

УДК 004.42

ТРАЕКТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ ЦИФРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

О.А. ЛАВРЕНОВА¹, М.И. СТЕГАНЦЕВА², С.С. ПРОКОПОВИЧ²

¹ ст. преподаватель кафедры «Инженерная экономика»

² студенты кафедры «Инженерная экономика»

Белорусский национальный технический университет

г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация. В статье уточняются особенности понятий «цифровая экосистема» и «экосистема цифрового производства», исследуются этапы траектории формирования экосистемы цифрового производства. Анализируются современные тенденции в развитии цифровых технологий и их интеграция в производственные процессы. Уделено внимание ключевым факторам, сокращающим траекторию формирования экосистемы цифрового производства.

Ключевые слова: цифровизация, цифровое производство, цифровая экосистема, экосистема цифрового производства, индустрия 4.0, цифровые драйверы и барьеры.

TRAJECTORY OF FORMATION OF THE ECOSYSTEM DIGITAL PRODUCTION

O.A. LAVRENOVA¹, M.I. STEGANTSEVA², S.S. PROKOPOVICH²

¹ Senior Lecturer of the Department «Engineering Economics»

^{2,3} students of the Department «Engineering Economics»

Belarusian National Technical University

Minsk, Republic of Belarus

Annotation. The article clarifies the features of the concepts of «digital ecosystem» and «ecosystem digital production», and examines the features of the trajectory of the formation of the ecosystem digital production. Modern trends in the development of digital technologies and their integration into production processes are analyzed. Attention is paid to the key factors that shorten the trajectory of the formation of the digital production ecosystem.

Keywords: digitalization, digital production, digital ecosystem, digital production ecosystem, industry 4.0, digital drivers and barriers.

Актуальность исследования обусловлена тем, что в условиях глобализации и быстро меняющихся рыночных условий предприятия, внедряющие цифровые технологии, получают значительное конкурентное преимущество. Переход на цифровое производство связан с интеграцией передовых технологий, таких как Интернет вещей, искусственный интеллект и большие данные, в производственные процессы. Цифровизация позволяет оптимизировать производственные процессы, снижать затраты и улучшать качество продукции, что особенно важно для поддержания конкурентоспособности на мировом рынке. Информационные технологии на промышленных предприятиях используются для контроля за процессом производства, мониторинга оборудования, управления материальными потоками. С помощью цифровых технологий просчитываются варианты организации производства с целью повышения производительности труда, снижения затрат, повышения показателей эффективности работы подразделений и предприятия в целом.

Для понимания особенностей внедрения цифровых технологий и инструментов на промышленных предприятиях целесообразно уточнить особенности понятий «цифровая экосистема» и «экосистема цифрового производства», сравнив их по ряду критериев (таблица 1).

Таблица 1 – Особенности понятий «цифровая экосистема» и «экосистема цифрового производства»

Критерии	Цифровая экосистема	Экосистема цифрового производства
1	2	3
Назначение	Концепция, охватывающая взаимодействие различных цифровых технологий и платформ в любой сфере деятельности, не ограничивается производством	Направлена на производственные процессы и охватывает интеграцию цифровых технологий в производственную цепочку, от проектирования и разработки до производства и поставки

Продолжение таблицы 1

1	2	3
Целевая аудитория	Широкий круг участников, включая потребителей, предприятия различных отраслей, разработчиков приложений и платформ	Производственные компании, инженеры, операторы и специалисты по автоматизации
Цель создания	Расширение взаимодействия организаций и пользователей для обмена данными и создания новых ценностей и услуг	Оптимизация производственных процессов, повышение их гибкости и адаптивности, улучшение качества продукции, снижение издержек и повышение эффективности
Задачи	<ol style="list-style-type: none"> 1. Создание платформ для взаимодействия между участниками (пользователями, предприятиями и разработчиками) 2. Безопасный обмен данными между участниками 3. Создание новых цифровых продуктов и услуг 4. Улучшение пользовательского опыта, повышение удовлетворенности пользователей 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Оптимизация производственных процессов за счет автоматизации и интеграции цифровых технологий 2. Гибкость и адаптивность к изменяющимся рыночным условиям и требованиям клиентов 3. Повышения стандартов качества и минимизации дефектов за счет аналитики данных 4. Ускорение вывода продукции на рынок

