

УДК 334.02:004.896

**СТРАТЕГИИ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ  
ИННОВАЦИОННО-ПРОМЫШЛЕННЫХ КЛАСТЕРОВ**  
**Демьянов Сергей Александрович, старший преподаватель**  
**Полесский государственный университет**

Demyanov Sergey Aleksandrovich, Senior Lecturer, demianov.s@polessu.by  
Polessky State University

*Аннотация.* В данной статье анализируется международный опыт цифровой трансформации инновационно-промышленных кластеров в развитых государствах. На основе обобщения научных практик выделены четыре типа стратегий: платформенная интеграция промышленной симбиотики, цифровые двойники для инфраструктурного планирования, управление энергетической гибкостью с использованием ИИ, киберустойчивость кластерной экосистемы. Показано, что формирование кластерных структур зависит от национальных инновационных систем (калифорнийская, немецкая, французская модели), при этом все они базируются на модели «тройной спирали».

*Ключевые слова:* цифровая трансформация, инновационно-промышленные кластеры, платформенная интеграция, цифровые двойники, национальные стратегии

Цифровая трансформация инновационно-промышленных кластеров в развитых государствах представляет собой многомерный процесс, в рамках которого национальные стратегии, отраслевая специфика и институциональные условия формируют разнообразные траектории цифровизации. Как показывают исследования последних лет, ведущие промышленные страны Европейского Союза, США, Япония и Китай реализуют дифференцированные подходы к цифровой трансформации инновационно-промышленных кластерных структур, сохраняя при этом общие тенденции, связанные с платформизацией взаимодействия, внедрением технологий искусственного интеллекта,

цифровых двойников и промышленного интернета вещей. В настоящем разделе на основе анализа международного опыта [1] выявляются ключевые стратегии цифровой трансформации инновационно-промышленных кластеров и их институциональные механизмы.

Ведущие промышленные страны разработали и реализуют национальные стратегии цифровой трансформации, которые непосредственно определяют траекторию развития инновационно-промышленных кластеров. Как отмечается в исследовании, посвященном сравнительному анализу политики США, Германии, Японии и Китая в области искусственного интеллекта в промышленное производство, «различия в политических подходах отражают особенности национальных инновационных систем и приоритетов экономического развития» [2]. В таблице представлено сопоставление ключевых стратегических документов и их содержательных акцентов.

Таблица – Национальные стратегии цифровой трансформации промышленности в развитых государствах

Страна	Стратегический документ	Ключевой акцент
Германия	«Индустрия 4.0», «Индустрия 2030»	Гибкость производства, стандартизация, интероперабельность и человекоцентричность
США	«Передовая стратегия лидерства в производстве»	Технологическое лидерство, национальная безопасность, критически важные отрасли (чипы, энергетика, биотехнологии)
Япония	«Общество 5.0», «Взаимосвязанные отрасли»	Технологии для решения социальных проблем (старение населения, здравоохранение, мобильность), интеграция робототехники и интернета вещей
Китай	«Сделано в Китае 2025», 14-й пятилетний план (2021-2025)	Государственная координация, достижение технологического суверенитета, масштабирование производства и интеграция цепочек поставок
Франция	«Французская фабрика-Индустрия будущего»	Цифровая трансформация промышленности и поддержка средних и малых предприятий
Великобритания	«Фонд для решения задач в области промышленной стратегии»	Инвестиции в промышленные вызовы и цифровая инновационная инфраструктура

Источник: составлено автором по данным [2-4].

Анализ национальных стратегий цифровой трансформации промышленности демонстрирует, что ключевое различие между подходами заключается в механизмах координации: Германия акцентирует внимание на стандартах и архитектуре, обеспечивающие интероперабельность, США концентрируется на технологическом лидерстве через селективные инвестиции в критические отрасли, Китай ориентируется на государственную координацию и масштаб, а Япония – на технологическое решение социальных проблем.

На основе обобщения практик, представленных в докладах Всемирного экономического форума [1], а также аналитических материалах ОЭСР [5] и Европейской комиссии, может быть выделена типология стратегий цифровой трансформации кластеров, включающая четыре основных типа:

*Тип 1 – Стратегия платформенной интеграции промышленной симбиотики.* Данная стратегия ориентирована на создание цифровых платформ, обеспечивающих обмен побочными продуктами, энергией, водой и материалами между предприятиями инновационно-промышленного кластера. Классическим примером выступает промышленный кластер «Kwinana» в Австралии, где цифровая платформа позволила оформить более 170 контрактов между 54 компаниями по обмену побочными продуктами, включая энергию, воду и материалы. Как отмечает Стивен МакГурк, основатель компании «Circular Ecosystems», «цифровая платформа позволяет проводить быстрый анализ воздействия на кластер при изменении операционной деятельности отдельных участников, обеспечивая операционную устойчивость» [1]. Платформа предоставляет систему визуализации потоков

ресурсов и позволяет моделировать последствия интеграции новых участников или остановки производства на отдельных предприятиях.

