

УДК 004.896:67:332.05(575.2)
DOI: 10.36979/1694-500X-2025-25-4-81-88

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ: ВЫЗОВЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

А.А. Сагымбаев, А.Д. Баранов, А.З. Рахманов

Аннотация. Рассматриваются ключевые аспекты внедрения Четвёртой и Пятой промышленных революций в контексте Кыргызской Республики. Индустрия 4.0, опирающаяся на киберфизические системы, искусственный интеллект, интернет вещей и анализ больших данных, представляет собой новый этап цифровизации, который радикально меняет производственные процессы. Переход к Индустрии 5.0 усиливает акцент на взаимодействии человека и умных машин, а также на создании устойчивых технологий, направленных на улучшение качества жизни и обеспечение экологической ответственности. Проведен анализ уникальных возможностей Кыргызской Республики, связанных с внедрением этих технологий, включая ускорение экономического роста и решение экологических проблем. Основное внимание уделяется вызовам, таким как необходимость модернизации инфраструктуры, поддержка малых и средних предприятий, а также подготовка квалифицированных кадров, способных адаптироваться к новым условиям цифровой экономики.

Ключевые слова: цифровая трансформация; индустрия 4.0; индустрия 5.0; искусственный интеллект; интернет вещей; большие данные; киберфизические системы; кибербезопасность.

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН ӨНӨР ЖАЙЫН САНАРИПТИК ТРАНСФОРМАЦИЯЛОО: ЧАКЫРЫКТАР ЖАНА КЕЛЕЧЕГИ

А.А. Сагымбаев, А.Д. Баранов, А.З. Рахманов

Аннотация. Макалада Кыргыз Республикасынын контекстинде Төртүнчү жана Бешинчи өнөр жай революцияларын киргизүүнүн негизги аспектилерин каралат. Кибер физикалык системаларга, жасалма интеллектке, нерселердин Интернетине жана чоң маалыматтарды талдоого таянган Индустрия 4.0 өндүрүш процесстерин түп-тамырынан бери өзгөртүп жаткан санариптештирүүнүн жаңы баскычын билдирет. 5.0 индустриясына өтүү адам менен акылдуу машинанын өз ара аракеттенүүсүнө, ошондой эле жашоо сапатын жакшыртууга жана экологиялык жоопкерчиликти камсыз кылууга багытталган туруктуу технологияларды түзүүгө басым жасайт. Макалада ошондой эле экономикалык өсүштү тездетүү жана экологиялык көйгөйлөрдү чечүүнү кошо алганда, Кыргыз Республикасы үчүн ушул технологияларды киргизүү менен байланышкан уникалдуу мүмкүнчүлүктөр талданат. Инфраструктураны модернизациялоо зарылдыгы, чакан жана орто ишканаларды колдоо жана санариптик экономиканын жаңы шарттарына ыңгайлашууга жөндөмдүү квалификациялуу кадрларды даярдоо сыяктуу кыйынчылыктарга көңүл бурулат.

Түйүндүү сөздөр: санариптик трансформация; өнөр жай 4.0; өнөр жай 5.0; жасалма интеллект; нерселердин интернетин; чоң маалыматтар; кибер-физикалык системалар; киберкоопсуздук.

DIGITAL TRANSFORMATION OF THE KYRGYZ REPUBLIC'S INDUSTRY: CHALLENGES AND PROSPECTS

А.А. Sagymbaev, А.Д. Baranov, А.З. Rakhmanov

Abstract. The article examines the key aspects of the implementation of the Fourth and Fifth Industrial revolutions in the context of the Kyrgyz Republic. Industry 4.0, based on cyber-physical systems, artificial intelligence, the Internet of Things and big data analysis, represents a new stage of digitalization that radically changes production processes. The transition to Industry 5.0 reinforces the focus on human-smart machine interaction, as well as the creation of sustainable technologies aimed at improving the quality of life and ensuring environmental responsibility. The article

also analyzes the unique opportunities for the Kyrgyz Republic associated with the introduction of these technologies, including accelerating economic growth and solving environmental problems. The focus is on challenges such as the need to modernize infrastructure, support small and medium-sized enterprises, and train qualified personnel capable of adapting to the new conditions of the digital economy.

