

МОДЕРНИЗАЦИЯ И ИННОВАЦИИ

УДК 332.05

JEL: O1, O30, O33

Факторы, оказывающие влияние на готовность машиностроительных предприятий к цифровой трансформации**Н.В. Полежаева***https://orcid.org/0009-0005-7805-242X; SPIN-код (РИНЦ): 5214-1887*e-mail: *sibtermo@yandex.ru***Т.В. Зеленская**, д.э.н., профессорe-mail: *sibtermo@yandex.ru***Г.П. Беляков**, д.э.н., профессор

SPIN-код (РИНЦ): 3589-1231

e-mail: *sibtermo@yandex.ru***Н.В. Бахмарева**, к.э.н., доцент

SPIN-код (РИНЦ): 4106-6277

e-mail: *sibtermo@yandex.ru***Для цитирования**

Полежаева Н.В., Зеленская Т.В., Беляков Г.П., Бахмарева Н.В. Факторы, оказывающие влияние на готовность машиностроительных предприятий к цифровой трансформации // Проблемы рыночной экономики. – 2025. – № S1. – С. 64-79.

DOI: 10.33051/2500-2325-2025-S1-64-79

Аннотация

Статья посвящена анализу классификации факторов, оказывающих влияние на готовность машиностроительных предприятий к цифровой трансформации. **Цель работы.** Изучить существующие подходы классификации факторов, оказывающих влияние на готовность предприятий к цифровой трансформации и разработать новую классификацию, учитывающую отраслевые особенности машиностроения. **Методология.** При проведении исследования были применены такие научные методы, как историко-экономический анализ, теория производственно-технологического баланса экономики, системный подход, метод инвестиционного анализа, а также экспертные и аналитические оценки. **Результаты.** В исследовании отмечается, что цифровая трансформация машиностроительного предприятия зависит от множества факторов, среди которых важнейшими являются особенности отрасли, технологический уровень производства, организационная структура предприятия и стратегия развития бизнеса. **Выводы.** Таким образом, основными факторами, влияющими на готовность машиностроительных предприятий к цифровой трансформации, являются отраслевые особенности, техническая оснащенность, финансовое положение, корпоративная культура и внешние условия, такие как государственная политика поддержки инноваций и законодательные нормы. Для успешного перехода к новым технологиям важно учитывать комплексный характер этих факторов и разрабатывать индивидуальные стратегии цифровизации.

Ключевые слова: *машиностроительное предприятие, цифровая трансформация, готовность к цифровой трансформации, цифровизация, классификация факторов, влияющих на готовность машиностроения к цифровой трансформации.*

Factors affecting the readiness of engineering enterprises for digital transformation

Natalya V. Polezhaeva

<https://orcid.org/0009-0005-7805-242X>; SPIN-code (RSCI): 5214-1887

e-mail: sibtermo@yandex.ru

Tatyana V. Zelenskaya, Dr. of Sci. (Econ.), Professor

e-mail: sibtermo@yandex.ru

Gennayadiy P. Belyakov, Dr. of Sci. (Econ.), Professor

SPIN-code (RSCI): 3589-1231

e-mail: sibtermo@yandex.ru

Natalya V. Bakhmareva, Cand. of Sci. (Econ.), Associate Professor

SPIN-code (RSCI): 4106-6277

e-mail: sibtermo@yandex.ru

For citation

Polezhaeva N.V., Zelenskaya T.V., Belyakov G.P. Bakhmareva N.V. Factors affecting the readiness of engineering enterprises for digital transformation // Market economy problems. – 2025. – No. S1. – Pp. 64-79 (In Russian).

DOI: 10.33051/2500-2325-2025-S1-64-79

Abstract

The article is devoted to the analysis of the classification of factors affecting the readiness of machine-building enterprises for digital transformation. **Purpose of work.** Study the existing approaches to classifying factors that affect the readiness of enterprises for digital transformation and develop a new classification that takes into account the industry features of mechanical engineering. **Methodology.** During the study, such scientific methods as historical and economic analysis, the theory of production and technological balance of the economy, a systematic approach, the method of investment analysis, as well as expert and analytical assessments were applied. **Results.** The study notes that the digital transformation of a machine-building enterprise depends on many factors, among which the most important are the features of the industry, the technological level of production, the organizational structure of the enterprise and the business development strategy. **Conclusions.** Thus, the main factors affecting the readiness of machine-building enterprises for digital transformation are industry features, technical equipment, financial situation, corporate culture and external conditions, such as government policies to support innovation and legislative norms. For a successful transition to new technologies, it is important to take into account the complex nature of these factors and develop individual digitalization strategies.

Keywords: *machine-building enterprise, digital transformation, readiness for digital transformation, digitalization, classification of factors affecting the readiness of engineering for digital transformation.*

Введение

Машиностроение в России занимает ведущие позиции в области инновационной деятельности. Ключевые показатели, такие как активность организаций в сфере инноваций, соотношение затрат и результатов, а также экономические эффекты от внедрения новшеств, превышают аналогичные показатели в других секторах экономики. В данной отрасли сосредоточено 40% всех инновационных

организаций, более 39,8% затрат и 42,6% объема выпускаемой инновационной продукции в обрабатывающей промышленности. [1].

Цифровизация в машиностроении становится важным фактором для повышения конкурентоспособности и эффективности. Внедрение таких технологий, как промышленный Интернет вещей (IIoT) и искусственный интеллект (AI), трансформирует производственные процессы следующим образом:

1. Автоматизация процессов: Системы автоматизации позволяют снизить количество ошибок, улучшить точность операций и сократить время на выполнение задач.

2. Интеллектуализация операций. AI может анализировать большие объемы данных, предсказывать неисправности оборудования и оптимизировать производственные процессы в реальном времени.

3. Повышение производительности. Как вы упомянули, использование цифровых технологий может увеличить производительность труда на 20% – 30%. Это достигается за счет более эффективного использования ресурсов и сокращения простоев.

4. Улучшение качества продукции. Цифровизация позволяет более точно контролировать качество на всех этапах производства, что приводит к снижению дефектов и увеличению удовлетворенности клиентов.

5. Гибкость производства. Цифровые технологии позволяют быстро адаптироваться к изменениям в спросе и производственных условиях, что особенно важно в условиях динамичного рынка.

Таким образом, интеграция цифровых технологий в машиностроение не только улучшает текущие процессы, но и открывает новые возможности для инноваций и роста.

Анализ публикаций выявил, что, несмотря на обилие современных исследований в сфере цифровой трансформации, нет единого мнения относительно факторов, влияющих на машиностроительные предприятия в условиях цифровизации. Это подчеркивает необходимость их глубокого изучения [2].

