

МОДЕРНИЗАЦИЯ И ИННОВАЦИИ

УДК: 332.05
JEL: O1, O33

Инструменты оценки готовности 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., профессор

e-mail: sibtermo@yandex.ru

Г.П. Беляков, д.э.н., профессор

SPIN-код (РИНЦ): 3589-1231

e-mail: sibtermo@yandex.ru

Для цитирования

Полежаева Н.В., Зеленская Т.В., Беляков Г.П. Инструменты оценки готовности машиностроительных предприятий к цифровой трансформации // Проблемы рыночной экономики. – 2025. – № S1. – С. 48-63.

DOI: 10.33051/2500-2325-2025-S1-48-63

Аннотация

Статья посвящена разработке инструментария оценки готовности машиностроительных предприятий к цифровой трансформации. **Цель работы.** Изучить существующие методологические подходы к оценке готовности предприятий к цифровой трансформации и разработать новую методику для машиностроительной отрасли, учитывающую отраслевые особенности и позволяющую объективно оценить готовность предприятий к проведению цифровой трансформации. **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 внедрение цифровых технологий становится важнейшим фактором, определяющим развитие машиностроительных предприятий. Технологии вроде искусственного интеллекта, Интернета вещей и больших данных позволяют оптимизировать производственные процессы и открывают перспективные направления для модернизации бизнеса. Использование цифровых инструментов повышает точность прогнозирования рыночных потребностей, снижает расходы и увеличивает продуктивность труда, что особенно актуально перед лицом современных мировых вызовов. Эти технологии формируют базу новой промышленной архитектуры, основанной на интеграции цифровых экосистем, объединяющих участников производственной цепочки — от поставщиков сырья до научно-исследовательских центров. Таким образом, создается единая система управления машиностроительным предприятием, включающая мониторинг текущих показателей, прогнозирование тенденций и гибкую адаптацию стратегии с опорой на глубокий анализ данных. **Выводы.** Таким образом, предложенная в статье методика, как основной инструмент оценки готовности машиностроительных предприятий к цифровой трансформации дает четкое понимание текущего состояния производственных процессов машиностроительных предприятий и помогает эффективно подготовиться к

внедрению цифровых технологий. Применение методики способствует повышению производительности, улучшению качества выпускаемых изделий, снижению затрат и усилению конкурентоспособности предприятия.

Ключевые слова: машиностроительное предприятие, цифровая трансформация, готовность к цифровой трансформации, цифровизация, оценка готовности к цифровой трансформации.

Tools for assessing the readiness of machine-building 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

For citation

Polezhaeva N.V., Zelenskaya T.V., Belyakov G.P. Tools for assessing the readiness of machine-building enterprises for digital transformation // Market economy problems. – 2025. – No. S1. – Pp. 48-63 (In Russian).

DOI: 10.33051/2500-2325-2025-S1-48-63

Abstract

The article is devoted to the development of tools for assessing the readiness of machine-building enterprises for digital transformation. **Purpose of work.** To study the existing methodological approaches to assessing the readiness of enterprises for digital transformation and develop a new methodology for the engineering industry, taking into account industry features and allowing an objective assessment of the readiness of enterprises for digital transformation. **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 introduction of digital technologies is becoming the most important factor determining the development of machine-building enterprises. Technologies such as artificial intelligence, the Internet of Things and big data optimize production processes and open up promising areas for business modernization. The use of digital tools improves the accuracy of forecasting market needs, reduces costs and increases productivity, which is especially important in the face of modern global challenges. These technologies form the basis of a new industrial architecture based on the integration of digital ecosystems that unite participants in the production chain - from suppliers of raw materials to research centers. Thus, a unified management system for a machine-building enterprise is created, which includes monitoring current indicators, forecasting trends and flexible adaptation of the strategy based on deep data analysis. **Conclusions.** Thus, the methodology proposed in the article, as the main tool for assessing the readiness of machine-building enterprises for digital transformation, provides a clear understanding of the current state of the production processes of machine-building enterprises and helps to effectively prepare for the introduction of digital technologies. The use of the technique helps to increase productivity,

improve the quality of manufactured products, reduce costs and increase the competitiveness of the enterprise.

Keywords: *machine-building enterprise, digital transformation, readiness for digital transformation, digitalization, assessment of readiness for digital transformation.*

Введение

Цифровая трансформация промышленного сектора играет ключевую роль в развитии российской экономики. Применение цифровых технологий способно существенно увеличить производительность предприятий и укрепить их позиции на международной арене. Однако для успешной реализации цифровой трансформации недостаточно лишь технических мер. Необходимо создание благоприятных правовых и организационных условий. Важнейшим элементом являются разработка законов, способствующих развитию инновационных технологий и поддержки цифрового преобразования, а также обеспечение финансовой поддержки и инвестирования цифровых инициатив на всех уровнях власти.

Целью цифровой трансформации машиностроительной отрасли выступает достижение технологического суверенитета, реализация потенциала коммерческих возможностей отечественных исследований и разработок, а также ускоренное технологическое развитие российских машиностроителей с целью повышения конкурентоспособности их продукции и решений как внутри страны, так и на международном рынке. Для достижения этих целей предусматривается широкое внедрение и активное использование ключевых и универсальных ИТ-технологий (технологичных направлений) [1].

Цифровые технологии превращаются в ключевой фактор конкурентоспособности российских машиностроительных предприятий. Их распространение поддерживается благодаря активной государственной поддержке, разработке национальных цифровых платформ, формированию отраслевых стандартов по сбору и обработке данных, а также стремлению компаний повышать свою операционную эффективность посредством внедрения ИТ-технологий.

