

5-Iyul, 2026-yil

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ВНЕДРЕНИЮ
ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЦЕПЯХ
ПОСТАВОК ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Марданова Одина Салоксиддин кизи

Магистрант Ташкентского транспортного университета

Специализация: 70713201-Транспортная логистика

odina.ks@gmail.com

0009-0002-4462-976

Аннотация: *Статья посвящена разработке методических подходов к внедрению информационно-коммуникационных технологий в цепях поставок промышленных предприятий. Цель исследования состоит в систематизации теоретических оснований, этапов, факторов, моделей зрелости и методов оценки, формирующих целостную методику цифровой трансформации сквозных процессов supply chain. Методологическую основу составили системный, процессный, социотехнический и maturity/readiness-подходы, а также логика Technology–Organization–Environment. В работе использованы сравнительный анализ и синтез научных и методических моделей цифровой зрелости и готовности, включая asatech, SIRI, DREAMY, TOE-based model, S3RM и российские подходы оценки цифровой зрелости. В результате установлено, что внедрение ИКТ в цепях поставок должно рассматриваться не как совокупность локальных ИТ-проектов, а как управляемая цифровая трансформация, включающая стратегическое обоснование, диагностику текущего состояния, выбор приоритетных use cases, проектирование целевой архитектуры, экономическое и риск-обоснование, пилотирование, масштабирование и непрерывное улучшение. Выделены ключевые организационные, технологические, экономические, кадровые и межорганизационные факторы внедрения, а также основные риски и условия успешной реализации. Обоснована целесообразность комбинированного применения readiness- и maturity-моделей и предложена структура методики, включающая блоки диагностики, анализа факторов, выбора приоритетов, проектирования решения, обоснования проекта, реализации и оценки результатов. Сделан вывод о необходимости многокритериальной оценки эффектов цифровизации на основе SCOR, экономических показателей, организационно-управленческих индикаторов и maturity delta.*

Ключевые слова: *ИКТ, цепи поставок, промышленные предприятия, цифровая зрелость, readiness, maturity, SCOR, SIRI, ERP, цифровая трансформация*

Введение

Внедрение информационно-коммуникационных технологий в цепях поставок промышленных предприятий в современных условиях выходит за рамки

автоматизации отдельных операций и приобретает характер управляемой цифровой трансформации. В контексте промышленности ИКТ охватывают не только базовые корпоративные системы, но и совокупность цифровых решений, обеспечивающих сквозное управление материальными, информационными, финансовыми и сервисными потоками. К ним относятся ERP, SCM, CRM, WMS, TMS, MES, APS, EDI, RFID, штрихкодирование, IoT/IIoT, облачные платформы, BI, Big Data, AI/ML, цифровые двойники, системы прослеживаемости, кибербезопасности и платформы межфирменного взаимодействия. Научная значимость темы определяется тем, что в литературе методический подход к внедрению ИКТ трактуется не как перечень ИТ-проектов, а как система принципов, этапов, критериев, инструментов и метрик, обеспечивающая согласование цифровизации со стратегией предприятия, выбор приоритетных процессов для преобразования, оценку готовности и зрелости, поэтапное внедрение решений, контроль рисков и оценку экономического и операционного эффекта. При этом локальная автоматизация закупок, склада или транспорта без интеграции часто не обеспечивает сквозного результата, что усиливает значимость системного и процессного подходов [1], [2], [3], [7]. В современной научной логике разработка методических подходов к внедрению ИКТ в цепях поставок строится на нескольких взаимосвязанных основаниях. Системный подход рассматривает цепь поставок как единую межфункциональную и межорганизационную систему. Процессный подход делает акцент на планировании, закупках, производстве, складировании, логистике и обслуживании. Подход зрелости и готовности исходит из необходимости предварительной диагностики состояния предприятия. Социотехнический подход трактует цифровизацию как изменение технологий, структуры управления, культуры, компетенций и механизмов принятия решений. Наконец, логика Technology–Organization–Environment предполагает оценку внедрения через контуры технологий и данных, процессов и людей, а также внешней среды, включая партнеров, инфраструктуру и регулирование [1]–[7]. Особую актуальность исследованию придает то, что многие модели цифровой трансформации предприятия ориентированы на общепромышленную среду, тогда как цепи поставок требуют учета межорганизационных взаимодействий, сквозных данных, интеграции функций и зависимости от внешней среды. Это обуславливает необходимость разработки методического подхода, адаптированного именно к внедрению ИКТ в supply chain промышленных предприятий.

