
ИННОВАЦИОННОЕ И ПРОМЫШЛЕННОЕ РАЗВИТИЕ

УДК 338.2

*EDN XUORGD***А.И. Ладынин**

УПРАВЛЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОСИСТЕМОЙ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ

МИРЭА – Российский технологический университет
Москва, Россия

Исследуется проблема фрагментарности процессов цифровой трансформации промышленных экосистем, проявляющейся в разрыве между операционными данными, текущим и стратегическим управлением. Это затрудняет достижение целей сбалансированного развития промышленных экосистем. В связи с этим, актуальность приобретает развитие интегральной методологии управления, обеспечивающей сквозную координацию всех иерархических уровней управления. В основу предлагаемого подхода положена систематизация требований к целевой архитектуре, сгруппированных по шести ключевым факторам: целостность и связность, информационно-аналитическая поддержка, релевантность управления, адаптивность и моделирование, технологичность среды и организационное развитие. Каждому фактору соответствуют конкретные требования и целевой управленческий эффект, что устанавливает прямую связь между проектированием системы и достижением стратегических целей. В соответствии с требованиями, предложена трехуровневая архитектура цифровой платформы. На уровне данных формируется единое информационное пространство на базе промышленного интернета вещей. Интеллектуальная аналитика, реализуемая с помощью методов машинного обучения, позволяет решать задачи анализа и прогнозирования параметров промышленной экосистемы. Для текущего уровня управления и краткосрочного прогнозирования представлена архитектура системы поддержки принятия управленческих решений. Обобщающим инструментом выступает концептуальная модель цифровой платформы развития экосистемы, построенная на принципах системной динамики. Данная цифровая платформа обобщает данные, полученные от адаптивной модели и системы поддержки принятия решений, интегрируя потоки данных мониторинга и результаты аналитической обработки. Взаимодействие всех компонентов формирует замкнутый адаптивный контур управления. Таким образом, предложенная методология направлена на повышение точности, согласованности и быстродействия управления промышленной экосистемой в условиях цифровой трансформации.

Ключевые слова: промышленная экосистема; цифровая трансформация; промышленный интернет вещей; интеллектуальный мониторинг; принятие решений; системная динамика; адаптивная модель; цифровой двойник.

Введение

Формирование новой технологической парадигмы обусловило возникновение ряда вызовов современной промышленности, проявляющихся в разрыве между операционными задачами и стратегическим управлением. Рост объемов сенсорных данных систем промышленного интернета вещей (IIoT) не привел к соответствующему повышению качества управления. Нарастает конфликт между императивами экономической эффективности и долгосрочными требованиями устойчивого развития, включая ESG-трансформацию и принципы циркулярной экономики. Это порождает стратегические риски и способствует накоплению негативных экстерналий. Усугубляет ситуацию кризис традиционных моделей управления, которые не обеспечивают необходимую адаптивность в условиях высокой неопределенности экономики. Все это определяет необходимость развития методологии, обеспечивающей *сквозную интегративную связь* между стратегическим и операционным уровнями управления. Проектирование интегрального подхода, обеспечивающего такой сквозной контур управления, и составляет цель настоящего исследования.

Разработка архитектурной модели управления данными в промышленных экосистемах

В парадигме современных исследований цифровой трансформации промышленности необходимо отметить эволюцию научной мысли от автоматизации отдельных процессов к управлению сложными адаптивными системами в новой технологической парадигме. Одним из наиболее концептуально продвинутых направлений является осмысление перехода к постиндустриальным укладам, определяемым как Индустрия 5.0 и Индустрия 6.0 [1]. Авторами рассматриваются концепции нейро-цифровой трансформации [2], стратегическое управление промышленными экосистемами [3-5]. В научном дискурсе исследуются инфраструктурные и технологические основы цифровой трансформации [6, 7]. Сформулированы требования к программной реализации систем Индустрии 4.0 для сетевых предприятий, опираясь на эталонную архитектурную модель RAMI 4.0 и онтологический подход [8]. Анализируется региональное измерение цифровизации [9]. Ведется научный поиск новых организационных форм и моделей управления – следствий цифровой трансформации [10, 11]. Исследуются ее управленческие аспекты и роль государства в этом процессе [12-14]. Значительный перечень исследований посвящен операционной эффективности и системному переходу к циркулярной экономике [15-18].

Таким образом, современный научный дискурс демонстрирует консенсус в отношении необходимости перехода от управления изолированными предприятиями к концепции адаптивных промышленных экосистем. В то же время сохраняется разрыв между уровнями принятия решений, что препятствует формированию целостного адаптивного развития сложных производственно-экономических систем [19]. Одна из причин – методологическая и инструментальная разобщенность трех ключевых контуров управления: операционного, тактического и стратегического.

