УДК 338 DOI: https://doi.org/10.24412/2079-7958-2025-1-130-148

Экономико-статистическое исследование влияния цифровизации на инновационную активность организаций промышленности Союзного государства

Г. А. Яшева, Ю. Г. Вайлунова, Е. Ю. Вардомацкая, О. М. Шерстнева

Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь

Аннотация. В статье представлены результаты исследования влияния цифровизации на инновационную активность промышленных организаций Республики Беларусь и Российской Федерации. Актуальность исследований обусловлена необходимостью в определении технологий цифровизации, влияющих на инновационную активность организаций и разработки направлений цифровизации промышленных организаций Союзного государства.

Цель исследования – выполнить анализ и оценить степень влияния инструментов цифровизации на инновационную активность организаций промышленности регионов Союзного государства России и Беларуси, разработать направления по использованию инструментов цифровизации в промышленности Союзного государства.

Методы исследования – экономико-статистические методы: корреляционно-регрессионный анализ.

Эмпирическая база – официальная статистика, размещенная на сайте Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации и на сайте Национального статистического комитета Республики Беларусь. По результатам проведенного корреляционно-регрессионного анализа выявлено, что существует зависимость между элементами цифровизации и результирующими показателями инновационной деятельности. Наиболее важными элементами цифровизации являются цифровые платформы и искусственный интеллект. Разработаны рекомендации по использованию инструментов цифровизации в организациях промышленности Союзного государства: цифровых промышленных платформ, искусственного интеллекта, промышленного Интернета Вещей.

Научная новизна исследований состоит в получении эмпирической оценки степени влияния направлений цифровизации на инновационную активность промышленных организаций регионов Российской Федерации и Республики Беларусь, а также в обосновании инструментов цифровизации, которые оказывают наибольшее влияние на инновационную активность промышленных организаций. Практическая значимость заключается в разработке стратегии инновационного развития организации, а также дорожной карты по цифровой трансформации промышленных организаций Союзного государства.

Ключевые слова: цифровизация, инновационная активность, цифровые платформы, искусственный интеллект, организации промышленности, инструменты цифровизации.

Информация о статье: поступила 10 февраля 2025 года.

Economic and statistical study of the impact of digitalization on innovation activity of industrial organizations of the Union State

Galina A. Yasheva, Yulia G. Vailunova, Elena Yu. Vardomatskaya, Olga M. Sherstneva

Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus

Abstract. The article presents the results of a study on the impact of digitalization on the innovation activity of industrial organizations in the Republic of Belarus and the Russian Federation. The relevance of the research is due to the need to identify digitalization technologies that affect the innovation activity of organizations and establish digitalization strategies for industrial organizations within the Union State.

The objective of the study is to analyze and assess the degree of influence of digitalization tools on the innovation activity in industrial organizations across the Union State regions of Russia and Belarus, as well as to propose strategies for their application in the industrial sector of the Union State.

Research methods include economic and statistical methods, specifically correlation and regression analysis.
The empirical data were sourced from the official websites of the Federal State Statistics Service of the Russian Federation and the National Statistical Committee of the Republic of Belarus. Correlation and regression analysis revealed statistically significant relationships between digitalization elements of and key innovation performance indicators. The most significant elements are digital platforms and artificial intelligence. Recommendations propose the adoption of specific digitalization tools in Union State industrial organizations including digital industrial platforms, artificial intelligence, and the Industrial Internet of Things.
The scientific novelty of the research lies in the empirical qualification of digitalization's impact on innovation activity across regions of the Russian Federation and Belarus, as well as in identifying the most impactful digitalization tools. The practical significance involves the creation of an innovative development strategy and a digital transformation roadmap for Union State industrial organizations.
Keywords: digitalization, innovative activity, digital platforms, artificial intelligence, industrial organizations, digitalization tools.
Article info: received February 10, 2025.

Введение

Республика Беларусь и Российская Федерация являются государствами – участниками Договора о создании Союзного государства от 8 декабря 1999 года. В соответствии с договором Республика Беларусь и Российская Федерация поставили перед собой ряд важных ориентиров, один из которых – создание единого экономического пространства. В соответствии с этим договором унифицируется законодательство, регулирующие экономические процессы. В этой связи можно говорить о схожести экономик наших стран.

Все большее значение для обеспечения устойчивого развития и поддержания конкурентоспособности промышленности Союзного государства Беларуси и России приобретает внедрение инноваций и расширение применения цифровых технологий.

Так в документе «Основные направления реализации положений договора о создании Союзного государства на 2024–2026 годы» (утверждены Декретом Высшего Государственного Совета Союзного государства от 29 января 2024 г. № 2) обозначены следующие направления по формированию общего информационного пространства Союзного государства:

– п. 8.6 «Выработка предложений по использованию технологий искусственного интеллекта в сферах здравоохранения, промышленности, торговли и др.»;

– п. 8.7. «Реализация совместных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в целях создания эксклюзивных на межгосударственном уровне ИКТ – решений и технологий, а также проработка вопроса создания совместных белорусско-российских производств высокотехнологичной продукции (серверного, телекоммуникационного, включая организацию производства 4G и 5G оборудования и иного оборудования)»[1].

Развитие промышленности в значительной степени определяет основные экономические тенденции в экономике Республики Беларусь и Российской Федерации. Промышленный комплекс формирует:

– более четверти ВВП (в Республике Беларусь в 2023 году – 27,5 %[2], в Российской Федерации – 30,65 %);

– промышленность формирует практически весь белорусский экспорт товаров, по итогам 2023 г. доля продукции промышленных предприятий Республики Беларусь в общем объеме экспорта товаров составила 94,1 %[3];

– обеспечивает рабочими местами четверть экономически активного населения (доля занятого населения в промышленности в 2023 году – 24,0 % в Республике Беларусь, в Российской Федерации – 19,27 %)[4].

[1] Основные направления реализации положений договора о создании Союзного государства на 2024–2026 годы (Декрет Высшего Государственного Совета Союзного государства от 29 января 2024 г. № 2).
[2] Беларусь в цифрах. Статистический справочник [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/da3/7qqxxqqydg25c4gzuq0emqtzx4lbdqcg.pdf. – Дата доступа: 10.02.2025.
[3] Какая сфера обеспечивает почти всю промышленность Беларуси [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ibmedia.by/news/za-schet-chego-derzhitsya-belorusskaya-promyshlennost/. – Дата доступа: 10.02.2025.
[4] О рынке труда в Евразийском экономическом союзе 2023 год [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://eec.eaeunion.org/upload/files/dep_stat/econstat/statpub/labourmarket_2023.pdf. – Дата доступа: 10.02.2025.

В ряде государственных программ, указов и законов в Республике Беларусь нашло отражение развитие:

– цифровизации: Закон Республики Беларусь «Об информации, информатизации и защите информации» (от 10 ноября 2008 г. № 455-З); Указ Президента Республики Беларусь «О некоторых вопросах информатизации» (от 2 декабря 2013 г. № 531); Декрет Президента Республики Беларусь «О развитии цифровой экономики» (от 21 декабря 2017 г. № 8); Постановление правительства о мерах по реализации Указа Президента Республики Беларусь «Об органе государственного управления в сфере цифрового развития и вопросах информатизации» (от 21 апреля 2023 г. № 280); Государственная программа «Цифровое развитие Беларуси» на 2021–2025 гг., (утверждена постановлением Совета Министров Республики Беларусь 2 февраля 2021 г. № 66); Программа социально-экономического развития Республики Беларусь на 2021–2025 годы (Указ Президента Республики Беларусь от 29 июля 2021 г. № 292);

– инноваций: Указ Президента Республики Беларусь «О Государственной программе инновационного развития Республики Беларусь на 2021-2025 годы» (от 15 сентября 2021 г. № 348), Указ Президента Республики Беларусь «О приоритетных направлениях научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021–2025 гг.» (от 7 мая 2020 г. № 156); Программа социально-экономического развития Республики Беларусь на 2021–2025 годы (Указ Президента Республики Беларусь от 29 июля 2021 г. № 292).

В частности, Программа социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2025 г. предусматривает рост конкурентоспособности промышленного комплекса за счет задействования принципов концепции «Индустрия 4.0», развития смарт-индустрии в стране. Государственная программа инновационного развития Республики Беларусь на период до 2025 г. также содержит мероприятия, призванные ускорить цифровую трансформацию традиционных секторов экономики республики, а также создать условия для становления наукоемких и высокотехнологичных секторов белорусской экономики, необходимых для обеспечения ее долгосрочного роста на инновационной основе[5].