Несмотря на динамичное развитие технологий, степень их распространения остается неравномерной. Основные препятствия на пути цифровизации машиностроения включают санкции, нехватку согласованных стандартов внедрения, кадровый дефицит, ограниченность корпоративного финансирования, недостаточный уровень цифровой культуры сотрудников, строгие требования служб информационной безопасности, а также предпочтение руководителей краткосрочных проектов с быстрой окупаемостью менее двух лет. При условии успешного решения указанных проблем в течение ближайших трех-пяти лет можно ожидать значительного роста уровня внедрения цифровых технологий и формирования новых отраслевых стандартов [2].

1. Исследование методических подходов к оценке готовности промышленных предприятий к цифровой трансформации

В международной практике выделяют несколько ключевых подходов к оценке готовности промышленных компаний к цифровой трансформации [3-6]. Оценка готовности промышленных предприятий часто основывается на методах, которые включают:

1. Опросы. Разработка специализированных опросников, которые охватывают различные аспекты цифровизации, такие как технологии, процессы, культура и стратегии. Эти опросы могут быть направлены как на сотрудников, так и на руководителей.

2. Метод наблюдений. Прямое наблюдение за процессами и практиками внутри компании позволяет собрать данные о реальном использовании цифровых технологий и их интеграции в бизнес-процессы.

3. Качественные и количественные оценки. Сбор данных позволяет проводить как качественный, так и количественный анализ. Качественные данные могут дать представление о мнениях и восприятии сотрудников, в то время как количественные данные позволяют оценить уровень цифровой зрелости в числовом выражении.

4. Анализ результатов. На основе собранных данных компании присваивается уровень цифровой зрелости, который может варьироваться от начального уровня до продвинутого. Это позволяет выявить области для улучшения и разработать стратегию дальнейшего развития.

Такой подход помогает компаниям понять, где они находятся в процессе цифровой трансформации и какие шаги необходимо предпринять для достижения более высоких уровней цифровой зрелости.

Метод оценки готовности перехода к цифровому бизнесу KPMG (digital business aptitude (DBA)) разработан на основании опыта компаний, успешно внедривших цифровые технологии в своей деятельности [7]. Готовность к цифровой трансформации определяется на основании оценки основных критериев в пяти областях деятельности предприятия. Структурированные в результате анализа материалов исследований KPMG критерии оценки представлены в табл. 1.

Таблица 1

Модель цифровой зрелости DBA

Область цифровизации	Описание	Критерии оценки
Стратегия компании	Изменения в компании осуществляются не на уровне отдельных подразделений, а в рамках единой стратегии, которая внедряется в организацию как её ДНК.	Разработка индивидуальной стратегии Поддержка цифровых технологий со стороны высшего руководства. Формирование цифровой культуры среди всех сотрудников компании.
Специалисты в области цифровых технологий	Необходимость в цифровых специалистах (как внутренних, так и внешних), а также в новых методах их поиска, обучения и удержания	Обучение и развитие внутренних кадров. Оптимизация и освоение новых компетенций. Формирование сообществ специалистов
Цифровизация внутренних процессов	Оценка степени оцифровки текущих процессов с целью оптимизации и повышения эффективности работы компании.	Внедрение оптимизированных платформ, которые обеспечивают возможность совершения покупок круглосуточно и без выходных с любого устройства в любом месте. Эволюция и адаптивность процессов. Регулярное проведение измерений и аналитических исследований.
Гибкая инфраструктура и снабжение	Оценка адаптивности компании и её структур, а также способности оперативно реагировать на постоянные изменения, такие как быстрая разработка и вывод новых продуктов на рынок.	Стратегические партнерства, включая внедрение и развитие цифровых технологий. Использование мобильности и мобильных технологий, приложений и платформ. Мобильное взаимодействие с партнерами, клиентами и сотрудниками, а также активное использование социальных медиа. Гибкая архитектура платформ и решений.

Целевое управление	Реорганизация управления на уровне корпорации с акцентом на обеспечение инновационных процессов.	Привлечение спонсоров, бизнес-лидеров и экспертов в области технологий для принятия решений по финансированию. Установление стандартов и дисциплины. Создание отдельного подразделения цифрового управления, которое будет отслеживать и анализировать изменения и влияние технологий. Управление рисками, основанное на выявлении и оценке потенциальных угроз для конфиденциальности и безопасности
--------------------	--	--

Составлено авторами с использованием следующего источника: *Are you ready for digital transformation? Measuring your digital business aptitude* // <https://assets.kpmg.com/> [Электронный ресурс]. *Резюме документа*: <https://home.kpmg.com/ru/en/home/insights/2016/04/measuring-your-digital-business-aptitude>[7].

На основании выделенных критериев и областей предприятие проводит самостоятельную оценку и определяет пробелы, которые необходимо устранить для повышения уровня готовности всех производственных процессов к цифровой трансформации. Сравнительная оценка с другими предприятиями (например, из одной отрасли или по секторам промышленности) помогает выявить общие тенденции, характерные для всего сектора промышленности в целом.

Модель цифровой зрелости Forrester 4.0 предлагает структурированный подход к оценке готовности предприятий к цифровой трансформации. Она основывается на универсальных критериях, которые применимы к предприятиям различных отраслей и размеров. Основные критерии модели включают:

1. Использование цифровых технологий. Оценка того, насколько эффективно компания применяет цифровые решения для повышения своей конкурентоспособности.
2. Ориентация на потребительский опыт. Анализ того, как цифровые технологии помогают улучшить взаимодействие с клиентами и удовлетворение их потребностей.
3. Гибкость предприятия: Оценка способности компании адаптироваться к изменениям на рынке и внедрять инновации.