1. Исследование подходов к классификации факторов, оказывающих влияние на готовность машиностроительных предприятий к цифровой трансформации.

На каждое предприятие воздействует множество факторов, которые могут, как способствовать, так и ограничивать его работу. Эти факторы делятся на внутренние, связанные с размером предприятия, её профилем и качеством управления, и внешние, которые не зависят от самого предприятия. Последнее может лишь адаптировать свою деятельность с учетом этих факторов и искать способы их нейтрализации или уменьшения зависимости от них. Внешние факторы могут включать экономические, политические, экологические и научно-технические аспекты.

Суть понятия «цифровая трансформация» в подходах большинства современных исследователей не зависит от конкретной сферы деятельности предприятия. Тем не менее, готовность машиностроительных компаний к цифровой трансформации может зависеть от факторов, отличных от тех, которые влияют на предприятия в других отраслях экономики. Эти факторы, в первую очередь, связаны с уникальными характеристиками продукции, производимой данными предприятиями.

Среди особенностей продукции, производимой предприятиями машиностроения, можно выделить следующие характерные черты:

- необходимость соблюдения технических регламентов и стандартов;
- сложность и ресурсоемкость производственно-технологических процессов;
- штучный и мелкосерийный объем производства;
- наличие опытного или экспериментального производства;
- необходимость контроля и лицензирования [3].

Уникальной чертой российских предприятий в сфере машиностроения является то, что они обычно представляют собой многофункциональные научно-производственные комплексы. Эти предприятия не только выпускают готовую продукцию, но и занимаются собственными исследованиями и разработкой новых технологий, а также производят оборудование для своих нужд.

В исследованиях специалистов ВШЭ с учётом особенностей машиностроительной отрасли и характеристик производимой продукции, выделены ключевые факторы, непосредственно влияющие

на способность предприятий машиностроения адаптироваться к цифровизации. В рамках анализа указанные факторы сгруппированы по соответствующим критериям в отдельные категории [4]

Все факторы, определяющие уровень готовности машиностроительных предприятий к цифровой трансформации, целесообразно разделить по источнику влияния на внешние и внутренние. Внутри каждой группы факторы дополнительно классифицируются на регулируемые и нерегулируемые. Такая классификация помогает определить направления управленческого воздействия, обеспечивающие наиболее эффективное использование имеющихся ресурсов.

Регулируемые (внутренние) факторы представляют собой объективные возможности, которые способствуют созданию дополнительных, резервных или уникальных ресурсов предприятия, позволяя ему достичь необходимого уровня готовности к цифровой трансформации. К основным внутренним факторам можно отнести:

- наличие современных ИТ-технологий, защищенных патентами или товарными знаками;
- доступность качественных материально-технических ресурсов, достаточных для производства высокотехнологичной продукции;
- профессиональная квалификация и компетенции сотрудников, а также действующая система мотивации персонала;
- внедрение стратегического и тактического планирования на предприятии;
- сертификация предприятия в соответствии с международными стандартами качества [5].

Нерегулируемые (внешние) факторы включают социальные, экономические и организационные условия внешней среды, которые обеспечивают предприятию возможности производить и реализовывать свою продукцию на рынке. Эти внешние факторы дифференцируются по степени своего влияния следующим образом.

1. Факторы международного уровня:

а). Глобальные технологические тенденции.

Международные технологические инновации задают вектор развития промышленности, включая внедрение новых цифровых технологий, таких как роботизация, искусственный интеллект, большие данные и облачные вычисления. Готовность национальных компаний соответствовать международным стандартам и тенденциям становится важным фактором конкурентоспособности.

б). Регулирование международной торговли.

Правила международной торговли влияют на доступ предприятий к зарубежным рынкам и новым технологиям. Ограничительные меры, санкции или тарифные барьеры могут затруднять интеграцию передовых решений и ограничивать потенциал модернизации производств.

в). Политико-экономическое окружение.

Геополитические изменения, конфликты и международные кризисы оказывают значительное влияние на стабильность экономики стран и доступность инвестиций в модернизацию производства. Страны, испытывающие геополитические риски, сталкиваются с дополнительными трудностями в проведении успешной цифровой трансформации.

г). Доступ к финансовым ресурсам.

Возможность привлечения иностранного капитала, кредитов и грантов играет важную роль в финансировании проектов цифровой трансформации. Недостаточный доступ к внешним инвестициям замедляет темпы внедрения инновационных технологий.

д). Уровень конкуренции на мировом рынке.

Конкуренция на международном уровне стимулирует предприятия внедрять новые технологии и улучшать эффективность производственных процессов. Высококонкурентные рынки требуют постоянного обновления оборудования и оптимизации бизнес-процессов.

Таким образом, учет всех перечисленных международных факторов является необходимым условием успешного перехода машиностроительных предприятий к цифровой экономике.

2. Факторы государственного уровня:

а) Государственная политика в области промышленной политики. Государственные программы поддержки промышленного сектора, направленные на развитие инфраструктуры, предоставление льгот и субсидий, играют ключевую роль в стимулировании цифровой трансформации предприятий. Примером являются национальные проекты и государственные инициативы, поддерживающие модернизацию производств.

б). Законодательная база и регуляторная среда. Нормативно-правовая основа определяет правила игры для бизнеса, создавая либо благоприятные, либо неблагоприятные условия для внедрения новых технологий. Например, законодательство, регулирующее защиту персональных данных, кибербезопасность и интеллектуальную собственность, влияет на принятие предприятиями цифровых решений.

в). Финансовое регулирование и налогообложение. Фискальная политика государства, включая налоговые льготы и субсидии, существенно влияет на инвестиционную активность предприятий. Льготные режимы налогообложения и целевые кредиты позволяют снизить издержки и ускорить процессы цифровой трансформации.

г). Образовательная система и подготовка кадров. Качество подготовки профессиональных кадров имеет решающее значение для успеха цифровой трансформации. Государственные образовательные программы, нацеленные на подготовку квалифицированных специалистов в сфере ИТ-технологий и автоматизации, способствуют повышению уровня компетенций сотрудников предприятий.

д). Инфраструктурная поддержка. Развитие транспортной, энергетической и телекоммуникационной инфраструктуры создает необходимые условия для реализации масштабных проектов цифровой трансформации. Без надежной связи и современных транспортных сетей сложно обеспечить эффективную работу высокотехнологичных производств.