Keywords: digital transformation; industry 4.0; industry 5.0; artificial intelligence; Internet of things; big data; cyber-physical systems; cybersecurity.

Введение. Четвертая промышленная революция, или Индустрия 4.0, представляет собой новый этап технологического развития, который радикально меняет производственные процессы за счет внедрения киберфизических систем (КФС), искусственного интеллекта (ИИ), интернета вещей (IoT), а также анализа и переработки больших данных. Основное внимание в Индустрии 4.0 уделяется цифровизации и интеграции КФС в производственные процессы. Это позволяет предприятиям значительно повысить производительность, уменьшить издержки и ускорить принятие решений за счёт переработки больших данных в реальном времени [1–3].

Пятая промышленная революция (Индустрия 5.0) представляет собой следующий этап, акцент в котором смещается на взаимодействие человека и умных машин, с упором на создание устойчивых технологий и экологическую ответственность. Индустрия 5.0 включает внедрение «умных» систем и искусственного интеллекта, направленных на улучшение качества жизни людей. Ее отличительная черта – это персонализированный подход к производственным процессам и решениям, где человек и технологии сотрудничают для достижения более гармоничного результата [4–7].

Для Кыргызской Республики внедрение Индустрии 4.0 и переход к Индустрии 5.0 предоставляет уникальные возможности для ускорения экономического роста, повышения производительности и решения экологических вызовов. Однако это также сопряжено с рядом проблем, включая необходимость модернизации инфраструктуры, поддержки малых и средних предприятий, а также подготовки кадров к новым условиям цифровой экономики.

1. Особенности и параметры Индустрия 4.0 и Индустрия 5.0. Индустрия 4.0 – это этап промышленной революции, начавшийся в начале 2010-х годов, который фокусируется на цифровизации и автоматизации производственных процессов. Основные технологии Индустрии 4.0, такие как IoT, большие данные, ИИ, облачные технологии и КФС, позволяют улучшать производственные процессы, делая их более эффективными и гибкими. Примером успешного внедрения Индустрии 4.0 является немецкая программа Индустрия 4.0, запущенная в 2013 году. Она позволила Германии модернизировать свои производственные линии и укрепить свои позиции в качестве лидера в области высоких технологий [1]. В Средней Азии успешное внедрение IoT произошло в Узбекистане. В 2019 г. была начата программа внедрения IoT в сельском хозяйстве и это позволило фермерам автоматизировать орошение и сбор данных с полей, что привело к снижению затрат на орошение на 20 % и повышению урожайности на 15 % за два года [8]. Интернет вещей создаёт сеть взаимосвязанных устройств, которые собирают и обмениваются данными. Примером может служить внедрение IoT на производственных предприятиях в Южной Корее в 2017 г., где автоматизация с использованием датчиков и реального времени данных привела к снижению затрат на производство на 20 % [9].

Индустрия 5.0 – это концепция, появившаяся в середине 2010-х годов, которая добавляет к достижениям Индустрии 4.0 элементы взаимодействия человека и технологий, устойчивого производства и социальной ответственности. В отличие от Индустрии 4.0, где акцент сделан на автоматизацию, Индустрия 5.0 предполагает тесное сотрудничество человека и машин для создания персонализированных продуктов и услуг. Например, в Японии в 2019 г. были внедрены «умные» заводы, где люди и роботы работают совместно для повышения эффективности производства, сохраняя при этом рабочие места для людей. В 2020 г. в США компания GE Aviation [10] начала массовое производство деталей для авиадвигателей с помощью 3D-печати. Это сократило время производства на 30 % и уменьшило затраты на 20 %. Также в Дании в 2018 г. компания Universal Robots [11] начала активно внедрять **коллаборативные роботы** (коботы) на производственных предприятиях. Эти коботы работают вместе

с людьми, выполняя сложные и опасные задачи, что позволило значительно повысить производительность и снизить травматизм на рабочих местах.

