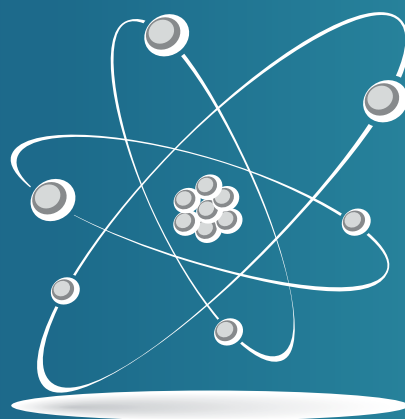


Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования

01/2026
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ
В ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

СТАНДАРТИЗАЦИЯ
ДАННЫХ И ПРОЦЕССОВ
В ОТКРЫТОЙ
ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЕ

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ
ИНСТРУМЕНТОВ БЕРЕЖЛИВОГО
ПРОИЗВОДСТВА НА МАЛЫХ
И СРЕДНИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ



СЛОВО ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Уважаемые читатели!

Приветствую Вас на страницах журнала «Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования». Выбор публикаций в первом номере издания направлен на популяризацию и развитие наиболее актуальных научных исследований. Представим некоторые из научных статей.

Материал экспертов А.С. Бурого и А.В. Ануфриева из Российского института стандартизации посвящен анализу спецификации материалов (Bill of Materials, BOM) как ключевого информационного инструмента в системах поддержки жизненного цикла продукции. Идеи разработки информационных систем и интеграции этапов жизненного цикла изделий (ЖЦИ) стали базовыми в подходе, получившем название CALS (Continuous Acquisition and Lifecycle Support – непрерывная информационная поддержка поставок и жизненного цикла). Концепция CALS, зародившаяся как инициатива компьютерной поддержки логистики, трансформировалась в целостную методологию управления информацией на всем протяжении жизненного цикла продукции (от маркетингового замысла до утилизации). BOM используется для расчета себестоимости изделия, формирования заказов на компоненты, подготовки программ для автоматизированных рабочих мест, контрольного оборудования, управления ЖЦИ в целом. Авторы подчеркивают, что качество подготовленной спецификации – основа бесперебойного производства.

Сбалансированность регионального развития в контексте импортозамещения во многом обусловлена источниками экономического роста, такими как интеллектуальный и природно-ресурсный и научно-технологический потенциал. Особое значение придается адресной политике импортозамещения на региональном уровне, разработке

дифференцированного подхода к государственному регулированию экономического развития регионов. В рамках одного из исследований на примере Приволжского федерального округа было необходимо предложить подходы к классификации региональных экономических систем, обосновать модели госрегулирования экономического развития регионов. О результатах этой работы рассказывается в статье М.Р. Вахитова, представителя Казанского национального исследовательского технологического университета.

Эксперт ФГБУ «Институт стандартизации» А.Н. Захарова поделилась результатами анализа деятельности в сфере метрологии и оценки соответствия нерудных строительных материалов за период с 2020 по 2024 г., с учетом которых выведен индекс отраслевой инфраструктуры качества. Развитие отраслевой инфраструктуры направлено на повышение не только качества и безопасности нерудных строительных материалов, но и конкурентоспособности предприятий индустрии.

Большое значение в настоящее время придается методам оптимизации процессов управления и принятия решений по развитию сложных технических систем. Представленная в статье авторов В.В. Зинченко (Научно-практический центр диагностики и телемедицины) и Г.С. Лебедева (Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России) модель оценки надежности интеллектуальных систем для лучевой диагностики включает в себя матрицы технологических дефектов различных типов. Метод оценки надежности, апробированный на реальных данных для пяти интеллектуальных систем, показал свою состоятельность на практике в рамках мониторинга и контроля.

Заслуживает внимания материал, посвященный научно обоснованным подходам к организации наукоемкого производства и управлению качеством продукции. В статье Е.П. Бульбы (ПАО «Яковлев») рассматриваются вопросы повышения операционной эффективности организации путем внедрения непрерывного мониторинга ключевых показателей системы менеджмента качества. Цель исследования – разработка методики непрерывной оценки системы менеджмента качества организации на основе интеграции регрессионного анализа и концепции цифрового двойника.

Уважаемые читатели, спешим сообщить об открытии с 2026 года бюджетных мест в аспирантуре ГНЦ ФГБУ «Институт стандартизации» по следующим направлениям подготовки: 2.5.22 Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства; 2.3.8 Информатика и информационные процессы. Обращаем ваше внимание, что количество бюджетных мест ограничено.

До встречи на страницах нашего журнала.

*Ю.В. Будкин,
главный редактор журнала*



iea.gostinfo.ru

ИНФОРМАЦИОННО- ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

1/2026 (88)

УЧРЕДИТЕЛЬ

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Российский институт стандартизации» (ФГБУ «Институт стандартизации»)

Российская Федерация, 117418,
г. Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, корп. 2

Свидетельство о регистрации СМИ

Эл № ФС77-85390.

Выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций 13.06.2023.

Журнал является самостоятельным сетевым периодическим текстовым научным электронным изданием, распространяется исключительно с использованием информационно-телекоммуникационных сетей

РЕДАКЦИЯ

Руководитель К.В. Костылева
Редакторы С.П. Арянина, А.М. Цветкова
Корректор Л.С. Лысенко

АДРЕС РЕДАКЦИИ

Российская Федерация,
117418, Москва,
Нахимовский пр-т, д. 31, корп. 2
+7 (495) 531-26-03
ieastr@gostinfo.ru



РОССИЙСКИЙ ИНСТИТУТ
СТАНДАРТИЗАЦИИ

Журнал «Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования» основан в 2011 году.

Издается Федеральным государственным бюджетным учреждением «Российский институт стандартизации» (ФГБУ «Институт стандартизации»).

Журнал осуществляет публикацию статей по теоретическим, техническим, информационным, методическим, организационным, экономическим и другим проблемам технического регулирования и стандартизации.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов.

Перепечатка материалов допускается только с письменного согласия редакции.

При использовании материалов ссылка на журнал обязательна.

Подписано в печать 16.03.2026.
Дата опубликования на сайте журнала iea.gostinfo.ru 16.03.2026.

Формат 60 × 90 1/8.
Усл. печ. л. 12.

© ФГБУ «Институт стандартизации», 2026

СВЕДЕНИЯ О РЕЦЕНЗИРУЕМОМ НАУЧНОМ ИЗДАНИИ

ДАТА СОЗДАНИЯ 11.05.2011

ИНФОРМАЦИЯ О ВКЛЮЧЕНИИ
ИЗДАНИЯ В СИСТЕМУ РОССИЙСКОГО
ИНДЕКСА НАУЧНОГО ЦИТИРОВАНИЯ
26.08.2014 №503-08/2014

АДРЕС ОФИЦИАЛЬНОГО САЙТА
В СЕТИ "ИНТЕРНЕТ" <http://iea.gostinfo.ru/>

МЕЖДУНАРОДНЫЙ СТАНДАРТНЫЙ
НОМЕР СЕРИАЛЬНОГО ИЗДАНИЯ
(ISSN) 2311-1348

ТЕМАТИКА СТАТЕЙ, СОДЕРЖАЩИХ
ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ
РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИОННЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ на соискание ученых
степеней доктора и кандидата наук,
должна соответствовать следующим
специальностям научных работников
(согласно номенклатуре, утвержденной
приказом Минобрнауки России
от 24.02.2021 № 118):

- 2.3.8. Информатика и информационные
процессы (технические науки);

- 2.5.22. Управление качеством
продукции. Стандартизация. Организация
производства (технические науки);

- 5.2.23. Региональная и отраслевая
экономика (экономические науки).

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

БУДКИН Ю.В.

председатель, главный редактор журнала, советник генерального
директора ФГБУ «Институт стандартизации», доктор технических наук,
профессор

БУРЫЙ А.С.

заместитель председателя, заместитель начальника отдела научной
деятельности ФГБУ «Институт стандартизации», доктор технических наук

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ

БЕТАНОВ В.В.

член-корреспондент Российской академии ракетных и артиллерийских наук (РАРАН),
заместитель начальника экспертно-аналитического центра
АО «Российские космические системы», профессор кафедры ФГБОУ ВПО
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана»,
доктор технических наук, профессор, главный специалист ФГБУ «Институт
стандартизации»

ГЕРАСИМОВА Е.Б.

профессор кафедры бизнес-аналитики Факультета налогов,
аудита и бизнес-анализа ФГБОУ ВО «Финансовый университет
при Правительстве Российской Федерации», доктор экономических наук, профессор

ЖУРАВЛЕВА Т.Б.

ученый секретарь ФГБУ «НИЦИ МИД России»,
доктор экономических наук, профессор, главный специалист ФГБУ «Институт
стандартизации»

ЗВОРЫКИНА Т.А.

руководитель Центра научных исследований и технического регулирования
в сфере услуг АО «Институт региональных экономических исследований»,
доктор экономических наук, профессор

ЛЫСЕНКО И.В.

