

Научная статья

УДК 338.1

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.16602>



ИНСТРУМЕНТАРИЙ ОЦЕНКИ ЦИФРОВОЙ ГОТОВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ К УМНОМУ РАЗВИТИЮ

А.А. Федорова  , О.А. Чернова

Южный федеральный университет,
г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

 afed@sfedu.ru

Аннотация. Цифровая готовность является важнейшим предварительным условием для осуществления цифровых трансформаций промышленного предприятия. Исследование уровня цифровой готовности к умному развитию имеет особую значимость для предприятий машиностроения, поскольку в современных условиях санкционных ограничений отечественный машиностроительный комплекс, производящий товары производственного назначения, может стать драйвером для инновационного развития всей российской экономики. Принятие управленческих решений, формирование стратегии цифровой трансформации и усовершенствование производственного процесса базируется на оценке текущего состояния страны, региона и исследуемого предприятия. Цель данной статьи состоит в разработке методики оценки уровня цифровой готовности промышленного предприятия к умному развитию. Предложенный инструментарий оценки базируется на определении индекса цифровой готовности, определяемого на основе средневзвешенных значений индикаторов цифрового развития на разных уровнях управления. Для достижения поставленной цели изучены теоретико-методологические исследования «умного» развития промышленности, сформулированы условия и критерии перехода к «умному» предприятию, проведен анализ статистических данных относительно цифрового развития страны и региона, методом экспертных оценок выявлены значения качественных показателей, характеризующих цифровое развитие предприятия. Авторами предложен «Индекс цифровой готовности» как показатель, позволяющий оценить текущий уровень развитости предприятия с учетом страновых и региональных особенностей цифровой трансформации. Особенностью авторской методики является учет комплексного воздействия факторов макро-, мезо- и микроуровня на цифровую готовность предприятия. Апробация разработанного инструментария, проведенная на примере предприятия машиностроения АО «Клевер», продемонстрировала возможность ее применения для оценки цифровой готовности промышленной компании к умному развитию. Уровень цифровой готовности предприятия как результат применения инструментария выражается долей от максимально возможного значения в имеющихся неизменных условиях страны и региона. Полученные выводы имеют важные управленческие последствия, поскольку подчеркивают необходимость поддержки процессов цифровых преобразований на всех уровнях управления, выявляют преимущественные и слабые стороны каждого уровня, позволяют системно рассмотреть цифровую готовность предприятия.

Ключевые слова: машиностроительный комплекс, цифровизация, цифровая готовность, умное предприятие, индекс цифровой готовности

Для цитирования: Федорова А.А., Чернова О.А. (2023) Инструментарий оценки цифровой готовности промышленного предприятия к умному развитию. П-Economy, 16 (6), 18–31. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.16602>

Research article

DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.16602>

TOOLS FOR ASSESSING DIGITAL READINESS OF AN INDUSTRIAL ENTERPRISE FOR SMART DEVELOPMENT

A.A. Fedorova ✉, **O.A. Chernova**

Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation

✉ afed@sfedu.ru

Abstract. Digital readiness is the most important prerequisite for the implementation of digital transformations of an industrial enterprise. The study of the level of digital readiness for smart development is of particular importance for machine-building enterprises, since in modern conditions of sanctions, the domestic machine-building complex producing industrial goods can become a driver for the innovative development of the entire Russian economy. Management decision-making, adopting a digital transformation strategy and improvement of the production are based on an assessment of the current state of the country, region and the enterprise under study. The purpose of this article is to develop a methodology for assessing the level of digital readiness of an industrial enterprise for smart development. The proposed assessment tools are based on the definition of the digital readiness index, determined on the basis of weighted averages of indicators of digital development at different management levels. To achieve this goal, we reviewed theoretical and methodological studies of smart industrial development, formed conditions and criteria for the transition to a smart enterprise, analyzed statistical data on the digital development of the country and the region, identified the values of qualitative indicators characterizing the digital development of the enterprise by the method of expert assessments. The authors proposed "Digital Readiness Index" as an indicator that allows assessing the current level of enterprise development, taking into account country and regional features of digital transformation. The peculiarity of the authors' methodology is to take into account the complex impact of macro-, meso- and micro-level factors on the digital readiness of the enterprise. The approbation of the developed tools, carried out on the example of the machine-building enterprise Klever JSC, demonstrated the possibility of its application to assess the digital readiness of an industrial company for smart development. The level of digital readiness of the enterprise as a result of using the tools is expressed as a fraction of the maximum possible value in the existing unchanged conditions of the country and region. The findings have important managerial implications, since they emphasize the need to support the processes of digital transformation at all levels of management, identify the strengths and weaknesses of each level, and allow a systematic review of the digital readiness of the enterprise.

Keywords: machine-building complex, digitalization, digital readiness, smart enterprise, digital readiness index

Citation: Fedorova A.A., Chernova O.A. (2023) Tools for assessing digital readiness of an industrial enterprise for smart development. *П-Economy*, 16 (6), 18–31. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.16602>

Введение

В настоящее время во многих отраслях российской промышленности происходят цифровые трансформации, ориентированные на умное развитие. Как отмечают Крюков et al., эффективность цифровых трансформаций напрямую зависит от готовности компаний к такому переходу [20]. Понимание уровня цифровой готовности позволяет руководству предприятия объективно оценить имеющийся потенциал цифровизации, выявить сдерживающие факторы его реализации, синхронизировать и рационально распределить имеющиеся ресурсы на приоритетные направления развития [6].