Индустрия 5.0 акцентирует внимание на переходе к устойчивому производству и снижению негативного воздействия на окружающую среду. Примером является программа «Зеленый промышленный переход» в ЕС, запущенная в 2020 г. Она включает внедрение возобновляемых источников энергии и технологий переработки отходов на промышленных предприятиях, что позволило снизить выбросы углекислого газа на 15 % за первые два года реализации программы.

2. Этапы эволюции промышленных революций. Четвертая промышленная революция, или Индустрия 4.0, сосредоточена на внедрении автоматизации, цифровизации и интеллектуальных систем. Однако Пятая промышленная революция, которая зарождается в наши дни, направлена на углубление взаимодействия человека и технологий, где акцент делается на креативность, устойчивость и экологическую ответственность.

Переход от Четвертой к Пятой промышленной революции будет сопровождаться рядом ключевых изменений:

- более тесное взаимодействие человека и роботов: в отличие от Индустрии 4.0, где основной упор был сделан на автоматизацию, Пятая промышленная революция предполагает активное сотрудничество человека и машин. Примером служат коботы, которые уже используются на производственных линиях завода BMW с 2022 г., где они работают бок о бок с людьми, выполняя задачи, требующие высокой точности [5];
- экологическая ответственность: пятая промышленная революция акцентирует внимание на устойчивом развитии и снижении вредного воздействия на окружающую среду. В 2023 г. компания Apple объявила о переходе на полностью углеродно-нейтральное производство, используя возобновляемые источники энергии на всех своих заводах [6];
- интеграция биотехнологий: технологии Пятой промышленной революции будут активно использовать биологические инновации для создания новых материалов и продуктов. Например, в 2024 году швейцарская компания Climeworks запустила проект по созданию биологических фильтров для очистки воздуха от углекислого газа, что стало важным шагом в борьбе с изменением климата [12];
- высокоскоростная сеть: высокоскоростная передача данных, которую обеспечивает 5G, является основой для быстрого и стабильного обмена информацией между устройствами и системами. В 2021 г. в Китае был завершен проект по внедрению 5G на крупных промышленных предприятиях, что привело к значительному повышению производительности и эффективности [13];
- цифровые двойники: эти виртуальные копии физических объектов используются для мониторинга и управления производственными процессами в реальном времени. Примером может служить использование цифровых двойников на заводах компании Siemens в Германии, что позволило сократить количество аварий на производстве на 25 % в период с 2018 по 2020 г. [14].

Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) играют ключевую роль в успешном внедрении Индустрии 4.0 и Индустрии 5.0. Эти технологии позволяют предприятиям интегрировать различные процессы, улучшить управление производством и повысить эффективность.

Одним из важнейших аспектов Индустрии 5.0 является интеграция «зеленых» технологий, направленных на снижение выбросов и повышение энергоэффективности. В этом контексте ИКТ играет центральную роль. Например, использование датчиков IoT и облачных систем для управления энергопотреблением на заводах позволило снизить расход энергии на 15–20 % в ЕС в период с 2020 по 2022 г. [15].

Таким образом, Пятая промышленная революция не столько замещает Четвертую, сколько развивает ее ключевые принципы, углубляя их социальные, экологические и креативные аспекты. Вместо полной замены человеческого труда технологиями, как это предполагалось в Индустрии 4.0, Пятая

революция стремится к созданию более гуманного и устойчивого производственного процесса, в котором человек и технология сотрудничают на благо общества и планеты.

