovich I.E., Ukrainev M.M., Egorova I.V., Pyatikopov S.M., Petrenko N.V. Nadezhnost' cheloveko-mashinnyh sistem v rasteniyevodstve //[Elektron. resurs] AgroEkoInfo: Elektronnyj nauchno-proizvodstvennyj zhurnal. – 2023. – № 1. – Rezhim dostupa: [http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/1/st\\_106.pdf](http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/1/st_106.pdf). DOI: <https://doi.org/10.51419/202131106>.

7. Liu J. et al. Recent progress in flexible piezoelectric devices toward human-machine interactions //Soft Sci. – 2022. – Т. 2. – №. 4. – S. 22.

8. Chen S., Xiang J., Ren Z. To Leverage the Innovation Capability by Co-creation of Human-Machine //Forest Chemicals Review. – 2021. – S. 345-360.

9. Fan S., Yang Z. Analysing seafarer competencies in a dynamic human-machine system //Ocean & Coastal Management. – 2023. – Т. 240. – S. 106662.

10. Lipkovich I.E., Egorova I.V., Pjatikopov S.M., Petrenko N.V., Zholobova M.V. Features of substantiation and functioning of human-machine system // [Elektron. resurs] AgroEkoInfo: Elektronnyj nauchno-proizvodstvennyj zhurnal. – 2023. – № 1.
11. Dmitrieva E. et al. AI Evolution in Industry 4.0 and Industry 5.0: An Experimental Comparative Assessment // BIO Web of Conferences. – EDP Sciences, 2024. – Т. 86. – S. 01069.
12. Ildus K., Ovanes P., Yin L. Non-autonomous Linear Quadratic Non-cooperative Differential Games with Continuous Updating // Contributions to Game Theory and Management. – 2022. – Т. 15. – S. 132-154.
13. Lipkovich I. et al. Influence of technical tools on the ecology of agricultural engineering sphere // E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – Т. 443. – S. 03002.
14. Rezaev A., Tregubova N. Vzaimozavisimost' «chelovek-mashina» za predelami iskusstvennogo intellekta: sluchaj bitkojna // Sociologicheskoe obozrenie. – 2023. – Т. 22. – №. 3. – S. 263-286.
15. Smirnov A. V. et al. Collaborative Decision Support Systems Based on Neuro-Symbolic Artificial Intelligence: Problems and Generalized Conceptual Model // Scientific and Technical Information Processing. – 2023. – Т. 50. – №. 6. – S. 635-645.
16. Petukhov I. et al. Analysis of factors influencing the performance of cadets trained to operate logging machinery // Journal of Applied Engineering Science. – 2023. – Т. 21. – №. 4. – S. 1132-1138.

Received – 13 September 2024

Accepted for publication – 02 December 2024