Цель статьи состоит в разработке и обосновании методических подходов к внедрению ИКТ в цепях поставок промышленных предприятий на основе систематизации теоретических логик, моделей зрелости и готовности, факторов внедрения, рисков и методов оценки эффективности.

Methods / Материалы и методы

Методологическую основу исследования составили системный, процессный, социотехнический и maturity/readiness-подходы, а также логика Technology–Organization–Environment, применяемая к анализу цифровой трансформации

промышленных предприятий и цепей поставок [1]–[7]. Использование этих подходов позволило рассмотреть внедрение ИКТ как многоуровневый организационно-экономический процесс, объединяющий стратегию, процессы, технологии, данные, компетенции и внешние взаимодействия. В исследовании применены методы теоретического анализа, сравнительного сопоставления и структурного синтеза. Сравнительный анализ использован для оценки существующих моделей цифровой зрелости и готовности, включая acatech Industrie 4.0 Maturity Index, Smart Industry Readiness Index, DREAMY, TOE-based digital maturity model, S3RM и российские подходы оценки цифровой зрелости [1]–[6], [9]–[12]. Структурный синтез позволил обобщить этапы внедрения цифровых решений, факторы и ограничения, а также методы оценки эффективности внедрения ИКТ в цепях поставок. В качестве аналитических рамок использованы: бизнес-процессный подход к цифровой трансформации производства [7], SCOR как базовая рамка оценки показателей supply chain performance [8], а также методы экономической, организационно-управленческой и сравнительной оценки, включая ROI, NPV, IRR, срок окупаемости, TCO, cost-benefit analysis, maturity assessment, process mapping, gap analysis и risk matrix [8]–[12]. Эти инструменты рассматриваются как составные элементы методики, а не как изолированные процедуры. Материальную базу исследования составили научные и методические публикации, посвященные зрелости Industrie 4.0, smart industry readiness, цифровой трансформации цепей поставок, барьерам и драйверам внедрения, а также русскоязычные подходы к оценке цифровой зрелости промышленного предприятия [1]–[12].

Результаты

1. Концептуальные основания методических подходов к внедрению ИКТ

В результате анализа установлено, что методический подход к внедрению ИКТ в цепях поставок промышленных предприятий должен рассматриваться как механизм проектирования, реализации и оценки управляемой цифровой трансформации сквозных процессов цепи поставок. Его содержание не сводится к набору ИТ-инициатив, а включает принципы, этапы, критерии, инструменты и метрики, обеспечивающие согласование цифровизации со стратегией предприятия, выбор приоритетных процессов, оценку готовности и зрелости, поэтапное внедрение, контроль рисков и оценку эффекта. Ключевыми научными логиками такого подхода выступают: системность, обеспечивающая рассмотрение цепи поставок как единой межфункциональной и межорганизационной системы; процессная ориентированность, фокусирующая внимание на сквозных бизнес-процессах; диагностика зрелости и готовности, позволяющая определить исходное состояние предприятия; социотехническое понимание цифровизации как изменения не только технологий, но и структуры, культуры, ролей и компетенций; а также TOE-логика, учитывающая технологический, организационный и внешний контуры внедрения [1]–[7].