Термины «цифровая платформа», «адаптивная модель» и «цифровой двойник» нередко используются в близких контекстах, что может приводить к терминологической путанице и некорректным интерпретациям. В работе рассматриваются понятия архитектуры управления данными как совокупности частных составляющих, объединенных единым цифровым контуром взаимодействия. Цифровая адаптивная модель представляет собой расширение методологии цифрового двойника, способного к самостоятельной подстройке параметров в моделируемой среде для соответствия изменяющимся условиям [20]. В свою очередь, цифровая платформа представляет собой инфраструктурно-программный комплекс, интегрирующий результаты анализа данных для поддержки принятия управленческих решений.

Такой подход позволяет выстроить иерархию взаимодействия агентов в цифровой среде: на первом этапе осуществляется сбор, цифровизация и обработка различных наборов данных, их структуризация и агрегирование. Далее, массивы информации передаются в комплекс адаптивных моделей, обеспечивающих всестороннее исследование качественных и количественных характеристик. Выявляются структурные зависимости и устанавливаются связи между факторами влияния, целевыми установками, возможностями и вызовами промышленной экосистемы. Именно на этом этапе с применением методов сценарного анализа и интеллектуальных прогностических моделей осуществляется разработка комплекса доступных альтернатив. В свою очередь, цифровая платформа обеспечивает целостность взаимодействия структурных составляющих, согласованность этапов, решает задачи коммуникации ответственных лиц и оперативного доступа к данным. Инфраструктурно цифровая платформа замыкает цикл управления, объединяя все этапы: от сбора данных и управления до контроля исполнения и результатов, в единую среду. Это снижает риски, связанные с целостностью и безопасностью данных, способствует оперативности и прозрачности принятия управленческих решений и последующей валидации результатов.

В целях преодоления фрагментарности, выявленной в ходе анализа существующих подходов, и для обеспечения сквозной координации всех уровней управления архитектура управления данными должна отвечать

комплексу взаимосвязанных требований, среди которых в качестве основных можно выделить следующие.

Фактор целостности и связности определяется вертикальной интеграцией от физических источников данных к IoT-шлюзу, агрегирующему информацию. Связность обеспечивается блоком формализации потоков данных, который организует взаимодействие между уровнем корпоративных систем и аналитическим ядром, формируя единое информационное пространство. *Информационно-аналитическая поддержка* обеспечивается центральным интеллектуальным ядром, где конвергенция машинного обучения, статистических и экспертных методов формирует инструментарий анализа данных. Это позволяет перейти от реактивного к проактивному управлению, выявляя скрытые зависимости и адаптируя модели к изменяющимся условиям.

Архитектура напрямую способствует повышению *релевантности управления*, трансформируя данные в конкретные управляющие воздействия. Агрегированные результаты являются аналитической базой для принятия обоснованных управленческих решений, интеллектуальный мониторинг позволяет вносить оперативные корректировки в рамках выбранных стратегий управления. Это обеспечивает *адаптивность системы*, реализуемая внутри замкнутого управленческого контура. Данные проходят этапы анализа, классификации, планирования и обратной связи, что обеспечивает систему способностью к самоорганизации и быстрому реагированию. *Технологичность среды* обеспечивается модульным построением архитектуры, где каждый компонент масштабируем. Для аналитики используются высокопроизводительные модели машинного обучения и сценарного анализа, цифровые двойники и информационная архитектура. Безопасность данных закладывается на уровне IoT-шлюза, реализующего шифрование, использование принятых протоколов и API обеспечивает совместимость и снижение рисков.

Задача системы заключается в обеспечении *организационного развития*. Предоставляя персоналу инструменты для глубокой аналитики, визуализации и работы с цифровыми двойниками, система способствует системному росту компетенций и трансформации процесса принятия управленческих решений. Следующая этим принципам промышленная экосистема повышает свою устойчивость к кризисам и развивает способность к инновационному развитию.

В основе архитектуры – трехуровневая структура, обеспечивающая сквозной поток данных от прикладного уровня к информационно-аналитическому (рис. 1). В единый контур интегрированы информационные потоки и методы их обработки, что позволяет идентифицировать отклонения и аномалии. Каждая группа стратегических требований обладает технологическим воплощением, создавая целостную систему.

