

УДК 332.12:[005.336.1:005.585]:004.77

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ В ЦИФРОВОЙ СРЕДЕ**Е.О. Кравец**

Донецкий государственный университет, Донецк, email: lenakraves@yandex.ru

Аннотация. В статье предложен инструментарий по оценке эффективности управления промышленностью в цифровой среде, который, в отличие от существующих, основан на расчете индекса цифровой зрелости промышленного предприятия, состоящего из оценок ключевых областей (управление на основе данных, автоматизации, виртуализации и моделирования, киберфизических систем, блокчейна), каждая из которых имеет свои показатели и весовые коэффициенты, что позволяет оценивать уровень внедрения и эффективности использования цифровых технологий в управлении промышленным предприятием.

Ключевые слова: промышленность, цифровизация, индекс цифровой зрелости, оценка, эффективность.

ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF INDUSTRIAL MANAGEMENT IN A DIGITAL ENVIRONMENT**Е.О. Kravets**

Donetsk State University, Donetsk, email: lenakraves@yandex.ru

Abstract. The article offers a toolkit for evaluating the effectiveness of industrial management in a digital environment, which, unlike existing ones, is based on calculating the index of digital maturity of an industrial enterprise, consisting of assessments of key areas (data-based management, automation, virtualization and modeling, cyber-physical systems, blockchain), each of which has its own indicators and weights. coefficients, which makes it possible to assess the level of implementation and efficiency of the use of digital technologies in the management of an industrial enterprise.

Keywords: industry, digitalization, digital maturity index, assessment, efficiency.

Дата поступления статьи в редакцию: 11.05.2025

Дата принятия статьи в печать: 16.06.2025

Введение

Цифровизация промышленности — это важный тренд, который оказывает значительное влияние на методы управления и организацию производственных процессов. Оценка эффективности управления в условиях цифровой трансформации становится критически важной задачей для обеспечения конкурентоспособности и устойчивости предприятий. Оценка эффективности управления промышленностью в цифровой среде должна быть многофакторной и учитывать, как традиционные метрики, так и новые показатели, связанные с внедрением цифровых технологий.

Цель исследования

Таким образом, целью исследования является разработка практических рекомендаций, которые могут быть использованы промышленными предприятиями для повышения своей конкурентоспособности и адаптации к новым реалиям цифровой экономики. Исследование также предполагает разработку показателей, позволяющих оценить уровень цифровой зрелости предприятий и эффективность внедренных цифровых технологий.

Для достижения поставленной цели в исследовании будут использованы следующие методы: анализ теоретических источников, эмпирические методы, методы обработки и анализа данных

Выбор указанных методов позволит комплексно и всесторонне исследовать проблему эффективности управления промышленностью в цифровой среде, получить достоверные и обоснованные результаты, а также разработать практические рекомендации для повышения эффективности управления промышленными предприятиями в новых условиях.

Результаты исследования и их обсуждение

Исследования ведущих зарубежных исследовательских агентств (McKinsey [1; 2] и Deloitte [3]), а также ряда ученых и специалистов в области цифровизации экономики (J.J. Zhang, A. Følstad [4], M. Fitzgerald, N. Kruschwitz [5], J.R. Abollado, E. Shehab [6], D. Kiron, G.C. Kane [7]) касаются разных аспектов оценки эффективности управления разными социально-экономическими системами в цифровой среде. Однако данные работы не отвечают поставленной цели исследования, что обуславливает необходимость разработки инструментария по оценке эффективности управления промышленностью в цифровой среде.

Для оценки эффективности управления промышленностью в цифровой среде количественно разработан Индекс цифровой зрелости промышленного предприятия (далее — ИЦЗПП). ИЦЗПП представляет собой комплексный индекс, который оценивает уровень внедрения и эффективности использования цифровых технологий в управлении промышленным предприятием. Индекс рассчитывается на основе оценки нескольких ключевых областей, каждая из которых имеет свои показатели и весовые коэффициенты (табл. 1).