2. Обобщенная этапность внедрения цифровых решений

На основе признанных моделей цифровой зрелости и readiness, а также BPM-подходов выделена обобщенная последовательность внедрения ИКТ в цепях поставок промышленных предприятий [1]–[3], [7]. Первый этап связан с инициацией и стратегическим обоснованием, включая определение целей цифровизации цепи поставок, увязку с корпоративной и операционной стратегией и фиксацию ключевых проблем, таких как низкая прозрачность, длинный цикл заказа, высокий уровень запасов, слабая прогнозируемость и несвязанные системы. Второй этап включает диагностику текущего состояния: описание процессов цепи поставок, аудит ИТ-ландшафта, анализ данных, интеграций и качества информации, а также оценку цифровой готовности и зрелости. На третьем этапе осуществляется выбор приоритетных зон и use cases, к которым относятся планирование спроса, управление закупками, производственное планирование, склад, транспорт, мониторинг поставок, качество и прослеживаемость. Четвертый этап предполагает проектирование целевой архитектуры, включая целевую модель процессов, архитектуру систем и интеграций, модель данных, кибербезопасность и распределение ролей между ИТ, логистикой, производством и закупками. Пятый этап ориентирован на экономическое и риск-обоснование с применением ROI, TCO, NPV, сценарного анализа, оценки организационных и технологических рисков и выбора модели финансирования. Шестой этап — пилотирование — предусматривает запуск решения на одном процессе, участке, заводе или категории поставок, проверку гипотез, настройку KPI и правил масштабирования. Седьмой этап связан с тиражированием, интеграцией с ERP, MES, WMS, TMS и SCM, подключением поставщиков и логистических партнеров, стандартизацией практик. Восьмой этап охватывает оценку результатов, обновление карты зрелости, корректировку процессов и дальнейшее развитие аналитики, предиктивности и автономности [1]–[3], [7].

3. Факторы внедрения ИКТ в цепях поставок промышленных предприятий

Систематизация литературы позволила выделить пять групп факторов, определяющих успешность внедрения ИКТ: организационные, технологические, экономические, кадровые и внешние. К организационным факторам относятся поддержка топ-менеджмента, наличие цифровой стратегии, межфункциональная координация, зрелость процессного управления, наличие проектного офиса или центра цифровой трансформации, а также готовность к изменению ролей и ответственности. Поддержка руководства рассматривается как один из наиболее устойчивых факторов успеха [2], [6]. Технологические факторы включают состояние ИТ-инфраструктуры, интегрируемость систем, качество и доступность данных, уровень автоматизации, интероперабельность, наличие единого информационного пространства и зрелость кибербезопасности. В российских подходах отдельно подчеркивается значимость специализированных ИТ-решений, средств автоматизации и защиты информации [9]. Экономические факторы связаны с размером и устойчивостью инвестиционного бюджета, ожидаемым операционным

эффектом, стоимостью внедрения и владения, горизонтом окупаемости, доступностью мер поддержки, стоимостью ошибки и риском неудачного внедрения. Кадровые факторы охватывают цифровые компетенции персонала, ИТ-компетенции логистов, закупщиков и производителей, обучаемость персонала, готовность к работе с данными, сопротивление изменениям и наличие внутренних лидеров цифровизации. В зрелостных моделях человеческий фактор встроен в структуру оценки через культуру, организационную структуру, learning and development и talent readiness [1], [2]. Внешние факторы охватывают партнеров, инфраструктуру, регулирование и межорганизационную среду, что особенно важно для цепей поставок. Исследование 2023 года показало, что многие модели недооценивали именно environment-фактор, несмотря на его существенную роль [4].