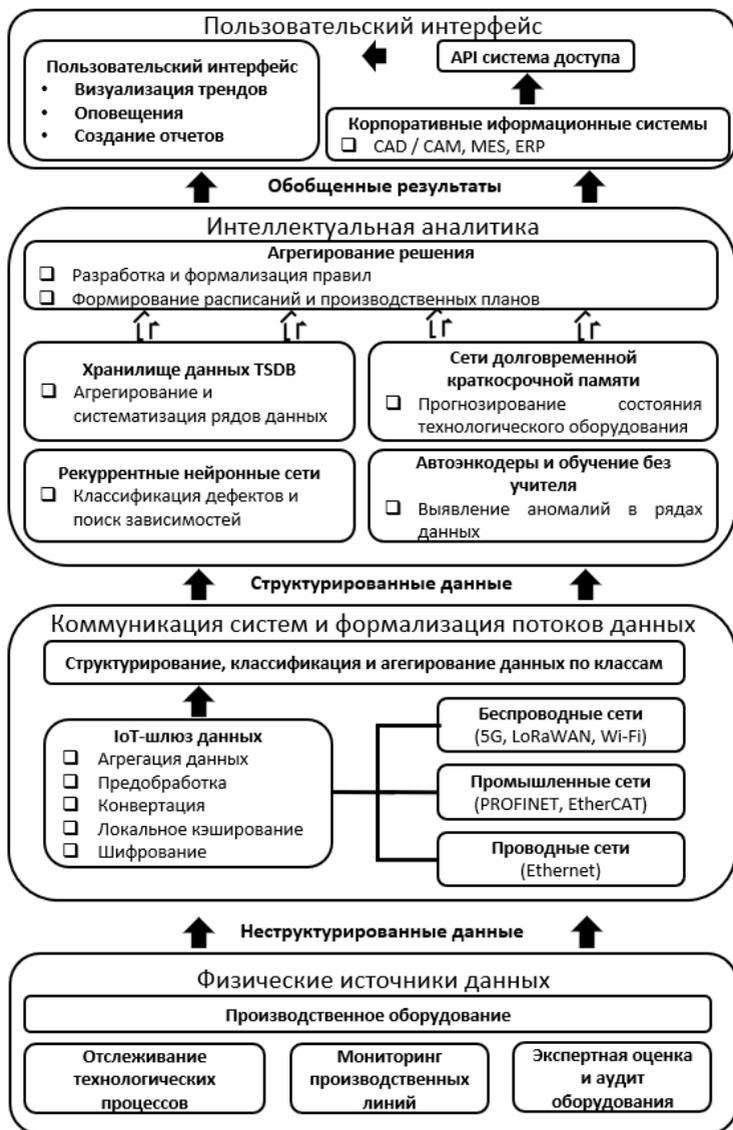


Рис. 1. Концептуальная модель архитектуры управления данными в промышленных экосистемах

Источник: составлено автором.

Контур интеллектуального мониторинга основан на принципах организации промышленного интернета вещей. На периферийном уровне

физическое оборудование оснащается спектром высокоточных датчиков. Сетевой уровень обеспечивает надежную и безопасную передачу через промышленные шлюзы, консолидирующие разнородные потоки данных, применяя протоколы, поддерживающие шифрование трафика. Платформенный уровень, реализованный в облачной или гибридной среде, выполняет централизованный прием, маршрутизацию и долгосрочное хранение данных в специализированных базах данных, обеспечивая интеграцию с корпоративными системами через API. Собранные многомерные временные ряды, анализируются с использованием методов машинного обучения. Таким образом, технологический контур выполняет роль источника верифицированных и семантически обогащенных данных. Эти данные образуют эмпирическую основу для последующих этапов анализа и принятия решений в рамках управления всей промышленной экосистемой.

Целью внедрения архитектуры управления данными является сокращение разрыва между операционным мониторингом и стратегическим целеполаганием. Интеллектуальный контур обеспечивает поток оперативных данных для расчета достижимости ключевых показателей эффективности (KPI). Их номенклатура и система определения напрямую связана со стратегическими принципами устойчивого развития и циркулярной экономики. Один из возможных подходов предполагает использование стратегических карт сбалансированных показателей (BSC), дополненных формальными моделями предметной области и методами системной динамики. Такой подход позволяет связать целеполагание и управление на разных иерархических уровнях. Стратегические приоритеты проходят последовательную декомпозицию, формируя достижимые оперативные цели. Интеллектуальный мониторинг позволяет формализовать взаимосвязи между фактическими производственными показателями и стратегическими ориентирами. Благодаря ретроспективному и перспективному анализу возникает возможность отслеживания и прогнозной оценки влияния частных индикаторов на общую структуру ESG-модели развития. Механизм обладает свойством саморегулирования: операционные параметры обретают стратегический смысл, а стратегические приоритеты транслируются в набор операционных показателей эффективности.

Интеграция этого подхода с аналитическим ядром системы придает интеллектуальным алгоритмам контекстное воплощение. Как следствие, сценарии развития, являясь результатом информационно-аналитических моделей и многокритериального анализа, учитывают приоритеты сбалансированного развития. Поток необработанных данных с периферийных сенсоров последовательно агрегируется в операционные KPI, транслируя задачи, определяемые стратегическими целями, что в итоге обеспечивает целостную картину состояния и траектории экосистемы.