Исследование уровня цифровой готовности к умному развитию предприятий машиностроения имеет особую значимость для российской экономики. Это связано с тем, что в современных условиях санкционных ограничений машиностроительный комплекс, производящий товары

производственного назначения, может стать драйвером для инновационного развития всей отечественной промышленности. Мультипликативные свойства отраслей машиностроения выражаются их способностью обеспечить экономику оборудованием, необходимым для инновационного воспроизводства [12]. Наряду с этим, как подчеркивают Ю.В. Вертакова и др., цифровизация промышленности приводит не только к технологической реструктуризации производства, но и значительным социальным изменениям [3]. Поэтому актуальность разработки инструментария оценки цифровой готовности отечественных предприятий машиностроения к переходу на умное развитие не вызывает сомнений.

Под «умным» развитием промышленности понимается процесс технологичного усовершенствования в комбинации с реструктуризацией подразделений производства. Данная концепция подразумевает необходимость функционирования каждого субъекта производства в соответствии с принципами стратегии «умной специализации» и внедрением сквозных технологий, что и способствует формированию «умного» предприятия.

Современное научное сообщество разделяет несколько уровней «умного» развития предприятия, используя различные семантические категории для описания цифровых преобразований в ней: цифровая фабрика, умное предприятие, виртуальное предприятие, фабрика будущего. Как отмечают Henriette et al., достаточно долго цифровизация идентифицировалась с процессами оцифровки отдельных бизнес-процессов – преобразованием физических ресурсов в цифровые [15]. Однако в последние годы все большее число исследователей отмечает сдвиг цифровой парадигмы промышленного развития в сторону умного производства [22, 29].

Анализируя научную литературу, посвященную исследованию видов предприятий цифровой экономики, Л.М. Капустина и Ю.Н. Кондратенко приходят к выводу, что «умное предприятие – это безлюдное производство, базирующееся на комплексе цифровых моделей и искусственном интеллекте, позволяющих обеспечивать эффективное управление производством в режиме реального времени» [7, с. 35]. Аналогичные определения содержатся в работах других исследователей. Например, А.А. Чурсин и др. определяют умное предприятие как роботизированную систему, включающую в себя комплекс датчиков и вычислительных устройств, при взаимодействии которых достигается повышение эффективности производства [13]. Sahoo and Lo акцентируют внимание на то, что умное развитие предполагает полную интеграцию производственных процессов и управление ими в режиме реального времени с учетом меняющихся факторов внешней среды на основе использования современных интеллектуальных технологий [26].

Успешный переход к умному производству может быть достигнут только при наличии определенного уровня цифровой готовности (цифровой зрелости) предприятия. Цифровая готовность рассматривается важнейшее как предварительное условие для осуществления цифровых трансформаций. При оценке цифровой готовности ученые используют различные подходы. Например, модель цифровой зрелости, сформированная Pulkkinen et al. включает 5 уровней, определяемых в ключевых областях эффективности: стратегия, бизнес-модель, процессы, показатели эффективности, интерфейсы и информационные ресурсы [25]. В модели Schumacher et al. выделяются 65 факторов успеха в Индустрии 4.0. по 9 измерениям, в числе которых: управленческие компетенции, оцифровка клиентских данных, индивидуализация продуктов и пр. [28].

Несмотря на различия в наборе используемых показателей оценки, все они выражаются в исследовании ключевых факторов успеха осуществления цифровых трансформаций, рассматриваемых, как правило, на микроуровне.

Например, Jeske et al. выделяют внутриорганизационные факторы и условия цифрового развития: кадровые, технологические и НИОКР [19]. Орлова Н.А. выделяет факторы, определяющие уровень готовности предприятий к цифровой экономике в основных производственных областях: корпоративная культура, технологический процесс, организационная структура, аналитика [9]. Е.А. Куклина и О.С. Мицеловская в рамках оценки уровня инновационного развития предпри-



ятия выделяют кадровую, производственную, научно-техническую, информационно-цифровую и финансово-экономические составляющие цифровой готовности [8]. В исследовании Prakash et al. основной акцент делается на информационно-технологических факторах цифрового развития [24]. Также в последние годы исследователи уделяют внимание цифровой готовности не только самого предприятия, но и цифровой готовности его персонала с точки зрения соответствия имеющихся компетенций требованиям цифровой экономики [21]. В то же время комплексное рассмотрение факторов различного уровня управления, определяющим возможности цифрового развития предприятия, уделяется значительно меньше внимания.

Отдельные факторы мезо- и макро- уровня рассматриваются в исследовании Т.А. Гилевой и др., отмечающих, что готовность социально-экономической системы к цифровой трансформации должна оцениваться с учетом цифровой зрелости инновационной экосистемы территории [4]. Е.В. Шкарупета, анализируя уровень цифровой зрелости промышленных предприятий, выделяет показатели цифровизации, характеризующие не только само предприятие, но и всех участников цепочки создания стоимости [14]. Аналогичным образом А.В. Бабкин и Х. Дин в состав показателей оценки цифрового потенциала предприятия включают не только те, которые характеризуют его внутреннюю бизнес-среду, но и сквозные решения, затрагивающие всю производственно-сбытовую цепочку [2]. Тот факт, что определенный уровень цифровой зрелости не может быть достигнут в рамках отдельной компании, а предполагает наличие готовности к цифровым трансформациям всего экономического ландшафта, отмечается в исследовании Y. Kaşikci et al., соответственно выделяя 8 его измерений [16].