В Российской Федерации отмечено:

– цифровое развитие в: Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы (Указ Президента Российской Федерации от 9 мая 2017 г. № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы», Программе «Цифровая экономика Российской Федерации» (распоряжение Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р), Указе «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» (Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2024 г. № 309);

– инновационное развитие в: Федеральном законе Российской Федерации от 31.12.2014 № 488-ФЗ «О промышленной политике в Российской Федерации», Указе Президента Российской Федерации от 18.06.2024 № 529 «Об утверждении приоритетных направлений научно-технологического развития и перечня важнейших наукоемких технологий», Указе Президента Российской Федерации от 28.02.2024 № 145 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации», Указе Президента Российской Федерации от 07.05.2024 № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года», Распоряжении Правительства Российской Федерации от 20.05.2023 № 1315-р «Об утверждении Концепции технологического развития на период до 2030 года».

Вопросы цифровизации рассматривались в работах отечественных и зарубежных ученых:

– исследования в области цифровой трансформации – в работах: М. Ачаповской, Л.В. С.Д. Бодрунова, Е.Н. Быковской, Ватлиной, Т.В. Касаевой, Ю.Н. Кафиятуллиной, В.А. Плотникова, Г.П. Харчилава и других;

– изучение факторов, которые влияют на процесс цифровой трансформации промышленности (А. Анчишкина, А.В. Бабкина, А. Гамбардела, В. Кулешова, Е. Макаровой, Б. Тагирова и других);

– вопросы инновационного развития и цифровизации экономики (Богдан Н.И., А. Гамбардела, Е. Макаровой, Касаевой Т.В. и других),

– направления цифровой интеграции – в работах: В.В. Вейбера, Л.М. Давиденко, И.А. Ермаковой, Ю.А. Ковальчук, А.В. Кудинова, С.С. Кузьминых, И.М. Степнова, Н.Г. Маркова, И.А. Толочко, Е.А. Яковлевой и других;

– цифровые инструменты (Big Data, искусственный интеллект, блокчейн, 3D-печать, Интернет вещей, нейросети для технологической интеграции предпри-

[5] Указ Президента Республики Беларусь от 15 сентября 2021 г. № 348 (в ред. Указа Президента Республики Беларусь от 25 октября 2022 г. № 381.

ятий обрабатывающей промышленности) – работы: Е.В. Ванкевич, И.Н. Калиновской, Л.А. Родиной, И.А. Толочко, Е.А. Яковлевой и других.

В то же время, экономико-статистическое исследование влияния инструментов цифровизации на инновационную активность промышленных организаций с целью выбора наиболее эффективных для промышленных организаций инструментов цифровизации не достаточно прослеживается в предыдущих работах.

Цель исследования – выполнить анализ и оценить степень влияния инструментов цифровизации на инновационную активность организаций промышленности регионов Союзного государства России и Беларуси, разработать направления по использованию инструментов цифровизации в промышленности Союзного государства.

Основная гипотеза исследования – степень влияния инструментов цифровизации на инновационную активность организаций промышленности регионов Российской Федерации и Республики Беларусь достаточно высокая. Проверка гипотезы позволит выявить, какие инструменты цифровизации оказывают наибольшее влияние на инновационную активность организаций промышленности и обосновать направления цифровизации промышленности Союзного государства России и Беларуси.

Исходя из цели исследования, сформулированы следующие задачи:

– построить экономико-математические модели, описывающие влияние факторов-аргументов (показатели цифровизации организаций промышленности) на показатели эффекта (показатели инновационной активности организаций промышленности);

– разработать рекомендации по внедрению цифровых инструментов в организациях промышленности Союзного государства России и Беларуси.

Методы и средства исследований

Для оценки результативности процесса цифровизации в организациях промышленности предлагается использовать следующие показатели эффекта.

1. Доля инновационно-активных организаций промышленности в регионе ($Y1$).

2. Удельный вес инновационной продукции организаций промышленности в регионе ($Y2$).

Для обоснования выбора признаков-результатов инновационной активности организаций промышленности Союзного государства построены временные ряды (рисунок 1, 2), позволяющие отследить тенденцию изменения рассматриваемых признаков-результатов во временном периоде доступной официальной статистики.

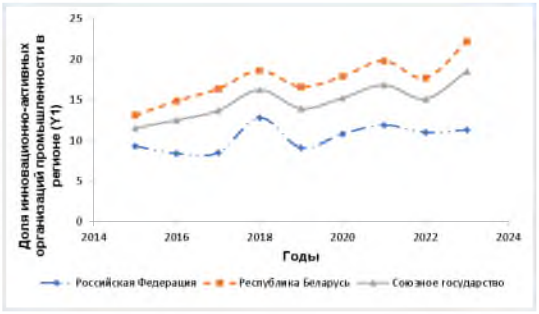

Рисунок 1 – Тенденция изменения доли инновационно-активных организаций промышленности в регионах Российской Федерации, Республики Беларусь и Союзного государства
Figure 1 – Trends of changing the share of innovative industrial organizations across regions of the Russian Federation, the Republic of Belarus and the Union State

Источник: составлено авторами.

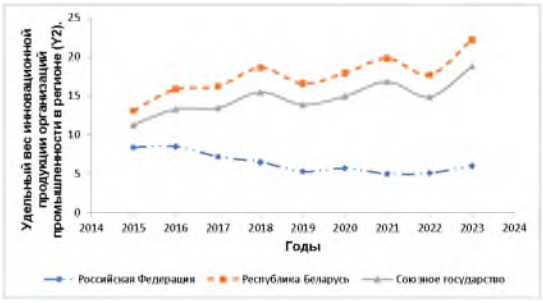

Рисунок 2 – Тенденция изменения удельного веса инновационной продукции организаций промышленности в регионах Российской Федерации, Республики Беларусь и Союзного государства
Figure 2 – Trends of changing the share of innovative products of industrial organizations across regions of the Russian Federation, the Republic of Belarus and the Union State

Источник: составлено авторами.

Приведенные рисунки 1, 2 иллюстрируют положительную динамику инновационной активности организаций промышленности в рассматриваемом периоде. Незначительные спады показателей в 2020–2021 годы объясняются объективными причинами (пандемия Covid, экономические санкции, как следствие – снижение деловой активности).

Ввиду сложности и многогранности процесса цифровизации, его результативность может быть оценена с точки зрения системного подхода, то есть системой показателей. Основным принципом построения системы показателей результативности цифровизации является информационная доступность, которая обеспечивается опубликованными данными государственных статистических наблюдений.

Поэтому в качестве факторов-аргументов были выбраны следующие.

1. Удельный вес организаций промышленности, использовавших широкополосный доступ к сети Интернет (***X1***).

2. Удельный вес организаций промышленности, имеющих веб-сайт (***X2***).

3. Удельный вес организаций промышленности, использовавших технологии искусственного интеллекта (***X3***).

4. Удельный вес организаций промышленности, использовавших цифровые платформы (***X4***).

Значимым элементом Индустрии 4.0 является Интернет вещей. Статистика в Республике Беларусь и Российской Федерации учитывает показатель «Удельный вес организаций, использовавших Интернет вещей» в целом по экономике, не выделяя использование Интернета вещей в промышленности, поэтому включить этот показатель в качестве фактора-аргумента в модели не представляется возможным.

Статистическая база формировалась на основе официальной статистики, размещенной на сайте Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации[6] и на сайте Национального статистического комитета Республики Беларусь[7].

Исследование цифровизации в организациях промышленности Республики Беларусь проводилось на базе статистической информации по регионам: Брестской, Витебской, Гомельской, Гродненской, Минской, Могилевской областей и г. Минску.

В Российской Федерации в качестве данных регионов принята статистическая информация, по федеральным округам: Центральному, Северо-Западному, Южному, Северо-Кавказскому, Приволжскому, Уральскому, Дальневосточному, а также крупным современным научно-промышленным центрам - г. Москва и г. Санкт-Петербург.

Статистическая база формировалась по промышленным организациям в регионах Российской Федерации и Республики Беларусь с учетом указанных выше принципов построения системы показателей результативности цифровизации: информационная доступность (использовали показатели, которые есть в статистических сборниках Республики Беларусь и Российской Федерации); сопоставимость используемых показателей (использовали только те показатели, которые имеются в статистических сборниках обеих стран); однозначность интерпретации (единая методология показателей); учет эффекта цифровизации (единые показатели эффекта в странах Союзного государства Беларуси и России).

Метод исследования – экономико-статистические методы: корреляционно-регрессионный анализ.

Инструментарий исследования – табличный процессор MS Excel.