Инструментарий поддержки принятия решений сбалансированного развития

Переход от интеллектуального мониторинга к стратегическому управлению требует формализации процесса преобразования данных в обоснованные управленческие решения. Разрабатываемый методический инструментарий представляет собой аналитический аппарат, обеспечивающий объективный выбор сценариев развития промышленной экосистемы в условиях многокритериальности и конфликтующих целевых установок. Одной из его ключевых задач является физическое воплощение принципов сбалансированного развития через количественное согласование экономических, технологических, экологических и социальных аспектов функционирования системы. Для решения такой масштабной задачи целесообразно рассмотреть комплексный подход – формирование единой цифровой среды обработки данных, способной обеспечить эффективный учет и анализ всего многообразия источников информации. Объединение результатов интеллектуального мониторинга и методов поддержки принятия решений осуществляется в рамках цифровой адаптивной модели, отражающей основные принципы системной динамики (рис. 2). Входные параметры включают оперативные данные о состоянии активов от системы мониторинга и управляющие воздействия, формализованные на этапе поддержки решений. В результате формируется «цифровой слепок» – прескриптивный набор решений.

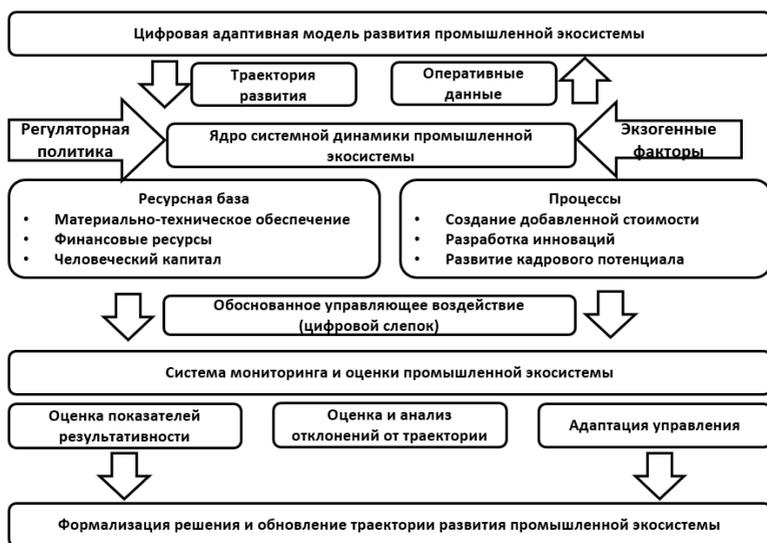


Рис. 2. Цифровая адаптивная модель промышленной экосистемы

Источник: составлено автором.

Управление инициируется регуляторной политикой, определяющей целевую траекторию развития, формализованную через контроль набора стратегических целевых показателей и желаемых состояний экосистемы, заданных с учетом долгосрочных приоритетов по всем иерархическим уровням экономики: эффективности производства, конкурентоспособности экосистемы, технологического суверенитета. Комбинация целевых принципов и количественной оценки текущего состояния формирует контекст работы модели. С применением цифровой модели осуществляются:

- 1) *оценка результативности*: проводится сравнение фактических КРП, полученных из оперативных данных, с плановыми значениями, заложенными на этапе управления;
- 2) *оценка и анализ отклонений от стратегической траектории*: выявляются и диагностируются причины рассогласования между желаемым и фактическим состоянием системы;
- 3) *адаптация управления*: формируются коррективы управления на основе анализа отклонений.

Завершающий этап – формализация решения и обновление траектории развития промышленной экосистемы. На основе извлеченных знаний происходит обновление управляющих воздействий и адаптация целевых установок. Тем самым модель замыкает полный цикл адаптивного управления: *Политика* → *Моделирование* → *Воздействие* → *Мониторинг* → *Обратная связь* → *Адаптация*. Таким образом, схема демонстрирует, как цифровая модель трансформируется из инструмента прогнозирования в инфраструктуру для взаимодействия между целеполаганием, исполнением и обучением, обеспечивая промышленной экосистеме свойство адаптивности в быстро меняющейся среде.