Что касается исследования особенностей изучения процессов цифровых трансформаций в машиностроительном комплексе, то в целом они осуществляются в русле обозначенных выше направлений. В отечественных исследованиях чаще всего рассматриваются организационные вопросы формирования цифрового производства в машиностроении [1, 11]. Зарубежные исследования в большей степени ориентированы на разработку бизнес-моделей интеллектуальных сервисов сферы машиностроения [15, 18, 27]. При этом по-прежнему не хватает понимания того, как оценить уровень готовности промышленных предприятий к цифровому развитию с учетом комплекса воздействующих на него факторов различного уровня (макро-, мезо- и микро). Исследователи в большинстве случаев акцентируют внимание либо на оценке внутреннего цифрового потенциала предприятия, либо на оценке цифрового потенциала участников создания стоимости, тогда как характеристика средовых характеристик макро- и мезо- уровня, во многом определяющая возможности реализации имеющегося у предприятия цифрового потенциала, остается недооцененной. Это обуславливает необходимость дальнейшего развития теоретических представлений о факторах и условиях реализации цифровых трансформаций в промышленности, а также разработку методического инструментария, позволяющего дать оценку уровня цифровой готовности предприятия с учетом средовых характеристик.

Поэтому цель данной статьи состоит в разработке инструментария оценки уровня цифровой готовности предприятия к умному развитию. Гипотеза исследования выражается в предположении о том, что цифровая готовность предприятия к умному развитию определяется комплексным влиянием факторов макро-, мезо- и микроуровня.

Методы и материалы

В основу разработки инструментария оценки цифровой готовности предприятия к умному развитию была положена предпосылка о том, что его уровень определяется наличием определенных факторов и условий для реализации цифровых трансформаций на макро-, мезо- и микроуровнях. Оценка уровня цифровой готовности проводилась на основе расчета показателя «Индекс цифровой готовности предприятия» путем последовательного расчета показателей цифровой готовности макро-, мезо- и микро- уровней.

Объектом исследования выступало предприятие машиностроения АО «Клевер» (Ростовская область), входящее в первую пятерку лучших российских производителей сельскохозяйственной техники.

Источниками данных послужили официальные данные Федеральной службы государственной статистики за 2021 год, сборников ВШЭ «Цифровая экономика», «Индикаторы цифровой экономики», «Цифровизация отраслей», а также данные внутренней отчетности предприятия АО «Клевер».

Инструментарий оценки уровня цифровой готовности предприятия к умному развитию представлен следующими его компонентами.

Показатели оценки. Перечень показателей для оценки факторов и условий цифрового развития предприятия определялся на основе анализа имеющихся публикаций по данной проблематике с учетом возможности их получения из официальных источников. При выборе показателей, характеризующих факторы и условия цифрового развития предприятия, была использована методика анализа цифровой готовности промышленного предприятия, предложенная Е.Е. Панфиловой [10] и предполагала включение результатов экспертных оценок факторов микроуровня, отражающих готовность предприятия к умному развитию.

Предлагаемый перечень показателей оценки уровня цифровой готовности предприятия к умному развитию представлен в табл. 1.

Таблица 1. Система показателей оценки
Table 1. The system of evaluation indicators

Группа показателей	Показатели оценки
Показатели макроуровня	Удельный вес организаций, имеющих лицензии "ноу-хау" и патенты; Индекс готовности страны к сетевому обществу; Индекс цифровой конкурентоспособности; Удельный вес организаций, использующих компьютеры и программы; Удельный вес организаций, использующих отечественное оборудование
Показатели мезоуровня	Цифровая готовность макроуровня; Удельный вес организаций, использующих технологии для анализа больших данных; Удельный вес организаций, использующих широкополосный интернет; Удельный вес организаций использующих цифровые платформы; Удельный вес организаций использующих технологии искусственного интеллекта; Удельный вес организаций использующих облачные сервисы
Показатели микроуровня	Представленность в инновационной стратегии целей и задач цифрового развития предприятия; Уровень обеспеченности процессов цифрового развития материально-техническими ресурсами; Уровень автоматизации предприятия; Уровень соответствия имеющихся баз данных (по объему, уровню охвата производственных процессов, прозрачности, доступности и пр.) задачам цифрового развития

Методика проведения расчетов. Последовательность действий для проведения расчетов «Индекса цифровой готовности предприятия», а также используемые на каждом этапе методы и подходы, представлены в табл. 2.

Как видно из табл. 1, расчет «Индекса цифровой готовности» базируется на средневзвешенных оценках показателей цифровой готовности макро-, мезо- и микро- уровня. Значения весовых показателей в рамках данного исследования определялись экспертами – сотрудниками отдела цифровизации производства АО «Клевер» с использованием метода попарных сравнений

Таблица 2. Методика расчета индекса цифровой готовности предприятия
Table 2. Methodology for calculating the digital readiness index of the enterprise

Название этапа	Содержание этапа	Используемые методы
Определение показателя цифровой готовности макроуровня	Определение значений показателей, характеризующих цифровую готовность макроуровня	Анализ статистических данных
	Определение весовых значений показателей с учетом отраслевой специфики исследуемого предприятия	Экспертная оценка
	Оценка факторов и условий, определяющих цифровую готовность макроуровня	Средневзвешенная оценка
Определение показателя цифровой готовности мезоуровня	Определение значений, характеризующих цифровую готовность мезоуровня с включением в их состав показателя цифровой готовности макроуровня	Анализ статистических данных
	Определение весовых значений показателей с учетом отраслевой специфики исследуемого предприятия	Экспертная оценка
	Оценка факторов и условий, определяющих цифровую готовность мезоуровня	Средневзвешенная оценка
Определение показателя цифровой готовности предприятия	Определение значений, характеризующих цифровую готовность предприятия с включением в их состав показателя цифровой готовности мезоуровня	Экспертная оценка
	Определение весовых значений показателей	Экспертная оценка
	Оценка факторов и условий, определяющих цифровую готовность предприятия	Средневзвешенная оценка
Определение индекса цифровой готовности предприятия	Сопоставление фактического значения показателя цифровой готовности предприятия с его максимально возможным для данных макро- и мезо- экономических условий значением	Индексный подход

с распределением весов между рассматриваемыми факторами таким образом, чтобы их суммарное значение было равно 1. Для проведения экспертной оценки факторов цифрового развития микроуровня была использована 5-балльная шкала, где 1 балл предполагал минимальное соответствие поставленным целям цифрового развития, а 5 – максимальное. При этом были проведены все необходимые процедуры оценки степени согласованности экспертных мнений.