генеральный директор ООО «Инженерные системы и технологии, разработка
и анализ» (ООО «ИСТРА»), доктор технических наук, старший научный сотрудник,
главный специалист ФГБУ «Институт стандартизации»

МИСТРОВ Л.Е.

профессор кафедры ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. профессора
Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» и Центрального филиала «РГУП»,
доктор технических наук, профессор, главный специалист ФГБУ «Институт
стандартизации»

СТРЕХА А.А.

начальник отдела стандартизации в области социальной сферы Департамента
методического обеспечения стандартизации и инновационных технологий
ФГБУ «Институт стандартизации», кандидат экономических наук

СУХОВ А.В.

старший научный сотрудник ФКУ «НПО «Специальная техника и связь», доктор
технических наук, профессор, главный специалист ФГБУ «Институт стандартизации»

ХАЧАТУРЯН А.А.

профессор кафедры экономических теорий и военной экономики
ФГКВ ВПО «Военный университет имени князя Александра Невского»
Минобороны России, доктор экономических наук, профессор

Содержание 1/2026 (88)

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТАНДАРТИЗАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

СПЕЦИФИКАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ В ЗАДАЧАХ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССОВ
ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЙ
Ануфриев А.В., Бурый А.С. 4

РЕГУЛИРОВАНИЕ ВОПРОСОВ БЕЗОПАСНОСТИ, ДОВЕРИЯ И УСТОЙЧИВОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА: РОССИЙСКИЕ И МЕЖДУНАРОДНЫЕ СТАНДАРТЫ
Иконников А.В., Спирин А.А. 11

ЭКОНОМИКА ИННОВАЦИЙ

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ
Плотницкий И.О., Журавлева Т.Б. 16

ОБОСНОВАНИЕ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ПОДХОДА К ГОСУДАРСТВЕННОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ
ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ В КОНТЕКСТЕ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ
Вахитов М.Р. 22

LEAN SIX SIGMA ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОТЕНЦИАЛА И НОРМИРОВАНИЯ ТРУДОЗАТРАТ ОБРАБОТКИ ОБРАЩЕНИЙ
В СЕРВИСНЫХ КОМПАНИЯХ
Коротков Р.Н., Фроленко А.С., Макаренко Е.А. 28

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ПРОЦЕССЫ

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СИСТЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ: ЭВОЛЮЦИЯ ПОДХОДОВ,
ТЕНДЕНЦИИ И ОГРАНИЧЕНИЯ
Шарова Д.Е., Гарбук С.В. 35

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ НАДЕЖНОСТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ ВРАЧЕБНЫХ РЕШЕНИЙ
В ЗДРАВООХРАНЕНИИ (ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА)
Зинченко В.В., Лебедев Г.С. 42

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
СОТРУДНИКОВ ОРГАНОВ ВНУТРЕННИХ ДЕЛ РОССИИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ
Нечай А.А., Алексеева О.В., Гончар А.А. 49

СТАНДАРТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ И УСЛУГ

ТРАНСФОРМАЦИЯ БИЗНЕС-МОДЕЛИ ПРЕДПРИЯТИЯ НЕФТЕГАЗОХИМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА
В УСЛОВИЯХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ
Юманкин И.А. 55

ПОВЫШЕНИЕ ОПЕРАЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ МЕТОДИКИ НЕПРЕРЫВНОГО
МОНИТОРИНГА КЛЮЧЕВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СМК
Бульба Е.П. 62

НОРМАТИВНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АТТЕСТАЦИИ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ
Лаврик В.В. 66

ДИССЕРТАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

СТАНДАРТИЗАЦИЯ ДАННЫХ И ПРОЦЕССОВ В ОТКРЫТОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЕ.
ЧАСТЬ 2. ПЕРСПЕКТИВЫ БАНКОВСКОЙ СФЕРЫ
Бурый А.С., Лопатин И.Н., Погодин И.М. 72

ОБ ИНДЕКСЕ ОТРАСЛЕВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ КАЧЕСТВА В ОБЛАСТИ НЕРУДНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
Захарова А.Н. 79

ОТКРЫТЫЕ ТАБЛИЧНЫЕ ФОРМАТЫ В БАНКОВСКОЙ АНАЛИТИКЕ: ПРАКТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ICEBERG И RAIMON
Иевлев К.О., Сурпин В.П., Городничев М.Г. 84

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ИНСТРУМЕНТОВ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА НА МАЛЫХ И СРЕДНИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Логашкин А.А. 90

СПЕЦИФИКАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ В ЗАДАЧАХ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССОВ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЙ

BILL OF MATERIALS IN THE TASKS FOR INFORMATION SUPPORT OF PRODUCT LIFECYCLE PROCESSES

Ануфриев А.В., аспирант, Российский институт стандартизации, г. Москва

Бурый А.С., д-р техн. наук, Российский институт стандартизации, г. Москва

Anufriev A.V., graduate student, Russian Standardization Institute, Moscow

Buryi A.S., Doctor of Science in Technology, Russian Standardization Institute, Moscow

Статья посвящена анализу роли спецификации материалов (Bill of Materials, BOM) как ключевого информационного инструмента в системах поддержки жизненного цикла продукции в рамках концепции непрерывной информационной поддержки поставок и жизненного цикла (CALS) изделий.

Методы: концептуально-логическое моделирование, теоретико-графовый подход, формально-логическая разработка и обоснование структур построения интегрированных BOM.

Результаты: определено, что эффективное управление данными в составе спецификаций, интеграция функциональных вариантов BOM (инженерного, процессного, производственного) на этапах жизненного цикла изделий (ЖЦИ) основываются на обеспечении единого информационного пространства и напрямую влияют на эффективность информационного взаимодействия этапов ЖЦИ, качество спецификаций и применяемых при этом технологий.

Ключевые слова: жизненный цикл изделия, спецификация материалов, ориентированный ациклический граф, проектирование, производство, управление конфигурацией, интеграция, CALS-технологии.

Цитирование: Ануфриев А.В., Бурый А.С. Спецификация материалов в задачах информационной поддержки процессов жизненного цикла изделий // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2026. № 1(88). С. 4–10.

The article is devoted to the analysis of the role of the Bill of Materials (BOM) as a key information tool in product lifecycle support systems within the framework of the concept of continuous information supply and lifecycle support (CALS) of products.

Methods: conceptual-logical modeling, graph-theoretical approach, formal-logical development and substantiation of structures for the construction of integrated BOMs.

Results: it was determined that effective data management as part of the BOM, the integration of functional variants of X-BOM (Engineering, Process, Manufacturing) at the stages of the product lifecycle is based on providing a single information space and directly affects the effectiveness of information interaction between the stages of the product lifecycle, the quality of specifications and the technologies used.

Keywords: product lifecycle, Bill of Materials, directed acyclic graph, design, production, configuration management, integration, CALS technologies.

Citation: Anufriev A.V., Buryi A.S. Bill of Materials in the tasks for information support of product lifecycle processes. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2026; 1(88): 4–10. (In Russ.).

ВВЕДЕНИЕ

Идеи разработки интегрированных информационных систем (ИИС) и информационной интеграции этапов жизненного цикла изделий (ЖЦИ) стали базовыми в подходе, получившем название CALS (Continuous Acquisition and Lifecycle Support – непрерывная информационная поддержка поставок и жизненного цикла)¹. Концепция CALS, зародившаяся как инициатива по компьютерной поддержке логистики, трансформировалась в целостную методологию управления информацией на всем протяжении ЖЦИ (продукции) [1, 2]. Ее целью является создание непрерывного, согласованного информационного потока, сопровождающего продукт от маркетингового замысла до утилизации. Технология управления жизненным циклом изделия (Product Lifecycle Management, PLM) предполагает формирование единого информационного пространства (ЕИП) [3, 4], обеспечивает интеграцию данных различных информационных систем организации для создания информационной поддержки ЖЦИ за счет: автоматизации ЖЦ (PLM); проектирования (CAD); анализа (CAE); подготовки производства (CAM), управления данными (PDM) [5] и других информационно-программных средств для бизнес-моделей и технологической поддержки участков производства [6].

В ИИС данные формируются, преобразуются, хранятся и передаются от одного участника ЖЦ к другому, обеспечивая непрерывность производственного процесса, минимизируя риски возникновения несоответствий на стыках этапов ЖЦИ. В условиях цифровой трансформации промышленности в рамках концепции Индустрии 4.0 [7] эффективность создания сложной наукоемкой продукции определяется качеством управления данными, применяемыми для бизнес-моделей, и самой информационной средой в рамках ЕИП [3].

В этом контексте спецификация материалов (Bill of Materials², BOM) трансформируется из простого перечня деталей в многоаспектный информационный объект, выступающий связующим звеном между различными этапами ЖЦИ и функциональными подразделениями предприятия. ЖЦ продукции представляет собой последовательность взаимосвязанных этапов, где каждый последующий этап неразрывно связан с предыдущим. Именно поэтому интеграция ЕИП в АСУ (ИПИ технологии) является основной стратегией повышения эффективности деятельности организации [4]. Информационные разрывы между этапами ЖЦИ ведут к значительным финансовым и временным потерям.