Период обследования: 2015 г., 2022 г. Выбор периода обследования обусловлен следующими обстоятельствами:

– во-первых, с 2015 года ведутся статистические наблюдения;

– во-вторых, последние актуальные данные по статистике цифровизации и инновационной активности представлены в свободном доступе за 2022 год;

– в-третьих, необходимость исследования динамики показателей и зависимостей.

Задача исследования – построить экономико-математические модели, описывающие влияние факторов-аргументов на показатели эффекта.

Результаты исследований

В ходе исследования влияния цифровизации на инновационную активность организаций промышленности были построены многофакторные регрессионные модели.

Модель 1. Доля инновационно-активных организаций промышленности региона (***Y1***) от факторов-аргументов:

[6] Федеральная служба государственной статистики Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.rosstat.gov.ru/. – Дата доступа: 10.02.2025.

[7] Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.belstat.gov.by/. – Дата доступа: 10.02.2025.

удельный вес организаций промышленности, использовавших широкополосный доступ к сети Интернет (***X1***); удельный вес организаций промышленности, имевших веб-сайт (***X2***); удельный вес организаций промышленности, использовавших технологии искусственного интеллекта (***X3***) и удельный вес организаций, использовавших цифровые платформы (***X4***) (формула 1):

$$Y1 = f(X1, X2, X3, X4). \quad (1)$$

Модель 2. Удельный вес инновационной продукции от факторов-аргументов: удельный вес организаций промышленности, использовавших широкополосный доступ к сети Интернет; удельный вес организаций промышленности, имевших веб-сайт; удельный вес организаций промышленности, использовавших технологии искусственного интеллекта и удельный вес организаций промышленности, использовавших цифровые платформы (формула 2):

$$Y2 = f(X1, X2, X3, X4). \quad (2)$$

Для каждого показателя эффекта процесса цифровизации в организациях промышленности этих регионов были построены корреляционные матрицы исследуемых показателей за соответствующий год и выбраны факторы, которые, с одной стороны, тесно коррелируют с показателем эффекта, а с другой стороны, менее коррелируют между собой (для избежания явления коллинеарности). Затем на основании проведенного корреляционного анализа были рассчитаны экономико-математические регрессионные модели, описывающие влияние выбранных факторов-аргументов на результирующий показатель.

С учетом того, что в официальных базах данных Республики Беларусь за 2015 год не приводится статистическая информация по доле инновационно-активных организаций промышленности региона (***Y1***), оценка влияния цифровизации на инновационную активность организаций промышленности за этот год проводилась на основании статистической информации, представленной в официальных базах данных только Российской Федерации. Поэтому, при построении экономико-математической модели за этот год в качестве факторов–аргументов использованы удельный вес организаций, использовавших широкополосный доступ к сети Интернет (***X1***) и удельный вес организаций, имевших веб-сайт (***X2***).

С целью установления характера и тесноты статистической связи между указанными показателями была рассчитана матрица коэффициентов парной корреля-

Таблица 1 – Матрица коэффициентов парной корреляции $Y1_{РФ2015}$ = f(X1,X2) (по данным организаций промышленности регионов Российской Федерации за 2015 г.)

Table 1 – Matrix of pair correlation coefficients $Y1_{RF2015}$ = f(X1,X2) (according to data from industrial organizations across regions of the Russian Federation for 2015)

Показатели	Доля инновационно-активных промышленных предприятий в стране/регионе, % $Y1_{РФ2015}$	Удельный вес промышленных организаций, использовавших широкополосный доступ к сети Интернет, % ***X1***	Удельный вес промышленных организаций, имеющих веб-сайт, % ***X2***
Доля инновационно-активных предприятий промышленности в стране/регионе, % $Y1_{РФ2015}$	1		
Удельный вес промышленных организаций, использовавших широкополосный доступ к сети Интернет, % ***X1***	0,872085	1	
Удельный вес промышленных организаций, имеющих веб-сайт, % ***X2***	0,946119	**0,364093**	1

Источник: составлено авторами.

ции (таблица 1).

Коэффициенты корреляции между результирующим показателем $Y1_{РФ2015}$ и факторами-аргументами $X1$ и $X2$ достаточно высокие (r_{x1y} = 0,872, r_{x2y} = 0,946), что свидетельствует о сильной статистической связи между рассматриваемыми переменными. Коллинеарности факторов $X1$ и $X2$ не выявлено.

Для оценки влияния значений факторов-аргументов на результирующий показатель была рассчитана двухфакторная регрессионная модель, уравнение которой имеет вид (формула 3):

$$Y1_{РФ2015} = -0{,}217 \cdot x1 + 0{,}424 \cdot x2 + 8{,}049. \quad (3)$$

Адекватность модели была оценена по значению коэффициента детерминации R^2 = 0,966, значимости F-критерия Фишера и значимости коэффициентов уравнения регрессии по t-критерию Стьюдента.

Высокое значение F-критерия Фишера ($F_{расч}$ = 102,43 > $F_{табл}$ = 4,737) свидетельствует об устойчивости модели и неслучайности связи между рассмотренными факторами. Коэффициент детерминации R^2 = 0,966 указывает на то, что изменение результирующего показателя – доли инновационно-активных организаций промышленности в Российской Федерации в 2015 году на 96 % обусловлено изменением входящих в модель факторов-аргументов. Значение t-статистики Стьюдента ($|t_{расч}| > t_{табл}$) подтверждает значимость коэффициентов полученного уравнения регрессии.

Качество модели подтверждается проверкой остатков регрессионной модели на нормальность распределения. Остатки распределены нормально, зависимая переменная с остатками не коррелирована, дисперсия остатков приближается к нулю.

В полученной модели (формула 3) имеет место обратная зависимость показателя «удельный вес организаций промышленности, использовавших широкополосный доступ к сети Интернет» ($-0{,}217 \cdot x1$). Поскольку любая многофакторная модель описывает совокупное влияние факторов-аргументов на результирующий показатель, наличие отрицательных коэффициентов при некоторых переменных не может служить однозначным основанием для вывода о наличии обратной зависимости между признаками-факторами и результатом. Такой вывод можно было бы сделать, если бы в исследовании рассматривались однофакторные модели с обратными зависимостями. Кроме того, наличие обратных связей между факторами-признаками и результирующим показателем может свидетельствовать о наличии скрытых, неявных зависимостей между ними. В данной модели этот факт может свидетельствовать о существующем лаге влияния широкополосного доступа к сети Интернет на инновационную активность промышленных предприятий в 2015 году.

Для более точной оценки влияния каждого из факторов-аргументов на результирующий показатель были рассчитаны однофакторные регрессионные модели, подтверждающие прямую зависимость признака-результата от каждого из факторов-аргументов. Уравнения этих моделей представлены ниже (формулы 4, 5).

$$Y1'_{РФ2015} = 0{,}533 \cdot x1 - 33{,}68. \quad (4)$$

$$Y1''_{РФ2015} = 0{,}319 \cdot x2 - 5{,}11. \quad (5)$$

Адекватность моделей была оценена по значению коэффициентов детерминации R^2 > 0,75, значимости F-критерия Фишера ($F_{расч} > F_{табл}$) и значимости коэффициентов уравнения регрессии по t-критерию Стьюдента ($|t_{расч}| > t_{табл}$).

Таким образом, первые инструменты цифровизации – широкополосный доступ к сети Интернет и вебсайт оказали положительное влияние на инновационную активность промышленных организаций Российской Федерации в 2015 году.

За 2022 год в официальных базах данных Республики Беларусь, в отличие от Российской Федерации, не приводится статистическая информация по использованию в организациях промышленности технологий искусственного интеллекта. Поэтому для построения экономико-математической модели за этот период в качестве факторов–аргументов использованы только три фактора, данные по которым представлены в статистических базах данных: удельный вес организаций, использовавших широкополосный доступ к сети Интернет ($X1$), удельный вес организаций, имевших веб-сайт ($X2$) и удельный вес организаций, использовавших цифровые платформы ($X4$).

Результаты корреляционного анализа для выявления зависимости доли инновационно-активных организаций промышленности в регионах Союзного государства Беларуси и России) за 2022 год представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Матрица коэффициентов парной корреляции $Y1_{2022РФ_РБ}$ = f(X1,X2,X4) (по данным регионов Российской Федерации и Республики Беларусь за 2022 г.)