Особенностью авторской методики является то, что при оценке цифровой готовности предприятия в показатели оценивания включаются полученный на предыдущем этапе расчета показатель оценки цифровой готовности мезоуровня, значение которого, в свою очередь, определялось включением показателя оценки цифровой готовности макроуровня. Такой подход позволил учесть комплексное воздействие факторов макро-, мезо- и микроуровня на цифровую готовность предприятия.

Для определения Индекса цифровой готовности проводится сопоставление полученного показателя цифровой готовности предприятия с максимально возможным его значением в имеющихся макро- и мезо- экономических условиях. Т.е. максимальное значение показателя определялось исходя из предположения, что по всем показателям, характеризующим уровень цифрового развития предприятия были получены максимально возможные оценки. В частности, при расчете максимально возможного значения индекса цифровой готовности предприятия приняты максимально возможные значения экспертной оценки – 5, а значение показателя «Удельный вес сотрудников, обеспеченных интернетом» равным 100%. При этом индекс цифровой готовности региона определялся полученным его расчетным значением, чтобы отразить возможности цифрового развития предприятия в существующих (а не максимально приближенных к идеальным) условиях.

Критерии оценивания. Полученное значение Индекса цифровой готовности ($I_{ц.г.}$) предлагается интерпретировать следующим образом:

$I_{ц.г.} \geq 0,75$ – высокий уровень цифровой готовности к умному развитию;

$0,50 \leq I_{ц.г.} \leq 0,74$ – средний уровень готовности к цифровому развитию;

$0,25 \leq I_{ц.г.} \leq 0,49$ – низкий уровень готовности к цифровому развитию;

$I_{ц.г.} \leq 0,25$ – отсутствие готовности предприятия к цифровому развитию.

Результаты и обсуждение

Результаты расчета показателя цифровой готовности макроуровня представлены в табл. 3.

Таблица 3. Показатель цифровой готовности макроуровня

Table 3. Macro-level digital readiness indicator

Показатели оценки цифровой готовности страны	Статистическое значение фактора	Вес фактора	Итоговое значение
Удельный вес организаций, имеющих лицензии "ноу-хау" и патенты [5]	13,00	0,18	2,34
Индекс готовности страны к сетевому обществу [23]	57,74	0,23	13,28
Индекс цифровой конкурентоспособности [17]	60,271	0,20	12,05
Удельный вес организаций, использующих компьютеры и программы [5]	72,00	0,26	18,72
Удельный вес организаций, использующих отечественное оборудование [5]	39,00	0,13	5,07
Цифровая готовность макроуровня			51,46

Результаты расчета показателя цифровой готовности мезоуровня (для Ростовской области) представлены в табл. 4.

Таблица 4. Показатель цифровой готовности мезоуровня [30]

Table 4. Meso-level digital readiness indicator [30]

Показатели оценки цифровой готовности региона	Статистическое значение фактора	Вес фактора	Итоговое значение
Цифровая готовность макроуровня	51,46	0,25	12,87
Удельный вес организаций, использующих технологии для анализа больших данных	27,10	0,21	5,69
Удельный вес организаций, использующих широкополосный интернет	82,20	0,16	13,15
Удельный вес организаций использующих цифровые платформы	14,00	0,13	1,82
Удельный вес организаций использующих технологии искусственного интеллекта	5,30	0,10	0,53
Удельный вес организаций использующих облачные сервисы	25,50	0,15	3,83
Цифровая готовность мезоуровня			37,88

Результаты экспертной оценки цифровой готовности предприятия представлены в табл. 5, где среднее значение оценки определялось методом среднего арифметического. Мнения экспертов были согласованными, о чем свидетельствует значение показателя вариации, не превышающее

30%. Для обеспечения возможности сопоставления оценок, полученных на основе использования показателей, отражающих удельные значения показателей цифровой готовности макро и мезо уровня (табл. 3 и 4), и экспертных оценок, нормируемых от 1 до 5, средние значения экспертных оценок были представлены в виде уровня их соответствия максимальному значению (5). Тем самым обеспечивалась единство содержания оценочных показателей, отражающих уровень их соответствия максимально возможному значению.

Таблица 5. Оценка цифровой готовности предприятия АО «Клевер» методом экспертных оценок
Table 5. Assessment of the digital readiness of Klever JSC using expert assessment methods

Показатель	1	2	3	4	5	Среднее значение оценки	Уровень соответствия максимальному значению, %
Представленность в инновационной стратегии целей и задач цифрового развития предприятия	4	4	4	5	4	3,95	79
Уровень обеспеченности процессов цифрового развития материально-техническими ресурсами	4	4	5	4	4	4,00	80
Уровень автоматизации предприятия	1	2	3	2	2	1,80	36
Уровень соответствия имеющихся баз данных (по объему, уровню охвата производственных процессов, прозрачности, доступности и пр.) задачам цифрового развития	2	3	1	2	2	1,75	35

Расчет показателя цифровой готовности предприятия сельхозмашиностроения АО «Клевер» представлен в табл. 6.