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

ЕИП – единое информационное пространство
ЖЦИ – жизненный цикл изделия
ОАГ – ориентированный ациклический граф
BOM – bill-of-material, спецификация материалов
CAD – компьютерная поддержка проектирования
CAE – поддержка инженерных расчетов
CALS – технологии непрерывной информационной поддержки жизненного цикла продукции
CAM – компьютерная поддержка производства
ERP – планирование ресурсов предприятия
PDM – управление данными о продукции
PLM – управления жизненным циклом изделия

Цель исследования – анализ трансформации, функциональных возможностей и роли спецификации материалов как ключевого информационного инструмента в рамках методологии CALS и технологий управления жизненным циклом изделия.

1. Интеграция информационных систем в методологии CALS

На современном уровне развития промышленной кооперации отсутствие единого комплекса стандартов «электронного описания» различных этапов ЖЦИ, обеспечивающих взаимодействие информационных технологий (в рамках одного предприятия или «виртуального» объединения предприятий), приводит к значительным дополнительным издержкам в процессах проектирования, подготовки производства, изготовления и эксплуатации продукции. Путем применения CALS-технологий обеспечивается экономия времени и средств при одновременном повышении качества выпускаемой продукции. В организационном плане это сопровождается: сокращением времени проектирования (до 50%), планирования (до 70%), времени поиска и извлечения данных (до 30–40%), сокращением времени на изменения технической документации (до 30%) и др. факторами [8].

Основу методологии CALS составляют: комплекс единых информационных моделей, стандартизация способов доступа к информации и ее корректной интерпретации, обеспечение безопасности информации, юридические вопросы совместного использования информации (в том числе интеллектуальной собственности), применение на различных этапах ЖЦИ автоматизированных программных систем, отмеченных выше (CAD/CAM/CAE и др.), позволяющих производить и обмениваться информацией в формате CALS. Иногда термин CALS отождествляется с различными АСУ и компьютерными технологиями вообще. CALS, в отличие от интегрированных АСУ – ИАСУ и АСУ производством (АСУП), охватывает все стадии ЖЦИ (см.

¹ Давыдов А., Барабанов В., Судов Е. CALS-технологии: Основные направления развития. Режим доступа: <https://www.quality.eur.ru/MATERIALY2/calsrazv.htm> (Дата обращения: 7.01.2026).

² BOM – принятый зарубежный термин, см. ГОСТ Р ИСО 10303-44–2022 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 44.

рис. 1). Каждая из указанных АСУ может включать еще ряд технологических АСУ. Например, в ИАСУ могут входить АСУ гибкими производственными участками, АСУ транспортно-складской системой, АСУ инструментальным обеспечением и ряд других [9].

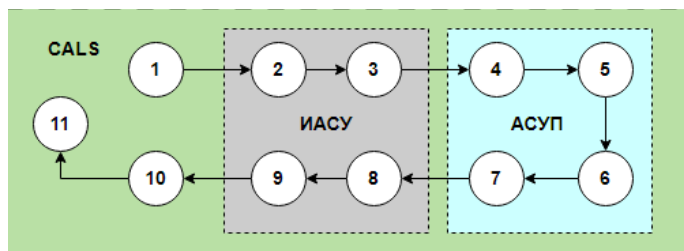


Рис. 1. Соответствие информационных систем стадиям ЖЦИ. Стадии ЖЦИ: 1 – Маркетинг и изучение рынка; 2 – Проектирование и разработка; 3 – Подготовка и разработка производственных процессов; 4 – Материально-техническое снабжение; 5 – Производство; 6 – Контроль, проведение испытаний и обследований; 7 – Упаковка и хранение; 8 – Реализация и распределение; 9 – Монтаж и эксплуатация; 10 – Техническая помощь в обслуживании; 11 – Утилизация после использования.

Предметом CALS являются технологии информационной интеграции, используемые совместно, т.е. в едином информационном пространстве. Подобная информационная интеграция базируется на информационных моделях (ИМ) изделия (продукта), ИМ ЖЦИ в целом и на ИМ производственной и эксплуатационной среды, учитывающих единые форматы данных, методы доступа и хранения данных в базах данных [8], а также методы и метрики, обеспечивающие качество данных на всех этапах их применения [10].

Задачей PLM-системы является передача информации о структуре изделия в ERP. Как правило, реализуется двусторонний обмен информацией: в ERP-систему передается информация о структуре изделия и составе материалов и покупных изделий, а обратно, в PLM-систему, передается информация о стоимости и себестоимости деталей и узлов и складских запасах [8, 9]. При этом необходимо обеспечить процесс синхронизации библиотек материалов, комплектующих и узлов и агрегатов между несколькими информационными системами. Для решения данной задачи существует класс программных продуктов, например MDM (Master Data Management) [11].

2. Трансформация спецификаций материалов на этапах ЖЦИ

Современная система PDM должна обеспечивать создание и поддержку множества взаимозависимых и взаимосвязанных спецификаций изделия (классические BOM, конструкторские, технологические, спецификации на покупные изделия, спецификации поставок и т.д.), благодаря чему пользователь получает согласованное представление об изделии на протяжении всего его жизненного цикла.

Современные наукоемкие изделия, например авиационная техника, автомобили, энергетическое оборудование, могут характеризоваться тысячами и десятками тысяч компонентов, множеством вариантов сборки и длительным циклом эксплуатации. Управление такой сложной номенклатурой компонентов невозможно без строго регламентированной иерархической структуры представления данных.

Таким образом, BOM в CALS – это структурированный набор данных, находящийся в PLM-системе, связанный с другими объектами, например

3D-моделями, чертежами, технологическими процессами, и имеющий строго определенные жизненные циклы и правила изменения. В зависимости от конкретного этапа ЖЦИ функция BOM может трансформироваться. Варианты трансформации спецификаций материалов обозначают как X-BOM или X-спецификации, привязывая их к определенным функциональным структурам ЖЦИ [12] (см. рис. 2):

1) EBOM (Engineering BOM – инженерный BOM), использующийся в процессе проектирования (CAD/PDM-системы). EBOM формируется на основании чертежа (либо CAD-модели) изделия. Его структура обычно организована по сборочным узлам и отражает то, как продукт спроектирован. Элементы EBOM связаны с файлами CAD-моделей и чертежей;

2) MBOM (Manufacturing BOM или производственный), использующийся на этапе технологической подготовки и производства изделия (ERP/MES-системы). MBOM пред-

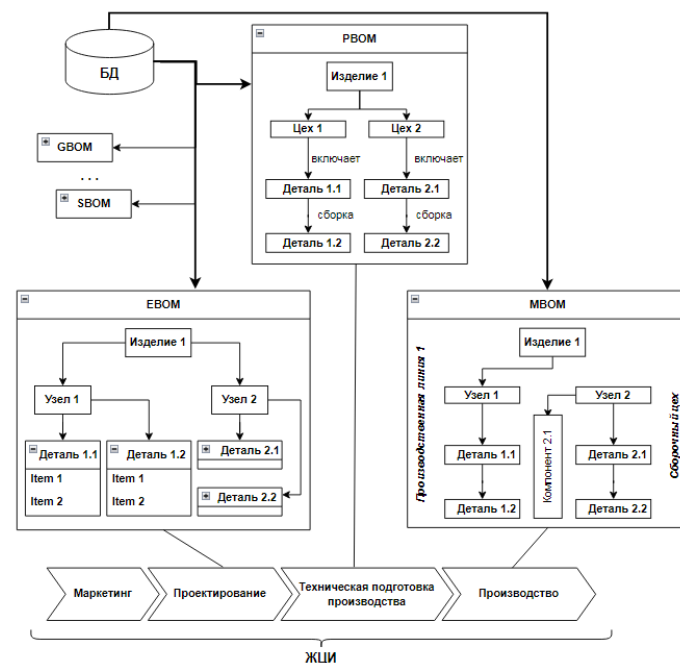


Рис. 2. Интеграция типовых спецификаций для этапов ЖЦИ

ставляет собой исчерпывающий перечень сырья, материалов (например, упаковочные материалы) и комплектующих изделия. Это наиболее комплексный и важный для материализации продукта вид. Структура MBOM может существенно отличаться от EBOM: он включает технологические узлы, оснастку, расходные материалы. MBOM может составлять основу для планирования потребности в материалах (MRP), управления цехами (MES) и расчета себестоимости;

3) SBOM (Sales BOM – коммерческий BOM), использующийся для этапов реализации (продажи) и продвижения (маркетинга) продукции. SBOM в первую очередь используется для проектирования единичных изделий, производство которых осуществляется по конкретным заказам. Часто представляет собой модель с вариантами и опциями, на основе которой генерируется конкретный EBOM/MBOM для заказа.

Производитель руководствуется строго определенным стандартом и не может отступать от него при выборе компонентов в спецификации материалов. Требование фиксированности спецификации гарантирует их неизменность на протяжении всего ЖЦИ, что критически важно для промышленного использования, где замена может привести к изменению характеристик устройства и потенциальным проблемам совместимости.