Table 2 – Matrix of pair correlation coefficients $Y1_{2022RF\ RB}$ = f(X1,X2,X4) (based on data from regions of the Russian Federation and the Republic of Belarus for 2022)

Показатели	Доля инновационно-активных промышленных предприятий в регионе, % $Y1_{2022РФ_РБ}$	Удельный вес промышленных организаций, использовавших широкополосный доступ к сети Интернет, % $X1$	Удельный вес промышленных организаций, имеющих веб-сайт, % $X2$	Удельный вес промышленных организаций, использовавших цифровые платформы, % $X4$
Доля инновационно-активных промышленных предприятий в регионе, % $Y1_{2022РФ_РБ}$	1			
Удельный вес промышленных организаций, использовавших широкополосный доступ к сети Интернет, % $X1$	0,6906	1		
Удельный вес промышленных организаций, имеющих веб-сайт % $X2$	-0,6888	0,9516	1	
Удельный вес промышленных организаций, использовавших цифровые платформы, % $X4$	0,716	0,2870	0,3941	1

Источник: составлено авторами.

По результатам корреляционного анализа можно сделать вывод, что между результирующим показателем $Y1_{2022РФ_РБ}$ и факторами-аргументами $X1$, $X2$ и $X4$ существует средняя (умеренная) сила связи (r_{x1y1} = 0,69, r_{y1x2} = -0,6888, r_{y1x4} = 0,716).

Вместе с тем, корреляционный анализ выявил наличие коллинеарности факторов $X1$ и $X2$ (r_{x1x2} = 0,9516), что может свидетельствовать о наличии функциональной зависимости между ними, при которой определить вклад каждой из объясняющих переменных в изменчивость зависимой переменной практически невозможно. Для устранения данной зависимости, один из факторов, должен быть исключен из модели, иначе возникнут определенные проблемы при ее построении и оценке адекватности. Поскольку r_{x2x4} = 0,3941 > r_{x1x4} = 0,287, из модели следует исключить фактор $X2$, так как он сильнее коррелирует с фактором $X4$. Таким образом, регрессионная модель 2023 года сводится к двухфакторной модели и представляет собой зависимость $Y1_{2022РФ_РБ} = f(X1, X4)$.

Уравнение двухфакторной регрессионной модели, рассчитанной по результатам корреляционного анализа, имеет вид (формула 6):

$$Y1_{2022РФ_РБ} = -0{,}205 \cdot x1 + 0{,}107 \cdot x4 + 20{,}01. \quad (6)$$

Полученная модель (формула 6) статистически значима. Адекватность модели оценена по значению коэффициента детерминации R, F-критерию Фишера и значимости коэффициентов уравнения регрессии по t-критерию Стьюдента.

Коэффициент детерминации R^2 = 0,531 указывает на то, что изменение результирующего показателя – доли инновационно-активных организаций промышленности в регионах Российской Федерации и Республики Беларусь в 2022 году на 53 % обусловлено изменением

входящих в модель факторов-аргументов. Значение F-критерия Фишера ($F_{расч}$ =7,934 > $F_{табл}$ = 3,738) свидетельствует об устойчивости модели и неслучайности связи между рассмотренными факторами. Значение t-статистики Стьюдента ($|t_{расч}| > t_{табл}$) подтверждает значимость коэффициентов полученного уравнения регрессии и позволяет оценить влияние каждого фактора на значение показателя эффекта. Остатки регрессионной модели распределены нормально, зависимая переменная с остатками не коррелирована.

В модели (формула 6) также наблюдается отрицательная зависимость влияния широкополосного доступа к сети Интернет ($-0,205 \cdot x1$) на инновационную активность организаций промышленности. Статистическая база сформирована по данным за 2023 год, поэтому влияние лага можно исключить. Причина наличия такой зависимости может заключаться в невысокой значимости рассматриваемого фактора в технологических инновациях.

Результаты исследования по модели 2 (формула 2). Зависимость удельного веса инновационной продукции от факторов-аргументов: удельный вес организаций промышленности, использовавших широкополосный доступ к сети Интернет, удельный вес организаций промышленности, имевших веб-сайт, удельный вес организаций промышленности, использовавших технологии искусственного интеллекта и удельный вес организаций, использовавших цифровые платформы.

В официальных базах данных Республики Беларусь за 2015 год не приводится статистическая информация по количеству или удельному весу организаций, использовавших технологии искусственного интеллекта и удельному весу организаций, использовавших цифровые платформы. Поэтому для оценки влияния цифровизации в организациях промышленности регионов Союзного государства на показатели удельного веса инновационной продукции за этот год качестве факторов-аргументов использованы следующие: удельный вес организаций, использовавших широкополосный доступ к сети Интернет ($X1$) и удельный вес организаций, имевших веб-сайт ($X2$).

$$Y2_{2015РФ_РБ} = f(X1,X2). \quad (7)$$

Результаты корреляционного анализа для выявления зависимости между этими показателями представлены в таблице 3.

Проведенный корреляционный анализ показал, что между уровнем удельного веса инновационной продукции ($Y2$), с одной стороны и удельным весом организаций промышленности, использовавших широкополосный доступ к сети Интернет ($X1$), а также удельным

Таблица 3 – Матрица коэффициентов парной корреляции $Y2_{2015РФ_РБ}$ = f(X1,X2) (по данным Российской Федерации и Республики Беларусь за 2015 г.)

Table 3 – Matrix of pair correlation coefficients $Y2_{2015RF_RB}$ = f(X1,X2) (according to data from the Russian Federation and the Republic of Belarus for 2015)

Показатели	Удельный вес инновационной продукции, % $Y2$	Удельный вес промышленных организаций, использовавших широкополосный доступ к сети Интернет,% $X1$	Удельный вес промышленных организаций, имеющих веб-сайт, % $X2$
Удельный вес инновационной продукции, % $Y2$	1		
Удельный вес промышленных организаций, использовавших широкополосный доступ к сети Интернет, % $X1$	0,2768	1	
Удельный вес промышленных организаций, имеющих веб-сайт, $X2$	0,2585	0,8781	1

Источник: составлено авторами.

весом организаций промышленности, имевших веб-сайт ($X2$) с другой стороны, в 2015 году прослеживается слабая прямая статистическая зависимость (r_{y2x1} = 0,2768, r_{y2x2} = 0,2585). Теснота этой связи является недостаточной для построения адекватных регрессионных моделей для анализа и прогнозирования уровня удельного веса инновационной продукции в организациях промышленности регионов Союзного государства.

С экономической точки зрения полученный результат подтверждает вывод о том, что в 2015 году влияние инструментов цифровизации на инновационную активность промышленных организаций было минимальным, т. к. отдачи от цифровизации еще не прослеживалось.

Для анализа исходных данных и построения регрессионной модели № 2 за 2022 год в качестве факторов-аргументов выбраны те же, что и для расчета регрессионной модели № 1 за 2022 год.

Результаты корреляционного анализа для выявления зависимости между уровнем удельного веса инновационной продукции организаций промышленности в регионах Союзного государства ($Y2$), с одной стороны, и удельным весом организаций, использовавших широкополосный доступ к сети Интернет ($X1$), удельным весом организаций, имевших веб-сайт ($X2$), удельным весом организаций, использовавших цифровые платформы ($X4$), с другой стороны, представлены в таблице 4. Поскольку в официальных базах данных Республики Беларусь за 2022 год, в отличие от Российской Федерации, не приводится статистическая информация по использованию в организациях промышленности технологий искусственного интеллекта, фактор $X3$ учесть при построении этой модели невозможно, хотя полностью исключать его влияние на уровень цифровизации статистически некорректно.

Таблица 4 – Матрица коэффициентов парной корреляции $Y2_{2022РФ_РБ}$ = f(X1,X2,X4) (по данным регионов Российской Федерации и Республики Беларусь за 2022 г.)

Table 4 – Matrix of pair correlation coefficients $Y2_{2022RF_RB}$ = f(X1,X2,X4) (based on data from regions of the Russian Federation and the Republic of Belarus for 2022)

Показатели	Удельный вес инновационной продукции, % $Y2$	Удельный вес промышленных организаций, использовавших широкополосный доступ к сети Интернет, % $X1$	Удельный вес промышленных организаций, имеющих веб-сайт, % $X2$	Удельный вес промышленных организаций, использовавших цифровые платформы, % $X4$
Удельный вес инновационной продукции, % $Y2$	1			
Удельный вес промышленных организаций, использовавших широкополосный доступ к сети Интернет, % $X1$	0,6927	1		
Удельный вес промышленных организаций, имеющих веб-сайт, % $X2$	0,6637	0,2951	1	
Удельный вес промышленных организаций, использовавших цифровые платформы, % $X4$	0,6872	0,2870	0,3118	1

Источник: составлено авторами.

По результатам корреляционного анализа можно сделать вывод, что между результирующим показателем Y и факторами-аргументами $X1$, $X2$ и $X4$ существует умеренная сила связи, что подтверждается значениями коэффициентов корреляции (r_{x1y} = 0,6927, r_{x2y} = 0,6637, r_{x4y} = 0,6872). Наличия коллинеарности факторов-аргументов не выявлено, поэтому все они могут быть использованы для построения регрессионной модели.