Данный процесс представлен в рамках модели цифровой платформы сбалансированного развития промышленной экосистемы – замкнутого контура, в котором система мониторинга и оценки, опираясь на оперативные данные и целевую траекторию, обеспечивает адаптацию управления (рис. 3). Параллельно обрабатываются два независимых класса информации – количественная и экспертная, призванная расширить и верифицировать объективные данные на основе экспертного мнения и ранжирования альтернатив. Первый класс формируется на основе априорно объективных показателей, непрерывно поступающих от цифровых систем экосистемы: данные о техническом состоянии и эффективности оборудования от систем мониторинга, экологические метрики, экономические и операционные показатели из ERP и MES-систем, а также социально-направленные данные. Эта количественная информация консолидируется в единой базе данных, обеспечивающей диагностическую функцию текущего состояния промышленной экосистемы. Для управленческих задач, осложненных слабой формализацией, задействуются экспертные методы. Инструментарий включает многоуровневую экспертизу, когнитивное моделирование и нечеткие модели. Блок многомерной аналитической обработки реализует

формальные процедуры и методы анализа альтернатив для формирования упорядоченного набора сценариев развития промышленной экосистемы. Концептуальная модель систематизирует ключевой этап формирования управления – трансформацию начальных данных и гипотез в обоснованные решения.

Методы машинного обучения используются для прогнозирования динамики ключевых показателей, выявления зависимостей и рисков. Статистические методы обеспечивают оценку прогнозов и анализ чувствительности системы к управлению. Сценарное моделирование и ранжирование альтернатив агрегируют результаты оценки, применяя формальные процедуры многокритериального выбора для определения траектории развития.

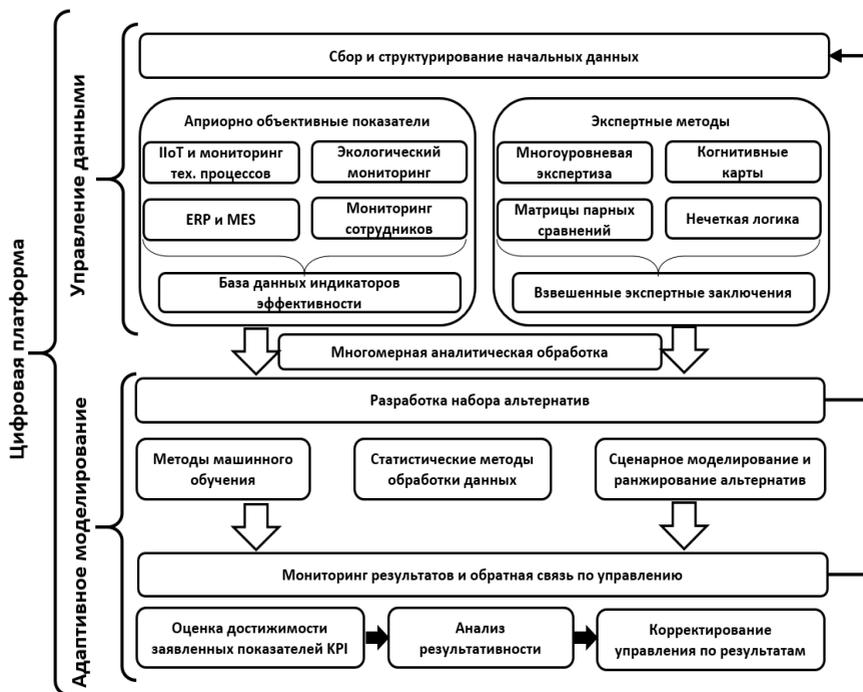


Рис. 3. Концептуальная модель цифровой платформы сбалансированного развития промышленной экосистемы

Источник: составлено автором.

Представленная схема формализует концепцию архитектуры адаптивного аналитического контура, трансформирующего статистические данные и экспертные оценки в обоснованные управленческие решения. Платформа осуществляет интегративные и аналитические функции, бес-

печивая логический переход к этапу адаптивного моделирования, представляя инструментарий для многомерной аналитической обработки, сценарного моделирования и формирования управляющих воздействий. Предлагаемая архитектура направлена на консолидацию разрозненной информации в согласованный набор альтернатив с целью их обоснованного выбора и последующего адаптивного управления.

Заключение

В заключение необходимо подчеркнуть значимость управления промышленными экосистемами в условиях цифровой трансформации. По-прежнему актуальны методы решения проблемы фрагментарности существующих решений в области мониторинга, аналитики и разработки стратегий их развития. Структурная трансформация экономики обнажила уязвимости существующей парадигмы управления, что обуславливает необходимость поиска новых точек роста.

На сегодняшний день важно обеспечить транзит промышленности в новый цикл цифровизации экономики, переходя от автоматизации отдельных процессов к построению интегрированных кибернетических систем с управлением по обратной связи. Представленный концептуальный подход направлен на преобразование информации в обоснованные управленческие решения, обеспечивающие сбалансированное развитие в рамках достижения экономических, технологических, экологических и социальных целей. Это ценно в контексте применения теоретических результатов на практике ключевыми стейкхолдерами. Для промышленных предприятий внедрение элементов предложенной архитектуры позволит перейти к проактивному управлению жизненным циклом производства и обоснованной оценке альтернатив развития. Для органов государственного и регионального управления – формируется инструментальная основа перехода к экосистемному управлению промышленностью.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 23-78-10009).