Однако с развитием CALS-технологий, номенклатура BOM расширяется, в работе [13] в качестве вариантов спецификаций (XBOM) представлены:

а) CBOM (Configurable BOM – настраиваемый BOM), использующийся в качестве описательного инструмента всех возможных исполнений продукции (CPQ-системы). CBOM не сконцентрирован на одном конкретном исполнении изделия, а направлен на описание всех вариантов разрабатываемого «семейства изделий» (продуктовой линейки);

б) GBOM, в отличие от предыдущего варианта, преследуют две цели: помощь в настройке новых вариантов и поддержку поиска аналогичных комплектующих деталей. Чтобы эффективно функционировать в качестве инструмента настройки, GBOM должен четко представлять наиболее распространенные формы продукта. Однако структурные различия в семействе продуктов не должны быть упущены из виду при формировании окончательной спецификации [14];

в) спецификация энергопотребления (EBOM), объединяющая информационные технологии с теорией экологически чистого производства.

Таким образом, BOM представляет собой не единую сущность, а набор взаимосвязанных информационных систем, каждая из которых направлена на поддержку ЖЦИ.

3. Формализация спецификаций материалов

С точки зрения моделирования BOM представляют собой графы и требуют возможностей, ориентированных на графы, функций и модулей для их эффективной обработки. Lokad значительно развил собственные возможности, нацеленные на подобные ситуации в цепочках поставок. Кроме того, с нашей точки зрения, оптимизация цепочки поставок при наличии BOM – это первый логический шаг к оптимизации многоступенчатой сети.

В то же время национальный стандарт ГОСТ Р ИСО 10303-44-2022 определяет структуру данных в спецификации материалов (BOM) как ориентированный ациклический граф (ОАГ).

BOM в виде ОАГ можно определить как кортеж вида [14]:

$$G = \langle V, E, w \rangle, \quad (1)$$

где V – множество вершин графа, причем каждая вершина соответствует уникальному компоненту изделия; E – множество направленных ребер, связывающих вершину – источник (родитель) с «дочерней» вершиной, т.е. $e = (v_{parent} \rightarrow v_{child}) \in E$; $w: E \rightarrow N$ – весовая функция (нагрузка ребра). Каждому ребру сопоставлено $w(e)$, что указывает, сколько вершин v_{child} коммутируется с v_{parent} .

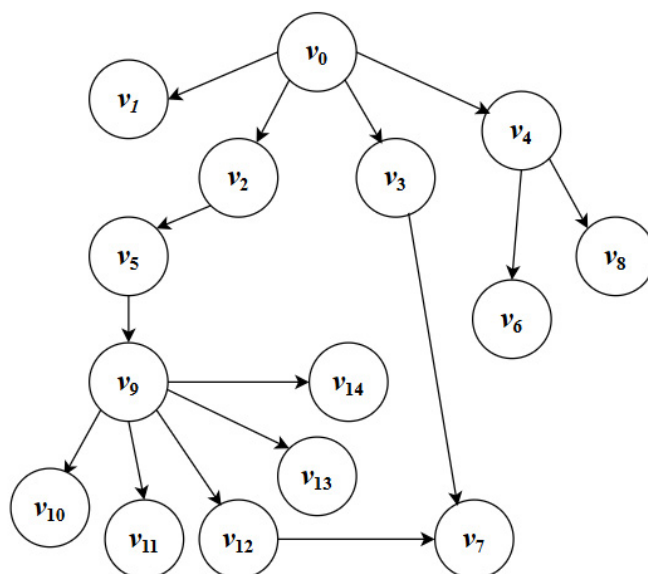


Рис. 3. Пример ориентированного ациклического графа

Компонентный состав (вершины) представлен в таблице.

Пример состава и связей спецификации к рис. 3

Вершина	Наименование вершины	Вершина – источник	Вершина – цель
v0	Светодиодная лампа E27	-	v1, v2, v3, v4
v1	Цоколь E27	v0	-
v2	Корпус	v0	v5
v3	Радиатор	v0	v7
v4	Рассеивающий колпак	v0	v6, v8
v5	Плата крепления	v2	v9
v6	Оптический силикон	v4	-
v7	Теплопроводящая паста	v3, v12	-
v8	Клей-герметик	v4	-
v9	Этап сборки	v5	v10, v11, v12, v13, v14
v10	Печатная плата	v9	-
v11	Драйвер	v9	-
v12	Светодиод	v9	v7
v13	Резистор	v9	-
v14	Конденсатор	v9	-

Для того чтобы сопоставить взаимосвязь спецификации с технологическими процессами, структурируем в виде математической модели взаимосвязи продукта, деталей и процесса сборки в виде следующих составляющих:

множество V (узел детали) как описание определенного узла детали в продукте, в основном включающее соответствующие атрибуты и идентификаторы детали в структуре продукта; графическое представление аналогично рис. 3, а в модели – это набор комплектующих (вершин), составляющих определенный продукт, вида:

$$V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}, \quad (2)$$

где n – общее число вершин в графе.

Это множество R , соответствующее сборочным связям между вершинами (1), которое может быть определено как [13]:

$$R = [f, c, q]; \quad f, c \in V, q \in Y, \quad (3)$$

где показатель направленности при $q > 0$ есть прямые отношения «родитель – ребенок», для кратко-

сти: между вершиной f и вершиной c , т.е. ($f \rightarrow c$); при $q < 0$ между f и c также существует прямая связь «родитель – потомок» и c является родительским элементом для f , тогда показатель сборки равен $-q$; и $q = 0$, когда прямая связь «родитель – потомок» отсутствует; Y – множество исходов из элементов q .

Множество структур продукта – St (в общем случае в виде древовидной структуры), содержащих информацию и взаимосвязи всех вершин в структуре продукта на основе представлений (2) и (3):

$$St = \{V, R_{St}\}, \quad (4)$$

где множество связей $R_{St} = \{R_i[f_i, c_{ij}, q_{ij}]\}$ между вершинами условно обозначены как вершины $i, j = \overline{1, n}; f_i, c_{ij} \in V$; c_{ij} – дочерняя вершина по отношению к f_i .

При переходе в соответствии с представлением ХВОМ от этапа к этапу ЖЦИ элементы спецификации включаются в новые технологические цепочки, поэтому меняется состав связей и их структура. Для более компактного представления структуры соответствующих процессов (проектирования, сборки и т.д.) – обычно к композиции графов в виде гиперграфов [16] или метаграфов, что упрощает описание, сохраняя достоверность и целостность представления.

ВОМ выполняет роль системообразующего инструмента, поддерживающего принцип ЕИП. Через связи компонентов ВОМ с другими АСУ обеспечивается прослеживаемость, преемственность и целостность информации.

Внедрение PLM систем позволяет эффективно управлять ВОМ. Как правило, ЕВОМ, РВОМ, МВОМ управляются через PLM системы. Для формирования ВОМ должен использоваться единый источник информации – централизованная база данных (БД) организации (см. рис. 2).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Качество подготовленной спецификации (ВОМ) служит основой для бесперебойного производства. Он используется для расчета себестоимости изделия, формирования заказов на компоненты, подготовки программ для автоматизированных рабочих мест, контрольного оборудования, а также для управления ЖЦИ в целом. Ошибка в ВОМ (неверный парт-номер, неучтенная замена) приводит к производственному простоям, выпуску бракованной продукции или закупке неподходящих компонентов.

Хорошо структурированная и эффективно управляемая спецификация материалов – основа успешного производства и управления жизненным циклом продукции. Эффективное управление спецификацией материалов – от точного создания и ведения спецификации до полной ин-

теграции с ERP, PLM и MRP-системами – способствует повышению качества продукции, контролю затрат и эффективности производства.

Здесь реализуется главный принцип CALS: информация, однажды возникшая на каком-либо этапе ЖЦ, сохраняется в ИИС и становится доступной всем участникам этого и других этапов (в соответствии с имеющимися у них правами пользования этой информацией). Качество управления BOM определяется точностью его формирования, структурированностью информации, своевременной актуализацией, а также глубиной интеграции с различными видами АСУ.

Дальнейшее развитие CALS-методологии в концепции Индустрии 4.0 строится в направлении трансформации BOM за счет как выявления новых свойств и технологий

комплектующих элементов, так и применения новых методов интеллектуального анализа данных, методов обработки данных, внедрения методов имитационного моделирования и прогнозирования для задач управления ЖЦИ, включая технологии цифровых двойников, киберфизических систем и др.

Таким образом, исследование и совершенствование методологии и инструментов работы со спецификацией материалов остается актуальной научно-практической задачей в области информационной поддержки жизненных циклов сложной технической продукции.

Проведенный анализ подтверждает, что Bill of Materials является неотъемлемой частью ЖЦИ. Его структура служит основой для управления конфигурацией, планирования и выпуска изделий, влияя на их качество и стоимость.

