

Для цитирования

Азаров В.Н., Кузина Е.Л., Кузина М.А. Цифровая трансформация устойчивого развития / III Научно-практическая конференция «Стандартизация: траектория науки», Москва, 15 октября 2025 года // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2025. № 6(87). С. 303–308.

УДК 004.05:658.5

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Азаров В.Н., д-р техн. наук, профессор, ФГАОУ ВО «РУТ (МИИТ)», Россия, г. Москва

Кузина Е.Л., д-р экон. наук, доцент, профессор, ФГАОУ ВО «РУТ (МИИТ)», Россия, г. Москва

Кузина М.А., ассистент, ФГАОУ ВО «РУТ (МИИТ)», Россия, г. Москва

В современном мире цифровизация становится ключевым фактором конкурентоспособности, в то время как устойчивое развитие – условием стабильности организаций. В докладе рассматриваются теоретические основы, угрозы и риски, методы и инструменты повышения качества в условиях цифровой трансформации. Устойчивое развитие охватывает экономические, социальные и экологические аспекты. Вместе с тем цифровизация приносит такие риски, как киберугрозы. Организациям необходимо внедрять системы управления рисками и использовать информационные технологии для повышения эффективности и оптимизации процессов.

Ключевые слова: информационные технологии, устойчивое развитие, высокотехнологичные предприятия, модели зрелости.

DIGITAL TRANSFORMATION OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Azarov V.N., Doctor of Engineering Sciences, Professor, Federal state autonomous educational institution of higher education "RUT (MIIT)", Moscow

Kuzina E.L., Doctor of Economics, Sciences, Associate Professor, Professor, Federal state autonomous educational institution of higher education "RUT (MIIT)", Moscow

Kuzina M.A., assistant, Federal state autonomous educational institution of higher education "RUT (MIIT)", Moscow

In the modern world digitalization is becoming a key factor in competitiveness, while sustainable development is a prerequisite for organizational stability. This report examines the theoretical foundations, threats and risks, and methods and tools for improving quality in the context of digital transformation. Sustainable development encompasses economic, social, and environmental aspects. However, digitalization brings risks such as cyber threats. Organizations need to implement risk management systems and utilize information technology to improve efficiency and optimize processes.

Keywords: information technology, sustainable development, high-tech enterprises, maturity models.

Введение. Актуальность проблемы

Интеграция цифровых технологий в устойчивое развитие сопровождается внедрением методов управления качеством. Среди них – концепция всеобщего управления качеством (TQM), Lean, Six Sigma, а также технологии цифрового моделирования. Эти инструменты обеспечивают непрерывное совершенствование процессов и повышение их надежности.

Основная проблематика статьи. Ключевые направления цифровой трансформации устойчивого развития высокотехнологичных предприятий

Одним из ключевых направлений цифровой трансформации является использование технологии блокчейн. Она формирует основу для построения доверительных и прозрачных систем взаимодействия. Внедрение блокчейна позволяет повысить надежность процессов,

обеспечить фиксацию действий в неизменяемом реестре и снизить риски манипуляций с данными. Таким образом, блокчейн становится фундаментом для создания цифровой экосистемы устойчивого предприятия. Цифровая экосистема, построенная на блокчейне, объединяет участников на единой технологической платформе. Она обеспечивает интеграцию процессов, прозрачность цепочек поставок и контроль исполнения обязательств. Применение блокчейн-экосистемы позволяет снизить транзакционные издержки, повысить доверие между партнерами и создать условия для долгосрочного устойчивого развития [1]. Цифровые договоры (электронные контракты) представляют собой современный подход к заключению соглашений, который сочетает в себе удобство, безопасность и эффективность. Они становятся все более популярными в бизнесе и других сферах, где важны автоматизация и прозрачность процессов. Ключевые преимущества цифровых договоров:

- автоматизация процессов заключения и исполнения обязательств;
- прозрачность и доступность условий;
- высокий уровень безопасности;
- снижение затрат на юридическое сопровождение и посредников.

Таким образом, цифровой договор становится инструментом повышения эффективности и доверия между сторонами.

Цифровой договор упрощает взаимодействие участников и гарантирует выполнение обязательств благодаря автоматизации и прозрачности. В большинстве юрисдикций он обладает юридической силой, сопоставимой с традиционными бумажными контрактами. Дополнительно он открывает новые возможности: от создания децентрализованных приложений (dApps) до автоматизации бизнес-процессов. Участники цифрового договора получают равные условия и гарантии, что повышает устойчивость и снижает риски мошенничества или недопонимания.