4. Существующие модели цифровой зрелости и готовности

Сравнительный анализ моделей показал, что для цепей поставок промышленных предприятий особенно значимы модели, сочетающие оценку процессов, технологий, организации и внешней среды. Модель acatech Industrie 4.0 Maturity Index описывает движение предприятия от computerisation к connectivity, visibility, transparency, predictive capacity и adaptability и оценивает зрелость по областям resources, information systems, organisational structure и culture [1]. Ее достоинством является логика перехода от автоматизации к предиктивности и адаптивности, однако она не специализирована только под supply chain. Smart Industry Readiness Index структурирован по трем блокам — Process, Technology, Organisation — и включает восемь столпов и шестнадцать измерений, в том числе vertical integration, horizontal integration, integrated product lifecycle, automation, connectivity, intelligence, workforce learning and development, leadership competency, strategy and governance [2]. Эта модель особенно полезна для темы цепей поставок, поскольку сочетает оценку интеграции, технологий и организационной готовности. Модель DREAMY ориентирована на оценку цифровой готовности производственных компаний и построение дорожной карты, что делает ее значимой как переходную рамку от диагностики к roadmap [3]. TOE-based digital maturity model, синтезирующая пятьдесят пять моделей и валидированная на двадцати четырех производственных компаниях, отличается включением environment как полноценного измерения [4]. Для цепей поставок это принципиально, поскольку их результативность зависит не только от внутренних процессов, но и от поставщиков, регуляторной среды, инфраструктуры и технологических партнеров. S3RM представляет интерес в тех случаях, когда требуется увязать цифровизацию цепей поставок с устойчивостью, smartness и triple bottom line [5]. Российские подходы концентрируются на диагностике бизнес-процессов, уровня автоматизации, освоении цифровых средств сотрудниками, а также на выявлении цифровых разрывов между фактическим и целевым состоянием [9]–[12]. В совокупности результаты анализа подтверждают, что для цепей поставок наиболее продуктивен комбинированный подход: readiness-оценка до старта проекта и maturity-оценка после пилота и на этапе масштабирования.

5. Риски, барьеры и условия успешной реализации

Выявлено, что основные риски и барьеры внедрения ИКТ в цепях поставок промышленных предприятий группируются по организационному, технологическому, экономическому, кадровому и межорганизационному контурам. К организационным относятся отсутствие единой стратегии, конфликт функций между логистикой, производством, ИТ и закупками, слабое управление изменениями, сопротивление персонала и локальный характер ИТ-инициатив. Технологические риски включают разрозненные системы, плохое качество данных, отсутствие мастер-данных, низкую интероперабельность, киберриски и сложность интеграции legacy-систем. Экономические риски выражаются в высокой стоимости внедрения, длинном сроке окупаемости, неопределенности эффекта и нехватке ресурсов на масштабирование. Кадровые риски охватывают дефицит компетенций, слабую аналитическую культуру и нехватку специалистов на стыке ИТ и SCM. Межорганизационные риски связаны с низкой цифровой готовностью поставщиков, слабой совместимостью стандартов, дефицитом доверия и прозрачности обмена данными. Среди наиболее значимых барьеров выделяются нехватка технической экспертизы, слабая вовлеченность руководства, недостаточная регуляторная поддержка и стоимость улучшений [6]. Условия успешной реализации включают стратегическую увязку цифровизации с KPI бизнеса, поэтапность внедрения по логике «пилот — масштабирование», сквозную архитектуру данных, вовлеченность руководства и владельцев процессов, подготовку персонала, интеграцию с внешними контрагентами, четкую систему оценки эффектов, а также кибербезопасность и управление цифровыми рисками.

6. Методы оценки эффективности внедрения ИКТ

Установлено, что оценка эффективности внедрения ИКТ в цепях поставок не может быть сведена к одному показателю и должна строиться как многокритериальная система. На операционном уровне применимы KPI supply chain, включая perfect order rate, on-time delivery, order fulfillment cycle time, forecast accuracy, inventory turns, lead time, warehouse productivity, transport utilization, уровень прослеживаемости и процент автоматизированных операций. С точки зрения архитектуры оценки SCOR остается одной из базовых рамок измерения performance. Наиболее релевантными атрибутами являются reliability, responsiveness, agility, cost и asset management [8]. Это позволяет оценивать влияние ИКТ одновременно на надежность, скорость реакции, гибкость, издержки и оборот активов. Экономические методы представлены ROI, NPV, IRR, сроком окупаемости, TCO, cost-benefit analysis и оценкой предотвращенных потерь. Организационно-управленческие методы включают изменение уровня цифровой зрелости, уровень освоения системы персоналом, степень стандартизации процессов, степень интеграции функций и долю решений, принимаемых на основе данных. Сравнительные методы охватывают before/after, пилот versus контрольный участок, отраслевой бенчмаркинг и gap analysis. Наиболее обоснованным представляется комплексный подход, сочетающий

SCOR для операционной оценки, BSC для стратегической, ROI/TCO для экономической и maturity delta для трансформационной оценки.