Стоит отметить, что объем данных (A1), качество данных (A2) и эффективность аналитики (A3) влияют на управление на основе данных. Соответственно, чем более эффективно предприятие использует данные для управления, тем выше будут значения этих показателей и, следовательно, выше балльная оценка области A. Аналогично и с другими показателями:

— уровень автоматизации (B1), эффективность автоматизации (B2) и интеграция систем (B3) влияют на управление на основе автоматизации;

— уровень виртуализации (C1), точность моделирования (C2), использование VR/AR (C3) влияют на управление на основе виртуализации и моделирования;

— уровень внедрения киберфизических систем (D1), эффективность киберфизических систем (D2), кибербезопасность (D3) влияют на управление на основе киберфизических систем;

— уровень внедрения блокчейн (E1), эффективность блокчейн (E2), интеграция с другими системами (E3) влияют на управление на основе блокчейн.

Для каждой области рассчитывается балльная оценка путем умножения значения каждого показателя на его весовой коэффициент и суммирования результатов.

ИЦЗПП рассчитывается как средневзвешенное значение балльных оценок по всем областям. Весовые коэффициенты для каждой области могут быть определены экспертным путем или на основе стратегических целей предприятия. Например:

- A. Управление на основе данных — 25%;
- B. Управление на основе автоматизации — 25%;
- C. Управление на основе виртуализации и моделирования — 15%;
- D. Управление на основе киберфизических систем — 20%;
- E. Управление на основе блокчейн — 15%.

Предложенные весовые коэффициенты для расчета ИЦЗПП отражают приоритетность различных подходов к управлению в контексте современной цифровой трансформации и стратегических целей предприятия (или региона).

Наибольший вес присвоен управлению на основе данных (25%) и на основе автоматизации (25%), поскольку они являются фундаментом для цифровой трансформации. Управление на основе данных обеспечивает принятие обоснованных решений и непрерывную оптимизацию процессов, а автоматизация позволяет повысить эффективность, снизить затраты и улучшить качество продукции. Эти два подхода взаимосвязаны и создают основу для дальнейшего развития цифровых возможностей предприятия.

Управление на основе киберфизических систем (20%) имеет высокий вес, так как представляет собой следующий уровень интеграции цифровых технологий в физические процессы. Киберфизические системы позволяют создавать «умные» производства, которые могут адаптироваться к изменяющимся условиям и оптимизировать свою работу в реальном времени.

Значения долей управления на основе виртуализации и моделирования (15%) и на основе блокчейн (15%) меньше, но все нужно отметить, что предложенные весовые коэффициенты могут быть скорректированы в зависимости от специфики отрасли, стратегических целей предприятия и текущего уровня цифровой зрелости. Например, для предприятий, работающих в высококонкурентных рынках, может быть целесообразно увеличить вес области «управление на основе данных», а для предприятий, стремящихся к повышению прозрачности и безопасности, — увеличить вес области «управление на основе блокчейн». Экспертная оценка и учет стратегических приоритетов являются ключевыми факторами при определении оптимальных весовых коэффициентов для каждой области.

Таблица 1

Ключевые области индекса цифровой зрелости промышленного предприятия и его составляющие