Управление качеством представляет собой процесс, который включает в себя планирование, контроль и улучшение качества цифровых продуктов и услуг на всех этапах их жизненного цикла. Методы улучшения и повышения качества процессов отражают основные методологии, применяемые для совершенствования процессов в условиях цифровой трансформации. Это Всеобщее управление качеством (TQM), Lean и Six Sigma. Их внедрение обеспечивает сокращение издержек, устранение дефектов и оптимизацию бизнес-процессов. В цифровой среде эти подходы усиливаются благодаря использованию технологий моделирования и анализа данных. Взаимосвязь бизнес-процессов, Lean Six Sigma и цифрового двойника: бизнес-процессы служат основой для построения цифрового двойника; методология Lean Six Sigma позволяет выявлять и устранять проблемы в этих процессах; цифровой двойник, в свою очередь, визуализирует и анализирует их в режиме реального времени, что обеспечивает непрерывное улучшение и рост эффективности организации [2].

Методология Six Sigma включает два основных подхода: DMAIC и DMADV. DMAIC применяется в проектах, направленных на улучшение существующих процессов. Он включает пять этапов: определение (Define), измерение (Measure), анализ (Analyze), улучшение (Improve) и контроль (Control). Такой цикл обеспечивает системное выявление проблем и их устранение. DMADV используется в проектах, связанных с проектированием новых продуктов или процессов. Этапы включают определение (Define), измерение (Measure), анализ (Analyze), разработку (Design) и проверку (Verify). Эта методология особенно актуальна в условиях цифровой трансформации, когда создаются новые цифровые решения. Обе методологии позволяют систематизировать управление качеством, минимизировать ошибки и достигать устойчивых результатов, что особенно важно для высокотехнологичных предприятий [3].

Сбалансированная система показателей (BSC) является стратегическим инструментом управления, позволяющим рассматривать эффективность предприятия с нескольких точек зрения. Финансовая перспектива отражает показатели прибыли, рентабельности и эффективности использования активов. Клиентская перспектива характеризует удовлетворенность клиентов, их удержание и качество взаимодействия. Перспектива

внутренних процессов описывает эффективность производственных и управленческих операций. Перспектива обучения и развития связана с формированием компетенций, развитием персонала и инновационной деятельностью. Таким образом, BSC формирует многомерное представление об эффективности предприятия и позволяет увязать стратегические цели с операционными процессами [3].

Интеграция BSC и Six Sigma при проектировании и эксплуатации цифровых двойников характеризует следующие взаимосвязи. С одной стороны, BSC определяет ключевые показатели эффективности, отражающие стратегические цели предприятия. С другой стороны, Six Sigma позволяет измерять текущие процессы, выявлять источники вариативности и дефектов, а также разрабатывать решения для их устранения. В цифровом двойнике эта интеграция обеспечивает точное моделирование процессов, их контроль в режиме реального времени и оптимизацию. Таким образом, совмещение BSC и Six Sigma дает возможность создавать цифровых двойников более высокого качества, которые способствуют достижению устойчивых результатов.

Для оценки эффективности интеграции BSC и Six Sigma применяются многомерные матрицы и визуальные модели. Такие инструменты позволяют отразить сложные взаимосвязи между показателями и наглядно продемонстрировать динамику изменений. Визуализация облегчает восприятие данных руководителями, обеспечивает прозрачность анализа и способствует принятию обоснованных управленческих решений. Это особенно важно в условиях цифровизации, когда объемы данных значительно возрастают, а необходимость в оперативной обработке информации становится критической. Многомерные матрицы объединяют результаты применения BSC и Six Sigma, формируя единую аналитическую модель. Такой инструмент позволяет комплексно оценивать эффективность предприятия, выявлять узкие места, а также определять приоритетные направления для улучшения. Он дает руководителям возможность видеть не только результаты, но и факторы, влияющие на их достижение. Применение многомерной матрицы в управлении цифровым двойником позволяет увязать стратегические цели с реальными процессами. Финансовая перспектива отражает экономическую эффективность разработки и эксплуатации цифрового двойника. Клиентская удовлетворенность пользователей и надежность модели. Внутренняя перспектива характеризует точность и производительность двойника, а перспектива обучения и развития отражает совершенствование алгоритмов и данных. Такой подход обеспечивает системный контроль качества и создает условия для непрерывного совершенствования цифровых решений.