7. Структура методики внедрения ИКТ в цепях поставок промышленных предприятий

Синтез теоретических и методических положений позволил сформировать структуру методики внедрения ИКТ в цепях поставок промышленных предприятий. Ее цель состоит в обеспечении поэтапного внедрения ИКТ на основе оценки зрелости, факторов готовности, рисков и ожидаемой эффективности. К базовым принципам методики относятся системность, сквозная интеграция, стратегическая согласованность, этапность, адаптивность, процессная ориентированность, экономическая обоснованность, риск-ориентированность и человекоцентричность. Методика включает семь блоков. Первый блок — диагностика — охватывает картирование цепи поставок, аудит процессов, ИТ-ландшафта и данных, а также оценку цифровой зрелости и готовности. Второй блок связан с анализом организационных, технологических, экономических, кадровых факторов и внешней среды. Третий блок предполагает выбор цифровых приоритетов через идентификацию проблемных зон, ранжирование use cases и применение матрицы «эффект/сложность/риск». Четвертый блок ориентирован на проектирование решения, включая целевую модель процессов, архитектуру ИКТ, план интеграции, модель данных и проект организационных изменений. Пятый блок — обоснование проекта — включает экономическую оценку, оценку рисков и сценарное сравнение альтернатив. Шестой блок объединяет пилот, обучение, настройку KPI и тиражирование. Седьмой блок направлен на оценку операционных, экономических и организационных эффектов, изменение зрелости и корректировку roadmap. В качестве инструментов внутри методики применимы maturity assessment, SWOT/PESTEL, process mapping, SCOR KPI, экспертные оценки, ANP/DEMATEL/MCDA для ранжирования факторов, gap analysis, ROI/TCO/NPV и risk matrix. Итоговыми результатами реализации методики должны стать профиль цифровой зрелости цепи поставок, карта факторов и барьеров, приоритеты цифровизации, дорожная карта внедрения, модель KPI, регламент масштабирования и система мониторинга эффекта.

Discussion / Обсуждение

Полученные результаты показывают, что методические подходы к внедрению ИКТ в цепях поставок промышленных предприятий должны строиться на интеграции нескольких научных логик, каждая из которых выполняет самостоятельную функцию. Системный подход обеспечивает рассмотрение цепи поставок как единого объекта цифровой трансформации, а процессный подход предотвращает фрагментарное внедрение технологий без изменения бизнес-процессов. Это особенно важно в промышленной среде, где локальная автоматизация отдельных функций без реинжиниринга процессов и управления изменениями оказывается недостаточно

устойчивой [7]. Сопоставление моделей зрелости и готовности позволяет сделать вывод о необходимости разделения двух аналитических задач. Первая состоит в определении того, готово ли предприятие начать цифровую трансформацию. Вторая — в оценке глубины уже достигнутой цифровизации. В отношении цепей поставок наиболее продуктивен комбинированный подход, при котором readiness-оценка используется до старта проекта, а maturity-оценка — после пилота и в процессе масштабирования. Такая логика позволяет связать исходную диагностику с дорожной картой и последующим измерением трансформационного эффекта [1]–[4], [9]–[12]. Особого внимания заслуживает включение environment-фактора в методику внедрения ИКТ. Для supply chain данный контур имеет принципиальное значение, поскольку эффективность цифровизации определяется не только внутренними системами и процессами, но и состоянием партнерской среды, инфраструктуры, стандартов обмена данными и регуляторных условий. Поэтому модели, игнорирующие внешнюю среду, оказываются менее пригодными для анализа цепей поставок, чем модели, учитывающие межорганизационные взаимодействия и экосистемные зависимости [4]. Существенный вывод связан и с социотехнической природой цифровой трансформации. Успех внедрения ИКТ определяется не только уровнем технологической оснащенности, но и качеством управления, компетенциями персонала, обучаемостью, готовностью к работе с данными и способностью предприятия перестраивать роли и ответственность. В этой связи лидерство, governance, learning and development и talent readiness выступают не вспомогательными, а структурообразующими компонентами методики [1], [2]. Наконец, многокритериальный подход к оценке эффектов представляется более обоснованным, чем использование единичных метрик. ИКТ в цепях поставок влияют одновременно на надежность, скорость, гибкость, издержки, использование активов, стандартизацию процессов и уровень решений на основе данных. Поэтому сочетание SCOR, экономических показателей, организационно-управленческих индикаторов и maturity delta позволяет оценивать не только непосредственный операционный эффект, но и глубину организационной трансформации [8].