Таблица 6. Показатель цифровой готовности АО «Клевер»
Table 6. Digital readiness Index of Klever JSC

Показатели оценки цифровой готовности предприятия	Статистическое значение фактора	Вес фактора	Итоговое значение
Индекс цифровой готовности региона	37,88	0,25	9,47
Представленность в инновационной стратегии целей и задач цифрового развития предприятия	79	0,1	7,90
Уровень обеспеченности процессов цифрового развития материально-техническими ресурсами	80	0,15	12,0
Уровень автоматизации предприятия	36	0,2	7,20
Уровень соответствия имеющихся баз данных (по объему, уровню охвата производственных процессов, прозрачности, доступности и пр.) задачам цифрового развития	35	0,15	5,25
Уровень обеспеченности сотрудников цифровыми технологиями, необходимыми для перехода к умному развитию	30	0,15	4,5
Цифровая готовность предприятия			46,32

Расчет максимально возможного значения индекса цифровой готовности предприятия, отражающего 100% соответствие полученных экспертных оценок их максимальному значению (5), представлен в табл. 7.

Очевидно, что поскольку фактическое значение показателя цифровой готовности АО «Клевер» равно 46,32 при максимально возможном значении 84,47, его индекс цифровой готовности равен 54,8, что соответствует среднему уровню цифровой готовности АО «Клевер» к умному развитию.

Таблица 7. Максимальное значение показателя цифровой готовности предприятия
Table 7. Maximum value of the company's digital readiness index

Показатели оценки цифровой готовности предприятия	Максимальное значение фактора	Вес фактора	Итоговое значение
Индекс цифровой готовности региона	37,88	0,25	9,47
Представленность в инновационной стратегии целей и задач цифрового развития предприятия	100	0,1	10
Уровень обеспеченности процессов цифрового развития материально-техническими ресурсами	100	0,15	15
Уровень автоматизации предприятия	100	0,2	20
Уровень соответствия имеющихся баз данных (по объему, уровню охвата производственных процессов, прозрачности, доступности и пр.) задачам цифрового развития	100	0,15	15
Уровень обеспеченности сотрудников цифровыми технологиями, необходимыми для перехода к умному развитию	100	0,15	15
Цифровая готовность предприятия			84,47

При этом, анализ текущего состояния предприятия показал, что оно обеспечивает необходимые материально-технические условия: 80% сотрудников обеспечены компьютерами и специальным ПО, тогда как среднее по стране значение составляет 72%. В тоже время, по некоторым показателям отмечается отставание от средних по стране значений. Например, довольно низким является процент сотрудников, обеспеченных доступом к сети Интернет. Однако это определяется не столько технологическими возможностями, сколько целями обеспечения информационной безопасности. Также безусловно низким по сравнению с показателями ведущих мировых компаний машиностроения является уровень оснащенности производства датчиками для контроля и управления оборудованием. Во многом низкое значение данного показателя обусловлено тем, что отдел цифровизации производства функционирует только с конца 2021 года, когда было сформировано системное видение стратегии цифрового развития предприятия.

Основные проблемы цифрового развития АО «Клевер» и направления их решения могут быть объединены в следующие группы.

Первая группа проблем связана с высокими бюрократическими издержками принятия управленческих решений и осуществления взаимодействий между отделами и службами. Преобразование системы управления с разработкой новых бизнес-моделей взаимодействия позволит создать необходимые условия для повышения цифровой готовности предприятия.

Вторая группа проблем выражается недостаточной мотивацией персонала к использованию цифровых технологий. Поэтому важнейшей задачей, стоящей перед предприятием, является повышение уровня цифровой грамотности его сотрудников. Наряду с этим необходимо проведение для персонала просветительской деятельности в области сквозных технологий и управления ими, что позволит повысить удельный вес сотрудников, участвующих в проектах цифровизации.

Третья группа проблем связана с необходимостью непрерывного развития цифровой среды предприятия. Это неизбежно ведет к потребности внедрения собственных цифровых решений. Поэтому важным направлением повышения цифровой зрелости компании может стать создание инновационного центра разработок собственных цифровых продуктов, в том числе доработка датчиков контроля и управления оборудованием в целях повышения уровня автоматизации производства.

Заключение

В условиях современных вызовов одной из важнейших задач обеспечения экономической безопасности нашей страны является создание условий для умного развития промышленных предприятий. В силу продуцируемых мультипликативных эффектов особое значение имеет цифровая трансформация предприятий машиностроительного комплекса.

Результаты данного исследования выражаются в следующем:

- выработана авторская позиция в отношении понимания того, как формируется цифровая готовность промышленного предприятия к умному развитию, позволившая сформировать научно-методические рекомендации к проведению оценки цифровой готовности предприятия;
- предложен инструментарий оценки цифровой готовности промышленного предприятия к умному развитию, отличающийся комплексным учетом факторов цифровой готовности макро-, мезо- и микроуровня;
- проведена апробация предложенного инструментария на примере предприятия сферы сельхозмашиностроения АО «Клевер», демонстрирующая, что он может быть использован для оценки цифровой готовности компании к умному развитию.

Новизна полученных результатов выражается в том, что они позволяют отразить взаимозависимость и взаимообусловленность параметров цифрового развития различных уровней управления, что имеет важное теоретическое и практическое значение с точки зрения понимания сдерживающих факторов «умизации» промышленных компаний.