В отличие от Модели цифровой зрелости DBA, которая фокусируется на конкретных областях, требующих изменений, модель Forrester выделяет уровни зрелости. Эти уровни представляют собой этапы, которые имеют свои характеристики и могут служить индикаторами успешности в использовании преимуществ цифровизации. Это позволяет компаниям не только выявлять области для улучшения, но и отслеживать свой прогресс в процессе цифровой трансформации.

Модель цифровой зрелости Forrester действительно выделяет несколько уровней зрелости, которые помогают компаниям оценивать свой текущий статус и планировать дальнейшие шаги в цифровой трансформации. Эти уровни обычно включают:

1. Начальный уровень. Компании на этом этапе только начинают внедрение цифровых технологий. У них может отсутствовать четкая стратегия, и они сталкиваются с трудностями в интеграции цифровых решений.
2. Развивающийся уровень. Организации начинают осознавать важность цифровизации и внедряют отдельные технологии, но их использование еще не является системным.
3. Устойчивый уровень. На этом этапе компании уже имеют стратегию цифровой трансформации и активно используют технологии для оптимизации процессов и улучшения клиентского опыта.

4. Оптимизированный уровень. Организации на этом уровне эффективно используют данные и технологии для принятия обоснованных решений, что позволяет им быстро адаптироваться к изменениям на рынке.

5. Инновационный уровень. Компании становятся лидерами в своей отрасли, активно внедряя новшества и создавая новые бизнес-модели на основе цифровых технологий.

Каждый из этих уровней имеет свои характеристики, что позволяет компаниям не только оценивать свою текущую позицию, но и определять конкретные шаги для достижения следующего уровня зрелости. Это создает основу для стратегического планирования и помогает в управлении изменениями в организации [8].

Уровень цифровой зрелости определяется на основе анализа анкеты, состоящей из 7 вопросов, охватывающих четыре ключевые области предприятия: культура, организация, технологии и аналитика. Каждый вопрос оценивается по 5-балльной шкале. На основании средневзвешенной оценки делается вывод о текущем этапе зрелости компании.

В ряде зарубежных и российских исследований предлагаются альтернативные методы оценки, которые основываются на выделении других областей, таких как стратегия, организация, клиент, экосистема, операции, технологии и инновации. Также рассматриваются дополнительные аспекты, включая цифровой маркетинг и коммуникации, управление разработкой продуктов и управление инновациями. При этом готовность компании к цифровому бизнесу на 87% зависит от развития практик управления информационными технологиями [9,10].

Наиболее полноценным и глубоким является подход под названием «Индекс зрелости Индустрии 4.0», разработанный аналитиками из ассоциации Acatech [11]. Определение уровня готовности предприятия к цифровизации в данном методе основывается на 4-х основных компонентах: материальные и нематериальные ресурсы, информационные системы, организационная структура и культура организации. Для каждой из областей существует 6 ступеней зрелости, первые две из которых являются созданием цифровой компании, а последующие характеризуются как создание компании с характеристиками Индустрии 4.0 (табл. 2)