Эти факторы показывают, насколько важна активная позиция государства в обеспечении условий для успешной адаптации отечественных предприятий машиностроения к требованиям цифровой эпохи.

3. Факторы регионального уровня:

а). Инвестиционная привлекательность региона. Регион с развитой инфраструктурой, высоким уровнем жизни населения и привлекательными условиями для бизнеса привлекает больше инвесторов, готовых вкладывать средства в цифровизацию производств. Наличие специализированных технопарков, промышленных зон и кластеров способствует созданию экосистемы, поддерживающей внедрение инновационных технологий.

б). Развитие региональной научно-технической базы. Научные учреждения, исследовательские центры и университеты региона формируют кадровый потенциал и создают условия для разработки и внедрения новых технологий. Тесное взаимодействие промышленных предприятий с научными организациями ускоряет процесс внедрения инноваций.

в). Поддержка региональных властей. Активная позиция местных органов власти, выражающаяся в разработке специальных программ поддержки предприятий, предоставлении налоговых льгот и иных мер стимулирования, положительно сказывается на темпах цифровой трансформации. Региональные программы финансирования и субсидирования способны значительно повысить заинтересованность предприятий в модернизации.

г). Специализация региона. Особенности специализации региона определяют наличие необходимых ресурсов и инфраструктуры для осуществления успешных преобразований. Так, регионы с развитым машиностроением имеют преимущество в освоении цифровых технологий благодаря накопленному опыту и наличию высококвалифицированного персонала.

д). Социально-демографический фактор. Возрастная структура населения, образовательный уровень работников и общая ситуация на региональном рынке труда отражаются на способности предприятий привлекать кадры необходимой квалификации. Молодежь, имеющая опыт работы с современными технологиями, способна быстрее освоить цифровые решения.

Таким образом, успешная цифровая трансформация машиностроительных предприятий невозможна без учета указанных региональных факторов, которые существенным образом влияют на ход и результативность процесса модернизации.

4. Локальные факторы:

а). Внутренняя корпоративная культура. Корпоративная культура предприятий определяет отношение сотрудников к изменениям и новшествам. Если сотрудники открыты к обучению и готовы осваивать новые технологии, это упрощает переход к цифровой среде. Напротив, сопротивление переменам может замедлить этот процесс.

б). Качество управления предприятием. Эффективность менеджмента предприятия сильно влияет на успех цифровой трансформации. Грамотное руководство способно грамотно распределять ресурсы, мотивировать персонал и выбирать оптимальные стратегии цифрового преобразования.

в). Текущие производственные мощности и инфраструктура. Современность и техническое состояние оборудования и производственной инфраструктуры существенно влияют на возможность внедрения цифровых технологий. Предприятия с устаревшим оборудованием нуждаются в значительных вложениях для повышения своей технической оснащенности.

г). Кадровый состав и квалификация персонала. Компетентность сотрудников в работе с новыми технологиями и их желание повышать квалификацию важны для успешного освоения цифровых инструментов. Чем выше профессионализм команды, тем легче предприятию перейти на новый этап технологического развития.

д). Организация внутренних коммуникаций и обмен информацией. Хорошо организованные системы внутренней коммуникации и обмена информацией ускоряют распространение цифровых практик внутри предприятия. Отсутствие четких каналов передачи данных тормозит процесс интеграции новых технологий.

Таким образом, локальные факторы непосредственно связаны с внутренним состоянием предприятия и определяют степень его готовности к цифровой трансформации. Управление этими факторами требует внимательного подхода и тщательной проработки планов действий [6].

Факторы можно классифицировать на факторы прямого и косвенного воздействия. Факторы прямого воздействия оказывают немедленное влияние на операции предприятия, в то время как факторы косвенного воздействия влияют на его положение опосредованно. Тем не менее, их необходимо учитывать при принятии управленческих решений. Влияние косвенных факторов более сложное, чем влияние прямых, и их силу и последствия трудно прогнозировать и оценивать [7].

В статье «Факторы технологического развития предприятий отечественного машиностроения» (2018) А.В. Якунин изучал ключевые факторы, влияющие на скорость развития передовых технологий в машиностроении, а также выделял резервы для повышения эффективности использования научно-технологического потенциала предприятий. Исследование Якунина фокусировалось на анализе факторов и механизмов, способствующих развитию технологий, а также на выявлении проблем, мешающих эффективному прогрессу. Кроме того, он предложил рекомендации по улучшению государственной политики в области технологического развития машиностроения [8].

Некоторые из факторов, которые, по мнению Якунина, оказывают влияние на скорость развития технологий в машиностроении:

1. Научно-технический прогресс, способствует улучшению технического состояния производства и снижению себестоимости продукции.

2. Специализация, применение высокопроизводительного оборудования и средств автоматизации и роботизации в производственных процессах.

3. Кооперирование, увеличенная сложность производимой продукции приводит к множеству кооперационных связей между различными предприятиями в отрасли.

4. Цифровизация, внедрение цифровых технологий в процессы производства и управления, что обеспечивает гибкость, прозрачность производственной базы и высокую адаптивность процессов [8].

Современные машиностроительные компании, стремясь перевести свои бизнес-процессы в цифровую среду, также нацелены на снижение транзакционных издержек, что, в свою очередь, способствует росту объемов экономической активности. Применение интернет-телекоммуникационных технологий и платформенное взаимодействие создают огромный, практически безбарьерный рынок с настоящей глобальной конкуренцией и высокой динамикой всех его элементов и взаимосвязей. В таких условиях ключевым фактором конкурентного преимущества для машиностроительных компаний становится их способность обрабатывать и анализировать большие объемы данных. Устойчивость и потенциал развития предприятий зависят от их способности адаптироваться к изменяющимся потребностям внешней среды, клиентов и поставщиков, а также оперативно выводить на рынок новые продукты и услуги через электронные каналы продаж. Машиностроительные предприятия применяют цифровые и компьютерные технологии во всех сферах своей деятельности, что делает цифровую трансформацию ключевым направлением технологического прогресса в промышленности. Изменения, вызванные этой трансформацией, имеют широкий масштаб,

и наибольшие конкурентные преимущества получают те предприятия, которые уже готовы к ней как с технологической, так и с организационной точки зрения [9].

В настоящее время практически все производственно-технологические и бизнес-процессы основаны на передаче и анализе большого объема цифровых данных. Исследования, такие как те, что проводит McKinsey Global Institute, показывают, что цифровая трансформация в промышленности находится на начальной стадии, и уровень внедрения цифровых технологий в плане реализации их бизнес-потенциала составляет около 20% от возможного. В рамках проведенного исследования компании связывают свою конкурентоспособность с цифровой трансформацией, однако усилия в этой области часто не соответствуют стратегическим целям развития, а также ожиданиям по росту производительности и прибыльности [10].