Трехмерные лепестковые диаграммы являются инструментом визуализации многомерных данных. Они позволяют отразить одновременно несколько показателей и оценить их взаимное влияние. В управлении проектами такие диаграммы помогают сравнивать текущее состояние процессов с целевыми значениями, выявлять дисбалансы и определять направления для улучшения. Применение трехмерных диаграмм особенно актуально в условиях цифровой трансформации, когда необходимо учитывать не только статические показатели, но и их динамику во времени. Трехмерные лепестковые диаграммы представляют собой эффективный способ визуализации результатов анализа больших данных для лиц, принимающих решения. Они позволяют представить несколько измерений данных в виде радиально расположенных лепестков, что облегчает сравнение различных параметров. Важно помнить, что при создании трехмерных диаграмм необходимо учитывать их читаемость и понятность для аудитории, которая будет использовать эту информацию для принятия решений. Трехмерные диаграммы дополняются временной осью, что позволяет отслеживать изменения показателей на протяжении всего жизненного цикла процесса или продукта. Это дает возможность оценивать прогресс в реализации проектов, эффективность внедренных улучшений и степень достижения стратегических целей. Таким образом, использование трехмерных диаграмм способствует более глубокому анализу и принятию обоснованных управленческих решений [4].

Интеграция сбалансированной системы показателей (BSC) и методологий Lean Six Sigma обеспечивает стратегическое и операционное управление качеством. Ключевые аспекты интегрированной системы управления качеством включают:

- ориентацию на стратегические цели через систему KPI;
- минимизацию дефектов и ошибок за счет применения инструментов Six Sigma;
- устранение потерь и оптимизацию процессов методами Lean.

Совместное применение формирует целостную систему управления результатами. Интеграция Lean, Six Sigma и BSC, то есть совмещение трех методологий, позволяет увязать стратегические задачи предприятия с практическими инструментами повышения качества: Lean обеспечивает сокращение потерь, Six Sigma – статистический контроль процессов, BSC – систему стратегических индикаторов. Такой подход дает возможность одновременно управлять эффективностью, качеством и устойчивым развитием. Применение интегрированной системы в устойчивом развитии высокотехнологичного предприятия усиливает процессы устойчивого развития за счет:

- баланса между финансовыми, клиентскими, внутренними и обучающими показателями;
- регулярного анализа вариативности и устранения дефектов;
- системного подхода к непрерывному совершенствованию.

Результатом интеграции интеграция BSC и Lean Six Sigma является повышение конкурентоспособности и устойчивости предприятия. Метод обратной связи в управлении устойчивым развитием цифрового предприятия используется для сопоставления фактических и плановых результатов, позволяет корректировать стратегию и процессы на основе объективных данных, обеспечивая адаптацию к изменениям внешней и внутренней среды, а также выявлять факторы, влияющие на показатели сбалансированного устойчивого развития. Косоугольная матрица обратной связи применяется для:

- мониторинга динамики ключевых показателей устойчивости предприятия;
- выявления влияния и значимости факторов, определяющих основные направления устойчивого развития высокотехнологичных предприятий;
- анализа динамики, структуры и определения взаимного влияния ключевых показателей устойчивого развития;
- критериальной оценки резервов и разработки путей их реализации при принятии управленческих решений;
- контроля результатов от реализации организационных, технических и технологических мероприятий по управлению качеством.

Косоугольную матрицу обратной связи системы сбалансированных показателей с учетом экологической безопасности предложено использовать как инструмент структурированного управления качеством в условиях цифровой трансформации устойчивого развития предприятий высокотехнологичных отраслей. На основе косоугольной матрицы обратной связи разработан программный продукт для ЭВМ «Матрица мониторинга устойчивого развития», который позволяет оценить взаимосвязь факторов, влияющих на результат, и выявить наиболее проблемные зоны в устойчивом развитии высокотехнологичного предприятия. Результаты мониторинга предложено использовать для управленческих решений и текущей корректировки стратегий на основе построения многофакторной модели, в которой ключевой показатель (например, выручка от продаж) измеряется под влиянием изменения совокупности факторов, таких как себестоимость продаж, производительность труда, затраты на рубль товарной или реализованной продукции и др. Методика позволяет:

- установить влияние отдельных факторов на итоговый результат;
- количественно оценить изменение ключевых показателей под влиянием каждого фактора;
- выявить направления для повышения эффективности производства и производственных процессов.

Таким образом, факторный анализ формирует основу для прогноза и корректировки стратегии устойчивого развития предприятия.