Таблица 2

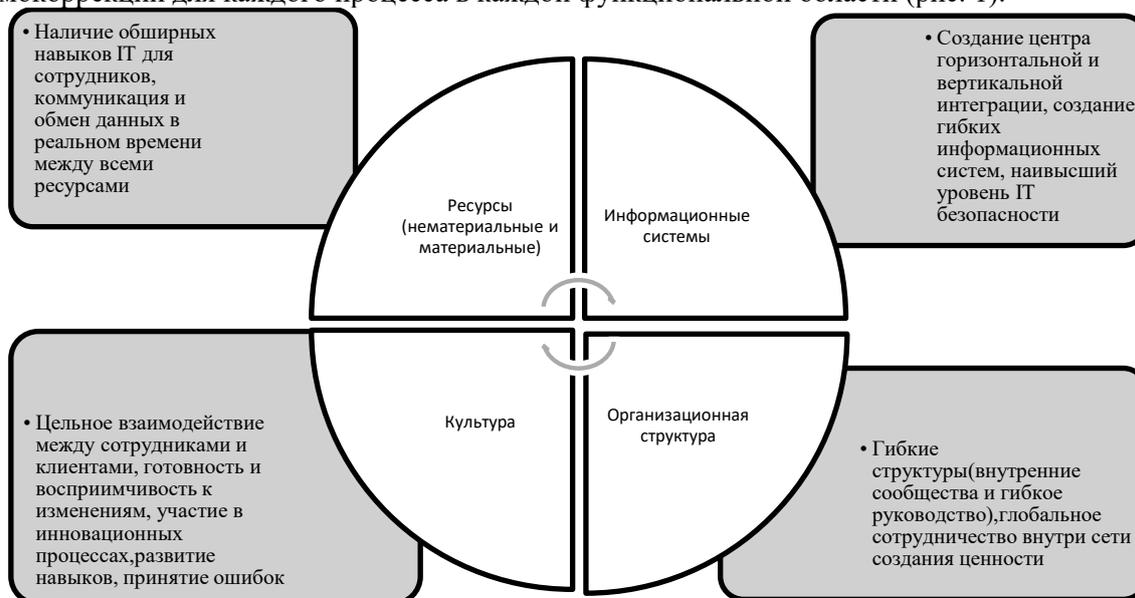
Модель «Индекс зрелости Индустрии 4.0

Процесс	Этап зрелости	Описание
Индустрия 4.0	Наглядность (visibility)	Что происходит? Создание цифровой модели предприятия, которая может показать, что происходит в компании на определенный момент времени с целью принятия решения на основе актуальных данных
	Проницаемость (transparency)	Что происходит? Создание цифровой модели предприятия, которая может показать, что происходит в компании на определенный момент времени с целью принятия решения на основе актуальных данных
	Предсказуемость (predictive capacity)	Что произойдет? Прогнозирование будущей цифровой модели, определение и прогнозирование различных сценариев, вероятность наступления которых можно определить
	Самокоррекция (adaptability)	Как реализовать самонастройку производства? Автоматизация решений и автоматизированный процесс принятия решений реализации мер на основе данных цифровой модели, автоматическое принятие решений, которые принесут

		наилучшие результаты в минимальный срок
--	--	---

Источник: Составлено авторами с использованием следующего источника: Шу Г., Андерл Р. [и др.]. Индекс зрелости Индустрии 4.0. Управление цифровым преобразованием Компаний. Исследование acatech – Национальная академия наук и техники Германии. 2018. URL: https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech_STUDIE_rus_Maturity_Index_WEB. [11].

Определение текущего уровня зрелости основано на оценке наличия ключевых характеристик, которые должна иметь организация на высшем этапе зрелости: способность к самокоррекции для каждого процесса в каждой функциональной области (рис. 1).



Источник: Составлено авторами с использованием следующего источника: Шу Г., Андерл Р. [и др.]. Индекс зрелости Индустрии 4.0. Управление цифровым преобразованием Компаний. Исследование acatech – Национальная академия наук и техники Германии. 2018. URL: https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech_STUDIE_rus_Maturity_Index_WEB.

Рис. 1. Ключевые характеристики оценки готовности предприятий к цифровой трансформации

В отличие от других моделей, в модели «Индекс зрелости 4.0» уровень зрелости не оценивается для всего предприятия в целом на основе комплексного анализа, а определяется отдельно для каждой из шести функциональных областей: разработки продукта, производства, логистики, обслуживания, маркетинга и продаж.

После определения индекса зрелости для каждой области следует разработать дальнейшие направления развития. В первую очередь необходимо предпринять шаги для выравнивания уровня зрелости во всех функциональных областях, чтобы максимально использовать преимущества текущего этапа зрелости. Начать стоит с тех областей, где достижение одинакового уровня по всем элементам корпоративной структуры представляется наиболее вероятным. Далее следует определить мероприятия, направленные на повышение уровня зрелости в каждой из функциональных областей [11].

Все рассмотренные модели служат аналитическим инструментом для оценки текущей готовности предприятий к переходу в цифровую экономику (определение уровня цифровой зрелости) на определённый момент времени. Они также помогают разработать концепции и направления для дальнейшего развития (создание дорожной карты), с целью максимизации выгод и преимуществ в условиях цифровой трансформации.

Цифровая трансформация не сводится лишь к оцифровке существующих бизнес-процессов для оптимизации производства. Для успешного перехода к цифровой экономике необходим комплексный

подход, который включает несколько этапов, где оценка цифровой готовности является лишь первым шагом. После этого следует разработка цифровой стратегии и выбор технологий для повышения цифровой зрелости. В некоторых источниках также выделяют два дополнительных уровня:

- создание пилотного проекта на основе дорожной карты;
- масштабирование выбранных технологических решений на уровне всей компании [12].

Современное предприятие должно быть готово к быстрому анализу и обработке растущих объемов данных, а также к оперативному принятию решений, автоматизации процессов и мгновенному внедрению изменений. В ближайшие годы скорость адаптации предприятий к цифровой экономике станет ключевым критерием их успеха и выживаемости. Низкий уровень готовности предприятий к повышению цифровой зрелости в настоящее время обусловлен недостаточной грамотностью, непрозрачностью преимуществ, отсутствием необходимых технических навыков и кадров, а также бюрократическими барьерами.

Переход машиностроительных предприятий к цифровой трансформации (изменение мышления в сторону цифровизации) позволит снизить себестоимость за счет оптимизации, а также достичь эффекта масштабирования путем сокращения времени вывода нового продукта на рынок благодаря увеличению скорости получения и обработки информации и применению концепции минимально жизнеспособного продукта.

Анализ текущего уровня цифровой зрелости позволит машиностроительным предприятиям определить, какие аспекты производственной инфраструктуры уже готовы к улучшению, а какие еще находятся на начальной стадии развития. Существующие модели оценки цифровой зрелости используют схожую методику: выделяются приоритетные области по ключевым критериям, после чего проводится оценка, результаты которой помогают установить текущий уровень цифровой зрелости.

Однако одним из значительных недостатков этих моделей является то, что все подходы в основном основываются на самооценке. В условиях недостаточной прозрачности преимуществ цифровой экономики такая самооценка может не точно отражать реальную готовность российских машиностроительных предприятий к внедрению цифровых технологий, а скорее иллюстрирует ограниченное понимание руководства в необходимости этих решений.

Таким образом, ключевыми направлениями для будущих исследований являются разработка методического подхода к оценке готовности машиностроительных предприятий к цифровой трансформации, учитывающего отраслевые особенности машиностроения.