С одной стороны, цифровая трансформация приводит к изменениям в способах взаимодействия с поставщиками, партнерами по производственной кооперации и государственными органами, что основано на преимуществах цифровых экосистем. С другой стороны, она также затрагивает формат взаимодействия и сотрудничества внутри предприятий, который основывается на обмене большими объемами цифровых данных. Для успешной реализации цифровой трансформации машиностроительному предприятию важно вовлечь и активизировать все функции в процессе цифровых преобразований [11].

В ходе исследования, основанного на анализе статистических данных, включая отчеты НИИ ВШЭ, а также на информации, собранной авторами через анкетирование, были выявлены факторы, негативно влияющие на уровень развития цифровой трансформации. Среди факторов необходимо отметить следующие:

- существующие финансовые ограничения, проблемы с кредитованием производства и высокий уровень внутренней инфляции;
- низкая адаптивность существующего производственно-технологического оборудования к цифровизации;
- отсутствие разработанной цифровой стратегии у большинства машиностроительных предприятий;
- отсутствие макроэкономической и политической стабильности в стране и мире в целом, вызванное последствиями международных санкций;
- инфраструктурные ограничения – неготовность существующих сетевых ресурсов к нарастанию цифровой нагрузки;
- отсутствие необходимых компетенций и недостаточный уровень цифровой грамотности действующих руководителей и работников предприятий [12].

Цифровая трансформация машиностроительного предприятия начинается с лидерства и стратегического видения, которые формируют культуру цифровых изменений в организации. Крайне важно, чтобы руководство осознавало значимость цифровой трансформации и было готово направлять компанию в этом процессе. По данным опросов руководителей машиностроительных предприятий, в рамках Концепции технологического развития до 2030 года, более половины (55%) ожидают повышения технологического обеспечения и устойчивого развития производственных систем. 47% руководителей отмечают приоритетность достижения конкурентоспособности отечественной высокотехнологичной продукции и повышения эффективности ее производства через внедрение технологических инноваций. Каждое четвертое предприятие ориентировано на создание собственной научной, кадровой и технологической базы для критических и сквозных технологий [12].

Культура организации является важным фактором, определяющим готовность машиностроительного предприятия к цифровой трансформации. Если у компании преобладает традиционный и консервативный подход, процесс изменения бизнес-процессов и внедрения новых технологий может оказаться сложным. Важно создать такую культуру, которая поддерживает инновации, эксперименты и открытость к новым идеям.

Современные ИТ-технологии на машиностроительном предприятии также являются важным фактором, влияющим на готовность к цифровой трансформации. Использование актуальных цифровых решений, таких как облачные вычисления, большие данные, искусственный интеллект, блокчейн и Интернет вещей, предоставляет возможность создавать новые продукты и услуги, оптимизировать бизнес-процессы и повышать качество обслуживания клиентов.

Анализируя динамику изменений в количестве научно-исследовательских работ (НИР) в машиностроительной отрасли, можно выделить несколько ключевых тенденций:

1. Увеличение числа НИР.

– В 2024 году увеличение количества НИР наблюдается на каждом пятом предприятии.

– К концу 2025 года этот показатель возрастет до каждого четвертого предприятия.

2. Осознание важности НИР.

– Более половины опрошенных руководителей (53%) подчеркивают значимость НИР для повышения конкурентоспособности как отдельных производств, так и всей отрасли.

3. Проблемы с инфраструктурой.

– Около 61% руководителей отмечают недостаточность текущего уровня инфраструктурных возможностей для проведения полноценных НИР, включая разработку импортозамещающих продуктов.

– Эта проблема требует серьезных инвестиций в модернизацию исследовательского сегмента.

4. Снижение числа предприятий, отказывающихся от НИР.

– В 2022 году около 40% предприятий считали, что расширение НИР им не требуется, а в 2024 году этот показатель сократился до всего лишь 17%.

Эти тенденции свидетельствуют о постепенном изменении восприятия роли науки и техники в производственном процессе, а также о растущем понимании необходимости инвестиций в научные исследования для обеспечения долгосрочного успеха и конкурентоспособности в машиностроительной отрасли [13].

Кадры являются ключевым ресурсом для успешной цифровой трансформации в машиностроении. В условиях цифровизации требуется наличие специалистов, которые не только понимают цифровые технологии, но и умеют их применять на практике. Это включает в себя знания в области программирования, обработки данных, работы с автоматизированными системами и технологий искусственного интеллекта. Важно создавать программы подготовки и повышения квалификации для молодых специалистов, а также для существующих сотрудников. Обучение должно охватывать как теоретические аспекты, так и практические навыки, чтобы работники могли эффективно использовать новые технологии.

По итогам 2024 года среднесписочная численность работников на машиностроительных предприятиях составила 439 тыс. человек, что на 6,6% больше по сравнению с 2023 годом. В сравнении с 2022 и 2021 годами объем рабочей силы в отрасли увеличился на 11,9% и 13,2% соответственно. Модернизация учебных программ с акцентом на цифровые технологии. Внедрение программ стажировок и практик на предприятиях для студентов технических [14].

Эти меры позволят не только повысить квалификацию существующих сотрудников, но и создать устойчивый кадровый резерв, способный адаптироваться к вызовам цифровой экономики.

2. Ключевые факторы, оказывающие влияние на готовность машиностроительных предприятий к цифровой трансформации

Цифровизация промышленности сталкивается с рядом серьезных препятствий, ключевыми из которых являются санкции, нехватка квалифицированных кадров и ограниченный бюджет, а также недостаточный уровень цифровой культуры внутри организаций. Ведущая российская консалтинговая фирма Strategy Partners совместно с группой компаний «Цифра» осуществила исследование процесса цифровизации российского производства и выявила самые многообещающие технологические направления. Специалисты проанализировали важнейшие инновационные решения, оценили масштабы их внедрения на предприятиях, обозначив факторы ускорения, существующие проблемы и возможные способы их реализации. Исследователи отечественной компании – разработчика программных средств для промышленных предприятий ГК «Цифра» в своем докладе «Перспективные цифровые технологии в промышленности: драйверы, барьеры, сценарии применения» сформулировали ключевые барьеры цифровизации промышленности, структурированные по четырем крупным бизнес-процессам машиностроительных предприятий (Табл.1) [15].