3. Кибербезопасность информационных систем при внедрении Индустрии 4.0 и 5.0. С внедрением Индустрии 4.0 и Индустрии 5.0 вопросы кибербезопасности становятся критически важными. Это связано с тем, что все более сложные цифровые системы КФС, ИИ и IoT делают промышленные сети уязвимыми для кибератак [16–20].

Основные угрозы для информационных систем:

- кибератаки на производственные системы: в 2020 г. одна из крупнейших атак была зафиксирована на заводе Honda, когда хакеры использовали вирус-вымогатель, что привело к остановке производства на несколько дней;
- уязвимости IoT-устройств: в 2019 г. исследование показало, что почти 70 % IoT-устройств имеют уязвимости, которые могут быть использованы для атак на промышленные сети;
- данные и интеллектуальная собственность: с ростом использования ИИ и аналитики больших данных для оптимизации процессов, защита конфиденциальных данных и интеллектуальной собственности становится важнейшей задачей. Примером служит случай утечки данных на китайском заводе, который привёл к значительным финансовым потерям в 2018 г.

Стратегии защиты информационных систем:

- шифрование данных: обеспечение безопасности передаваемых данных является одним из ключевых шагов в защите киберфизических систем. Современные решения позволяют защищать производственные сети от перехвата и модификации данных в реальном времени;
- управление доступом: разработка и внедрение многоуровневых систем контроля доступа и аутентификации пользователей позволяет ограничить доступ к критически важным компонентам промышленных систем;
- системы мониторинга и обнаружения атак: программные решения с использованием ИИ для мониторинга сетевого трафика и обнаружения угроз, также системы обнаружения вторжений, становятся обязательным элементом для предприятий, работающих в условиях цифровизации.

4. Роль международных партнеров и организаций в поддержке внедрения Индустрии 4.0 и 5.0 в Кыргызской Республике. Для успешного внедрения технологий Индустрии 4.0 и 5.0 в Кыргызской Республике важно наладить сотрудничество с международными партнерами и организациями. Эти партнеры могут предложить не только финансовую поддержку, но и техническую помощь, обмен опытом и экспертизу в области цифровизации. Основные организации, которые могут оказать помощь в этом направлении, включают Всемирный банк, Азиатский банк развития (АБР), Европейский банк реконструкции и развития (ЕБРР), а также программы ООН.

В 2023 г. Всемирный банк запустил несколько программ, направленных на поддержку цифровой трансформации в развивающихся странах, включая страны Центральной Азии. Эти программы включают финансирование для модернизации телекоммуникационной инфраструктуры и внедрения цифровых решений на уровне правительств и бизнеса. Для Кыргызстана эта поддержка может стать важным элементом для улучшения сетей 5G и IoT [21].

АБР активно инвестирует в развитие цифровой экономики в Азии. В 2022 г. АБР предоставил финансирование для создания «умных городов» и поддержки малых и средних предприятий (МСП), работающих в сфере технологий. Внедрение программ цифровизации для МСП в Кыргызстане при поддержке АБР может существенно ускорить процесс адаптации бизнеса к новым реалиям Индустрии 4.0 [22].

Организация Объединенных Наций предлагает программы поддержки, направленные на устойчивое развитие и внедрение «зеленых» технологий. В 2021 г. ООН запустила инициативы по развитию цифровой грамотности и поддержке инноваций в странах с низким и средним уровнем дохода. Эти программы могут оказать значительную помощь Кыргызской Республике в подготовке кадров и создании условий для перехода на технологии Индустрии 5.0 [23].