© Ладынин А.И., 2026

Поступила в редакцию 15.12.2025

Принята к публикации 20.01.2026

Библиографический список

- [1] Карпухина Н.Н., Митяков Е.С., Пронин А.Ю. Промышленные революции: от Индустрии 3.0 к Индустрии 5.0 в контексте российской экономики // Российский технологический журнал. 2025. № 13 (4). С. 123-134.
- [2] Бабкин А.В., Либерман И.В., Клачек П.М. Индустрия 5.0 и интеллектуальная экономика: основы нейро-цифровой трансформации киберсоциальных мета-

- экосистем высокотехнологичных промышленных комплексов // *π-Economy*. 2023. Т. 16, № 5. С. 8-21.
- [3] Шкарупета Е.В. Стратегическое управление интеллектуальной зрелостью промышленных экосистем в условиях экономики данных // *Экономинфо*. 2024. Т. 19. № 4. С. 5-12.
- [4] Глухов В.В., Бабкин А.В., Шкарупета Е.В. Концептуальный фреймворк для оценки и управления интеллектуальной зрелостью промышленных экосистем // *Journal of New Economy*. 2025. Т. 26. № 3. С. 105-123.
- [5] Формирование терминологической платформы стратегического управления интеллектуальной зрелостью промышленных экосистем в целях технологического суверенитета / В.В. Глухов, А.В. Бабкин, Е.В. Шкарупета, С.В. Здольникова // *Экономика и управление*. 2025. Т. 31. № 8. С. 1016-1029.
- [6] Богачев Ю.С., Трифонов П.В. Единое цифровое пространство для эффективного функционирования промышленности // *Стратегические решения и риск-менеджмент*. 2022. Т. 13, № 4. С. 376-383.
- [7] Богачев Ю.С., Трифонов П.В., Абдикеев Н.М. Основные направления и механизмы цифровизации промышленности РФ // *Стратегические решения и риск-менеджмент*. 2022. Т. 13. № 2. С. 151-159.
- [8] Требования к программной реализации системы Индустрии 4.0 для создания сетевых предприятий / А.А. Денисов, Ю.Ф. Тельнов, В.А. Казаков, А.В. Данилов // *Программные продукты и системы*. 2022. № 4. С. 557-571.
- [9] Тюкавкин Н.М. Формирование модели цифровой трансформации инновационных экосистем в промышленном секторе региона // *Вестник Самарского университета. Экономика и управление*. 2025. Т. 16. № 1. С. 187-197.
- [10] Афанасьев А.А. Модель сетевой промышленной политики: механизм реализации // *Экономика, предпринимательство и право*. 2023. Т. 13. № 5. С. 1271-1286.
- [11] Управление развитием инновационно ориентированных экосистем предприятий на основе платформенных решений и экономики данных / И.В. Смольянинова, Н.Р. Пузаков, Д.В. Стариков, С.А. Тыщенко // *Первый экономический журнал*. 2025. № 4 (358). С. 111-120.
- [12] Глушак Н.В. Управление организационным развитием предприятий промышленного комплекса на основе внедрения инноваций и цифровой трансформации экономики // *Экономика и управление: проблемы, решения*. 2025. Т. 7. № 6(159). С. 4-12.
- [13] Гилева Т.А., Галимова М.П., Хуссамов Р.Р. Методология адаптации и развития инновационной инфраструктуры территории в цифровой среде // *Проблемы экономики и юридической практики*. 2023. Т. 19. № 3. С. 192-200.
- [14] Дли М.И., Кириллова Е.А. Перспективы формирования инновационных экосистем в промышленности // *Актуальные проблемы экономики и менеджмента*. 2022. № 2 (34). С. 80-94.
- [15] Енина Е.П. Цифровая модель эффективности промышленного предприятия как инструмент противодействия финансовым рискам и повышения экономической безопасности // *Технологии гражданской безопасности*. 2020. Т. 17. № 3(65). С. 75-80.

- [16] Житяева О.И. Управление цифровой трансформацией промышленного сектора // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2021. Т. 12. № 2. С. 43-50.
- [17] Астафьева О.Е. Методологические положения устойчивого развития предприятий в условиях цифровой экономики // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2021. Т. 83. № 4 (90). С. 394-397.
- [18] Матвеева Л.Г., Каплюк Е.В., Низов Н.В. Теоретико-концептуальный базис формирования циркулярной бизнес-модели взаимодействия участников инновационных сольватов в промышленности // Естественно-гуманитарные исследования. 2022. № 43 (5). С. 192-197.
- [19] Митяков С.Н., Цеханский А.В. Вовлеченность как механизм инновационного развития // Финансовые рынки и банки. 2025. № 3. С. 299-304.
- [20] Митяков Е.С., Карпухина Н.Н., Ладынин А.И. Цифровые адаптивные модели и технологии как фактор эволюции систем управления в высокотехнологичных отраслях промышленности // Фундаментальные исследования. 2025. № 11. С. 67-79.