Для оценки влияния значений факторов-аргументов на результирующий показатель была рассчитана трехфакторная регрессионная модель, уравнение которой имеет вид (формула 8):

$$Y2_{2022} = 0,67 \cdot x1 - 0,71 \cdot x2 + 1,12 \cdot x4 - 27,84. \quad (8)$$

Модель отвечает условиям адекватности: коэффициент детерминации R^2 = 0,531 указывает на то, что изменение результирующего показателя – доли инновационно-активных организаций промышленности в регионах Российской Федерации и Республики Беларусь в 2022 году на 53 % обусловлено изменением входящих в модель факторов-аргументов. Значение F-критерия Фишера ($F_{расч}$ = 5,049 > $F_{табл}$ = 3,41) свидетельствует об устойчивости модели и неслучайности связи между рассмотренными факторами. Значение t-статистики Стьюдента ($|t_{расч}| > t_{табл}$) подтверждает значимость коэффициентов полученного уравнения регрессии и позволяет оценить влияние каждого фактора на значение показателя эффекта.

В то же время в модели (формула 8) наблюдается отрицательная зависимость между фактором «удельный вес организаций промышленности, имевших веб-сайт» ($-0,71 \cdot x2$ и результирующим показателем). Это может объясняться его несущественной значимостью для технологических инноваций в рассматриваемом периоде.

Наиболее значимым фактором оказался «Удельный вес организаций, использовавших цифровые платформы» (коэффициент при $X4$ = 1,12).

Исходя из проведенного исследования влияния цифровизации на инновационную активность организаций промышленности, построенные выше многофакторные регрессионные модели демонстрируют отрицательные коэффициенты при отдельных факторах-аргументах. Отрицательные коэффициенты в многофакторных моделях являются результатом мультиколлинеарности и не означают фактического отрицательного влияния инструментов цифровизации на инновационную активность организаций промышленности.

Мультиколлинеарность возникает, когда между независимыми переменными в модели существует сильная корреляция. В анализируемых данных выявлена высокая корреляция между переменными: $X1$ (удельный вес организаций, использовавших широкополосный доступ к сети Интернет) и $X2$ (удельный вес организаций, имевших веб-сайт), коэффициент корреляции составляет r = 0,9516.

Такая высокая корреляция приводит к следующим проблемам: нестабильность оценок коэффициентов регрессии; большие стандартные ошибки коэффициентов; возможное изменение знака коэффициентов (появление отрицательных значений); сложность в интерпретации индивидуального вклада переменных. В соответствии с поставленной в статье целью – оценить степень влияния инструментов цифровизации на инновационную активность организаций промышленности регионов Союзного государства, для понимания истинного направления влияния факторов были построены однофакторные модели, результаты которых представлены ниже.

Для более точной оценки влияния каждого из факторов-аргументов на результирующий показатель – «Удельный вес инновационной продукции, %» были рассчитаны однофакторные регрессионные модели, подтверждающие прямую зависимость признака-результата от каждого из факторов-аргументов. Уравнения этих моделей представлены ниже (формулы 9, 10, 11).

$$Y2'_{2022} = 0,545 \cdot x1 - 33,348. \quad (9)$$

$$Y2''_{2022} = 0,565 \cdot x2 - 20,471. \quad (10)$$

$$Y2'''_{2022} = 1,042 \cdot x4 - 11,68. \quad (11)$$

Адекватность моделей была оценена по значению коэффициентов детерминации R^2 > 0,75, значимости F-критерия Фишера ($F_{расч} > F_{табл}$) и значимости коэффициентов уравнения регрессии по t-критерию Стьюдента ($|t_{расч}| > t_{табл}$).

Во всех однофакторных моделях коэффициенты при факторах-аргументах положительные, что подтверждает положительное влияние каждого инструмента цифровизации на инновационную активность организаций промышленности. Причем, степень влияния факторов цифровизации – удельный вес организаций, использо-

вавших широкополосный доступ к сети Интернет ($X1$), удельный вес организаций, использовавших широкополосный доступ к сети Интернет ($X1$) возросла в 2022 году по сравнению с 2015 годом.

Процесс цифровизации в организациях промышленности регионов Союзного государства России и Беларуси в 2022 году по показателю эффекта «уровень удельного веса инновационной продукции, %» ($Y2$) можно проследить с помощью графика значений результирующего показателя $Y2_{2022РФ\ и\ РБ}$ (рисунок 3).

Как видно из рисунка 3, смоделированные значения удельного веса инновационной продукции по регионам Республики Беларусь (Витебская, Гомельская область и г. Минск) и по Российскому региону (Приволжский федеральный округ) ниже фактических значений. Наличие таких выбросов является объективным фактом и означает, что в этих регионах инновационная активность выше средних значений, и они имеют запас прочности. Для оценки влияния выбросов на качество модели проведена проверка остатков регрессионной модели на нормальность распределения. По результатам проверки можно сделать вывод, что остатки распределены нормально, не коррелируют с зависимой переменной, наблюдаемые выбросы не оказывают существенного влияния на качество регрессионной модели и, следовательно, на значение результирующего показателя.

Искусственный интеллект является инструментом нового поколения цифровых технологий. Решения на основе искусственного интеллекта дают возможность автоматизировать рутинные задачи, развивать новые форматы работы, внедрять инновационные бизнес-модели, осваивать новые рыночные ниши, то есть способствуют инновациям.

Статистика по показателю «Удельный вес организаций промышленности, использовавших технологии искусственного интеллекта» имеется только по Российской Федерации за 2022 год. Проведем исследование влияния искусственного интеллекта ($X3$) на инновационность организаций промышленности $Y2$ (формула 12).

$$Y2'_{ии} = f(X3). \qquad (12)$$

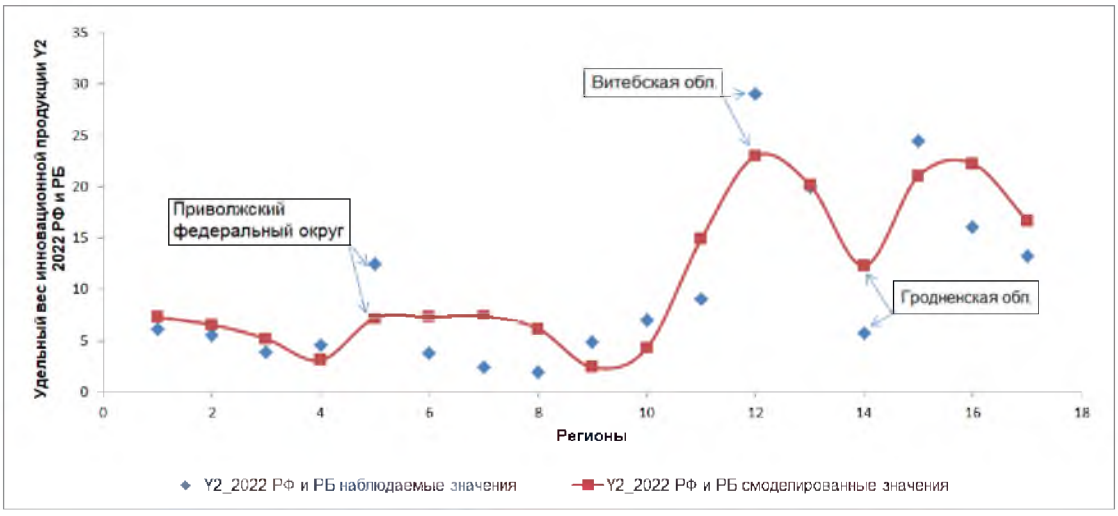

Рисунок 3 – График наблюдаемых и смоделированных значений доли инновационной продукции организаций промышленности регионов Союзного государства России и Беларуси за 2022 г.
Figure 3 – Graph of observed and simulated values of the share of innovative products of industrial organizations across regions of the Union State of Russia and Belarus for 2022

Источник: составлено авторами.

Проведенный корреляционный анализ показал, что между уровнем удельного веса инновационной продукции ($Y2$), с одной стороны и удельным весом организаций промышленности регионов Российской Федерации, использовавших технологии искусственного интеллекта ($X3$) прослеживается прямая статистическая зависимость: коэффициент корреляции r_{x3y2} = 0,55, что свидетельствует о средней (умеренной) силе связи между этими показателями. Уравнение регрессионной модели, рассчитанной по результатам корреляционного анализа, имеет вид (формула 13):

$$Y2'_{ии_2022_РФ} = 1{,}165 \cdot x3 - 0{,}589. \quad (13)$$

Адекватность рассчитанной модели была оценена по значению коэффициента детерминации R^2 = 0,82, значимости F-критерия Фишера ($F_{расч}$ = 42,28 > $F_{табл}$ = = 5,31) и значимости коэффициентов уравнения регрессии по t-критерию Стьюдента ($|t_{расч}| > t_{табл}$).