Полученные выводы имеют важные управленческие последствия, поскольку подчеркивают необходимость поддержки процессов цифровых преобразований на всех уровнях управления. Ограничения нашего исследования связаны с тем, что мы базировались на перечне Индикаторов цифровой экономики, которые не позволяют в полной мере отразить специфику цифрового развития предприятий машиностроительного комплекса. Поэтому дальнейшие исследования авторов будут направлены на рассмотрение отраслевой специфики цифровых трансформаций промышленных предприятий.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Амелин С.В. (2020). Организация производства в машиностроении в условиях цифровой трансформации. *Организатор производства*, 28 (1), 17–23. DOI: <https://doi.org/10.25987ZVS-TU.2019.37.63.002>
2. Бабкин А.В., Дин Х. (2023). Инструментарий для оценки цифрового потенциала кибер-физического промышленного предприятия в условиях формирования индустрии 5.0. *Естественные-гуманитарные исследования*, 4 (48), 48–53.
3. Вертакова Ю.В., Положенцева Ю.С., Масленникова В.В. (2021). Трансформация промышленности в условиях цифровизации экономики: тренды и особенности реализации. *Экономика и управление*, 27 (7), 189, 491–503. DOI: <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2021-7-491-503>
4. Гилева Т.А., Галимова М.П., Хуссамов Р.Р. (2023). Оценка готовности инновационной экосистемы территории к цифровой трансформации: методические основы. *Интеллектуальная инженерная экономика и индустрия 5.0 (ИНПРОМ). Сборник трудов VIII Международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург*, 184–188. DOI: <https://doi.org/10.18720/IEP/2023.1/47>
5. Егоров А.С. (2021). Конкуренция и конкурентоспособность предприятий 2020–2021 годов. *Российский экономический барометр*, 3, 3–14.
6. Ефанов В.А. (2022). Формирование подходов по оценке готовности предприятия к проведению цифровой трансформации. *Экономический анализ: теория и практика*, 9 (528), 1687–1704. DOI: <https://doi.org/10.24891/ea.21.9.1687>
7. Капустина Л.М., Кондратенко Ю.Н. (2020). К вопросу о понятии «умного предприятия» в цифровой экономике. *Вопросы управления*, 4 (65), 33–43. DOI: <https://doi.org/10.22394/2304-3369-2020-4-33-43>

8. Куклина Е.А., Мицеловская О.С. (2020). Методологический подход к оценке уровня инновационного развития предприятия. *Власть и экономика*, 6, 110–122. DOI: <https://doi.org/10.22394/1726-1139-2020-6-110-122>
9. Орлова Н.А. (2020). Подходы к оценке готовности малых производственных предприятий к цифровой экономике. *Вестник университета*, 2, 26–34. DOI: <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2020-2-26-34>
10. Панфилова Е.А. (2019). Анализ готовности промышленных предприятий к цифровой трансформации бизнеса. *Московский экономический журнал*, 2, 5–14.
11. Порсев К.И., Иванова В.А. (2023). Служба стандартизации на умном машиностроительном производстве в условиях Индустрии 4.0". *Компетентность*, 2, 18–21. DOI: <https://doi.org/10.24412/1993-8780-2023-2-18-21>
12. Спиридонов А.А., Фадеева М.Л., Толстых Т.О. (2023). Стратегические приоритеты государственной поддержки импортозамещения в промышленности. *Экономика промышленности*, 16 (2), 166–175. DOI: <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2023-2-166-175>
13. Чурсин А.А., Юдин А.В., Грошева П.Ю., Мыслякова Ю.Г., Неклюдова Н.П. (2021). Оценка предрасположенности территорий к размещению "умных" компаний. *Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз*, 14 (3), 99–117. DOI: <https://doi.org/10.15838/esc.2021.3.75.6>
14. Шкарупета Е.В. (2023). Практические аспекты оценки цифровой зрелости промышленных предприятий в условиях пилотирования инноваций в цифровых сервисах ГИСП. *Информатизация в цифровой экономике*, 4 (1), 9–22. DOI: <https://doi.org/10.18334/ide.4.1.117048>
15. Heidbrink M.-L., Galipoğlu E., Poeppelbuss J., Gernreich Ch. (2018). Smart Service Business Models in Mechanical and Plant Engineering – Insights from Germany. *Conference: Frontiers in Service Conference 2018 At: Austin, Texas*. [online] Available at: https://www.researchgate.net/publication/325180628_Smart_Service_Business_Models_in_Mechanical_and_Plant_Engineering_-_Insights_from_Germany [Accessed 28.09.2023]
16. Kayıkcı Y., Kazancoglu Y., Gozacan-Chase N., Lafci C., Batista L. (2022). Assessing smart circular supply chain readiness and maturity level of small and medium-sized enterprises. *Journal of Business Research*, 149, 375–392. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.05.042>
17. *IMD World Digital Competitiveness Ranking 2021* [online] Available at: <https://imd.cld.bz/Digital-Ranking-Report-2021/2/> [Accessed 30.09.2023]
18. Jaspert D., Thoma Ph. (2021). Performance Measurement of Smart Services in Mechanical Engineering. *Conference: Americas Conference on Information Systems*. [online] Available at: https://www.researchgate.net/publication/351577587_Performance_Measurement_of_Smart_Services_in_Mechanical_Engineering [Accessed 28.09.2023]
19. Jeske T., Würfels M., Lennings F. (2020). Development of Digitalization in Production Industry – Impact on Productivity, *Management and Human Work*. *Procedia Computer Science*, 180 (2), 371–380. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.358>
20. Kryukov V., Shakhgeldyan K., Kiykova E., Kiykova D., Saychuk D. (2022). Assessment of transport enterprise readiness for digital transformation. *Transportation Research Procedia*, 63, 2710–2718. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.06.313>
21. Mitrofanova Y., Glukhova L., Burenina V., Evstafeva O., Popova T. (2021). Smart production: features of assessing the level of personnel digital readiness. *Procedia Computer Science*, 192, 2962–2970. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.09.068>
22. Mittal S., Khan M., Romero D., Wuest Th. (2018). A critical review of smart manufacturing & Industry 4.0 maturity models: Implications for small and medium-sized enterprises (SMEs). *Journal of Manufacturing Systems*, 49, 194–214. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.10.005>
23. *Network Readiness Index 2021. Shaping the Global Recovery: How Digital Technologies Can Make the Post-COVID World More Equal* [online] Available at: https://networkreadinessindex.org/wp-content/uploads/reports/nri_2021.pdf [Accessed 26.09.2023]
24. Prakash V., Savaglio C., Garg L., Bawa S., Spezzano G. (2022). Cloud- and Edge-based ERP systems for Industrial Internet of Things and Smart Factory. *Procedia Computer Science*, 200, 537–545. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.251>
25. Pulkkinen A., Anttila J.-P., Leino S.-P. (2019). Assessing the maturity and benefits of digital extended enterprise. *Procedia Manufacturing*, 38, 1417–1426. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.146>
26. Sahoo S., Lo Ch.-Y. (2022). Smart manufacturing powered by recent technological advancements: A review. *Journal of Manufacturing Systems*, 64, 236–250. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.06.008>