5. Пути успешного внедрения Индустрии 4.0 и 5.0 в развивающихся странах с фокусом на Кыргызскую Республику. Четвертая и Пятая промышленные революции создают уникальные возможности для развития экономик, особенно в развивающихся странах. Для Кыргызской Республики важно не упустить этот момент и воспользоваться технологическими достижениями для ускорения роста и повышения конкурентоспособности на международной арене. Однако для этого необходимо принять целый ряд мер, направленных на адаптацию экономики к новым условиям:

- цифровой инфраструктуры: ключевым фактором успешного внедрения технологий Индустрии 4.0 и 5.0 является наличие современных телекоммуникационных сетей, обеспечивающих быстрый и надёжный доступ к интернету. Для Кыргызской Республики это является критическим шагом, поскольку доступ к сетям 5G и IoT откроет возможности для автоматизации производственных процессов и повышения эффективности. Примером служит опыт Казахстана, который в 2022 г. инвестировал более 1,5 млрд долл. в модернизацию телекоммуникационной инфраструктуры для ускорения внедрения цифровых технологий [24];
- поддержка малых и средних предприятий: в условиях Четвёртой промышленной революции именно малые и средние предприятия смогут быстро адаптироваться к изменениям и внедрять инновационные технологии. Важным примером является программа поддержки МСП в Индии [25]. В ее рамках государство предоставляло финансовую и техническую помощь предприятиям, внедряющим технологии Индустрии 4.0. Это позволило Индии укрепить позиции в высокотехнологичных секторах экономики;
- образование и переподготовка кадров: Кыргызская Республика должна сосредоточить усилия на подготовке кадров для новых технологий. Например, Южная Корея в 2020 г. запустила программу обучения специалистов в области искусственного интеллекта и робототехники. В результате страна смогла значительно улучшить свои позиции в международных рейтингах инноваций.

6. Задачи для успешного внедрения в Кыргызской Республике Индустрии 4.0. Для успешного внедрения в развивающихся странах, в том числе и в Кыргызской Республике, требуются неотлагательно решать ряд задач:

- инвестиции в телекоммуникационную инфраструктуру: Кабинет министров Кыргызской Республики должен обратить особое внимание на развитие 5G сетей и других телекоммуникационных технологий. Это позволит ускорить внедрение цифровых решений на предприятиях и улучшить доступ к цифровым услугам в сельских регионах. Примером может служить программа Казахстана, которая позволила значительно повысить уровень подключения удалённых регионов [26];
- создание специальных программ для поддержки МСП: для стимулирования внедрения технологий Индустрии 4.0 и 5.0 Кабинет министров должен разработать программы финансовой и технической помощи для малых и средних предприятий. Турция и Мексика показали успешные примеры реализации таких программ, которые помогли их экономикам адаптироваться к современным требованиям глобального рынка;
- фокус на «зеленые» технологии и экологическую устойчивость: одним из важных аспектов Пятой промышленной революции является переход к устойчивому производству и сокращение выбросов. Кыргызская Республика может адаптировать опыт Чили, которая в 2022 г. начала масштабную программу по переходу промышленных предприятий на солнечную энергию, что позволило стране сократить выбросы парниковых газов на 25 % за два года;
- сотрудничество с международными организациями: Кыргызская Республика должна наладить сотрудничество с международными организациями, такими как Всемирный банк, ВТО и ООН для получения технической помощи и инвестиций в развитие технологий. Опыт стран, таких как Индия и Вьетнам показывает, что такое сотрудничество может стать катализатором для технологического роста и модернизации экономики.

7. Прогнозы на будущее с учетом текущей ситуации в Кыргызской Республике. В условиях продолжающихся экономических и политических вызовов в Кыргызской Республике внедрение

технологий Четвёртой и Пятой промышленных революций требует более осторожного подхода, который учитывает текущие реалии страны. Хотя эти технологии могут принести значительные преимущества, такие как повышение производительности и экологическая устойчивость, их внедрение сопряжено с рядом трудностей:

- экономическая нестабильность: экономика Кыргызской Республики сталкивается с многочисленными вызовами, включая высокую зависимость от переводов мигрантов и сельского хозяйства, а также нестабильные темпы роста ВВП. Внедрение технологий Индустрии 4.0 и 5.0 требует значительных инвестиций, которые в условиях ограниченного бюджета могут оказаться недоступными. Это ограничивает возможности для модернизации инфраструктуры и создания высокотехнологичных предприятий. Опыт развивающихся стран, таких как Узбекистан [8], показывает, что для успешной реализации цифровых инициатив требуются значительные внешние инвестиции и поддержка со стороны международных организаций;
- политическая ситуация: политическая нестабильность и частые изменения в правительстве могут затруднить реализацию долгосрочных стратегий в сфере цифровизации. Программы по внедрению технологий требуют последовательности и устойчивости в политических решениях, а в условиях нестабильности, которые периодически наблюдаются в стране, такие проекты могут столкнуться с задержками или сокращением финансирования. Например, в 2021 г. нестабильная политическая обстановка привела к замедлению реализации ряда инфраструктурных проектов в стране;
- ограниченные ресурсы для развития технологий: в отличие от стран с большими экономическими возможностями, Кыргызская Республика обладает ограниченными ресурсами для масштабного внедрения технологий Индустрии 4.0 и 5.0. Это требует тщательного выбора приоритетных направлений для инвестиций, таких как сельское хозяйство, где цифровые технологии могут помочь повысить эффективность и сократить затраты;
- роль международных партнёров и организаций: Кыргызская Республика должна активно привлекать внешних партнёров и международные организации для поддержки в развитии технологий. Стратегические партнерства с такими организациями, как Всемирный банк, Азиатский банк развития и ООН, могут стать катализатором для получения финансовой и технической помощи. В 2023 г. сотрудничество с Всемирным банком позволило Казахстану привлечь финансирование для модернизации телекоммуникационной инфраструктуры, что стало основой для внедрения 5G сетей [26; 27].

8. Реальные перспективы для Кыргызской Республики. Несмотря на существующие сложности, перспективы внедрения технологий Индустрии 4.0 и 5.0 в Кыргызской Республике остаются актуальными и возможными, если будут приняты следующие меры:

- целевые инвестиции в ключевые секторы экономики: Кыргызская Республика может сосредоточить усилия на внедрении цифровых технологий в сельском хозяйстве и легкой промышленности, где инновации могут обеспечить значительное повышение производительности. Например, успешный переход на автоматизированные системы управления и мониторинга в аграрном секторе может повысить конкурентоспособность страны на международных рынках;
- программы обучения и переподготовки: разработка государственных программ по обучению и переквалификации специалистов в сфере высоких технологий поможет адаптировать рабочую силу к новым реалиям. Это также позволит снизить безработицу и повысить уровень квалификации местных кадров. Примером может служить опыт Вьетнама [28], который в 2022 г. запустил программу подготовки специалистов в области цифровизации, что привело к созданию более 100 000 новых рабочих мест за три года;
- экологическая устойчивость и поддержка зеленых технологий: в условиях растущих экологических проблем Кыргызская Республика может интегрировать «зеленые» технологии в свои производственные процессы. Это не только поможет улучшить экологические показатели страны, но

и откроет новые возможности для привлечения международных инвестиций. Примером может служить Чили, которая с 2020 г. активно продвигает программы по внедрению возобновляемых источников энергии на промышленных предприятиях, что позволило снизить выбросы на 30 % за пять лет.

Заключение. Реализация технологий Четвертой и Пятой промышленных революций в Кыргызской Республике возможна, однако она требует скоординированных усилий Кабинета министров, бизнеса и международных партнеров. Страна должна сосредоточиться на приоритетных направлениях для инвестиций, таких как сельское хозяйство, а также активно привлекать международные финансовые ресурсы для развития инфраструктуры.

Наряду с этими усилиями, важнейшей стратегической задачей является развитие ИТ-сектора. Развитие цифровых технологий и ИТ-инфраструктуры, включая строительства Центров обработки данных (ЦОД) и резервного ЦОД (РЦОД), является ключевым условием для перехода экономики на новый уровень. ЦОД станут важным элементом для хранения и обработки данных, что позволит создать условия для предоставления высококачественных цифровых услуг, привлечения международных ИТ-компаний и развития внутреннего рынка ИТ-услуг. Примером является Казахстан, который уже демонстрирует успешные результаты в этом направлении благодаря созданию крупных дата-центров.