Графическая интерпретация результатов моделирования представлена на рисунке 4.

Значительную часть явления различия между наблюдаемыми и смоделированными значениями показателя эффекта – удельного веса организаций промышленности, использовавших технологии искусственного интеллекта, можно отнести на счет гипотезы о том, что в высокоразвитых регионах (Приволжский федеральный округ, г. Санкт-Петербург) технологии искусственного интеллекта в организациях промышленности используются более широко, и наоборот.

Анализ полученных результатов

Таким образом, общий вывод по результатам выше приведенного исследования.

1. Зависимость между инструментами цифровизации и результирующим показателем инноваций – существует.

2. Все инструменты цифровизации (широкополосный доступ к интернету, наличие веб-сайта, использование цифровых платформ и искусственного интеллекта) оказывают положительное влияние на инновационную активность организаций промышленности. Однако, наиболее сильное влияние оказывают цифровые платформы ($X4$) и искусственный интеллект ($X3$).

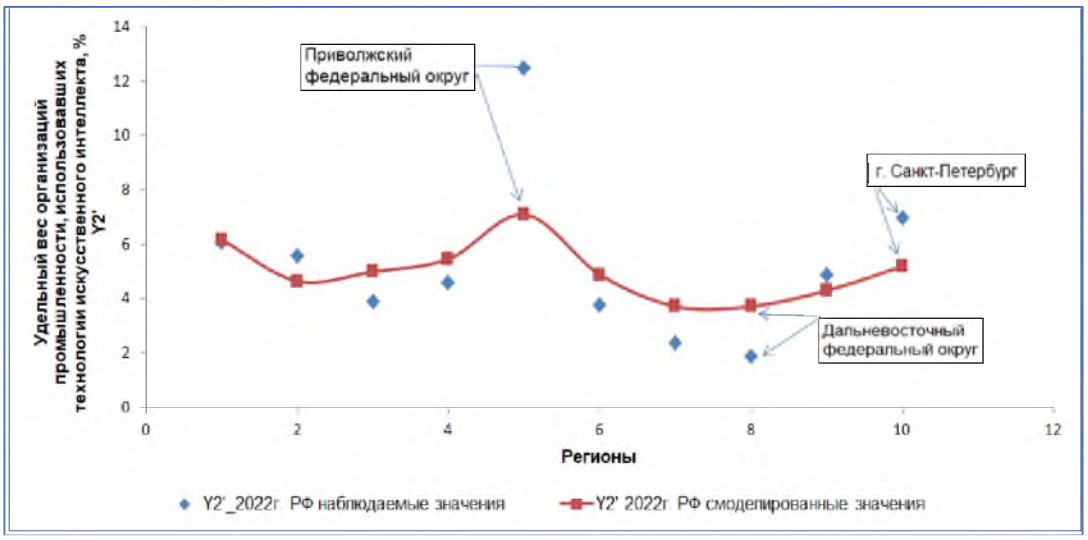

Рисунок 4 – График наблюдаемых и смоделированных значений доли инновационной продукции организаций промышленности регионов Российской Федерации за 2022 г.

Figure 4 – Graph of observed and simulated values of the share of innovative products of industrial organizations across regions of the Russian Federation for 2022

Источник: составлено авторами.

На основе проведенного исследования предлагаются следующие рекомендации по внедрению цифровых инструментов в промышленных организациях.

1 – Создание и внедрение цифровых промышленных платформ.

Цифровые платформы как инструмент цифровизации рассмотрены в работах Алексеевой Е. А.; Ванкевич Е. В., Касаевой Т. В., Калиновской И. Н.; Гелисханова И. З.; Юдиной Т. Н.; Диксон Д., Бабкина А. В. Месропяна В. З., Чуркиной Н.С., Степаненко Д.А.; Drayton B.; Evans P.; Botsman R; Li L., Su F., Zhang W. and Mao J. Y. (Алексеева Е.А., 2024; Касаева Т.В., 2024; Калиновская И.Н., 2022; Диксон Д., 2017; Drayton B., 2010; Botsman R., 2010; Evans P., 2016; Li L., Su F., Zhang W. and Mao J. Y. 2018).

Промышленная цифровая платформа определяется как технологическая архитектура и данные, на которых фокусная фирма организует взаимодействие разнообразных взаимозависимых акторов, действий и интерфейсов для создания, доставки и получения ценности (Попов Е.В., Симонова В.Л. и Зырянов А.С., 2024).

Цифровые промышленные платформы соединяют технологические строительные блоки и промышленные приложения. Такие платформы создают взаимодействие и не только экономят на бизнес-издержках, связанных с транзакциями, но и дополнительно обеспечивают новые (цифровые) услуги и бизнес-модели.

Цифровая платформа в промышленности обычно организована вокруг центральной фирмы, которая владеет или спонсирует ее. Универсального подхода к разработке промышленной цифровой платформы не существует, но ключевым шагом является инвестиция в технологию ядра платформы. Спонсоры платформ постепенно развивают архитектуру и наращивают возможности сбора данных о продуктах. Затем они фокусируются на использовании аналитики, так как усовершенствованные датчики обеспечивают более качественные и разнообразные данные. Это позволяет агрегировать данные, сопоставлять различные наборы и находить закономерности.

Цифровая платформа способствует инновациям. Это проявляется в следующих возможностях:

– цифровая платформа включают цифровые модули, которые являются программируемыми и отслеживаемыми, что позволяет собирать данные и предоставлять новые функции, такие как мониторинг или визуализация, что способствует разработке новых продуктов;

– партнерства в цепочке создания стоимости позволяют эффективно предоставлять услуги мониторинга, которые создают ценность за счет более глубокого анализа данных;

– экосистема цепочки поставок расширяет функциональность платформы через анализ данных и укрепляет партнерства с клиентами и поставщиками. Это позволяет изучать большие объемы данных, учитывать потребности клиентов в разработке новых продуктов.

2 – Внедрение искусственного интеллекта.

Искусственный интеллект в бизнесе рассматривается в работах следующих ученых: Ванкевич Е. В., Калиновская И. Н.; Jabbour, C.J.C., Schallmo, D., Williams, C. and Boardman, L.; Carayannis, E. G., Del Giudice, M. and Soto-Acosta, P. (Vankevich, A. and Kalinouskaya I., 2020; Jabbour, C.J.C., 2019; Schallmo, D., Williams, C. and Boardman, L. (2017); Carayannis, E.G., Del Giudice, M. and Soto-Acosta, P., 2018).

Искусственный интеллект представляет собой интеллектуальные системы, которые способны анализировать информацию, делать прогнозы, находить возможности для оптимизации и принимать решения самостоятельно.

Внедрение искусственного интеллекта в компаниях значительно повышает их эффективность, конкурентоспособность, развивает отраслевые рынки, стимулирует создание новых технологий, повышает качество продукции и увеличивает объем производства.

Искусственный интеллект трансформирует бизнес-операции и процессы, автоматизируя рутинные задачи, извлекая информацию из наборов данных и улучшая качество обслуживания клиентов. Согласно отчету Deloitte, 58 % сотрудников считают, что рост инноваций является одним из важнейших преимуществ искусственного интеллекта[8]. В отчете исследовательского института Capgemini показано, что 51 % ведущих европейских производителей внедрили по крайней мере один вариант использования искусственного интеллекта[9].

[8] Harvard business school available (2024), available at: https://online-hbs-edu.translate.goog/blog/post/ai-innovation?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=ru&_x_tr_hl=ru&_x_tr_pto=rq (accesed: 19 September 2024).

[9] Europe is leading AI in manufacturing operations adoption (2019), available at: https://www-capgemini-com.translate.goog/gb-en/news/press-releases/europe-is-leading-ai-in-manufacturing-operations-adoption/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=ru&_x_tr_hl=ru&_x_tr_pto=rq (accesed: 20 December 2024).

Преимущества искусственного интеллекта следующие[5]: четкая бизнес-ценность, относительная простота внедрения, доступность данных и навыки искусственного интеллекта.

Таким образом, для промышленных организаций Республики Беларусь возможны следующие направления применения искусственного интеллекта:

– контроль качества продукции;

– интеллектуальное обслуживание и планирование спроса;

– обнаружение признаков сбоев робототехники[10].