27. Scharfe Ph., Wiener M. (2021). Smartification in the Mechanical Engineering Industry: A Typology of Smart Machines. *Conference: Americas Conference on Information Systems (AMCIS) At: Montreal*. [online] Available at: https://www.researchgate.net/publication/352538995_Smartification_in_the_Mechanical_Engineering_Industry_A_Typology_of_Smart_Machines [Accessed 28.09.2023]
28. Schumacher A., Nemeth T., Sihn W. (2019). Roadmapping towards industrial digitalization based on an Industry 4.0 maturity model for manufacturing enterprises. *Procedia CIRP*, 79, 409–414. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.02.110>
29. Won J., Park M. (2020). Smart factory adoption in small and medium-sized enterprises: Empirical evidence of manufacturing industry in Korea. *Technological Forecasting and Social Change*, 157, 120117. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120117>
30. *Статистический сборник Высшей школы экономики «Индикаторы цифровой экономики 2022»* [online] Available at: <https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/780810055.pdf> [Accessed 01.10.2023]

REFERENCES

- Amelin S.V. (2020). Organizatsiya proizvodstva v mashinostroyenii v usloviyakh tsifrovoy transformatsii. *Organizator proizvodstva*, 28 (1), 17–23. DOI: <https://doi.org/10.25987ZVSTU.2019.37.63.002>
- Babkin A.V., Din Kh. (2023). Instrumentariy dlya otsenki tsifrovogo potentsiala kiber-fizicheskogo promyshlennogo predpriyatiya v usloviyakh formirovaniya industrii 5.0. *Yestestvenno-gumanitarnyye issledovaniya*, 4 (48), 48–53.
- Vertakova Yu.V., Polozhentseva Yu.S., Maslennikova V.V. (2021). Transformatsiya promyshlennosti v usloviyakh tsifrovizatsii ekonomiki: trendy i osobennosti realizatsii. *Ekonomika i upravleniye*, 27 (7), 189, 491–503. DOI: <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2021-7-491-503>
- Gileva T.A., Galimova M.P., Khussamov R.R. (2023). Otsenka gotovnosti innovatsionnoy ekosistemy territorii k tsifrovoy transformatsii: metodicheskiye osnovy. *Intellektualnaya inzhenernaya ekonomika i industriya 5.0 (INPROM). Sbornik trudov VIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Sankt-Peterburg*, 184–188. DOI: <https://doi.org/10.18720/IEP/2023.1/47>
- Yegorov A.S. (2021). Konkurentsiya i konkurentosposobnost predpriyatij 2020–2021 godov. *Rossiyskiy ekonomicheskij barometr*, 3, 3–14.
- Yefanov V.A. (2022). Formirovaniye podkhodov po otsenke gotovnosti predpriyatiya k provedeniyu tsifrovoy transformatsii. *Ekonomicheskij analiz: teoriya i praktika*, 9 (528), 1687–1704. DOI: <https://doi.org/10.24891/ea.21.9.1687>
- Kapustina L.M., Kondratenko Yu.N. (2020). K voprosu o ponyatii «umnogo predpriyatiya» v tsifrovoy ekonomike. *Voprosy upravleniya*, 4 (65), 33–43. DOI: <https://doi.org/10.22394/2304-3369-2020-4-33-43>
- Kuklina Ye.A., Mitselovskaya O.S. (2020). Metodologicheskij podkhod k otsenke urovnya innovatsionnogo razvitiya predpriyatiya. *Vlast i ekonomika*, 6, 110–122. DOI: <https://doi.org/10.22394/1726-1139-2020-6-110-122>
- Orlova N.A. (2020). Podkhody k otsenke gotovnosti malykh proizvodstvennykh predpriyatij k tsifrovoy ekonomike. *Vestnik universiteta*, 2, 26–34. DOI: <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2020-2-26-34>
- Panfilova Ye.A. (2019). Analiz gotovnosti promyshlennykh predpriyatij k tsifrovoy transformatsii biznesa. *Moskovskiy ekonomicheskij zhurnal*, 2, 5–14.
- Porsev K.I., Ivanova V.A. (2023). Sluzhba standartizatsii na umnom mashinostroitelnom proizvodstve v usloviyakh Industrii 4.0". *Kompetentnost*, 2, 18–21. DOI: <https://doi.org/10.24412/1993-8780-2023-2-18-21>
- Spiridonov A.A., Fadeyeva M.L., Tolstykh T.O. (2023). Strategicheskiye prioritety gosudarstvennoy podderzhki importozameshcheniya v promyshlennosti. *Ekonomika promyshlennosti*, 16 (2), 166–175. DOI: <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2023-2-166-175>
- Chursin A.A., Yudin A.V., Grosheva P.Yu., Myslyakova Yu.G., Neklyudova N.P. (2021). Otsenka predraspolzhenosti territorij k razmeshcheniyu "umnykh" kompaniy. *Ekonomicheskiye i sotsialnyye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz*, 14 (3), 99–117. DOI: <https://doi.org/10.15838/esc.2021.3.75.6>
- Shkarupeta Ye.V. (2023). Prakticheskiye aspekty otsenki tsifrovoy zrelosti promyshlennykh predpriyatij v usloviyakh pilotirovaniya innovatsiy v tsifrovyykh servisakh GISP. *Informatizatsiya v tsifrovoy ekonomike*, 4 (1), 9–22. DOI: <https://doi.org/10.18334/ide.4.1.117048>