A.I. Ladynin

**INDUSTRIAL ECOSYSTEM MANAGEMENT
BASED ON A DIGITAL PLATFORM
DIGITAL PLATFORM-BASED INDUSTRIAL
ECOSYSTEM MANAGEMENT**

MIREA – Russian Technological University
Moscow, Russia

Abstract. The paper addresses fragmentation problem in industrial ecosystems during digital transformation, which manifests itself as a disconnect between operational data, control, and strategic management. For industrial ecosystems, this hinders balanced and sustainable development goals achievement. Consequently, an integrated management methodology development capable of ensuring end-to-end coordination across all hierarchical management levels has paramount relevance. The proposed approach is based on architecture requirements systematization, grouped into six key factors: integrity and connectivity, information and analytical support, management relevance, adaptability and modeling, technological robustness, and organizational development. Each factor corresponds to specific requirements and has target management effect, establishing a direct link between system design and strategic goals achievement. In accordance with these requirements, digital platform three-tier architecture is proposed. At the data level, a unified information space is formed based on the Industrial Internet of Things. Intelligent analytics, implemented using machine learning methods, enables industrial ecosystem parameters analysis and forecasting. For the tactical management level and short-term forecasting, a decision support system architecture is presented. Methodology

overarching and strategic element is in digital adaptive ecosystem model, built on system dynamics principles. This model serves as an extended digital twin, integrating monitoring data streams and analytical processing results. Components' interaction forms a closed adaptive control loop. Thus, proposed methodology aims to enhance industrial ecosystem accuracy, consistency, and responsiveness considering digital transformation context.

Keywords: industrial ecosystem, digital transformation, Industrial Internet of Things, intelligent monitoring, decision-making, system dynamics, adaptive model, digital twin.

References

- [1] Karpukhina, N. N., Mityakov, E. S., Pronin, A. Yu. (2025). [Industrial revolutions: From Industry 3.0 to Industry 5.0 in the context of the Russian economy]. *Rossiiskii tekhnologicheskii zhurnal* [Russian Technological Journal]. Vol. 13, No. 4, pp. 123–134. DOI:<https://doi.org/10.32362/2500-316X-2025-13-4-123-134> (In Russ.).
- [2] Babkin, A. V., Liberman, I. V., Klachek, P. M. (2023). [Industry 5.0 and Intellectual Economy: Foundations of Neuro-Digital Transformation of Cyber-Social Meta-Ecosystems of High-Tech Industrial Complexes]. *π-Economy*. Vol. 16, No. 5, pp. 8–21. DOI:<https://doi.org/10.18721/JE.16501> (In Russ.).
- [3] Shkarupeta, E. V. (2024). [Strategic Management of Intellectual Maturity of Industrial Ecosystems in the Data Economy]. *Ekonominfo* [Economic Information]. Vol. 19, No. 4, pp. 5–12. (In Russ.).
- [4] Glukhov, V. V., Babkin, A. V., Shkarupeta, E. V. (2025). [A Conceptual Framework for Assessing and Managing the Intellectual Maturity of Industrial Ecosystems]. *Journal of New Economy*. Vol. 26, No. 3, pp. 105–123. DOI:<https://doi.org/10.29141/2658-5081-2025-26-3-6> (In Russ.).
- [5] Glukhov, V. V., Babkin, A. V., Shkarupeta, E. V., Zdolnikova, S. V. (2025). [Formation of a Terminological Platform for Strategic Management of the Intellectual Maturity of Industrial Ecosystems for Technological Sovereignty]. *Ekonomika i upravlenie* [Economics and Management]. Vol. 31, No. 8, pp. 1016–1029. DOI:<https://doi.org/10.35854/1998-1627-2025-8-1016-1029> (In Russ.).
- [6] Bogachev, Yu. S., Trifonov, P. V. (2022). [A Unified Digital Space for the Efficient Functioning of Industry]. *Strategicheskie resheniya i risk-menedzhment* [Strategic Decisions and Risk Management]. Vol. 13, No. 4, pp. 376–383. DOI:<https://doi.org/10.17747/2618-947X-2022-4-376-383> (In Russ.).
- [7] Bogachev, Yu. S., Trifonov, P. V., Abdikeev, N. M. (2022). [Main Directions and Mechanisms of Digitalization of Russian Industry]. *Strategicheskie resheniya i risk-menedzhment* [Strategic Decisions and Risk Management]. Vol. 13, No. 2, pp. 151–159. DOI:<https://doi.org/10.17747/2618-947X-2022-2-151-159> (In Russ.).
- [8] Denisov, A. A., Telnov, Yu. F., Kazakov, V. A., Danilov, A. V. (2022). [Requirements for Software Implementation of an Industry 4.0 System for Creating Networked Enterprises]. *Programmnye produkty i sistemy* [Software & Systems]. No. 4, pp. 557–571. DOI:<https://doi.org/10.15827/0236-235X.140.557-571> (In Russ.).
- [9] Tyukavkin, N. M. (2025). [Formation of a Digital Transformation Model for Innovative Ecosystems in the Industrial Sector of a Region]. *Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie* [Bulletin of Samara University. Economics and