2. Методика оценки готовности к цифровой трансформации как основной инструмент управления цифровой трансформацией машиностроительных предприятий

Предлагается проводить оценку готовности машиностроительного предприятия к цифровой трансформации по четырем основным бизнес-процессам (блокам):

1. проектирование и подготовка технологических процессов;
2. производство;
3. управление кадрами;
4. управление материально-техническим обеспечением.

Показатели, используемые в методике, были выбраны на основе анализа и систематизации как отечественного, так и мирового опыта цифровой трансформации предприятий, с учетом современных трендов в области технологий [13].

На основе проведенного анкетирования составляется матрица уровней готовности машиностроительного предприятия к цифровой трансформации, которая делится на четыре уровня: «нулевой», «начальный», «базовый» и «продвинутый». Эта матрица помогает определить текущее положение предприятия в процессе цифровой трансформации (Рис. 2).

нулевой $4 < Y_{г0} \leq 8$	начальный $8 < Y_{гн} \leq 17$
Уровень готовности	
продвинутый $17 < Y_{гс} \leq 26$	базовый $26 < Y_{гн} \leq 40$

Рис. 2. Матрица уровней готовности машиностроительных предприятий к цифровой трансформации

Источник: Составлено авторами Шу Г., Андерл Р. [и др.]. Индекс зрелости Индустрии 4.0. Управление цифровым преобразованием Компаний. Исследование acatech – Национальная академия наук и техники Германии. 2018. URL: https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech_STUDIE_rus_Maturity_Index_WEB.

Уровень готовности определяется суммой ключевых характеристик, полученных в результате анкетирования.

Уровень готовности «Нулевой», если $4 < Y_{r0} \leq 8$

Уровень готовности «Начальный», если $8 < Y_{rn} \leq 17$

Уровень готовности «Базовый», если $17 < Y_{r6} \leq 26$

Уровень готовности «Продвинутый», если $26 < Y_{rn} \leq 40$ [14]

Анализ матрицы готовности машиностроительного предприятия позволит получить реальную картину уровня готовности к цифровой трансформации.

Распределение показателей оценки готовности машиностроительных предприятий по четырем блокам представлено в Таблице 3.

Таблица 3

Распределение показателей оценки готовности машиностроительных предприятий к цифровой трансформации по укрупненным блокам

Наименование блока	Показатели оценки
Проектирование и технологическая подготовка производства	<p>Качество проектной документации. Оценка полноты и соответствия стандартам.</p> <p>Уровень автоматизации проектирования. Процент использования CAD/CAM систем.</p> <p>Скорость разработки новых продуктов. Время от идеи до прототипа.</p> <p>Наличие инновационных технологий. Количество внедренных новых технологий за год.</p>
Производство	<p>Производственные мощности. Уровень загрузки оборудования.</p> <p>Качество продукции. Процент бракованных изделий.</p> <p>Эффективность использования ресурсов. Соотношение фактических и плановых затрат.</p> <p>Гибкость производства. Способность быстро адаптироваться к изменениям в заказах.</p>
Управление персоналом	<p>Квалификация работников. Процент сотрудников с профильным образованием.</p> <p>Уровень мотивации персонала. Оценка удовлетворенности сотрудников.</p> <p>Обучение и развитие. Количество часов обучения на одного сотрудника.</p>
Управление материально – техническим снабжением	<p>Эффективность закупок. Соотношение фактической и плановой стоимости закупок.</p> <p>Наличие запасов. Уровень оборачиваемости запасов.</p> <p>Своевременность поставок. Процент поставок, выполненных в срок.</p> <p>Качество поставляемых материалов. Процент бракованных материалов от общего объема.</p>

Источник: Составлено авторами с использованием следующего источника: Руководство по цифровой трансформации промышленных предприятий [электронный ресурс] – Режим доступа. URL: https://assets.fea.ru/uploads/nticenter/112019/Rukovodstvo_po_cifrovizacii_proizvodstvennyh_predpriyatij.pdf [13].

Выбор показателей, используемых в методике, был проведен при помощи экспертов, которыми были руководители машиностроительных предприятий. Экспертам было предложено

выбрать показатели, которые характеризуют готовность предприятия к цифровой трансформации. В результате анкетирования было выявлено 12 показателей, исчерпывающе характеризующих и объективно описывающих каждый из элементов готовности предприятия машиностроения к цифровой трансформации (табл.4).

Таблица 4

Расчет показателей для оценки готовности машиностроительного предприятия к цифровой трансформации

Наименование блока	Показатели оценки	Алгоритм расчета	Характеристика показателя
Проектирование и технологическая подготовка производства	1. Доля затрат на НИОКР в затратах предприятия	$k_{з \text{ на НИОКР}} = \frac{З_{\text{НИОКР}}}{З_0}$, $З_{\text{НИОКР}}$ – затраты на НИОКР; $З_0$ – общее количество затрат предприятия	Определяет соотношение затрат на НИОКР к общей величине текущих затрат предприятия на производство продукции
	2. Коэффициент наличия систем управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием и внедрением	$k_{\text{у.пр.}} = 1$, если предприятие имеет все необходимые программные продукты $k_{\text{у.пр.}} = 0,5$, если в наличии 50% от необходимых программных продуктов $k_{\text{у.пр.}} = 0$, если в наличии меньше 50% программных продуктов	Определяется на основании анализа анкет и опросных листов
	3. Соотношение участвующих в НИОКР сотрудников к общему количеству	$k_{\text{вовл.}} = \frac{П_{\text{с.цтр.}}}{П_{\text{общ.}}}$, $П_{\text{иннов.}}$ – количество сотрудников, вовлеченных в процесс цифровой трансформации, $П_{\text{общ.}}$ – общая численность сотрудников	Характеризует долю сотрудников предприятия, вовлеченных в процесс цифровой трансформации
Производство	1. Коэффициент наличия систем управления производственной деятельностью	$k_{\text{у.пд.}} = 1$, если предприятие имеет все необходимые программные продукты $k_{\text{у.пд.}} = 0,5$, если в наличии 50% от необходимых программных продуктов $k_{\text{у.пдр.}} = 0$, если в наличии меньше	Определяется на основании анализа анкет и опросных листов