Заключение

Разработка методических подходов к внедрению информационно-коммуникационных технологий в цепях поставок промышленных предприятий требует рассмотрения цифровизации как управляемой трансформации сквозных процессов, а не как набора локальных ИТ-проектов. Проведенное исследование показало, что наиболее обоснованной теоретической конструкцией выступает сочетание системного, процессного, социотехнического и maturity/readiness-подходов с логикой Technology–Organization–Environment. В результате выявлено, что методика внедрения ИКТ должна включать стратегическое обоснование, диагностику текущего состояния, выбор приоритетных use cases, проектирование целевой архитектуры, экономическое и риск-обоснование, пилотирование, масштабирование и непрерывное улучшение. Установлено, что успешность внедрения определяется

совокупностью организационных, технологических, экономических, кадровых и внешних факторов, тогда как основными барьерами выступают слабая стратегическая координация, разрозненные системы, дефицит компетенций, высокая стоимость внедрения и низкая готовность партнерской среды. Сравнение зрелостных и readiness-моделей показало, что для цепей поставок наиболее продуктивен комбинированный подход, при котором готовность оценивается до начала проекта, а зрелость — после пилота и при масштабировании. Обоснована также необходимость многокритериальной оценки эффектов цифровизации на основе SCOR, экономических, организационно-управленческих и сравнительных методов. Практическая значимость предложенной структуры методики состоит в возможности формирования профиля цифровой зрелости цепи поставок, карты факторов и барьеров, приоритетов цифровизации, дорожной карты внедрения, модели KPI и системы мониторинга эффекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Acatech Industrie 4.0 Maturity Index https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2020/04/aca_STU_MatInd_2020_en_Web.pdf
2. Smart Industry Readiness Index (SIRI), white paper [https://www.edb.gov.sg/content/dam/edb-en/about-edb/media-releases/news/the-smart-industry-readiness-index/the-sg-smart-industry-readiness-index-whitepaper\(1\).pdf](https://www.edb.gov.sg/content/dam/edb-en/about-edb/media-releases/news/the-smart-industry-readiness-index/the-sg-smart-industry-readiness-index-whitepaper(1).pdf)
3. De Carolis et al. — A Maturity Model for Assessing the Digital Readiness of Manufacturing Companies <https://inria.hal.science/hal-01666224v1/document>
4. Development of a digital maturity model for Industry 4.0 based on the TOE framework <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360835223006691>
5. Readiness and maturity of smart and sustainable supply chains: a model proposal [https://shura.shu.ac.uk/29993/1/Kayikci-ReadinessMaturitySmart\(AM\).pdf](https://shura.shu.ac.uk/29993/1/Kayikci-ReadinessMaturitySmart(AM).pdf)
6. Barriers and Enablers for the Integration of Industry 4.0 and Sustainability in Supply Chains of MSMEs <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/21/11664>
7. A Conceptual Framework to Support Digital Transformation in Manufacturing Using an Integrated Business Process Management Approach <https://www.mdpi.com/2411-9660/4/3/17>
8. Supply Chain Performance as SCOR v13.0-Based <https://www.mdpi.com/2305-6290/7/3/65>
9. ГИСП: Цифровой паспорт промышленного предприятия <https://hmrn.ru/infestitsionnyy-portal/Презентация модуль ГИСП-19.08.2021.pdf>
10. Краковская и соавт. — Цифровая зрелость промышленных предприятий: опыт оценки <https://economicsjournal.spbu.ru/article/view/16639>
11. Оценка цифровой зрелости промышленного производства <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-tsifrovoy-zrelosti-promyshlennogo-proizvodstva-v-kontekste-ego-tsifrovoy-transformatsii>

5-Iyul, 2026-yil

12. Методика оценки разрывов цифровой зрелости промышленных предприятий

<https://www.mir-nayka.com/jour/article/download/1320/957>