Список литературы / References

1. Гродзенский С.Я., Гродзенский Я.С., Калачева Е.А. CALS-технологии – ресурс повышения качества и конкурентоспособности наукоемкой продукции // Стандарты и качество. 2014. № 5. С. 90–93. / Grodzenskij S.Y., Grodzenskij Y.S., Kalacheva E.A. CALS-tehnologii – resurs povysheniya kachestva i konkurentosposobnosti naukoemkoj produkcii. Standards and Quality. 2014, no. 5, pp. 90–93. (In Russ.).
2. Мусина Г.Р. Цифровое моделирование и мониторинг в CALS-управлении изделием // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2025. № 5 (86). С. 110–116 / Musina G.R. Cifrovoe modelirovanie i monitoring v CALS-upravlenii izdeliem. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2025, no. 5(86), pp. 110–116. (In Russ.).
3. Михайлов В.Г. О подходах к созданию интегрированной информационной системы PDM-ERP // Системный анализ и прикладная информатика. 2016. № 2. С. 17–24. / Mihajlov V.G. O podhodah k sozdaniyu integrirovannoj informacionnoj sistemy PDM-ERP. Sistemnyj analiz i prikladnaya informatika. 2016, no. 2, pp. 17–24. (In Russ.).
4. Горлевский К.И., Кукарцев А.В., Огурченко И.В. Алгоритм управления инновационными бизнес-процессами предприятия ракетно-космической промышленности // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева. 2014. № 2(54). С. 158–164. / Gorlevskij K.I., Kukartsev A.V., Ogurchenok I.V. Algoritm upravleniya innovacionnymi biznes-processami predpriyatiya raketno-kosmicheskoy promyshlennosti. Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta im. akademika M.F. Reshetneva. 2014, no. 2(54), pp. 158–164. (In Russ.).
5. Мантуров Д.В., Калачанов В.Д., Статева Г.А. Организация производства на основе внедрения управления качеством с использованием CALS-технологий (на примере авиационного Ракетостроения) // Организатор производства. 2012. № 2(53). С. 90–94. / Manturov D.V., Kalachanov V.D., Stateva G.A. Organizaciya proizvodstva na osnove vnedreniya upravleniya kachestvom s ispol'zovaniem CALS-tehnologij (na primere aviacionnogo Raketostroeniya). Organizator proizvodstva. 2012, no. 2(53), pp. 90–94. (In Russ.).
6. Morshedzadeh I., Ng A.H.C., Jeusfeld M. Managing manufacturing data and information in product lifecycle management systems considering changes and revisions. International Journal of Product Lifecycle Management. 2021; 13(3): 244–264.
7. Аронов И.З., Бурый А.С., Рыбакова А.М. Умная экономика замкнутого цикла: основа цифровых стратегий производственных компаний. Часть 1. Технологическая синергия индустрии 4.0 // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2022. № 4(68). С. 54–63. / Aronov I.Z., Buryi A.S., Rybakova A.M. Umnaya ekonomika zamknutogo cikla: osnova cifrovyyh strategij proizvodstvennyh kompanij. Part 1. Tekhnologicheskaya sinergiya industrii 4.0. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2022, no. 4(68), pp. 54–63. (In Russ.).
8. Доросинский Л.Г., Зверева О.М. Информационные технологии поддержки жизненного цикла изделия. – Ульяновск: Изд-во «Зебра», 2016. – 243 с. / Dorosinskij L.G., Zvereva O.M. Informacionnye tekhnologii podderzhki zhiznennogo cikla izdeliya. Ulyanovsk: "Zebra" Publ., 2016, 243 p. (In Russ.).

9. Погорелов В.И. Система и ее жизненный цикл: введение в CALS-технологии: учебное пособие. – СПб.: Балт. гос. техн. ун-т, 2010. – 182 с. / Pogorelov V.I. Sistema i ee zhiznennyj cikl: vvedenie v CALS-tehnologii: training manual. St. Petersburg: Baltic State Technical University Publ., 2010, 182 p. (In Russ.).
10. Бурый А.С., Погодин И.М. Оценка качества больших данных. Часть 1. Основные понятия и метрики // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2024. № 3(78). С. 49–58. / Buryi A.S., Pogodin I.M. Ocenka kachestva bol'shih dannyh. Part 1. Osnovnye ponyatiya i metriki. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2024, no. 3(78), pp. 49–58. (In Russ.).
11. Лихачев М.В. Управление структурой изделия в PLM-системах // Решетневские чтения. 2014. Т. 2. С. 262–264. / Lihachev M.V. Upravlenie strukturoj izdeliya v PLM-sistemah. Reshetnevskie chteniya. 2014, vol. 2, pp. 262–264. (In Russ.).
12. Chen J., Wang G., Xue T., Li T. An improved polychromatic graphs-based BOM multi-view management and version control method for complex products. Mathematical Biosciences and Engineering. 2021; 18(1):712-726.
13. Chen J., Xiao Y., Wang G., Guo B. Research on the integrated management and mapping method of BOM multi-view for complex products. Mathematical Biosciences and Engineering. 2023;20(7):12682-12699.
14. Romanowski C.J., Nagi R. A data mining approach to forming generic bills of materials in support of variant design activities. Journal of Computing and Information Science in Engineering. 2004;4(4):316-328.
15. Блюмин С.Л., Приньков А.С. Развитие матричного представления обобщенных графовых структур в задачах описания и анализа больших данных // Computational Nanotechnology. 2018. № 2. С. 9–15. / Blyumin S.L., Prinkov A.S. Development of a matrix representation of generalized graph structures in problems of big data description and analysis. Computational Nanotechnology. 2018; 2:9-15. (In Russ.).
16. Малышев Н.Г., Мицук Н.В. Основы оптимального управления процессами автоматизированного проектирования. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 224 с. / Malyshev N.G., Mitsuk N.V. Osnovy optimal'nogo upravleniya processami avtomatizirovannogo proektirovaniya. Moscow: Energoatomizdat Publ., 1990, 224 p. (In Russ.).

РЕГУЛИРОВАНИЕ ВОПРОСОВ БЕЗОПАСНОСТИ, ДОВЕРИЯ И УСТОЙЧИВОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА: РОССИЙСКИЕ И МЕЖДУНАРОДНЫЕ СТАНДАРТЫ

REGULATION OF SAFETY, TRUST, AND RESILIENCE IN ARTIFICIAL INTELLIGENCE: RUSSIAN AND INTERNATIONAL STANDARDS

Иконников А.В., студент кафедры «Интел-лектуальные системы информационной безопасности», ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет», г. Москва

Спирин А.А., канд. техн. наук, доцент кафедры «Интел-лектуальные системы информационной безопасности», ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет», г. Москва

Ikonnikov A.V., student of the Department of “Intelligent Information Security Systems”, MIREA – Russian Technological University, Moscow

Spirin A.A., Ph.D., docent of the Department of “Intelligent Information Security Systems”, MIREA – Russian Technological University, Moscow

На фоне интенсивного внедрения искусственного интеллекта в различные сектора экономики и сферы социальной жизни возникает острое противоречие между скоростью технологического прогресса и отсутствием зрелых механизмов управления сопутствующими рисками. Данная статья посвящена анализу этого разрыва. Цель работы – систематизировать и сопоставить формирующуюся «архитектуру» российских и международных стандартов, регулирующих безопасность, доверие, робастность (устойчивость) интеллектуальных систем. Резюмировано, что глобальная и национальная регуляторика переходит от декларативных принципов к созданию конкретных, технически верифицируемых требований. Авторский вклад состоит в том, что разрозненные стандарты (касающиеся терминологии, оценки рисков факторов, формальных методов верификации нейронных сетей) представлены как элементы единой, взаимосвязанной системы – «архитектуры доверия».

Ключевые слова: доверие, искусственный интеллект, международные стандарты, национальные стандарты, робастность, стандартизация.

Для цитирования: Иконников А.В., Спирин А.А. Регулирование вопросов безопасности, доверия и устойчивости при использовании искусственного интеллекта: российские и международные стандарты // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2026. № 1(88). С. 11–15.

Amid the intensive deployment of artificial intelligence across various sectors of the economy and spheres of social life, an acute contradiction emerges between the pace of technological progress and the lack of mature mechanisms for managing the associated risks. This article addresses the analysis of this gap. The purpose of the study is to systematize and compare the emerging “architecture” of Russian and international standards governing the safety, trustworthiness, and robustness (resilience) of intelligent systems. It is concluded that both global and national regulatory frameworks are shifting from declarative principles toward the development of concrete, technically verifiable requirements. The author’s contribution lies in conceptualizing fragmented standards, relating to terminology, risk factor assessment, and formal methods for neural network verification, as elements of a unified, interconnected system referred to as an “architecture of trust”.

Keywords: trust, artificial intelligence, international standards, national standards, robustness, standardization.

For citation: Ikonnikov A.V., Spirin A.A. Regulation Of Safety, Trust, And Resilience In Artificial Intelligence: Russian And International Standards. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2026; 1(88): 11–15. (In Russ.).