Окончание таблицы 1

1	2	3
Функции	<p>1. Интеграция платформ и сервисов для создания единого пользовательского опыта</p> <p>2. Применение аналитики и обработка больших данных для принятия стратегических решений и персонализации услуг.</p> <p>3. Обеспечение безопасности данных и конфиденциальности информации пользователей</p> <p>4. Поддержка инноваций и развития новых технологий и бизнес-моделей через сотрудничество и обмен опытом</p>	<p>1. Интеграция данных на всех этапах производственного процесса для принятия обоснованных решений</p> <p>2. Автоматизация за счет робототехники и автоматизированных систем для повышения производительности</p> <p>3. Мониторинг и управление: оборудованием и процессами для предотвращения сбоев и оптимизации</p> <p>4. Поддержка инноваций в плане использования новых технологий и подходов для улучшения производственных процессов</p>
Технологии	Социальные сети, облачные сервисы, мобильные приложения, платформы электронной коммерции и другие цифровые инструменты, которые создают взаимозависимые сети	Промышленный интернет вещей (IIoT), робототехника, аддитивное производство, большие данные, предиктивная аналитика, а также системы управления производством
Критерии достижения цели	Вовлеченность пользователей, рост базы клиентов, увеличение доходов от цифровых услуг и улучшение пользовательского опыта	Показатели производительности, такие как уменьшение времени простоя, повышение качества продукции и снижение затрат
Примеры	Alibaba (Китай) Apple (США) Jio Platforms (Индия) Сбер (Россия):	ABB (Швейцария) Bosch (Германия) Siemens (Германия) General Electric (GE, США) ТМК, (Россия)

Таким образом, цифровая экосистема представляет собой более широкую концепцию, а экосистема цифрового производства рассматривается как более узкая категория, ориентированная на применение цифровых технологий в контексте производства.

Создание экосистемы цифрового производства на предприятии зависит от многих факторов, в первую очередь от исходного уровня цифровой готовности. Опыт зарубежных и отечественных промышленных предприятий позволяет выделить шесть основных этапов:

1. Определение целей и задач экосистемы цифрового производства, планирование.
2. Подбор и внедрение ключевых цифровых технологий с учетом специфики производственных процессов.
3. Оптимизация процессов и интеграция цифровых решений.
4. Обучение и адаптация участников экосистемы.
5. Мониторинг и развитие экосистемы цифрового производства.
6. Масштабирование и тиражирование успешных цифровых решений на другие участки производства.

На первом этапе обязательно выполняется анализ текущего состояния производственной инфраструктуры и уровня цифровой готовности предприятия к преобразованиям. Исходя из результатов анализа, определяются цели и задачи проекта по внедрению цифровых технологий, а также формируется общая стратегии развития экосистемы цифрового производства. Продолжительность данного этапа зависит от масштабов предприятия и его производственных процессов.

На втором этапе оценивают технико-технологические возможности внедрения стека цифровых технологий «Индустрия 4.0» [6] (Интернет вещей, искусственный интеллект, большие данные и предиктивную аналитику, облачные решения, аддитивные технологии), а также выполняют создание цифровых двойников продуктов и процессов, интеграция систем управления производством. Этот этап наиболее продолжительный, требующий взаимодействия большого числа квалифицированных специалистов.

На этапе оптимизации процессов выполняется разработка моделей процессов, их анализ и совершенствование с точки зрения возможности интеграции применяемых цифровых решений в единую экосистему. По мнению экспертов, продолжительность этого этапа увеличивает формально действующая на предприятии система

менеджмента качества и отсутствие согласованных регламентов процессов.

Один из этапов, который должен быть встроен в процесс формирования и развития экосистемы цифрового производства, это обучение и адаптация участников экосистемы [5]. Фактически работа по обучению сотрудников новым технологиям, повышение их квалификации и переподготовка начинается с момента принятия решения о создании экосистемы цифрового производства. Путем тестирований и внутренних экзаменов выполняют оценку уровня цифровой компетентности сотрудников. Своевременное обучение позволит обеспечить адекватную адаптацию сотрудников к новым условиям работы в цифровой среде.