		50% программных продуктов	
	2. Коэффициент внедрения новых производственных технологий ИТ	$k_{\text{техн.}} = T_n / T_o$, T_n – количество новых ИТ технологий, T_o – общее количество используемых технологий	Показывает соотношение внедрения новых ИТ технологических решений к общему количеству применяемых предприятием технологий
	3. Коэффициент обновления производственного оборудования	$k_{\text{обн.}} = O_n / O_o$, O_n – новое производственное оборудование, износ которого менее 5 лет, O_o – общее количество производственного оборудования	Показывает соотношение нового производственного оборудования к общему количеству
Управление персоналом	1. Коэффициент обеспеченности предприятия специалистами ИТ	$k_{\text{кадр.}} = \Pi_{\text{ИТ.}} / \Pi_{\text{общ.}}$ $\Pi_{\text{ИТ.}}$ – численность персонала, обладающего цифровыми компетенциями, $\Pi_{\text{общ.}}$ – численность сотрудников	Характеризует обеспеченность предприятия необходимым количеством персонала, обладающего цифровыми компетенциями
	2. Прирост производительности труда	$k_{\text{произв. тр.}} = \Pi_{\text{отч.}} / \Pi_{\text{прош.}}$ $\Pi_{\text{отч.}}$ – производительность труда в отчетном году $\Pi_{\text{прош.}}$ – производительность труда в предыдущем году	Характеризует соотношение эффективности производительной деятельности по выпуску продукции отчетного периода к предыдущему
	3. Коэффициент наличия системы управления трудовыми ресурсами	$k_{\text{у.тр.}} = 1$, если предприятие имеет все необходимые программные продукты $k_{\text{у.тр.}} = 0,5$, если в наличии 50% от необходимых программных продуктов $k_{\text{у.тр.}} = 0$, если в наличии меньше	Определяется на основании анализа анкет и опросных листов

		50% программных продуктов	
Финансы и управление материально-техническим снабжением	1. Коэффициент наличия системы управления финансово-хозяйственной деятельностью	$k_{ф.упр.} = 1$, если предприятие имеет все необходимые программные продукты $k_{ф.упр.} = 0,5$, если в наличии 50% от необходимых программных продуктов $k_{ф.упр.} = 0$, если в наличии меньше 50% программных продуктов	Определяется на основании анализа анкет и опросных листов
	2. Коэффициент прироста выручки от реализации инновационной продукции к общей выручке предприятия	$K_{оп} = \frac{ВР_{ип}}{ВР_{об}}$ $ВР_{ип}$ – выручка от реализации инновационной и изготовленной с использованием новых технологий продукции $ВР_{об}$ – общая выручка от реализации всей продукции	Характеризует способность предприятия к внедрению инновационной или подвергшейся технологическим изменениям продукции
	3. Коэффициент конкурентоспособности продукции	принимает значение от 0 до 1	Рассчитывается на основе экспертных оценок, на основании маркетинговых исследований рынка и продукции с учетом аналитических отчетов по данным рынка, условий доступа на него и т.д.

Источник: Составлено авторами по материалам с использованием следующего источника: Методика оценки готовности машиностроительного предприятия к цифровой трансформации / Н.В. Полежаева, Е.В. Кашина, В.В. Левшина, Т.В. Зеленская/ Экономика и предпринимательство - 2023 - № 12.

Все элементы оценки готовности машиностроительного предприятия к цифровой трансформации объединяются в единую систему путем построения многоугольника оценки готовности машиностроительного предприятия к цифровой трансформации.

На основании предложенной методики, готовность предприятия машиностроения к цифровой трансформации будет равна соотношению площади единичной окружности к площади многоугольника. В свою очередь площадь многоугольника равна сумме площадей составляющих его 12 треугольников. Построение многоугольника дает возможность визуально оценить готовность машиностроительного предприятия к цифровой трансформации, а также выявить его сильные и слабые стороны. Кроме того, при изменении уровня показателей

готовности машиностроительного предприятия построение многоугольника позволяет оценить текущую готовность, сравнивая её с предыдущей версией.

Оценка экономической эффективности внедрения цифровых технологий осуществляется по нескольким критериям:

1. Рост выручки: применение цифровых технологий может способствовать увеличению объема продаж, улучшению качества услуг и повышению удовлетворенности клиентов, а также усилению конкурентоспособности и доли на рынке.

2. Снижение затрат: автоматизация бизнес-процессов и использование интеллектуальных систем, таких как машинное обучение и искусственный интеллект, могут привести к снижению расходов на персонал, сокращению времени выполнения задач и улучшению качества работы.

3. Увеличение операционной эффективности: цифровые технологии способны оптимизировать процессы управления и координации, ускорить реагирование на запросы клиентов и улучшить аналитические возможности.