Ключевые области оценки	Составляющие	Доля составляющих, %	Характеристика	Единица измерения
А. Управление на основе данных	А1. Объем собираемых данных	30	оценивается количество и разнообразие данных, собираемых с различных источников (датчики, системы, процессы)	объем данных (ТБ/год) или количество подключенных устройств
	А2. Качество данных	30	оценивается точность, полнота и актуальность собираемых данных	процент правильно обработанных данных
	А3. Эффективность аналитики	40	оценивается влияние аналитики данных на ключевые показатели эффективности (KPI) предприятия (например, снижение затрат, повышение производительности)	процент улучшения KPI
В. Управление на основе автоматизации	В1. Уровень автоматизации	40	Оценивается доля автоматизированных процессов в общем объеме производственных процессов	процент автоматизированных процессов
	В2. Эффективность автоматизации	40	Оценивается влияние автоматизации на производительность, затраты и качество продукции	процент улучшения KPI
	В3. Интеграция систем	20	Оценивается степень интеграции различных автоматизированных систем (MES, ERP, SCADA и т.д.)	уровень интеграции (от 1 до 5), где 1 – не интегрированы; 5 – полностью интегрированы
С. Управление на основе виртуализации и моделировании	С1. Уровень виртуализации	30	оценивается доля процессов, поддерживаемых виртуальными моделями и симуляциями	процент виртуализированных процессов
	С2. Точность моделирования	40	оценивается соответствие результатов моделирования реальным процессам	процент отклонения результатов моделирования от реальных данных
	С3. Использование VR/AR	30	оценивается применение технологий виртуальной и дополненной реальности для визуализации и управления производственными процессами	уровень применения (от 1 до 5), где 1 – не применяются; 5 – применяются
D. Управление на основе киберфизических систем (CPS)	D1. Уровень внедрения CPS	40	оценивается доля оборудования и процессов, интегрированных с киберфизическими системами	процент интегрированных систем
	D2. Эффективность CPS	40	оценивается влияние CPS на гибкость производства, скорость реагирования и устойчивость к сбоям	процент улучшения KPI
	D3. Кибербезопасность	20	оценивается уровень защиты CPS от киберугроз и несанкционированного доступа	уровень защиты (от 1 до 5), где 1 – низкий; 5 – высокий
E. Управление на основе блокчейн	E1. Уровень внедрения блокчейн	30	оценивается доля процессов, поддерживаемых блокчейн-технологиями	процент блокчейн процессов
	E2. Эффективность блокчейн	40	оценивается влияние блокчейн на прозрачность, безопасность и снижение затрат	процент улучшения KPI
	E3. Интеграция с другими системами	30	оценивается степень интеграции блокчейн-решений с другими системами управления предприятием	уровень интеграции (от 1 до 5), где 1 – не интегрированы; 5 – полностью интегрированы

Источник: разработано автором.

Следовательно, формула расчета ИЦЗПП (Id) имеет вид:

$$I_d = 0,25 \times (0,3 \times A_1 + 0,3 \times A_2 + 0,4 \times A_3) + 0,25 \times (0,4 \times B_1 + 0,4 \times B_2 + 0,2 \times B_3) + 0,15 \times (0,3 \times C_1 + 0,4 \times C_2 + 0,3 \times C_3) + 0,2 \times (0,4 \times D_1 + 0,4 \times D_2 + 0,2 \times D_3) + 0,15 \times (0,3 \times E_1 + 0,4 \times E_2 + 0,3 \times E_3) \quad (1)$$

Чем выше значение ИЦЗПП, тем выше уровень цифровой зрелости предприятия. Предприятия с высоким ИЦЗПП, как правило, более эффективны, конкурентоспособны и устойчивы к изменениям внешней среды.

ИЦЗПП может варьироваться от 0 до 100 (табл. 2).

Таблица 2

Градации значений индекса цифровой зрелости промышленного предприятия и его составляющие