Этап мониторинга производственных процессов позволяет отслеживать и анализировать данных при помощи инструментов предиктивной аналитики для предотвращения сбоев оборудования и повышения производительности труда является обязательным условием эффективного функционирования экосистемы цифрового производства и ее дальнейшего развития. Для этого может быть необходима установка дополнительного оборудования и программных продуктов, что так же, как обучение сотрудников потребует дополнительных инвестиций и времени.

Этап масштабирования и тиражирования на другие участки производства успешных экосистемных решений позволяет осуществить интеграцию экосистемы цифрового производства с внешними партнерами и поставщиками.

Таким образом формируется устойчивая и эффективная экосистема цифрового производства, способная адаптироваться к изменениям внешней и внутренней среды. Однако продолжительность этого процесса будет существенно различаться для предприятий и зависеть от множества факторов. В ходе анализа деятельности компаний по внедрению цифровых технологий был выделен ряд основных барьеров, оказывающих влияние на скорость формирования экосистемы цифрового производства. К числу общих сдерживающих факторов можно отнести:

1. *Фактор устаревшей производственной инфраструктуры.*

Производственная инфраструктура, которая включает устаревшее оборудование и технологии, снижает скорость внедрения цифровых технологий на предприятии. В таком случае при переходе на

цифровые технологии требуется модернизация, поскольку несовместимость оборудования с новыми цифровыми решениями не может в полной мере обеспечить «бесшовную» интеграцию, а следовательно, в части принятия решений не даст ожидаемых результатов предиктивная аналитика.

2. Фактор киберугроз.

Это существенный сдерживающий фактор, поскольку риски киберугроз резко возрастают с ростом масштабов цифровизации на предприятии. Уязвимости в производственных системах приводят к утечке конфиденциальной информации, что чревато остановкой производства и даже физическим ущербом. Такие ситуации являются критичными для предприятия и требуют надежной системы кибербезопасности, включая защиту производственного периметра. Внедрение системы кибербезопасности приводит к значительным финансовым вложениям, а также требует постоянного мониторинга со стороны специалистов. Самостоятельное решение этой глобальной задачи для малых и средних предприятий затрудняет реализацию проектов по цифровизации.

3. Фактор кадровых ресурсов.

Наличие квалифицированных специалистов одно из условий успешного формирования экосистемы цифрового производства, поскольку требуются знания и навыки применения цифровых технологий требует от всех участников экосистемы. Для создания надежной и работоспособной экосистемы, необходимы не только высококвалифицированные программисты, но и инженеры, владеющие всеми тонкостями производственных процессов процесса. Высокая квалификация в сфере цифровых технологий необходима не только разработчикам, но и пользователям экосистемы цифрового производства.

Нехватка квалифицированных специалистов является проблемой для любого предприятия и становится одной из серьезных причин замедления процесса внедрения цифровых технологий. Для успешного перехода к экосистеме цифрового производства предприятию потребуется практически «с нуля» обучать своих сотрудников цифровым навыкам, что потребует дополнительного времени и затрат на обучение персонала. Поэтому для успешной трансформации предприятия должны планировать инвестиции в обучение и развитие кадров.

4. Фактор организационной структуры.

Переход на цифровое производство, как правило, требует кардинального пересмотра существующей организационной структуры и бизнес-процессов. Классическим барьером на пути изменений остаётся сопротивление со стороны сотрудников. Затрудняют внедрение цифровых технологий и изменение организационной структуры как недостаточная поддержка со стороны руководства, так и отсутствие чётко сформулированной стратегии.

5. Экономические факторы.

Высокие затраты на внедрение, связанные с закупкой или разработкой программного обеспечения, внедрение новых цифровых технологий требуют значительных финансовых вложений. Для многих предприятий, особенно малых или средних, это становится серьёзным барьером. Неоправданные инвестиции могут привести к рискам, связанным с неопределённостью возврата вложенных денежных средств. Это является одной из главных причин замедления процесса перехода к экосистеме.