3 – Внедрение индустриального (часто промышленного) Интернета Вещей (Industrial Internet of Things, IIoT).

Директор ИНФО определяет Промышленный интернет вещей (IIoT, англ. Industrial Internet of Things) как «концепцию построения инфокоммуникационных структур, подразумевающую подключение к сети Интернет любых не бытовых устройств, оборудования, датчиков, сенсоров, автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП), а также интеграцию данных элементов между собой, что приводит к формированию новых бизнес-моделей при создании товаров и услуг, а также их доставке потребителем»[11].

Применение Интернета вещей в промышленности создаёт новые возможности для развития производства и решает ряд важнейших задач: повышение производительности оборудования, снижение материальных и энергетических затрат, повышение качества, оптимизация и улучшение условий труда сотрудников компании, рост рентабельности производства и конкурентоспособности на мировом рынке (Hugh Boyes, Roy Isbell and Tim Watson, 2018).

Основными принципами промышленного Интернета Вещей являются: внедрение сетевого взаимодействия между машинами (M2M); снижение человеческого фактора; разнообразие технологий обмена данными; передача функции управления и принятия решений интеллектуальным системам (Анищенко М.В., 2018).

Промышленный Интернет Вещей является инновацией в маркетинге и сбыте. Вместе с тем, промышленный Интернет вещей, это более широкое направление цифровизации. Он может применяться для решения следующих задач: автоматизация процесса учета энергоресурсов на предприятии; мониторинг работы технологического оборудования и станков, учет рабочих часов и уменьшение простоев; построение охранно-пожарных систем и обеспечение безопасности на предприятии; оптимизирование процессов логистики; удаленное отслеживание параметров окружающей среды; мониторинг условий хранения продукции, учет и пополнение складских запасов (Анищенко М.В., 2018).

Выводы

В соответствии с поставленной целью – выполнить анализ и оценить степень влияния инструментов цифровизации на инновационную активность организаций промышленности регионов Союзного государства, проведенный корреляционно-регрессионный анализ позволил выявить инструменты цифровизации, которые оказывают наибольшее влияние на инновационную активность промышленных организаций. Результаты исследования показали, что существует зависимость между элементами цифровизации и результирующим показателем инноваций. Причем, степень влияния факторов цифровизации – удельный вес организаций, использовавших широкополосный доступ к сети Интернет (***X1***) возросла в 2022 году по сравнению с 2015 годом. Наибольшее влияние на уровень инновационности оказали цифровые промышленные платформы, искусственный интеллект.

Обоснованные инструменты цифровизации (цифровые промышленные платформы, искусственный интеллект, промышленный Интернет Вещей) позволят повысить инновационную активность промышленных организаций Союзного государства России и Беларуси.

Прогноз экономического эффекта цифровизации по построенным моделям не ставился в данной статье, это задача отдельного изучения, которое уже проводится некоторыми учеными и консалтинговыми агентствами. По результатам исследования консалтингового агентства «Deloitte», организации с более высокой цифровой зрелостью имеют рост выручки на 45 % по сравнению с 15 % у организаций с более низким показателем цифровизации (Gurumurthy R., 2022). Из отчета консалтинговой компании «PTC», 40 % руководителей организаций считают главным преимуществом цифровой трансформации операционную эффективность, тогда как 36 % заявили, что цифровые технологии уско-

[10] Developing sustainable Gen AI / Report from the Capgemini Research Institute (2023), available at: https://online-hbs-edu.translate.goog/blog/post/ai-innovation?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=ru&_x_tr_ hl= ru&_x_tr_pto=rq (accesed: 30 September 2024).

[11] Исследование рынка IoT и M2M в России и мире (2017), режим доступа: http://www.directinfo.net/index.php?option=com_content&view=article&id=162%3A2010-07-06-13-57-09&catid=1%3A2008-11-27-09-05-45&Itemid=89&lang=ru (accesed: 10 September 2024).

рили выход на внешний рынок[12]. Основываясь на этих результатах, можно утверждать, что внедрение таких инструментов цифровизации как цифровая платформа, искусственный интеллект, Промышленный Интернет Вещей позволят промышленным организациям Союзного государства увеличить выручку, экспорт продукции, что будет способствовать повышению их эффективности и конкурентоспособности.

[12] White N. 14 Digital Transformation Statistics & Why They Matter to the Enterprise available at: https://www.ptc.com/en/blogs/corporate/digital-transformation-statistics.(accesed: 10 September 2024).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Анищенко, М.В. (2018). Промышленный Интернет вещей (IIoT): опыт внедрений. [Online], URL: http://webinar.plcsystems.ru/events/iiot/20190926/iiot_solutions_plcsystems.pdf, (дата обращения: 24.12.2024).

Ачаповская, М. (2019). Цифровизация экономики как драйвер инновационного развития. *Банкаускі веснік.* № 1, с. 52–58.

Бодрунов, С.Д. (2022). Технологический прогресс: предпосылки и результат социогуманитарной ориентации экономического развития. *Экономическое возрождение России.* № 1 (71), с. 5–13.

Быковская, Е.Н., Харчилава, Г.П. и Кафиятуллина, Ю.Н. (2018). Современные тенденции цифровизации инновационного процесса. *Управление.* № 6(1), с. 38–43. DOI:10.26425/2309-3633-2018-1-38-43.

Ватлина, Л.В., Плотников, В.А. (2023). Цифровизация и инновационное развитие экономики. *Известия.* № 1, с. 106–113.

Головенчик, Г.Г. (2022). Цифровая экономика в Республике Беларусь: современные тенденции, вызовы и перспективы. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экономика.* № 3, Т. 30, с. 414–428.

Диксон, Д. (2017). Химическая промышленность 4.0. Развитие на основе инноваций в эпоху перемен. *Deloitte Development LLC.* 34 с.

Калиновская, И.Н. (2023). Анализ уровня цифровизации экономики Республики Беларусь и ее регионов. *Вестник Витебского государственного технологического университета.* № 45, с. 82–94. DOI:10.24412/2079-7958-2023-2-82-94.

Касаева, Т.В., Конюшко, Е.С. (2024). Структурно-динамическая оценка показателей цифровизации и цифровой трансформации организаций Республики Беларусь. *Вестник Витебского государственного технологического университета.* № 2(48), с. 122–139. DOI:10.24412/2079-7958-2024-2-122-139.

Кондратьева, М., Комахина, А. (2022). Цифровизация: исследование основных терминов. *Экономика и управление: научно-практический журнал*, № 3(165), с. 134–139.

Попов, Е.В., Симонова, В.Л. и Зырянов, А.С. (2024). Эволюция бизнес-экосистем в промышленности – от классического типа к цифровым. *Информатизация в цифровой экономике.* Том 5. № 3, с. 341–360. DOI:10.18334/ide.5.3.121748.

Салтрукович, Н.О., Алексеева, Е.А. (2024). Цифровая платформа для управления цепями поставок в неокластерах. *Вестник Витебского государственного технологического университета.* № 2(48), с. 140–153. DOI:10.24412/2079-7958-2024-2-140-153.

Botsman, R. (2010). What's mine is yours: The rise of collaborative consumption. *New York: Harper Collins.* 304 p.

Carayannis, E.G., Del Giudice, M. and Soto-Acosta, P. (2018). Disruptive technological change within knowledge-driven economies: The future of the Internet of Things (IoT). *Technological Forecasting and Social Change*, 136: 265–267.

Drayton, B. (2010). A new alliance for global change. *Harv. Bus. Rev.* P. 56–64.

Evans, P. (2016). The Rise of the Platform Enterprise: A Global Survey. *The Center for Global Enterprise.* 29 p.

Gurumurthy, R. (2022). Uncovering the connection between digital maturity and financial performance [Online], URL: https://www2.deloitte.com/us/en/insights/topics/digital-transformation/digital-transformation-survey.html. (accesed: 10 Desember 2024).

Hugh Boyes, Roy Isbell and Tim Watson (2018). The industrial internet of things (IIoT): An analysis framework. *Computers in Industry*. Vol. 101, p. 1–12.

Jabbour, C.J.C., Lopes de Sousa Jabbour, A.B., Sarkis, J. and Filho, M.G. (2019). Unlocking the circular economy through new business models based on large-scale data: An integrative framework and research agenda. *Technological Forecasting and Social Change*, 144: 546–552.

Kalinouskaya, I. (2022). Selection of Training Programs for Textile Industry Personnel Using Artificial Intelligence. *International Conference on Textile and Apparel Innovation (ICTAI-2021) on 8th – 10th June, 2021 at Vitebsk State Technological University (Republic of Belarus)*. AIP Conference Proceedings 2430, 060003 DOI:10.1063/5.0078827.