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы обусловлена стремительным внедрением технологий искусственного интеллекта в значимые сферы экономики и государственного управления. Это усиливает риски, которые сопряжены с безопасностью, надежностью, общественным доверием к алгоритмическим решениям. Отсутствие унифицированных и согласованных подходов к регулированию ИИ, асимметрия между национальными и международными стандартами порождают правовую неопределенность, затрудняют трансграничное использование технологий. В складывающихся условиях сопоставительный анализ российских и международных стандартов приобретает особую ценность, поскольку помогает выявить точки конвергенции и расхождения в подходах к обеспечению безопасности, устойчивости, доверия, а также определить ориентиры гармонизации регулирования на фоне ускоренной цифровизации.

Стремительное проникновение технологий искусственного интеллекта (ИИ) в самые разные сферы социально-экономической жизни знаменует собой новую технологическую революцию и ставит перед обществом, государством, бизнесом комплексные вызовы, связанные с управлением рисками. Вопросы безопасности, этики, интерпретируемости, устойчивости систем искусственного интеллекта (СИИ) перестают быть исключительно академическими, они переходят в разряд ключевых факторов, которые определяют возможность их практического внедрения в критически важных областях (медицина, транспорт, финансы, государственное управление и т.д.). Отсутствие прозрачных и общепринятых механизмов контроля способно привести к непредсказуемым сбоям, дискриминации, нарушению конфиденциальности данных и, как следствие, к подрыву общественного доверия к технологии в целом. В рассматриваемом контексте формирование адекватной регуляторной среды становится не барьером для инноваций, а весьма значимым условием их устойчивого, безопасного развития. Глобальная дискуссия о регулировании ИИ постепенно смещается от декларативных принципов к созданию конкретных нормативно-технических инструментов, среди которых центральную роль играет стандартизация. Именно стандарты призваны заложить «архитектуру доверия» – речь идет о едином понятийном аппарате и измеримых критериях, помогающих оценивать и верифицировать такие сложные свойства ИИ, как надежность и робастность.

Анализ современной литературы по обсуждаемой теме показывает, что исследователи по-разному акцентируют внимание на аспектах регулирования искусственного интеллекта с точки зрения безопасности, доверия и устойчивости. Часть авторов сосредоточена на международных стандартах ISO и их роли в формировании глобальной нормативной базы. Так, Л. Н. Варламова рассматривает систему

стандартов ISO/IEC, обеспечивающих безопасность и прозрачность алгоритмов [1], К. Локетт и В. Скиданова описывают подходы к формализации требований к ИИ на раннем этапе стандартизации [2]. Другие исследователи делают акцент на разработке национальных документов: С.В. Гарбук и А.П. Шалаев предлагают концептуальную структуру российского комплекса норм, ориентированного на интеграцию с международными практиками [3, 4]; М.В. Екатеринин, А.А. Колючкин с коллегами раскрывают проблематику предотвращения технологических рисков ИИ [5, 6]. Отдельный блок публикаций посвящен этическим и гуманитарным аспектам. Так, Н.А. Лисицина и А.В. Линкина исследуют соотношение стандартов этики ИИ и защиты персональных данных [7], С.П. Прохоров рассматривает эволюцию этических принципов в международной практике [8].

Невзирая на схожую направленность работ, в источниках имеют место расхождения относительно механизмов имплементации в национальное законодательство. Недостаточно изученными остаются вопросы относительно оценки эффективности стандартов ИИ в обеспечении доверия пользователей и устойчивости инфраструктур.

Целью настоящего исследования является систематизация формируемой «архитектуры» российских и международных стандартов, регулирующих безопасность, доверие, робастность (устойчивость) интеллектуальных систем.

В ходе написания статьи применялись методы сравнительно-правового анализа, контент-оценки нормативных актов, системного подхода, обобщения, интерпретации научных источников.

АНАЛИЗ НАЦИОНАЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ В ОБЛАСТИ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Формирование доверия к системам искусственного интеллекта – это процесс институционального, технического и социального обеспечения предсказуемого, объяснимого, контролируемого функционирования СИИ, основанный на соблюдении установленных стандартов безопасности, устойчивости, ответственности, а также на возможности их верификации, аудита, подотчетности в рамках правового и этического регулирования. Речь идет о многоплановой задаче, требующей согласованного подхода к терминологии, методологии оценки, управлению рисками на всех этапах жизненного цикла. Российская система стандартизации в описываемой области активно развивается, закладывая нормативный «фундамент», во многом гармонизированный с международными разработками [3, 7].

Так, основополагающим документом, с помощью которого создается единое понятийное поле, является ГОСТ Р 71476–2024 «Искусственный интеллект. Концепции и тер-

минология»¹. Этот стандарт, соответствующий международному ISO/IEC 22989:2022, систематизирует ключевые термины, определяет взаимосвязи между ними. Посредством него вводятся формальные определения для таких понятий, как «система искусственного интеллекта», «машинное обучение», «нейронная сеть», а также для характеристик СИИ, в том числе «прозрачность», «интерпретируемость», «предвзятость». Установление единой терминологии служит критически важным первым шагом, поскольку устраняется неоднозначность трактовок и создается базис для разработки более специализированных технических регламентов и методик оценивания.

Центральное место в регулировании занимает концепция «доверия», которая рассматривается не как субъективное ощущение, а как измеримое свойство системы, подтверждаемое объективными данными [1, 5, 8], включая их качество [9]. ГОСТ Р 59276–2020² является ключевым документом в данной области. В нем представлена рамочная структура, определяющая свойства, формирующие доверие к СИИ, включая надежность, безопасность, прозрачность, управляемость и ответственность.

Заложенные в ГОСТ Р 59276–2020 принципы могут служить основой для риск-ориентированного подхода на протяжении всего жизненного цикла системы – от проектирования и сбора данных до эксплуатации и вывода из использования. Такой подход предполагает выявление потенциальных угроз и факторов, способных снизить уровень доверия к системе, их оценку и принятие мер по обеспечению требуемого уровня надежности и безопасности [10]. Для каждой конкретной системы это может включать идентификацию потенциальных рисков, оценку их вероятности и тяжести последствий, а также разработку соответствующих мер смягчения.

Если упомянутый выше стандарт задает общую концептуальную основу, то последующие документы детализируют технические аспекты обеспечения надежности и устойчивости СИИ.

Так, робастность (устойчивость) – это способность нейронной сети сохранять корректность и стабильность функционирования, а также приемлемый уровень качества результатов при воздействии искажений, шумов, непредвиденных вариаций во входных данных, при изменении условий эксплуатации, не представленных явно в обучающей выборке. Она опирается на устойчивость модели к случайным ошибкам, целенаправленным возмущениям, частичным нарушениям структуры данных, что помогает смягчить риски де-

градации решений в сочетании с повышением надежности применения систем искусственного интеллекта в реальных и критически значимых сценариях [2]. Описываемый аспект очень важен, поскольку в реальном мире данные редко бывают идеальными [6]. Ниже представлена серия из двух стандартов, посвященных этому вопросу.

ГОСТ Р 70462.1–2022³ вводит классификацию угроз (например, состязательные атаки, случайные шумы, сдвиг данных) и содержит общие подходы к тестированию. Помогает разработчикам и заказчикам понять, от каких именно вызовов должна быть защищена система.

ГОСТ Р ИСО/МЭК 24029-2–2024⁴ переходит от обзора к конкретным методикам. Формальные методы – это математически строгие подходы, которые позволяют как протестировать систему на конечном наборе примеров, так и доказать (или опровергнуть) ее устойчивость к целому классу возможных возмущений. Благодаря этому обеспечивается гораздо более высокий уровень гарантий надежности по сравнению с эмпирическим тестированием.

Еще одно весьма значимое направление – интеграция ИИ в системы, где отказ может привести к ущербу для жизни и здоровья людей. Проект национального стандарта ПНСТ 836–2023⁵ (на основе ISO/IEC DTR 5469) решает именно эту задачу. Анализируется, как традиционные подходы к функциональной безопасности (например, стандарты серии IEC 61508) реально адаптировать для систем с компонентами на основе машинного обучения. Ключевая проблема здесь проявляется в том, что СИИ по своей природе являются недетерминированными, и доказать их стопроцентную корректность традиционными методами невозможно. С опорой на рассматриваемый стандарт предлагаются новые подходы к анализу опасностей и оценке рисков, где учитывается специфика ИИ (вероятностный характер ошибок, сложность верификации).

Российская система стандартизации ИИ развивается в тесной связи с международными усилиями (таблица), что является стратегически верным решением, обеспечивающим совместимость технологий и регуляторных практик. Принятие серии ГОСТ Р ИСО/МЭК служит прямым свидетельством курса на гармонизацию. Это означает, что разработчики и регуляторы в Российской Федерации работают в едином поле с мировым сообществом, применяя общие методологии и метрики. Между тем существуют и

¹ ГОСТ Р 71476–2024 (ИСО/МЭК 22989:2022). Искусственный интеллект. Концепции и терминология искусственного интеллекта. (Введ. 2025-10-01).

² ГОСТ Р 59276–2020. Системы искусственного интеллекта. Способы обеспечения доверия. Общие положения. – Введ. 2021-03-01.

³ ГОСТ Р 70462.1–2022 / ISO/IEC TR 24029-1–2021. Информационные технологии. Интеллект искусственный. Оценка робастности нейронных сетей. Часть 1. Обзор. (Введ. 2023-01-01).