б. Фактор правового регулирования и стандартизации.

Развитие цифровых технологий опережает законодательные инициативы, что создаёт некоторую правовую неопределённость, в том числе и в вопросах защиты интеллектуальной собственности. Отсутствие чётких стандартов и нормативных актов в области цифрового производства ставит участников в условия, когда они будут сталкиваться с правовыми и этическими вопросами, связанными с использованием данных, автоматизацией процессов и внедрением новых технологий.

Анализ успешных практик цифровизации позволяет выделить три важных направления, усилия в которых дадут предприятию резервы сокращения траектории формирования экосистемы цифрового производства:

1. Внедрение цифровых технологий с концентрацией на:

- а) использование Интернета вещей (IoT) для мониторинга и автоматизации процессов;*
- б) применение искусственного интеллекта и машинного обучения для предиктивной аналитики и оптимизации операций;*
- с) инвестиции в облачные технологии для улучшения гибкости и доступности данных.*

2. Повышение гибкости операций за счет:

а) перехода к модульным производственным системам, быстро адаптирующимся под изменение спроса;

б) внедрение Lean-технологий для сокращения различных видов потерь и повышения производительности.

3. *Повышение квалификации сотрудников и развитие инновационной восприимчивости персонала предприятия:*

а) обучение сотрудников цифровым навыкам, формирование инновационной восприимчивости индивидуума;

б) развитие на предприятии культуры постоянного обучения и инноваций;

с) взаимодействие с компаниями и стартапами для обмена опытом и совместных разработок;

д) сотрудничество с научно-исследовательскими организациями и учебными заведениями для внедрения инновационных решений.

Технологический совет McKisney, провёл расширенный анализ спроса на рабочие места за 2021-2023 годы и выявил ряд тенденций, которые, как ожидается, окажут наибольшее влияние на деятельность компаний в 2024 году (рисунок 1) [1].

Анализ представленных данных показывает, что самую высокую положительную динамику (+341%) имеет спрос на рабочие места в области генеративного искусственного интеллекта. Также наибольшие темпы роста спроса на специалистов характерны для направлений, связанных с электрификацией и возобновляемыми источниками энергии (+73%), мобильностью (+48%) и квантовыми технологиями (+19%). Таким образом, очевидны дальнейшие перспективы внедрения прорывных цифровых технологий, следовательно, предприятия для успешной деятельности должны формировать экосистему цифрового производства.

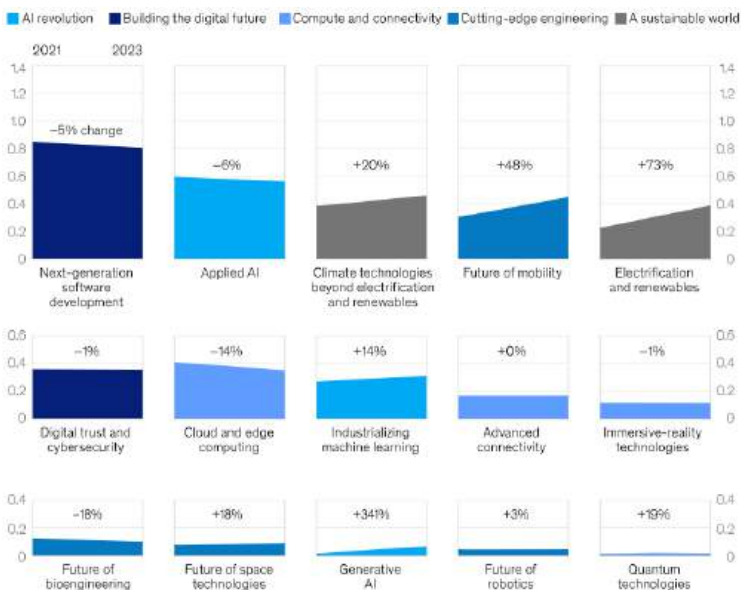


Рисунок 1 – Спрос на рабочие места по технологическим направлениям, с 2021 по 2023 год [1]