Диапазон ИЦЗПП	Уровень цифровой зрелости	Описание	Обоснование
0 – 25	Начальный (низкий уровень цифровой зрелости)	Этот диапазон характеризует предприятия, которые только начинают свой путь цифровой трансформации. Отсутствует или минимально используются цифровые технологии в управлении и производстве. Основные процессы выполняются вручную или с использованием устаревших технологий. Внедрение цифровых решений носит фрагментарный характер, отсутствует системный подход	Отражает отсутствие базовых элементов цифровой трансформации, таких как сбор данных, автоматизация основных процессов и использование современных инструментов анализа
26 – 50	Базовый (средний уровень цифровой зрелости)	Предприятия в этом диапазоне активно внедряют отдельные цифровые решения, автоматизируют некоторые процессы и начинают использовать данные для принятия решений. Однако цифровая трансформация еще не охватывает все аспекты деятельности предприятия. Отсутствует комплексный подход к цифровизации, наблюдаются разрозненные инициативы	Отражает переходный период, когда предприятия начинают осознавать преимущества цифровизации, но еще не достигли полной интеграции цифровых технологий в свои бизнес-процессы
51 – 75	Продвинутый (высокий уровень цифровой зрелости)	Предприятие активно использует цифровые технологии для оптимизации бизнес-процессов и повышения эффективности. Налажена система сбора и анализа данных. Внедрены элементы киберфизических систем	Отражает высокий уровень цифровой зрелости, когда цифровые технологии являются неотъемлемой частью бизнес-процессов, способствуя повышению эффективности, снижению затрат и улучшению качества продукции
76 – 100	Лидирующий (очень высокий уровень цифровой зрелости)	Предприятия в этом диапазоне являются лидерами в области цифровой трансформации. Они активно используют передовые цифровые технологии, такие как искусственный интеллект, большие данные, блокчейн и киберфизические системы. Внедрены инновационные бизнес-модели, основанные на данных и цифровых технологиях. Предприятие демонстрирует высокую гибкость, устойчивость к изменениям и способность к инновациям	Отражает наивысший уровень цифровой зрелости, когда предприятия полностью от базового уровня цифровизации к более продвинутым стадиям, характеризующимся более широким использованием цифровых технологий и более глубокой интеграцией цифровых решений в бизнес-процессы.

Источник: разработано автором.

Разбиение на четыре диапазона позволяет достаточно детально оценить уровень цифровой зрелости предприятия и определить области, требующие особого внимания. Пороговые значения (25, 50, 75) выбраны таким образом, чтобы отражать переходы между различными этапами цифровой трансформации. Каждый этап характеризуется определенным уровнем внедрения и интеграции цифровых технологий, а также определенными результатами. Описание каждого уровня цифровой зрелости позволяет четко определить, к какому уровню относится предприятие, и какие шаги необходимо предпринять для перехода на следующий уровень.

Выводы

Преимуществом применения инструментария по оценке эффективности управления промышленностью в цифровой среде в виде ИЦЗПП является то, что инструмент позволяет:

- учитывать различные аспекты цифровой трансформации промышленности;
- оценить эффективность областей управления в количественном измерении;
- сравнить предприятия по уровню цифровой зрелости; выявить области для улучшения.

Методологическим полем проблемы применения указанного инструментария является: необходимость сбора большого объема данных для проведения оценки; необходимость использования экспертных оценок для определения весовых коэффициентов; сложность в адаптации к различным отраслям промышленности для учета их специфики.

Индекс цифровой зрелости промышленного предприятия представляет собой полезный инструмент для оценки и сравнения эффективности управления промышленностью в цифровой среде. Он позволяет предприятиям выявлять области для улучшения и принимать обоснованные решения по внедрению цифровых технологий.

Литература

1. McKinsey. The Future of Work After COVID-19. McKinsey & Company. 2021.
2. Implementing a digital transformation at industrial companies // McKinsey. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mckinsey.com/industries/industrials-and-electronics/our-insights/implementing-a-digital-transformation-at-industrial-companies> (дата обращения 17.04.2025).
3. Deloitte. Agility in the Digital Economy: Embracing Change and Fostering Innovation. Deloitte Insights. 2020.
4. Zhang J.J., Følstad A., Bjørkli C.A. Organizational Factors Affecting Successful Implementation of Chatbots for Customer Service // Journal of Internet Commerce. 2021. P. 1-35.
5. Fitzgerald M., Kruschwitz N., Bonnet D., Welch M. Embracing digital technology: A new strategic imperative // MIT Sloan Management Review. 2014. Vol. 55. № 2. P. 1-12.
6. Abollado J.R., Shehab E., Bamforth P. Challenges and benefits of digital workflow implementation in aerospace manufacturing engineering // Procedia CIRP. 2017. Vol. 60. P. 80-85.
7. Kiron D., Kane G.C., Palmer D., Phillips A.N., Buckley N. Aligning the organization for its digital future // MIT Sloan Management Review. 2016. Vol. 58. № 1. P. 3-27.