Таблица 1

Ключевые барьеры цифровизации промышленности

Бизнес- процессы	Содержание
Технологии и стандарты	Отсутствие единых стандартов в решениях цифровизации: решения, как правило, кастомизируются под заказчика в отличие от «стандартизации» в западных странах; Наиболее крупные компании самостоятельно разрабатывают решения для внутреннего пользования Отсутствует стандарт применения ИИ Технологическое отставание России, особенно в аппаратной части
Кадры и цифровая культура	Дефицит квалифицированных ИТ-кадров и инженеров, особенно в удаленных регионах. Низкая привлекательность предприятий для молодого поколения по сравнению с офисной работой. Низкий уровень цифровой культуры в среде менеджмента в отдельных индустриях. Сопrotивление изменениям со стороны рядовых сотрудников – страх быть замененными технологиями.
Экономика и финансы	Ориентация руководства предприятий на проекты с окупаемостью до 2 лет. Сложная экономическая ситуация. Высокая ключевая ставка. Снижение инвестиционной активности. Дефицит бюджетов на цифровизацию у компаний
Регуляторика и безопасность	Недостаточная проработка законодательства в стандартах применения технологий. Строгие требования служб ИБ в крупных промышленных компаниях. Ограничения на использования облачных решений. Несоответствие российских решений требованиям ИБ ввиду наличия слабо защищенных open-source элементов. Регуляторные требования по защите КИИ

Составлено авторами с использованием следующего источника: «Перспективные цифровые технологии в промышленности: драйверы, барьеры, сценарии применения» [электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <https://strategy.ru/research/research/perspektivnye-cifrovye-tehnologii-v-promyshlennosti-drajvery-barery-scenarii-primeneniya/> (дата обращения 23.12.2025) [15].

Цифровые технологии превращаются в ключевое преимущество российских производственных компаний. Активно внедряются системы машинного зрения, промышленный интернет вещей, методы машинного обучения и анализа больших данных (Big Data), а также генеративный искусственный интеллект.

Рост скорости внедрения поддерживается благодаря мерам государственной поддержки, появлению отечественных цифровых продуктов и отраслевым стандартам, повышению доступности специализированных технических средств.

Наиболее востребованные направления применения включают автоматизацию мониторинга и планирования, использование предиктивной аналитики, внедрение интеллектуальных агентов и

помощников. Однако степень распространения технологий различается. Например, количество предприятий, использующих машинное зрение, увеличилось более чем вдвое за период с 2020 по 2024 годы — с 18,9% до 41,6%. Тогда как технологии машинного обучения и большие данные применялись всего на 6% предприятий в конце 2024 года. Отдельный случай представляют собой цифровые двойники: хотя технология внедрена менее чем на 2% предприятий, российские компании демонстрируют значительный прогресс в её развитии. Полноценное внедрение цифровых двойников ожидается примерно в 2027—2033 гг., тогда как генеративный ИИ применяется пока лишь на 0,3% предприятий, но темпы роста ожидаются высокие — около 56,8% ежегодно.

Главные препятствия на пути дальнейшего развития цифровой трансформации связаны с санкциями, отсутствием унифицированных стандартов, нехваткой квалифицированного персонала и недостатком финансовых ресурсов, низким уровнем цифровой грамотности среди сотрудников, ограничениями ИТ-безопасности и предпочтением проектов с быстрой окупаемостью (до двух лет).

Преодолев эти трудности, промышленность сможет значительно ускорить распространение цифровых технологий и совершенствование соответствующих стандартов в течение ближайших трех-пяти лет [15].

Основное условие успеха промышленных компаний заключается в повышении операционной эффективности посредством цифровых технологий, обеспечивающих постоянный сбор данных и моделирование процессов. Оперативные и тактические решения в сфере производства будут всё чаще базироваться на технологиях цифровых двойников и интеллектуальных помощников, обрабатывающих телеметрические данные и определяющих зоны неэффективности. Важнейшую роль также займёт промышленный интернет вещей, позволяющий преобразовывать показатели производственной среды в аналитические данные для эффективного управления.

Стартом масштабной цифровизации промышленности России послужит формирование культуры грамотной работы с информацией. Сегодня около половины собираемых данных остаются невостребованными. Создание управленческих моделей, основанных на объективных данных, откроет путь к значительному увеличению эффективности в условиях нехватки ресурсов [15].

Учитывая отраслевую принадлежность машиностроительных предприятий и характеристики выпускаемых ими изделий, можно выделить ключевые факторы, влияющие на способность машиностроительных предприятий к цифровой трансформации, предлагая их классификацию (рис. 1). Основные группы факторов включают четыре направления: технологическое, организационное, экономическое и кадровое.

Технологические факторы отражают степень готовности производственных процессов машиностроительных предприятий к внедрению цифровых инноваций. К ним относятся: оснащённость современным оборудованием, совместимым с цифровыми технологиями; интеграция новейших разработок вроде Интернета вещей (IoT), искусственного интеллекта (AI) и методов работы с большими объемами данных (Big Data); автоматизированные процессы и применение роботов; усовершенствованные системы управления предприятием (ERP) и системой исполнения производственных операций (MES); развитые коммуникационные инфраструктуры, включающие быстрые локальные сети и беспроводные соединения типа Wi-Fi; активное использование облачных сервисов для удобного хранения и обработки данных; развертывание интегрированных решений для управления корпоративными ресурсами и финансовой деятельностью; системы оперативного контроля над производственным процессом в реальном времени; наличие устройств и датчиков для постоянного мониторинга состояния производств; внедрение инструментов искусственного интеллекта для предотвращения поломок, улучшения показателей качества и повышения общей эффективности; обеспечение совместимости различных программных продуктов посредством API-интерфейсов [16].

Готовность машиностроительного предприятия к переходу на цифровые рельсы определяется не только техническими аспектами, но и организационными факторами. Именно они влияют на скорость адаптации бизнеса к переменам, успешность внедрения инновационных технологий и управление внутренними процессами.