Значительную роль в цифровой трансформации устойчивого развития играет человеческий фактор. Человеческий фактор остается определяющим условием успешного внедрения инноваций. Подготовка кадров и командное взаимодействие напрямую влияют на эффективность трансформационных процессов по следующим направлениям:

- создание новых команд для решения задач цифровизации;
- развитие компетенций персонала в области цифровых технологий и управления качеством;
- формирование междисциплинарных проектных групп.

При разработке онтологии архитектуры предприятия нашла свое применение модель Захмана, основанную на двух измерениях:

1. Вопросы: «что», «как», «когда», «кто», «где», «почему» в условиях недостаточности бюджетного финансирования.

2. Уровни детализации: идентификация, определение, представление, спецификация, конфигурация, конкретизация.

Эта структура позволяет системно описать архитектуру цифрового предприятия и согласовать стратегические и операционные элементы.

Заключение

Таким образом, модель проектирования цифрового предприятия объединяет методологию Захмана с современными инструментами цифровизации и позволяет решать основные задачи устойчивого развития высокотехнологичного предприятия:

- 1) увязать стратегические цели с бизнес-процессами;
- 2) формализовать архитектуру предприятия;
- 3) снизить риски цифровой трансформации;
- 4) обеспечить управляемость и устойчивое развитие.

Модель выступает практическим инструментом для проектирования и внедрения цифровых решений, фиксирует связи между уровнями архитектуры и управленческим циклом PDCA. Ключевые элементы модели – это структурирование функций, трассируемость целей до метрик (KPI) и назначение ответственных ролей. Ожидаемый результат – согласованность стратегических целей с архитектурными артефактами и операционными процессами. Визуализация интеграции процессов и ИТ-ландшафта отражает интеграцию бизнес-процессов, информационных систем и данных по направлениям:

- 1) выравнивание процессов под стратегические цели;
- 2) стандартизация интерфейсов и потоков данных;
- 3) контроль качества и непрерывное улучшение через механизмы обратной связи.

Такая конфигурация снижает технологические риски и повышает управляемость трансформации. Сводная модель управления качеством в цифровой трансформации, объединяющая PDCA, методологии Lean/Six Sigma и архитектурный подход к проектированию, задает порядок цифровой трансформации устойчивого развития предприятия: целеполагание – проектирование решений – ввод контроля качества данных и процессов – регулярный аудит и корректирующие действия. Ожидаемый эффект заключается в устойчивости результатов и воспроизводимости улучшения.

Список литературы

1. Азаров В.Н., Кузина Е.Л., Кузина М.А., Чекмарев А.В. Интеграция сбалансированной системы показателей и шесть сигм для управления ИТ-проектами, проектирования цифровых процессов и продуктов // Петербургский экономический журнал. 2024. № 3. С. 57–72.
2. Чекмарев А.В., Азаров В.Н., Куприянов Ю.В. Управление качеством цифровых продуктов и проектами цифровой трансформации // Под ред. А.В. Чекмарева. – Санкт-Петербург: Лань, 2024. – 320 с.
3. Azarov V.N., Kuzina M.A., Kuzina E.L., Chekmarev A.V. A Balanced Scorecard (Bsc) and Six Sigma System, in the Context of Digital Transformation. 2024 International Conference "Quality Management, Transport And Information Security, Information Technologies" (2024 Qm&Tis&It) 23–27 сентября 2024 г., г. Нальчик.

4. Азаров В.Н., Кузина Е.Л., Кузина М.А., Чекмарев А.В. Трехмерная процессная архитектура цифрового производства: параллели с нейронными сетями // Петербургский экономический журнал. 2025. № 1. С. 6–17.

References

1. Azarov V.N., Kuzina E.L., Kuzina M.A., Chekmarev A.V. Integration of the Balanced Scorecard and Six Sigma for IT Project Management, Digital Process and Product Design // Petersburg Economic Journal. 2024. No. 3. Pp. 57–72.
2. Chekmarev A.V., Azarov V.N., Kupriyanov Yu.V. Quality Management of Digital Products and Digital Transformation Projects / Ed. by A.V. Chekmarev. – St. Petersburg: Lan, 2024. – 320 p.
3. Azarov V.N., Kuzina M.A., Kuzina E.L., Chekmarev A.V. A Balanced Scorecard (Bsc) and Six Sigma System, in the Context of Digital Transformation. 2024 International Conference "Quality Management, Transport And Information Security, Information Technologies" (2024 Qm&Tis&It) September 23–27, 2024, Nalchik.
4. Azarov V.N., Kuzina E.L., Kuzina M.A., Chekmarev A.V. Three-dimensional process architecture of digital production: Parallels with neural networks // Petersburg Economic Journal. 2025. No. 1. Pp. 6–17.