4. Повышение качества продукции и услуг: внедрение цифровых технологий, таких как контроль качества с использованием сенсоров и анализ данных, может значительно повысить качество конечной продукции и предоставляемых услуг [15].

Также важно учитывать затраты на внедрение и поддержку цифровых решений, а также ожидаемые изменения в экономической среде и конкурентной ситуации. Оценка экономической эффективности внедрения цифровых технологий должна проводиться с акцентом на долгосрочную перспективу и в контексте стратегии и целей предприятия.

При разработке методики оценки экономической эффективности внедрения цифровых технологий на машиностроительных предприятиях были учтены следующие особенности:

Особенности производственной деятельности:

– Сложность и многоступенчатость процессов. Машиностроение включает в себя множество этапов, от проектирования до сборки и тестирования, что требует тщательной координации и управления.

– Индивидуализация продукции. Часто требуется адаптация стандартных решений под конкретные запросы клиентов, что требует гибкости в производственных процессах.

– Долгосрочные инвестиции. Проекты в машиностроении часто имеют длительные сроки реализации, что делает важным оценку долгосрочных выгод от внедрения цифровых технологий.

Уровень внедрения новых ИТ технологий:

– Текущая степень цифровизации. Оценка текущего уровня внедрения ИТ решений, таких как CAD/CAM системы, ERP-системы и системы управления производственными процессами (MES).

– Готовность к изменениям. Анализ готовности персонала и руководства к внедрению новых технологий, а также наличие необходимых навыков и знаний.

Технологические возможности:

– Современное оборудование. Наличие современного оборудования, которое может быть интегрировано с новыми ИТ решениями для повышения эффективности.

– Инновационные технологии: Возможность использования передовых технологий, таких как IoT, искусственный интеллект и большие данные для улучшения процессов.

Инфраструктурные возможности:

– ИТ-инфраструктура. Наличие необходимых вычислительных мощностей, сетевой инфраструктуры и программного обеспечения для поддержки цифровых решений.

– Системы безопасности. Обеспечение защиты данных и информации, что особенно важно в условиях современных угроз кибербезопасности.

Инвестиционные возможности:

– Финансовые ресурсы. Оценка доступных финансовых средств для инвестиций в новые технологии и их интеграцию.

– Государственная поддержка. Возможности получения субсидий или грантов на внедрение цифровых технологий в рамках государственных программ.

Таким образом, разработанная методика учитывает комплексный подход к оценке экономической эффективности, принимая во внимание как внутренние, так и внешние факторы, влияющие на машиностроительные предприятия.

Заключение

Модернизация цифровой инфраструктуры, технологические обновления и внедрение современных информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) повышают инвестиционную привлекательность машиностроительных компаний. Цифровизация производственных процессов в сочетании с ростом уровня автоматизации и роботизации влияет на структурные изменения на рынке труда.

Создание современной методики оценки готовности машиностроительных предприятий к цифровой трансформации основано на применении передовых цифровых технологий – инструментов управления технико-экономическими данными о производимой продукции на протяжении всего жизненного цикла в виде структурированной цифровой модели. Такой подход позволяет ускорить внедрение новых ИТ-технологий, снизить затраты на их реализацию, повысить инвестиционную привлекательность и улучшить качество принимаемых решений благодаря наличию полноценной и своевременной информационно-технологической поддержки, что способствует успешной реализации программ цифровой трансформации.

Литература

1. Распоряжение Правительства РФ от 06.06.2020 N 1512-р (ред. от 07.11.2023) «Об утверждении Сводной стратегии развития обрабатывающей промышленности Российской Федерации до 2030 года и на период до 2035 года» Консультант Плюс [электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_354707/e46eb3e139d28d4c05869c8c4abaaafe5354a258/ (дата обращения 15.11.2025).
2. «Цифра» и Strategy Partners исследовали темпы цифровизации промышленности [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <https://companies.rbc.ru/news/sbzEWF7pKf/tsifra-i-strategy-partners-issledovali-tempyi-tsifrovizatsii-promyishlennosti/> (дата обращения 15.11.2025).
3. Бюллетень «Подготовка (профессиональное образование и профессиональное обучение) и дополнительное образование работников организаций в 2020 году». Росстат. [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13287> (дата обращения: 20.12.2025).
4. Спатарь А., Широкова С.В. Системный подход к оценке эффективности цифровых технологий предприятия // Саес. – 2020. – № 3. – с. 384-394. – doi: 10.18720/SPBPU/2/id20-237.
5. Трусов А.В., Трусов В.А., Бочкарев А.С. Оценка эффективности проектов цифровой трансформации // Вестник научных конференций. – 2019. – № 4-1(44). – С. 106-108.
6. Формирование цифровой экономики в России: проблемы, риски, перспективы: Коллективный научно-аналитический доклад. Inecon.org. [Электронный ресурс]. URL: https://inecon.org/docs/2018/Lenchuk_paper_20181220.pdf (дата обращения 15.12.2025).
7. Are you ready for digital transformation? Measuring your digital business aptitude // <https://assets.kpmg.com/> [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://home.kpmg.com/im/en/home/insights/2016/04/measuring-your-digital-business-aptitude>. (дата обращения 15.12.2025).
8. Forrester-s Digital Maturity Model 4.0. [Электронный ресурс]. URL: <http://forrester.nitro-digital.com/pdf/Forrester-s%20Digital%20Maturity%20Model%204.0.pdf> (дата обращения 15.12.2025).
9. Анализ текущего состояния развития цифровой экономики в России. - М.: Институт развития информационного общества, 2018. – 166 с.
10. Любименко Д.А., Вайсман Е.Д. Методический подход к оценке эффективности цифровых инвестиционных проектов // Экономика. Информатика. – 2020. – № 4. – С. 718-728. – doi: 10.18413/2687-0932-2020-47-4-718-728. (дата обращения 15.11.2025).
11. Шу Г., Андерл Р. [и др.]. Индекс зрелости Индустрии 4.0. Управление цифровым преобразованием Компаний. Исследование acatech – Национальная академия наук и техники Германии. 2018. URL: https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech_STUDIE_rus_Maturity_Index_WEB. (дата обращения 15.11.2025).