*Тип 2 – Стратегия цифровых двойников для инфраструктурного планирования и декарбонизации.* Данный подход предполагает создание цифровых двойников кластерного уровня, позволяющих моделировать различные сценарии развития инфраструктуры и оценивать их экономические и экологические последствия. В Великобритании в кластере «Zero Carbon Hub» был разработан цифровой двойник при участии «Microsoft», «Accenture» и Университета Шеффилда для моделирования сценариев декарбонизации на основе водорода. Цифровой двойник также использовался для оценки воздействия на окружающую среду, создания рабочих мест и экономического стимулирования с привязкой к более чем 300 британским производственным компаниям и поставщикам услуг.

*Тип 3 – Стратегия управления энергетической гибкостью,* которая фокусируется на оптимизации энергетических потоков в кластере с использованием технологий искусственного интеллекта и цифровых платформ. В промышленном парке «Net-Zero Ordos-Envision» (Китай) внедрена передовая система управления энергией, объединяющая данные в реальном времени от 46 компаний с аналитикой и искусственным интеллектом [6]. Система оптимизирует диспетчеризацию возобновляемой энергии, управление накоплением энергии, реагирование на спрос и углеродный менеджмент. В Европейском союзе аналогичный подход реализуется в рамках проекта гибкой кластерной платформы «FLEX4FACT», финансируемого по программе «Horizon Europe». Проект разрабатывает цифровую платформу для повышения гибкости производственных процессов и энергетических потоков в промышленных кластерах с использованием цифровых двойников и методов машинного обучения. Особенность подхода заключается в модульной и многоуровневой архитектуре, использующей открытые протоколы и стандартные интерфейсы, что снижает барьеры входа для поставщиков и обеспечивает совместимость с существующими устаревшими ИТ-системами [7].

*Тип 4 – Стратегия киберустойчивости кластерной экосистемы.* Данная стратегия направлена на создание интегрированных систем кибербезопасности, охватывающих всех участников инновационного кластера. Примером выступает Порт Лос-Анджелеса, где создан первый в мире Центр киберустойчивости, обеспечивающий надзор, оповещение и помощь для всего промышленного кластера порта, включая автомобильных, железнодорожных, судоходных, складских, розничных и терминальных операторов [8]. Центр идентифицирует и предотвращает угрозы для порта и более широкого промышленного сообщества, а архитектура системы обеспечивает различные уровни цифровой зрелости: от базового обмена по электронной почте до современных API-интеграций. Структура управления включает комитет, представляющий интересы разнообразных стейкхолдеров, что обеспечивает инклюзивное и прозрачное принятие решений.

Анализ международного опыта демонстрирует, что не существует единой универсальной модели биотехнологического кластера; напротив, наблюдаются различные типы кластерных структур, формирование которых обусловлено национальными инновационными системами, историческими предпосылками и институциональной средой. Калифорнийская модель характеризуется доминированием частной инициативы, развитой венчурной экосистемой и тесной интеграцией с исследовательскими университетами. Немецкая модель отличается сильной ролью государственной поддержки, ориентацией на промышленную биотехнологию и циркулярную экономику, а также международным составом участников. Французская модель базируется на региональной кластерной политике (полюса конкурентоспособности), сочетании государственного финансирования и развитой инновационной инфраструктуры.

#### Список использованных источников

1. World Economic Forum. How digital collaboration is shaping the future of industrial clusters worldwide [Электронный ресурс] // [weforum.org](https://www.weforum.org/stories/2025/01/digital-collaboration-industrial-clusters/). – 2025. – Режим доступа: <https://www.weforum.org/stories/2025/01/digital-collaboration-industrial-clusters/> (дата обращения: 24.01.2026).
2. Мин Хуан, Хуан Цзайтянь. Искусственный интеллект, расширяющий возможности производства: сравнение политики США, Великобритании, Японии и Германии и ее последствий для

Китая //Китайский отчет о цифровых инновациях в сфере производства (2025). Пекин: Пекин: 2026, с. 110

3. Andreosi F. As we approach the end of 2025, it's worth comparing the four strategies that shaped manufacturing [Электронный ресурс] // LinkedIn. – 2025. – Режим доступа: <https://www.linkedin.com/posts/fabioandreosi> (дата обращения: 24.01.2026).

4. Инь Либо. Развитые страны конкурируют за создание промышленного Интернета [Электронный ресурс] // transfertech.cn. – 2024. – Режим доступа: <https://www.transfertech.cn/news/3LxEtqbm.html> (дата обращения: 24.01.2026).

5. OECD. Measuring the Digital Transformation: A Roadmap for the Future [Текст] / OECD. – Paris : OECD Publishing, 2019. – 232 p. – DOI: 10.1787/9789264311992-en.

6. Frantzas S. Envision commissions green hydrogen, ammonia plant in China [Электронный ресурс] // Chemical Week. – 2025. – 10 July. – Режим доступа: <https://chemweek.com/document/show/phoenix/6041405/Envision-commissions-green-hydrogen-ammonia-plant-in-China> (дата обращения: 25.01.2026).

7. European Commission. FLEX4FACT: Industrial Cluster Flexibility Platform for Sustainable Factories [Электронный ресурс] // CORDIS. – 2025. – Режим доступа: <https://www.cordis.europa.eu/project/id/101058657/reporting> (дата обращения: 24.01.2026).

8. American Association of Port Authorities. Cybersecurity Best Practices for Seaports: Case Study – Port of Los Angeles Cyber Resilience Center / AAPA. – Washington, D.C. : AAPA, 2024. – 45 p.