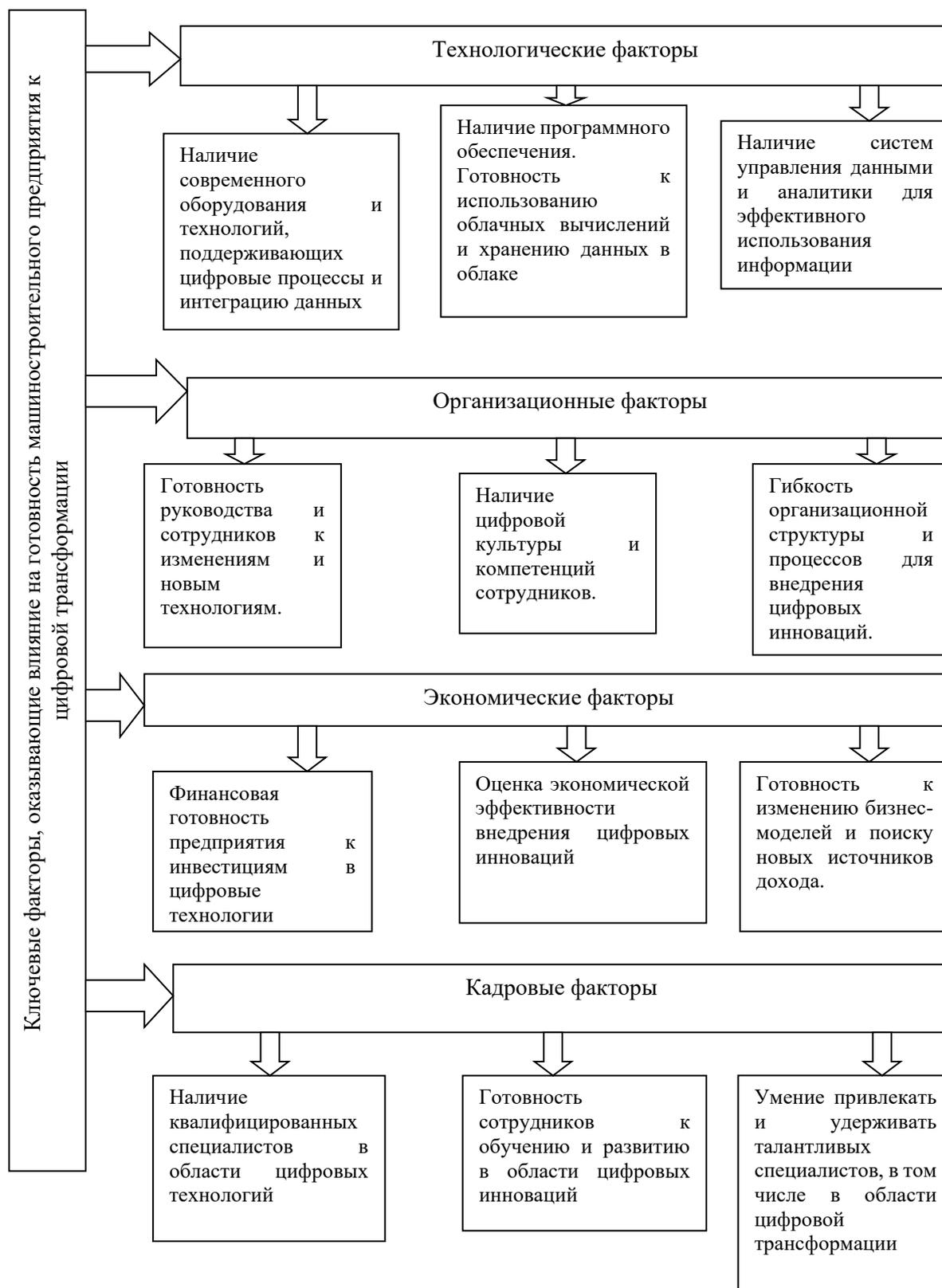


Рис. 1. Ключевые факторы, оказывающие влияние на готовность машиностроительного предприятия к цифровой трансформации

Составлено авторами с использованием следующего источника: Полежаева, Н.В. Цифровая инфраструктура машиностроительного предприятия / Н.В. Полежаева // Экономика и предпринимательство. 2021, №11(136). С. 1395-1398 [16].

Среди ключевых организационных факторов выделяют:

- Наличие ясной и детализированной стратегии цифровой трансформации, содержащей конкретные цели, задачи и дорожную карту их достижения.
- Решительную поддержку руководства предприятия, активно вовлеченного в процесс изменений и формирующего внутри организации культуру, открытую к новшествам.
- Способность персонала и менеджмента принимать свежие идеи и технологии, создавать благоприятную среду для экспериментов и активного внедрения свежих решений.
- Использование прогрессивных методик управления проектами, таких как Agile и Scrum, что способствует эффективному продвижению цифровой инициативы.

Экономические факторы оказывают значительное воздействие на готовность машиностроительного предприятия к цифровой трансформации. Помимо необходимого финансового обеспечения, важны понимание текущих рыночных условий, давление конкурентов и потребности потребителей. Предприятия, которые грамотно управляют этими экономическими элементами, обладают лучшими шансами успешно пройти цифровую трансформацию и укрепить свое положение на рынке. Главные экономические факторы включают:

- Достаточный уровень финансирования для приобретения цифровых технологий, обновления оборудования и ПО.
- Возможность привлекать заемные средства и альтернативные финансовые инструменты для поддержки цифровых проектов.
- Появление технологических инноваций и практики в отрасли, создающее предпосылки для перехода к цифровой экономике.
- Государственные программы поддержки, такие как гранты и льготные налоговые режимы, стимулирующие цифровизацию.
- Законодательные нормы и стандарты, вынуждающие бизнес внедрять современные технологии.
- Доступ к партнерству с высокотехнологичными компаниями, стартапами и научно-исследовательскими центрами, содействующими развитию и внедрению новых решений.
- Способность предприятия направлять инвестиции в научные исследования и конструкторские разработки для вывода на рынок новых товаров и услуг.

Кроме того, кадровые факторы крайне важны для успешного осуществления цифровой трансформации. Инвестиции в профессиональный рост сотрудников, создание возможностей для обучения и вовлечения работников повышают шансы на эффективное внедрение новых технологий и получение конкурентных преимуществ. Ключевыми кадровыми факторами являются:

- Соответствующий образовательный уровень и квалификация сотрудников в области цифровых технологий, автоматизации и ИТ-инфраструктуры.
- Владение современными инструментами проектирования и управления, такими как CAD/CAM-системы, ERP-решения и другое специализированное ПО.
- Приверженность машиностроительного предприятия принципам непрерывного обучения, мотивация сотрудников осваивать новые знания и компетенции.
- Реализация образовательных мероприятий, тренингов и специализированных курсов для развития цифровых компетенций среди сотрудников.
- Активная позиция руководителей, готовых вкладывать средства в профессиональное развитие и образование персонала.

Машиностроительные предприятия, располагающие современной технической базой, эффективной инфраструктурой и подготовленными сотрудниками, способны эффективнее реализовывать проекты цифровой трансформации.