Для поддержки малых и средних предприятий в ИТ-секторе необходимо разработать государственные программы, предоставляющие налоговые льготы, субсидии и образовательные возможности для компаний, работающих в сфере разработки программного обеспечения и ИТ-услуг. Эти меры позволят стимулировать развитие инновационных стартапов, повысить их конкурентоспособность и интеграцию в глобальные цифровые рынки, как это было сделано в Индии.

Немаловажным фактором успеха станет развитие образовательных программ и подготовка ИТ-специалистов, способных адаптироваться к новым вызовам цифровой экономики. Важно поддерживать университеты и учебные заведения, которые готовят кадры в таких сферах, как программирование, искусственный интеллект и кибербезопасность. Пример Вьетнама показывает, что целенаправленное развитие кадрового потенциала приводит к значительному росту экспорта ИТ-услуг и укреплению национальной экономики.

Таким образом, комплексный подход к развитию ИТ-сектора, наряду с внедрением цифровых технологий в сельское хозяйство и другие приоритетные отрасли, станет основой для экономической трансформации Кыргызской Республики. Внедрение образовательных программ и поддержка экологически устойчивых технологий помогут не только укрепить экономику, но и повысить качество жизни населения.

Поступила: 04.02.2025; рецензирована: 18.02.2025; принята: 20.02.2025.

Литература

1. Германская инициатива «Индустрия 4.0». Официальный сайт проекта. URL: <https://www.dwih-moskau.org/temu>industry-4-0> (дата обращения: 03.06.2024).
2. Всемирный экономический форум. The Future of Jobs Report (2020). URL: <https://www.weforum.org/> (дата обращения: 07.06.2024).
3. World Economic Forum. The Fourth Industrial Revolution: What It Means and How to Respond. URL: <https://www.weforum.org/> (дата обращения: 13.06.2024).
4. Adidas. Personalized Manufacturing with 3D Printing. Отчёт 2020 года. Adidas Unveils Industry's First Application of Digital Light Synthesis with Futurecraft 4D (adidas-group.com). URL: (Adidas Group) (дата обращения: 20.06.2024).
5. Интеграция коллаборативных роботов и электрических силовых агрегатов на заводах BMW. Automotive Manufacturing Solutions, URL: Automotive Manufacturing Solutions (дата обращения: 28.06.2024).
6. Apple Inc. Carbon Neutrality by 2030. Пресс-релиз 2023 года. URL: <https://www.apple.com> (дата обращения: 04.09.2024).