⁴ ГОСТ Р ИСО/МЭК 24029-2–2024. Искусственный интеллект. Оценка робастности нейронных сетей. Часть 2. Методология использования формальных методов. (Введ. 2025-01-01).

⁵ ПНСТ 836–2023 (ISO/IEC DTR 5469). Искусственный интеллект. Функциональная безопасность и системы искусственного интеллекта. (Срок действия: с 2024-01-01 до 2027-01-01).

национальные акценты. Например, ГОСТ Р 59276–2020, хотя и опирается на международные концепции, является самостоятельной разработкой, агрегирующей различные аспекты доверия в единую структуру, которая адаптирована для российских реалий.

Таким образом, российская нормативная база не изолирована – она является частью глобального процесса по созданию универсальных «правил игры» для разработчиков и пользователей ИИ.

Анализ текущего состояния стандартизации в характеризующейся сфере позволяет сформулировать ряд рекомендаций по последующему развитию регуляторной базы.

Так, существующие документы носят общий, рамочный характер. Для их практического применения целесообразно создание отраслевых профилей (к примеру, для беспилотного автотранспорта, кредитного скоринга), которые конкретизировали бы требования к безопасности, робастности и прозрачности с учетом специфических рисков каждого домена. Например, уже существует целая серия стандартов, разработанных специально для медицинской диагностики, начиная с ГОСТ Р 59921.1–2022⁶. Создание стандартов для других областей решит проблему чрезмерной абстрактности базовых стандартов и весомо облегчит их внедрение.

Для того чтобы стандарты работали, необходим механизм подтверждения соответствия. Видится уместным проработать вопрос о создании аккредитованных лабораторий и центров сертификации, которые способны проводить независимую оценку СИИ (особенно в критически значимых сферах) на соответствие требованиям ГОСТ по робастности, предвзятости и безопасности. Новизна предлагаемого шага проявляется в переходе от добровольного приме-

⁶ ГОСТ Р 59921.1–2022. Системы искусственного интеллекта в клинической медицине. Часть 1. Клиническая оценка. (Введ. 2022-09-01).

нения стандартов к обязательному подтверждению соответствия для систем с высоким уровнем риска.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Посредством проведенного анализа показывается, что в России и на международном уровне активно формируется многоуровневая система технического регулирования, призванная обеспечить надежность и устойчивость систем искусственного интеллекта. Исследуемый процесс движется от общих принципов к конкретным, измеримым, верифицируемым требованиям, заложенным в национальных и международных стандартах. Ключевой парадигмой этого регулирования становится концепция «доверия», понимаемая как комплексное свойство системы. Российская Федерация, с одной стороны, деятельно гармонизирует свою нормативную базу с международной, принимая стандарты ISO/IEC в качестве национальных ГОСТов (как в случае с оценкой робастности), что обеспечивает включенность в глобальный технологический контекст, а с другой – разрабатывается и собственные комплексные документы, где систематизируются подходы к укреплению доверия. Отмечено, что его «архитектура» строится на следующих принципах: унифицированной терминологии, принципах риск-ориентированного анализа на протяжении жизненного цикла, конкретных методологиях оценки технических характеристик.

Практическое значение проведенного исследования заключается в том, что оно предоставляет разработчикам, регуляторам, заказчикам СИИ структурированное видение той нормативной «рамки», которая будет определять их деятельность в ближайшие годы.

Дальнейшие исследования в данной области представляется логичным сосредоточить на развитии технических и методологических показателей, критически значимых для

Сравнительный анализ стандартов и международный контекст (составлено автором на основе анализа рассматриваемых стандартов)

АСПЕКТ СТАНДАРТИЗАЦИИ	ПОДХОДЫ		СООТНОШЕНИЕ
	Российский	Международный	
Терминология	ГОСТ Р 71476–2024	ISO/IEC 22989:2022	Высокая степень согласованности. Российский стандарт является идентичным международному
Управление рисками и доверие	ГОСТ Р 59276–2020	ISO/IEC TR 24028 (Trustworthiness), ISO/IEC 23894 (Risk Management)	Концептуальная общность. ГОСТ Р 59276–2020 представляет собой комплексную структуру, ISO/IEC предлагает серию более гранулярных документов
Робастность нейронных сетей	ГОСТ Р ИСО/МЭК 24029 (части 1 и 2)	ISO/IEC 24029 (parts 1 & 2)	Прямое принятие международного стандарта, полная гармонизация
Функциональная безопасность	ПНСТ 836–2023	ISO/IEC DTR 5469	Прямое использование проекта международного технического отчета в качестве базиса для национального стандарта

безопасного и ответственного применения ИИ, включая объяснимость и интерпретируемость моделей, устойчивость к ошибкам, внешним воздействиям, воспроизводимость результатов, корректность формальной верификации алгоритмов. Пристальное внимание следует уделить анализу правовых и этических последствий стандартиза-

ции и сертификации автономных систем, поскольку именно через формирование измеримых и проверяемых технических требований стандартизация обеспечивает доверие, безопасность, зрелость рынка технологий искусственного интеллекта.

Список литературы

1. Варламова Л.Н. Международные стандарты ИСО, регламентирующие вопросы искусственного интеллекта (ИИ) // Делопроизводство. 2024. № 2. С. 13–19.
2. Локетт К., Скиданова В. Стандарты для искусственного интеллекта // Управление качеством. 2020. № 2. С. 74–76.
3. Гарбук С.В., Шалаев А.П. Перспективная структура национальных стандартов в области искусственного интеллекта // Стандарты и качество. 2021. № 10. С. 26–33.
4. Гарбук С.В. Метод оценки влияния параметров стандартизации на эффективность создания и применения систем искусственного интеллекта // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2022. № 3(67). С. 4–14.
5. Екатеринин М.В. Искусственный интеллект: предотвращение рисков с помощью стандартов // Методы менеджмента качества. 2022. № 7. С. 44–47.
6. Колючкин А.А., Кудрявцев Д.П., Ковалеров Я.Д. Технологические аспекты развития искусственного интеллекта, стандарты и безопасность // Студенческий научный форум 2025. Сборник статей XVII Международной научно-практической конференции. – Пенза: Наука и Просвещение, 2025. – С. 60–62.
7. Лисицина Н.А., Линкина А.В. Этические принципы и стандарты в сфере искусственного интеллекта и обработки персональных данных // Молодежь в науке: экономика, технологии и инновации. Материалы Международной научно-практической конференции. – Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2023. – С. 385–389.
8. Прохоров С.П. Международные стандарты по этике искусственного интеллекта: история и развитие // Материалы II Международной конференции Российского национального комитета по истории и философии науки и техники РАН, посвященной 300-летию Российской академии наук. – М.: ИИЕТ им. С.И. Вавилова РАН, 2024. – С. 67–70.
9. Бурый А.С., Погодин И.М. Оценка качества больших данных часть 1. Основные понятия и метрики // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2024. № 3(78). С. 49–58.
10. Glikson E., Woolley A.W. Human trust in artificial intelligence: Review of empirical research // Academy of management annals. 2020. T. 14. № 2. С. 627–660.

References

1. Varlamova L.N. International ISO Standards Governing Artificial Intelligence (AI) Issues. Office Management. 2024, no. 2, pp. 13–19. (In Russian).
2. Locke K., Skidanova V. Standards for Artificial Intelligence. Quality Management, 2020, no. 2, pp. 74–76. (In Russian).
3. Garbuk S.V., Shalaev A. P. Promising Structure of National Standards in the Field of Artificial Intelligence Standards and Quality, 2021, no. 10, pp. 26–33. (In Russian).
4. Garbuk S.V. A method for assessing the impact of standardization parameters on the effectiveness of creating and applying artificial intelligence systems. Information and economic aspects of standardization and technical regulation, 2022, no. 3(67), pp. 4–14. (In Russian).
5. Ekaterinin M.V. Artificial Intelligence: Risk Prevention Using Standards. Quality Management Methods, 2022, no. 7, pp. 44–47. (In Russian).
6. Koluchkin A.A., Kudryavtsev D.P., Kovalerov Y.D. Technological aspects of the development of artificial intelligence, standards and security. Student Scientific Forum 2025. Collection of articles of the XVII International Scientific and Practical Conference. Penza: 2025, pp. 60–62. (In Russian).
7. Lisitsina N.A., Linkina A.V. Ethical principles and standards in the field of artificial intelligence and personal data processing. Youth in Science: Economics, Technologies and Innovations. Materials of the International Scientific and Practical Conference. Voronezh: 2023, pp. 385–389. (In Russian).
8. Prokhorov S.P. International Standards on the Ethics of Artificial Intelligence: History and Development // Materials of the II International Conference of the Russian National Committee on the History and Philosophy of Science and Technology of the Russian Academy of Sciences, dedicated to the 300th Anniversary of the Russian Academy of Sciences. Moscow: 2024, pp. 67–70. (In Russian).
9. Buryi A.S., Pogodin I.M. Ocenka kachestva bol'shih dannyh chast' 1. Osnovnye ponyatiya i metriki // Information and economic aspects of standardization and technical regulation. 2024, no. 3(78), pp. 49–58. (In Russian).
10. Glikson E., Woolley A.W. Human trust in artificial intelligence: Review of empirical research. Academy of management annals. 2020, no. 14(2), pp. 627–660.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