В заключение следует отметить, что в условиях реализации концепции «Индустрия 4.0» формирование экосистемы цифрового производства является важным элементом инновационной политики промышленного предприятия. Однако траектория формирования экосистемы цифрового производства представляет собой поэтапный процесс, который требует стратегического подхода для успешной интеграции цифровых решений, технологий и персонала. На пути к внедрению решений для цифровизации производственных процессов предприятия сталкиваются с рядом технических проблем, связанных с интеграцией цифровых технологий и инфраструктуры, построением системы кибербезопасности, так и социальных, обусловленных дефицитом квалифицированных специалистов. Для бесшовной цифровой интеграции необходимо обеспечить управление данными и взаимодействие между всеми участниками экосистемы, что, в свою очередь, требует разработки стандартов и механизмов координации. Всё более актуальными становятся и экологические

вопросы при переходе к цифровому производству, выдвигая требования к внедрению чистых технологий и практик.

Очевидно, что для построения короткой траектории формирования экосистемы цифрового производства необходимы совместные усилия всех заинтересованных сторон: государства, бизнеса и образовательных учреждений для преодоления барьеров и создания условий для успешного внедрения цифровых технологий в производство. Перспективные технологические тренды Индустрии 4.0, такие как искусственный интеллект и Интернет вещей, дают широкие возможности компаниям для повышения эффективности производства, получения значительных экономических и операционных преимуществ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Digital Case Studies | Digital | McKisney & Company [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/case-studies> .

2. TAdviser – портал выбора технологий и поставщиков. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tadviser.ru/> .

3. Понятие цифровой экосистемы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://morethandigital.info/ru/chto-takoye-tzifrovaya-ekosistyuema-ponimaniye-naibolyeye-viguodnoy-biznyes-modyeli/>.

4. Преимущества создания цифровой экосистемы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/preimuschestva-sozdaniya-tsifrovoy-ekosistemy>.

5. Сущность и структурные компоненты цифровой экосистемы промышленного предприятия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/suschnost-i-strukturnye-komponenty-tsifrovoy-ekosistemy>.

6. Технологии завтрашнего дня: основные тренды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://playsdev.com/ru/blog/tehnologicheskie-trendy-v-2024/>.

7. Цифровая трансформация промышленных предприятий. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ibs.ru/media/tsifrovaya-transformatsii-promyshlennykh-predpriyatiy/>.

8. Что такое цифровое производство? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.skolkovo.ru/news/cifrovoe-proizvodstvo-metody-ekosistemy-tehnologii/>.

REFERENCES

1. Digital Case Studies | Digital | McKisney & Company [Elektronnyj resurs]. – Режим доступа: <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/case-studies> .

2. TAdviser – portal vybora tekhnologij i postavshchikov. [Elektronnyj resurs]. – Режим доступа: <https://www.tadviser.ru/> .

3. Ponyatie cifrovoj ekosistemy [Elektronnyj resurs]. – Режим доступа: <https://morethandigital.info/ru/chto-takoye-tzifrovaya-ekosistyema-ponimaniye-naibolyeye-viguodnoy-biznyes-modyeli/>.

4. Preimushchestva sozdaniya cifrovoj ekosistemy [Elektronnyj resurs]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/preimushchestva-sozdaniya-tsifrovoy-ekosistemy>.

5. Sushchnost' i strukturnye komponenty cifrovoj ekosistemy promyshlennogo predpriyatiya [Elektronnyj resurs]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sushchnost-i-strukturnye-komponenty-tsifrovoy-ekosistemy>.

6. Tekhnologii zavtrashnego dnya: osnovnye trendy [Elektronnyj resurs]. – Режим доступа: <https://playsdev.com/ru/blog/tehnologicheskie-trendy-v-2024/>.

7. Cifrovaya transformatsiya promyshlennykh predpriyatij. [Elektronnyj resurs]. – Режим доступа: <https://ibs.ru/media/tsifrovaya-transformatsii-promyshlennykh-predpriyatij/>.

8. CHto takoe cifrovoe proizvodstvo? [Elektronnyj resurs]. – Режим доступа: <https://www.skolkovo.ru/news/cifrovoe-proizvodstvo-metody-ekosistemy-tehnologii/>.