15. Heidbrink M.-L., Galipoğlu E., Poepelbuss J., Gernreich Ch. (2018). Smart Service Business Models in Mechanical and Plant Engineering – Insights from Germany. *Conference: Frontiers in Service Conference 2018 At: Austin, Texas*. [online] Available at: https://www.researchgate.net/publication/325180628_Smart_Service_Business_Models_in_Mechanical_and_Plant_Engineering_-_Insights_from_Germany [Accessed 28.09.2023]
16. Kayikci Y., Kazancoglu Y., Gozacan-Chase N., Lafci C., Batista L. (2022). Assessing smart circular supply chain readiness and maturity level of small and medium-sized enterprises. *Journal of Business Research*, 149, 375–392. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.05.042>
17. *IMD World Digital Competitiveness Ranking 2021* [online] Available at: <https://imd.cld.bz/Digital-Ranking-Report-2021/2/> [Accessed 30.09.2023]
18. Jaspert D., Thoma Ph. (2021). Performance Measurement of Smart Services in Mechanical Engineering. *Conference: Americas Conference on Information Systems*. [online] Available at: https://www.researchgate.net/publication/351577587_Performance_Measurement_of_Smart_Services_in_Mechanical_Engineering [Accessed 28.09.2023]
19. Jeske T., Würfels M., Lennings F. (2020). Development of Digitalization in Production Industry – Impact on Productivity, *Management and Human Work. Procedia Computer Science*, 180 (2), 371–380. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.358>
20. Kryukov V., Shakhgelyan K., Kiykova E., Kiykova D., Saychuk D. (2022). Assessment of transport enterprise readiness for digital transformation. *Transportation Research Procedia*, 63, 2710–2718. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.06.313>
21. Mitrofanova Y., Glukhova L., Burenina V., Evstafeva O., Popova T. (2021). Smart production: features of assessing the level of personnel digital readiness. *Procedia Computer Science*, 192, 2962–2970. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.09.068>
22. Mittal S., Khan M., Romero D., Wuest Th. (2018). A critical review of smart manufacturing & Industry 4.0 maturity models: Implications for small and medium-sized enterprises (SMEs). *Journal of Manufacturing Systems*, 49, 194–214. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.10.005>
23. *Network Readiness Index 2021. Shaping the Global Recovery: How Digital Technologies Can Make the Post-COVID World More Equal* [online] Available at: https://networkreadinessindex.org/wp-content/uploads/reports/nri_2021.pdf [Accessed 26.09.2023]
24. Prakash V., Savaglio C., Garg L., Bawa S., Spezzano G. (2022). Cloud- and Edge-based ERP systems for Industrial Internet of Things and Smart Factory. *Procedia Computer Science*, 200, 537–545. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.251>
25. Pulkkinen A., Anttila J.-P., Leino S.-P. (2019). Assessing the maturity and benefits of digital extended enterprise. *Procedia Manufacturing*, 38, 1417–1426. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.146>
26. Sahoo S., Lo Ch.-Y. (2022). Smart manufacturing powered by recent technological advancements: A review. *Journal of Manufacturing Systems*, 64, 236–250. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.06.008>
27. Scharfe Ph., Wiener M. (2021). Smartification in the Mechanical Engineering Industry: A Typology of Smart Machines. *Conference: Americas Conference on Information Systems (AMCIS) At: Montreal*. [online] Available at: https://www.researchgate.net/publication/352538995_Smartification_in_the_Mechanical_Engineering_Industry_A_Typology_of_Smart_Machines [Accessed 28.09.2023]
28. Schumacher A., Nemeth T., Sihm W. (2019). Roadmapping towards industrial digitalization based on an Industry 4.0 maturity model for manufacturing enterprises. *Procedia CIRP*, 79, 409–414. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.02.110>
29. Won J., Park M. (2020). Smart factory adoption in small and medium-sized enterprises: Empirical evidence of manufacturing industry in Korea. *Technological Forecasting and Social Change*, 157, 120117. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120117>
30. *Statisticheskii sbornik Vysshey shkoly ekonomiki «Indikatory tsifrovoy ekonomiki 2022»* [online] Available at: <https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/780810055.pdf> [Accessed 01.10.2023]

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT AUTHORS

ФЕДОРОВА Анна Андреевна

E-mail: afed@sfedu.ru

Anna A. FEDOROVA

E-mail: afed@sfedu.ru

ЧЕРНОВА Ольга Анатольевна

E-mail: chernova.olga71@yandex.ru

Olga A. CHERNOVA

E-mail: chernova.olga71@yandex.ru

Поступила: 02.11.2023; Одобрена: 16.12.2023; Принята: 16.12.2023.

Submitted: 02.11.2023; Approved: 16.12.2023; Accepted: 16.12.2023.