Выделенные ключевые факторы взаимосвязаны и их влияние на готовность предприятий к цифровой трансформации может варьироваться в зависимости от конкретных условий и стратегий каждого предприятия.

Заключение

Анализируя выделенные факторы, можно сделать следующие выводы относительно влияния каждого аспекта на готовность машиностроительных предприятий к цифровой трансформации. Обладание современным оборудованием и системами управления становится

необходимым условием для интеграции цифровых технологий, автоматизация и роботизация способствуют снижению ручного труда и ошибок, обеспечивая стабильность и высокое качество продукции, интеграция промышленных сетей и облаков создает основу для сбора и анализа данных, необходимых для точной диагностики и предиктивного обслуживания, используемые информационно-аналитические системы (например, MES и ERP) улучшают прозрачность и координацию всех этапов производства.

Четко сформулированная стратегия цифровой трансформации определяет вектор движения и приоритетные шаги для модернизации предприятия. Руководители, принимающие активную позицию и иницилирующие изменения, становятся ключевыми драйверами успеха проекта. Формирование корпоративной культуры, поощряющей эксперименты и инновации, снижает сопротивление изменениям и ускоряет адаптацию сотрудников. Применение методологий проектного управления (Agile, Scrum) позволяет гибко подходить к реализации сложных проектов цифровой трансформации. Финансовая устойчивость предприятия необходима для долгосрочного инвестирования в цифровые технологии. Привлечение стороннего финансирования расширяет возможности предприятия по проведению крупных модернизаций. Участие государства в поддержке цифровизации через субсидии и налоговые преференции уменьшает риски и стимулирует инвестиционную активность. Внешняя среда, представленная рынком технологий и партнеров, оказывает существенное влияние на доступность и выбор конкретных решений. Уровень квалификации сотрудников непосредственно влияет на успех внедрения цифровых технологий. Постоянное обучение и переподготовка обеспечивают необходимые компетенции для эксплуатации современных цифровых систем. Лидеры мнений и команды профессионалов формируют ядро компетенций и распространяются позитивные практики по всей структуре предприятия. Высокий уровень вовлеченности сотрудников формирует социальную базу для устойчивого роста и прогресса.

Совокупность перечисленных факторов играет ключевую роль в формировании готовности машиностроительных предприятий к цифровой трансформации. Каждое направление взаимодействует друг с другом, создавая комплексную картину готовности к нововведениям. Важно учитывать взаимозависимость факторов и выстраивать стратегию цифровой трансформации с учётом их комплексного воздействия.

Литература

1. Инновационный прорыв в машиностроении. Высшая школа экономики. Институт статистических исследований и экономики знаний [электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/1112058192.pdf> (дата обращения 15.11.2025).
2. Афанасьев, А. А. Цифровая трансформация машиностроения России в контексте четвертой промышленной революции / А. А. Афанасьев // Вопросы инновационной экономики. – 2024. – Т. 14, № 1. – С. 221-240. – DOI 10.18334/vinec.14.1.120242.
3. Цифровая экономика [Текст]: краткий статистический сборник / [Г. И. Абдрахманова, Л. М. Гохберг, А. В. Демьяненко и др.; редакционная коллегия: Л. М. Гохберг и др.]; Министерство связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, Федеральная служба государственной статистики, Высшая школа экономики Национальный исследовательский университет. - Москва: ВШЭ, 2018-.2019. - 2019. - 93 с.: табл.; ISBN 978-5-7598-1927-1.
4. Что такое цифровая экономика? Тренды, компетенции, измерение: доклад к XX Апрельской международной научной конференции по проблемам развития экономики и общества, Москва, 9–12 апреля 2019 г. [электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <https://conf.hse.ru/mirror/pubs/share/262126147> (дата обращения 23.12.2025).
5. Цифровая экономика: 2019: краткий статистический сборник / Г.И. Абдрахманова, К.О. Вишневецкий, Л.М. Гохберг и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: НИУ ВШЭ, 2019. – 96 с.– ISBN 978-5-7598-1927-1.
6. Радулов, Д. Д. Теоретические подходы к исследованию проблемы классификации факторов конкурентоспособности предприятий / Д. Д. Радулов // Российское предпринимательство. – 2013. – Т. 14, № 13. – С. 15-22.

7. Устаев, Р.М. Об анализе методик оценки факторов внешней среды и степени ее влияния на организацию / Р.М. Устаев, Р.Г. Чумаченко // Теория и практика современной науки. 2019. №5(47). С. 587-593
8. Якунин, А.В. Факторы технологического развития предприятий отечественного машиностроения/ А.В. Якунин // Экономические науки. – 2018. – № 8 (165) – С. 24-28.
9. Востребованность «сквозных» цифровых технологий: облачные сервисы // Цифровая экономика: экспресс-информация. 18.04.2019[электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <https://issek.hse.ru/news/263497300.html> (дата обращения 23.12.2025).
10. Цифровая активность предприятий обрабатывающей промышленности в 2018 году // Цифровая экономика: экспресс-информация. 06.03.2019. [электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: https://issek.hse.ru/data/2019/03/06/1198898189/NTI_N_122_06032019.pdf (дата обращения 23.12.2025).
11. Разработка передовых производственных технологий в 2018 году //Цифровая экономика: экспресс-информация. 23.05.2019. [электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: https://issek.hse.ru/data/2019/05/23/1507921903/NTI_N_129_23052019.pdf (дата обращения 23.12.2025).
12. Стратегия цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности в целях достижения их «цифровой зрелости» до 2024 года и на период до 2030 года. [электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: [1bde905b-0eae-45d4-81e9-37bc043f8311.pdf](https://issek.hse.ru/data/2019/03/06/1198898189/NTI_N_122_06032019.pdf) (дата обращения 23.12.2025).
13. Машиностроение: ключевые тренды 2024 года / И. С. Лола (рук. авт. кол.), Д. Г. Асосков, А. Д. Рахимова, Н. А. Усов; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики»; – М.: НИУ ВШЭ, 2025 – 23 с.
14. Носырева И.Г. Цифровизация кадровых процессов как ключевой элемент цифровой трансформации организации / И.Г. Носырева, Н.А. Белобородова. - DOI 10.17150/2500-2759.2024.34(1).61-70. - EDN WRHTIZ // Известия Байкальского государственного университета. - 2024. — Т. 34, № 1. - С. 61–70.
15. «Перспективные цифровые технологии в промышленности: драйверы, барьеры, сценарии применения» [электронный ресурс] - Режим доступа. – URL: <https://strategy.ru/research/research/perspektivnye-cifrovyie-tehnologii-v-promyshlennosti-drajvery-barery-scenarii-primeneniya/>(дата обращения 23.12.2025).
16. Полежаева, Н.В. Цифровая инфраструктура машиностроительного предприятия/Н.В. Полежаева// Экономика и предпринимательство. 2021, №11(136). С. 1395-1398.