7. Climeworks. CO2 Removal Technologies. Официальный сайт компании. URL: <https://www.frontfive.com> (дата обращения: 10.09.2024).
8. Implementation of IoT in Smart Agriculture in Uzbekistan has led to a 20 % reduction in irrigation costs and a 15 % increase in crop yields over two years. URL: FutureIoT: IoT for Agriculture (FutureIoT) (дата обращения: 27.05.2024).
9. Программа цифровизации промышленности Южной Кореи, 2017. URL: <https://superleninka.ru>strategicheskie-progra> (дата обращения: 02.07.2024).
10. GE Aviation. URL: geaviationturboprop.com (дата обращения: 05.10.2024).
11. Universal Robots. URL: <https://www.universal-robots.com> (дата обращения: 09.10.2024).
12. Climeworks. CO2 Removal Technologies. Официальный сайт компании. URL: <https://www.frontfive.com> (дата обращения: 10.10.2024).
13. Внедрение сетей 5G на китайских предприятиях, 2021. URL: <https://www.tadviser.ru>index.php> статья: Развитие... (дата обращения: 12.10.2024).
14. Использование цифровых двойников на заводах Siemens в Германии, 2018–2020 годы. URL: <https://www.assets.fea.ru>fea>2024/01/29>2...> (дата обращения: 22.09.2024).
15. Программа по снижению энергопотребления с помощью IoT и облачных систем в ЕС, 2020–2022. URL: <https://www.tadviser.ru>index.php> (дата обращения: 15.09.2024).
16. Влияние 5G и 6G на промышленность и киберфизические системы. Отчёт IEEE 5G. URL: Future Network Technologies (2022). (дата обращения: 06.07.2024).
17. Qualcomm. Видение 6G: основные приоритеты исследований. RCR Wireless News. URL: <https://www.rcrwireless.com> (RCR Wireless News) (дата обращения: 10.07.2024).
18. IEEE Spectrum. Перспективы 6G: голографические встречи и искусственный интеллект нового поколения. IEEE Spectrum, декабрь 2022 года. URL: <https://innovate.ieee.org> (дата обращения: 06.10.24).
19. *Suomalainen J.* Security for 5G and Beyond: Challenges and Opportunities / J. Suomalainen, A. Juhola, S. Shahabuddin, A. Mämmelä, I. Ahmad // Science Direct. 2021. URL: <https://www.sciencedirect.com> (дата обращения: 06.10.24).
20. Cybersecurity & 5G от IEEE (2021); IEEE Xplore: URL: IEEE Xplore Digital Library (дата обращения: 07.10.2024).
21. Всемирный банк: Программа поддержки цифровой трансформации в Центральной Азии. Отчет 2023 г. World Bank: Digital Transformation Program in Central Asia (2023): You can access the report on digital progress and transformation in Central Asia via the World Bank’s repository. The full report on «Digital Progress and Trends 2023» provides insights into digital developments across the region. Here’s the link to the document. URL: World Bank Digital Progress and Trends Report 2023World BankOpen Knowledge Repository (дата обращения: 12.10.2024).
22. Азиатский банк развития: Программа «Умные города» в Азии. Отчёт 2022 г. URL: Asian Development Bank: «Smart Cities» Program in Asia (2022): The ADB has resources on smart city initiatives, including detailed analysis in its reports. You can explore their reports on «Smart Cities» in Asia on the official ADB document repository. Here’s the link to access related materials: Asian Development Bank Smart Cities Program (дата обращения: 07.10.2024).
23. ООН: Инициатива по развитию цифровой грамотности и «зеленых» технологий. Отчет 2021 г. United Nations: Digital Literacy and «Green» Technologies Initiative (2021): For the UN’s initiative on digital literacy and green technologies, you can access relevant materials through the UN’s official documentation site. Check this link. URL: UN Digital and Green Technologies Report. (дата обращения: 04.10.2024).
24. Программа цифровой модернизации Казахстана. Отчёт 2022 г. URL: <https://primeminister.kz/ru/news/zadva-goda-realizacii-gosprogrammy-cifrovoi-kazahstan-v-innovacionnuu-ekosistemu-privleceno-32-8-mlrd-tenge> (дата обращения: 12.10.2024).
25. Программа поддержки МСП в Индии. Официальный сайт правительства, 2020. URL: <https://www.msme.gov.in/sites/default/files/Sch-vol1-151214.pdf-sri.pdf> (дата обращения: 10.10.2024).
26. Казахстан: Программа развития телекоммуникационных сетей 5G. Отчёт 2022 г. URL: https://ar2022.telecom.kz/assets/files/KT2022_rus.pdf. (дата обращения: 19.09.2024).
27. Всемирный банк: Программа поддержки цифровой трансформации в Центральной Азии, 2023. URL: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099031924192524293/pdf/P180107173682d0431bf651fdded74199f10.pdf>. (дата обращения: 23.09.2024).
28. Вьетнам: Программа подготовки IT-специалистов. Отчёт 2021 г. URL: <https://www.adb.org/sites/default/files/institutional-document/551001/viet-nam-tvet-sector-assessment.pdf> (дата обращения: 07.09.2024).