- Management]. Vol. 16, No. 1, pp. 187–197. DOI:<https://doi.org/10.18287/2542-0461-2025-16-1-187-197> (In Russ.).
- [10] Afanasiev, A. A. (2023). [Model of Network Industrial Policy: Implementation Mechanism]. *Ekonomika, predprinimatelstvo i pravo* [Economics, Entrepreneurship and Law]. Vol. 13, No. 5, pp. 1271–1286. DOI:<https://doi.org/10.18334/epp.13.5.117354> (In Russ.).
- [11] Smolyaninova, I. V., Puzakov, N. R., Starikov, D. V., Tyshchenko, S. A. (2025). [Managing the Development of Innovation-Oriented Enterprise Ecosystems Based on Platform Solutions and the Data Economy]. *Pervyi ekonomicheskii zhurnal* [First Economic Journal]. No. 4 (358), pp. 111–120. DOI:https://doi.org/10.58551/20728115_2025_4_111 (In Russ.).
- [12] Glushak, N. V. (2025). [Managing the Organizational Development of Industrial Complex Enterprises Based on Innovation and Digital Transformation of the Economy]. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya* [Economics and Management: Problems, Solutions]. Vol. 7, No. 6 (159), pp. 4–12. DOI:<https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2025.06.07.001> (In Russ.).
- [13] Gileva, T. A., Galimova, M. P., Khussamov, R. R. (2023). [Methodology for Adaptation and Development of a Territory's Innovation Infrastructure in a Digital Environment]. *Problemy ekonomiki i yuridicheskoi praktiki* [Problems of Economics and Legal Practice]. Vol. 19, No. 3, pp. 192–200. (In Russ.).
- [14] Dli, M. I., Kirillova, E. A. (2022). [Prospects for the Formation of Innovative Ecosystems in Industry]. *Aktualnye problemy ekonomiki i upravleniya* [Actual Problems of Economics and Management]. No. 2 (34), pp. 80–94. (In Russ.).
- [15] Yenina, Ye. P. (2020). [A Digital Model of Industrial Enterprise Efficiency as a Tool for Countering Financial Risks and Enhancing Economic Security]. *Tekhnologii grazhdanskoi bezopasnosti* [Civil Security Technologies]. Vol. 17, No. 3 (65), pp. 75–80. DOI:<https://doi.org/10.54234/CST.19968493.2020.17.3.65.13.75> (In Russ.).
- [16] Zhityaeva, O. I. (2021). [Managing the Digital Transformation of the Industrial Sector]. *Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie* [Bulletin of Samara University. Economics and Management]. Vol. 12, No. 2, pp. 43–50. DOI:<https://doi.org/10.18287/2542-0461-2021-12-2-43-50> (In Russ.).
- [17] Astafyeva, O. Ye. (2021). [Methodological Provisions for the Sustainable Development of Enterprises in the Digital Economy]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii* [Bulletin of Voronezh State University of Engineering Technologies]. Vol. 83, No. 4 (90), pp. 394–397. DOI:<https://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-4-394-397> (In Russ.).
- [18] Matveeva, L. G., Kapliuk, E. V., Nizov, N. V. (2022). [Theoretical and Conceptual Basis for Forming a Circular Business Model for Interaction of Participants in Innovative Solvates in Industry]. *Estestvenno-gumanitarnye issledovaniya* [Natural and Human Studies]. Vol. 43, No. 5, pp. 192–197. (In Russ.).
- [19] Mityakov, S. N., Tsekhansky, A. V. (2025). [Involvement as a Mechanism of Innovative Development]. *Finansovye rynki i banki* [Financial Markets and Banks]. No. 3, pp. 299–304. (In Russ.).
- [20] Mityakov, E. S., Karpukhina, N. N., Ladynin, A. I. (2025). [Digital Adaptive Models and Technologies as a Factor in the Evolution of Control Systems in High-Tech Industries]. *Fundamentalnye issledovaniya* [Fundamental Research]. No. 11, pp. 67–79. DOI:<https://doi.org/10.17513/fr.43934> (In Russ.).