References

1. Innovative breakthrough in mechanical engineering. Graduate School of Economics. Institute for Statistical Research and Knowledge Economics [electronic resource] - Access mode. - URL: <https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/1112058192.pdf> (date of contact 15.11.2025).
2. Afanasyev, A. A. Digital transformation of Russian mechanical engineering in the context of the fourth industrial revolution / A. A. Afanasyev // Issues of an innovative economy. – 2024. - Т. 14, NO. 1. - S. 221-240. – DOI 10.18334/vinec.14.1.120242.
3. Digital economy [Text]: a short statistical collection / [G. I. Abdrakhmanova, L. M. Gokhberg, A. V. Demyanenko and others; editorial board: L. M. Gohberg et al.]; Ministry of Communications and Mass Media of the Russian Federation, Federal State Statistics Service, Higher School of Economics National Research University. - Moscow: HSE, 2018-2019. - 2019. - 93 p.: Table; ISBN 978-5-7598-1927-1.
4. What is the digital economy? Trends, competencies, measurement: report to the XX April International Scientific Conference on Economic and Social Development, Moscow, April 9-12, 2019. [electronic resource] - Access mode. - URL: <https://conf.hse.ru/mirror/pubs/share/262126147> (date of contact 23.12.2025).
5. Digital economy: 2019: a short statistical collection/G.I. Abdrakhmanova, K.O. Vishnevsky, L.M. Gokhberg et al.; Nat. ¶. University "Higher School of Economics." - M.: HSE, 2019. - 96 p. - ISBN 978-5-7598-1927-1 pp.

6. Radulov, D. D. Theoretical approaches to the study of the problem of classification of competitiveness factors of enterprises / D. D. Radulov // Russian entrepreneurship. – 2013. - Т. 14, No. 13. - S. 15-22
7. Ustaev, R.M. On the analysis of methods for assessing environmental factors and the degree of its influence on the organization / R.M. Ustaev, R.G. Chumachenko // Theory and practice of modern science. 2019. №5(47). S. 587-593.
8. Yakunin, A.V. Factors of technological development of enterprises of domestic mechanical engineering / A.V. Yakunin // Economic sciences. – 2018. - NO. 8 (165) - S. 24-28.
9. The demand for "end-to-end" digital technologies: cloud services // Digital economy: express information. 18.04.2019 [electronic resource] - Access mode. - URL: <https://issek.hse.ru/news/263497300.html> (date of contact 23.12.2025).
10. Digital activity of manufacturing enterprises in 2018//Digital economy: express information. 06.03.2019. [electronic resource] - Access mode. - URL: https://issek.hse.ru/data/2019/03/06/1198898189/NTI_N_122_06032019.pdf (date of contact 23.12.2025).
11. Development of advanced production technologies in 2018//Digital economy: express information. 23.05.2019. [electronic resource] - Access mode. - URL: https://issek.hse.ru/data/2019/05/23/1507921903/NTI_N_129_23052019.pdf (date of contact 23.12.2025).
12. Strategy for digital transformation of manufacturing industries in order to achieve their "digital maturity" until 2024 and for the period up to 2030. [electronic resource] - Access mode. - URL: [1bde905b-0eae-45d4-81e9-37bc043f8311.pdf](https://issek.hse.ru/data/2019/05/23/1507921903/NTI_N_129_23052019.pdf) (accessed on 23.12.2025).
13. Mechanical engineering: key trends of 2024/I. S. Lola (hand. aut. col.), D. G. Asoskov, A. D. Rakhimova, N. A. Usov; Nat. †. University "Higher School of Economics"; - M.: HSE, 2025 - 23 p.
14. Nosyreva I.G. Digitalization of personnel processes as a key element of the digital transformation of the organization/I.G. Nosyreva, N.A. Beloborodova. - DOI 10.17150/2500-2759.2024.34 (1) .61-70. - EDN WRHTIZ // News of Baikal State University. - 2024. - Т. 34, NO. 1. - S. 61-70.
15. "Promising digital technologies in industry: drivers, barriers, application scenarios" [electronic resource] - Access mode. – URL: <https://strategy.ru/research/research/perspektivnye-cifrovyetehnologii-v-promyshlennosti-drajvery-barery-scenarii-primeneniya/> (дата обращения 23.12.2025).
16. Polezhaeva, N.V. Digital infrastructure of a machine-building enterprise / N.V. Polezhaeva // Economics and entrepreneurship. 2021, No. 11 (136). Pp. 1395-1398.

Об авторах

Полежаева Наталья Викторовна, преподаватель кафедры таможенного дела Сибирского государственного университета им. М.Ф. Решетнева, Красноярск.

Зеленская Татьяна Васильевна, доктор экономических наук, профессор Научно-образовательный центр «Социально-экономическое развитие макрорегиона Сибири» Сибирского государственного университета им. М.Ф. Решетнева, директор, Красноярск.

Беляков Геннадий Павлович, доктор экономических наук, профессор, Институт инженерной экономики Сибирского государственного университета им. М.Ф. Решетнева, кафедра организации и управления наукоемкими производствами, профессор, Красноярск.

Бахмарева Наталья Владимировна, кандидат экономических наук, доцент, Институт инженерной экономики Сибирского государственного университета им. М.Ф. Решетнева, кафедра организации и управления наукоемкими производствами, доцент, Красноярск.

About authors

Natalya V. Polezhaeva, Lecturer, Department of Customs, Siberian State University named after M.F. Reshetnev, Krasnoyarsk.

Tatyana V. Zelenskaya, Doctor of Sci. (Econ.), Professor, Scientific and Educational Center "Socio-Economic Development of the Macrorregion of Siberia" Siberian State University named after M.F. Reshetneva, Director, Krasnoyarsk.

Gennadiy P. Belyakov, Doctor of Sci. (Econ.), Professor, Institute of Engineering Economics, Siberian State University named after M.F. Reshetnev, Department of Organization and Management of High-Tech Industries, Professor, Krasnoyarsk.

Natalya V. Bakhmareva, Candidate of Sci. (Econ.), Associate Professor, Institute of Engineering Economics, Siberian State University named after M.F. Reshetnev, Department of Organization and Management of High-Tech Industries, Associate Professor, Krasnoyarsk.