12. Методические рекомендации по цифровой трансформации государственных корпораций и компаний с государственным участием. Digital.gov.ru. [Электронный ресурс]. URL: <https://digital.gov.ru/ru/documents/7342> (дата обращения 15.11.2025).
13. Руководство по цифровой трансформации промышленных предприятий [электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: https://assets.fea.ru/uploads/nticenter/112019/Rukovodstvo_po_cifrovizacii_proizvodstvennyh_predpriyatij.pdf (дата обращения 20.12.2025).
14. Полежаева, Н.В. Методика оценки готовности машиностроительного предприятия к цифровой трансформации / Н.В. Полежаева, Е.В. Кашина, В.В. Левшина, Т.В. Зеленская // Экономика и предпринимательство - 2023 - № 12.
15. Прохоров А., Коник Л.//Цифровая трансформация. Анализ, тренды, мировой опыт. Издание второе, исправленное и дополненное. — М.: ООО «КомНьюс Групп», 2019 — 368 стр.

References

1. Order of the Government of the Russian Federation of 06.06.2020 No. 1512-r (as amended by 07.11.2023) " On approval of the Consolidated Strategy for the Development of the Manufacturing Industry of the Russian Federation until 2030 and for the Period until 2035" Consultant Plus [electronic resource] - Access mode. https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_354707/e46eb3e139d28d4c05869c8c4abaaafe5354a258/ (date of application 15.11.2025).
2. "Digit" and Strategy Partners investigated the pace of digitalization of industry [Electronic resource] - Access mode. – URL: <https://companies.rbc.ru/news/sbzEWF7pKf/tsifra-i-strategy-partners-issledovali-tempyi-tsifrovizatsii-promyshlennosti/> (date of application 15.11.2025).
3. Bulletin "Training (vocational education and vocational training) and additional education of employees of organizations in 2020." Rosstat. [Electronic resource]. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13287> (access date: 20.12.2025).
4. Spatar A., Shirokova S.V. Systematic approach to assessing the effectiveness of digital technologies of the enterprise//Saec. – 2020. – № 3. – с. 384-394. – doi: 10.18720/SPBPU/2/id20-237.
5. Trusov A.V., Trusov V.A., Bochkarev A.S. Assessment of the effectiveness of digital transformation projects // Bulletin of scientific conferences. – 2019. – № 4-1(44). – Pp. 106-108.
6. Formation of the digital economy in Russia: problems, risks, prospects: Collective scientific and analytical report. Inecon.org. [Electronic resource]. URL: https://inecon.org/docs/2018/Lenchuk_paper_20181220.pdf (access date 15.12.2025).
7. Are you ready for digital transformation? Measuring your digital business aptitude // <https://assets.kpmg.com/> [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://home.kpmg.com/im/en/home/insights/2016/04/measuring-your-digital-business-aptitude>. (дата обращения 15.12.2025).
8. Forrester-s Digital Maturity Model 4.0. [Электронный ресурс]. URL: <http://forrester.nitro-digital.com/pdf/Forrester-s%20Digital%20Maturity%20Model%204.0.pdf> (дата обращения 15.12.2025).
9. Analysis of the current state of development of the digital economy in Russia. - М.: Institute for the Development of the Information Society, 2018. – 166 p.
10. Lyubimenko D.A., Weisman E.D. Methodological approach to assessing the effectiveness of digital investment projects // Economics. Computer science. – 2020. – № 4. – Pp. 718-728. – doi: 10.18413/2687-0932-2020-47-4-718-728. (date of application 15.11.2025).
11. Shu G, Anderl R [et al.]. Industry Maturity Index 4.0. Management of digital transformation of Companies. Acatech study - German National Academy of Sciences and Technology. 2018. URL: https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech_STUDIE_rus_Maturity_Index_WEB. (date of application 15.11.2025).
12. Guidelines for digital transformation of state corporations and companies with state participation. Digital.gov.ru. [Electronic resource]. URL: <https://digital.gov.ru/ru/documents/7342> (access date 15.11.2025).

13. Guide to the digital transformation of industrial enterprises [electronic resource] - Access mode. URL:

https://assets.fea.ru/uploads/nticenter/112019/Rukovodstvo_po_cifrovizacii_proizvodstvennyh_predpriyatij.pdf (дата обращения 20.12.2025).

14. Polezhaeva, N.V. Methodology for assessing the readiness of a machine-building enterprise for digital transformation/N.V. Polezhaeva, E.V. Kashina, V.V. Levshina, T.V. Zelenskaya/Economics and Entrepreneurship - 2023 - No. 12.

15. Prokhorov A., Konik L.//Digital transformation. Analysis, trends, world experience. Second edition, revised and supplemented. - М.: ComNews Group LLC, 2019 - 368 pp.

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.

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 Macroregion of Siberia" Siberian State University named after M.F. Reshetneva, Director, Krasnoyarsk.

Gennayadiy 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.