Li, L., Su, F., Zhang, W. and Mao, J.Y. (2018). Digital transformation by SME entrepreneurs: A capability perspective. *Information Systems Journal*. (28(6)), pp. 1129–1157.

Schallmo, D., Williams, C. and Boardman, L. (2017). Digital transformation of business models – Best practice, enablers and roadmap. *International Journal of Innovation Management*. (21(8)), pp 1–17.

Vankevich, A., Kalinouskaya, I. (2020). Ensuring sustainable growth based on the artificial intelligence analysis and forecast of in-demand skills. *First Conference on Sustainable Development: Industrial Future of Territories (IFT 2020)*. E3S Web Conf. Vol. 208. DOI:10.1051/e3sconf/202020803060.

REFERENCES

Anishchenko, M.V. (2018). Industrial Internet of Things (IIoT): implementation experience [Promyshlennyj Internet veshchej (IIoT): opyt vnedrenij]. [Online], URL: http://webinar.plcsystems.ru/events/iiot/20190926/iiot_solutions_plcsystems.pdf, (data obrashcheniya: 24.12.2024) (In Russian).

Achapovskaya, M. (2019). Digitalization of the economy as a driver of innovative development [Cifrovizaciya ekonomiki kak drajver innovacionnogo razvitiya]. *Bankauski vesnik = Bankau Gazette*. no. 1, pp. 52–58 (In Russian).

Bodrunov, S.D. (2022). Technological progress: prerequisites and results of the socio-humanitarian orientation of economic development [Tekhnologicheskij progress: predposylki i rezul'tat sociogumanitarnoj orientacii ekonomicheskogo razvitiya]. *Ekonomicheskoe vozrozhdenie Rossii = Economic revival of Russia*. no. 1 (71), pp. 5–13 (In Russian).

Bykovskaya, E.N., Harchilava, G.P., Kafiyatullina, Yu.N. (2018). Modern trends in the digitalization of the innovation process [Sovremennye tendencii cifrovizacii innovacionnogo processa]. *Upravlenie = Management*. no. 6(1), pp. 38–43. DOI:10.26425/2309-3633-2018-1-38-43 (In Russian).

Vatlina, L.V., Plotnikov, V.A. (2023). Digitalization and innovative development of the economy [Cifrovizaciya i innovacionnoe razvitie ekonomiki]. *Izvestiya = News*. no. 1, pp. 106–113 (In Russian).

Golovenchik, G.G. (2022). Digital economy in the Republic of Belarus: current trends, challenges and prospects [Cifrovaya ekonomika v Respublike Belarus': sovremennye tendencii, vyzovy i perspektivy]. *Vestnik Rossijskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Ekonomika = Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Economics*, no. 3, Vol. 30, pp. 414–428 (In Russian).

Dikson, D. (2017). Chemical industry part 0. Innovation-based development in the age of change [Himicheskaya promyshlennost' 4.0. Razvitie na osnove innovacij v epohu peremen]. *Deloitte Development LLC*. 34 p. (In Russian).

Kalinovskaya, I.N. (2023). Analysis of the level of digitization of the economy of the Republic of Belarus and its regions [Analiz urovnya cifrovizacii ekonomiki Respubliki Belarus' i ee regionov]. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta = Vestnik of Vitebsk State Technological University*, no. 2 (45), pp. 82–94. DOI:10.24412/2079-7958-2023-2-82-94 (In Russian).

Kasayeva, T.V., Koniushka, Y.S. (2024). Structural and dynamic assessment of indicators of digitalization and digital transformation of organizations of the Republic of Belarus [Strukturno-dinamicheskaya ocenka pokazatelej cifrovizacii i

cifrovoj transformacii organizacij Respubliki Belarus'). *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta = Bulletin of Vitebsk State Technological University*, no. 2(48), pp. 122–139. DOI:10.24412/2079-7958-2024-2-122-139 (In Russian).

Kondrat'eva, M., Komahina, A. (2022). Digitization: an exploration of key terms. [Cifrovizaciya: issledovanie osnovnyh terminov]. *Ekonomika i upravlenie: nauchno-prakticheskij zhurnal = Economy and management: scientific and practical journal*. no. 3(165), pp. 134–139 (In Russian).

Popov, E.V., Simonova, V.L. and Zyryanov A.S. (2024). The evolution of business ecosystems in the industry – from the classic type to digital [Evolyuciya biznes-ekosistem v promyshlennosti – ot klassicheskogo tipa k cifrovym]. *Informatizaciya v cifrovoj ekonomike = Informatization in the digital economy*. Vol. 5. no. 3, pp. 341–360. DOI:10.18334/ide.5.3.121748 (In Russian).

Saltrukovich, N.O., Alekseeva E.A. (2024). A digital platform for managing supply chains in neoclusters [Cifrovaya platforma dlya upravleniya cepyami postavok v neoklasterah]. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta = Vestnik of Vitebsk State Technological University*, no. 2 (48), pp. 140–153. DOI:10.24412/2079-7958-2024-2-140-153 (In Russian).

Botsman, R. (2010). What's mine is yours: The rise of collaborative consumption. *New York: Harper Collins*. 304 p.

Carayannis, E.G., Del Giudice, M. and Soto-Acosta, P. (2018). Disruptive technological change within knowledge-driven economies: The future of the Internet of Things (IoT). *Technological Forecasting and Social Change*, 136: 265–267.

Drayton, B. (2010). A new alliance for global change. *Harv. Bus. Rev.* P. 56–64.

Evans, P. (2016). The Rise of the Platform Enterprise: A Global Survey. *The Center for Global Enterprise*. 29 p.

Gurumurthy, R. (2022). Uncovering the connection between digital maturity and financial performance [Online], URL: https://www2.deloitte.com/us/en/insights/topics/digital-transformation/digital-transformation-survey.html. [accesed: 10 Desember 2024].

Hugh Boyes, Roy Isbell and Tim Watson (2018). The industrial internet of things (IIoT): An analysis framework. *Computers in Industry*. Vol. 101, p. 1–12.

Jabbour, C.J.C., Lopes de Sousa Jabbour, A.B., Sarkis, J. and Filho, M.G. (2019). Unlocking the circular economy through new business models based on large-scale data: An integrative framework and research agenda. *Technological Forecasting and Social Change*, 144: 546–552.

Kalinouskaya, I. (2022). Selection of Training Programs for Textile Industry Personnel Using Artificial Intelligence. *International Conference on Textile and Apparel Innovation (ICTAI-2021) on 8th – 10th June, 2021 at Vitebsk State Technological University (Republic of Belarus)*. AIP Conference Proceedings 2430, 060003. DOI:10.1063/5.0078827.

Li, L., Su, F., Zhang, W. and Mao, J.Y. (2018). Digital transformation by SME entrepreneurs: A capability perspective. *Information Systems Journal*. [28(6)], pp. 1129–1157.

Schallmo, D., Williams, C. and Boardman, L. (2017). Digital transformation of business models – Best practice, enablers and roadmap. *International Journal of Innovation Management*. [21(8)], pp 1–17.

Vankevich, A., Kalinouskaya, I. (2020). Ensuring sustainable growth based on the artificial intelligence analysis and forecast of in-demand skills. *First Conference on Sustainable Development: Industrial Future of Territories (IFT 2020)*. E3S Web Conf. Vol. 208. DOI:10.1051/e3sconf/202020803060.

Информация об авторах | Information about the authors

Яшева Галина Артемовна
Доктор экономических наук, профессор, Республика Беларусь.
E-mail: gala-ya@list.ru

Galina A. Yasheva
Doctor of Science (in Economics), Professor, Republic of Belarus.
E-mail: gala-ya@list.ru

Вайлунова Юлия Геннадьевна
Кандидат экономических наук, доцент кафедры «Маркетинг и финансы», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.
E-mail: yulia_kg@tut.by

Вардомацкая Елена Юрьевна
Старший преподаватель кафедры «Математика и информационные технологии», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.
E-mail: el_v@tut.by

Шерстнева Ольга Михайловна
Старший преподаватель кафедры «Маркетинг и финансы», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.
E-mail: olga_sherstneva@mail.ru

Yulia G. Vailunova
Candidate of Science (in Economics), Associate Professor of the Department "Marketing and Finance", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.
E-mail: yulia_kg@tut.by

Elena Yu. Vardomatskaya
Senior Lecturer of the Department "Mathematics and Information Technology", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.
E-mail: el_v@tut.by

Olga M. Sherstneva
Senior Lecturer of the Department "Marketing and Finance", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.
E-mail: olga_sherstneva@mail.ru