ECONOMIC ASPECTS OF THE INTRODUCTION OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN RENEWABLE ENERGY

Плотницкий И.О., аспирант ФГБУ «НИЦИ МИД России», Москва

Журавлева Т.Б., д-р экон. наук, профессор, заведующий отделом аспирантуры ФГБУ «НИЦИ МИД России», Москва

Plotnitsky I.O., Postgraduate Student at the Research Institute of the Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation, Moscow

Zhuravleva T.B., Doctor of Economics, Professor, Head of the Postgraduate Department at the Federal State Budgetary Institution NICI of the Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation, Moscow

Актуальность исследования обусловлена ускоряющейся технологической динамикой в сфере возобновляемой энергетики, которая требует экономической переоценки механизмов внедрения и масштабирования инноваций. Цель работы – определить ключевые экономические аспекты, влияющие на эффективность инновационных технологий в возобновляемой энергетике, и выявить их роль в формировании новой энергетической архитектуры России. Методологическая база включает сравнительный анализ инвестиционных и производственных моделей, оценку стоимости жизненного цикла инноваций, а также сопоставление с данными Росстата. В статье предложен системный подход к оценке влияния инноваций на себестоимость выработки, локализацию оборудования и устойчивость энергетического перехода. Полученные результаты показывают, что интеграция цифровых решений, гибридных систем аккумулирования и «умных» сетей снижает совокупные издержки на 15–20% и повышает энергоэффективность генерации. Научная новизна заключается в уточнении взаимосвязи между уровнем технологической зрелости инноваций и их экономическим эффектом на макроуровне. Практическая значимость – в выработке инструментов экономической оценки инновационных проектов, ориентированных на достижение углеродной нейтральности и развитие внутреннего рынка возобновляемой энергетики.

Ключевые слова: возобновляемая энергетика, инновационные технологии, экономическая эффективность, цифровизация, энергоаккумулирование, устойчивое развитие, инвестиции.

Для цитирования: Плотницкий И.О., Журавлева Т.Б. Экономические аспекты инновационных технологий возобновляемой энергетики // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2026. № 1 (88). С. 16–21.

The relevance of the study is due to the accelerating technological dynamics in the field of renewable energy, which requires an economic reevaluation of the mechanisms for implementing and scaling innovations. The purpose of the work is to identify the key economic aspects that affect the effectiveness of innovative technologies in renewable energy and to determine their role in shaping Russia's new energy architecture. The methodological framework includes a comparative analysis of investment and production models, an assessment of the cost of the innovation's life cycle, and a comparison with data from Rosstat. The article proposes a systematic approach to assessing the impact of innovations on the cost of production, equipment localization, and the sustainability of the energy transition. The results show that the integration of digital solutions, hybrid storage systems, and smart grids reduces total costs by 15–20% and improves the energy efficiency of generation. The scientific novelty lies in clarifying the relationship between the level of technological maturity of innovations and their economic effect at the macro level. The practical significance lies in developing tools for economic assessment of innovative projects aimed at achieving carbon neutrality and developing the domestic renewable energy market.

Keywords: renewable energy, innovative technologies, economic efficiency, digitalization, energy storage, sustainable development, and investments.

For citation: Plotnitsky I.O., Zhuravleva T.B. Economic aspects of the introduction of innovative technologies in renewable energy. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2026; 1(88): 16–21. (In Russ.).

ВВЕДЕНИЕ

В условиях глобального энергетического перехода возобновляемая энергетика становится не только экологическим, но и экономическим приоритетом, определяющим конкурентоспособность национальных экономик. По данным Международного агентства по возобновляемой энергетике (далее – IRENA), в 2024 году доля возобновляемых источников энергии (далее – ВИЭ) в мировом приросте мощностей превысила 87% [1]. Общий прирост ВИЭ свидетельствует о структурном сдвиге в мировой энергетике, где инновационные технологии – цифровизация, энергоаккумуляция и гибридные системы – становятся базовым фактором снижения себестоимости и роста эффективности.

В научной литературе вопрос экономической оценки инноваций в энергетике раскрывается неоднозначно. Так, Е.В. Виноградова рассматривает развитие ВИЭ как фактор диверсификации российской экономики и источник устойчивого роста [2], тогда как К.С. Дегтярёв и Д.А. Соловьёв подчеркивают институциональные барьеры внедрения инноваций в отрасли и необходимость адаптации механизмов государственной поддержки [3]. Исследования И.С. Соловченко и А.А. Рожкова показывают, что цифровизация производственных процессов в энергетике трансформирует логику издержек и требует новых подходов к оценке жизненного цикла активов [4]. В свою очередь, Д.О. Хитрых отмечает, что цифровая трансформация энергетiki создает предпосылки для перехода к модели предсказуемых доходов, основанной на данных [5].

Совокупный анализ этих работ позволяет заключить, что экономическая результативность инновационных технологий определяется не только их техническими параметрами, но и зрелостью институциональной и финансовой среды. Несмотря на растущее число исследований, остается недостаточно изученным вопрос о том, какие именно экономические механизмы обеспечивают снижение совокупных издержек и повышение эффективности внедрения инноваций в ВИЭ в российских условиях.

Таким образом, актуальность исследования обусловлена необходимостью системного анализа взаимосвязи между технологической зрелостью инноваций, экономическими эффектами и институциональными ограничениями энергетического рынка России.

Цель статьи – определить ключевые экономические аспекты внедрения инновационных технологий в возобновляемой энергетике и выявить их роль в формировании устойчивой и конкурентоспособной энергетической архитектуры страны.

Методологическая база опирается на анализ отечественной и зарубежной литературы, статистические данные

IRENA и Росстата, сравнительный анализ инвестиционных моделей, а также на оценку стоимости жизненного цикла инноваций (LCOE, CAPEX, OPEX). Исследование направлено на формирование практических выводов, применимых при разработке национальных стратегий инновационного развития ВИЭ и перехода к низкоуглеродной экономике.

Особое внимание уделено взаимосвязи между инновационной активностью и экономическими результатами: сокращению удельной стоимости энергии (далее – LCOE – Levelized Cost of Energy – приведенная стоимость энергии), росту коэффициента использования установленной мощности (КИУМ) и созданию мультипликативного эффекта для смежных отраслей. Исследование направлено на формирование прикладных выводов, способных стать основой для разработки национальных стратегий инновационного развития ВИЭ и перехода к низкоуглеродной экономике.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Инновационные технологии становятся ключевым фактором экономической трансформации возобновляемой энергетiki. Их внедрение уже не ограничивается задачами повышения экологичности, а направлено на создание новых моделей эффективности, снижающих себестоимость энергии и формирующих устойчивую основу для энергетического перехода [6].

В последние годы развитие ветровых и солнечных электростанций сопровождается активным внедрением систем накопления энергии, цифровых двойников и программных решений, которые позволяют предсказывать поведение оборудования, минимизировать аварийность и повышать коэффициент использования установленной мощности. Экономический эффект от этого проявляется в снижении совокупных издержек, ускорении сроков ввода объектов и росте инвестиционной привлекательности. Как отмечает П.А. Кузнецов, «развитие цифровой электроэнергетической инфраструктуры способствует трансферу технологий, развитию научно-технического прогресса, ускорению цифровизации экономики, что безусловно дает все шансы вывести страну на передовые места по уровню развития и модернизации экономики» [7].

Интеграция систем накопления энергии в проекты возобновляемой генерации позволяет сгладить неравномерность выработки, повысить стабильность энергоснабжения и снизить риски небаланса. При этом первоначальные капитальные вложения увеличиваются, однако совокупная стоимость владения активом за жизненный цикл уменьшается за счет экономии на сетевых платежах, оптимизации режимов и сокращения эксплуатационных затрат (см. табл. 1).

Из представленных данных видно, что инновационные технологии дают комплексный эффект: сокращают сроки

Таблица 1

Влияние внедрения инновационных технологий на экономические показатели проектов возобновляемой энергетики 2023 г.¹ [8]

Показатель	Традиционная установка	Установка с инновационными решениями	Изменение, %
Средний срок ввода (T _{app}), мес.	24	15	–37,5
Капитальные затраты (CAPEX), млн руб./МВт	85	95	+12
Эксплуатационные затраты (OPEX), млн руб./год	8,2	5,9	–28
Себестоимость энергии (LCOE), руб./кВт·ч	4,3	3,5	–18,6
Коэффициент использования установленной мощности (КИУМ), %	31	39	+25,8
Риск повторной сертификации (R _{cert}), баллы	1,0	0,6	–40
Экспортная готовность (ER, доля проектов, %)	45	68	+23

¹ IRENA. World Energy Transition Outlook 2024. – Abu Dhabi : International Renewable Energy Agency, 2024. – URL: <https://www.irena.org/publications> (дата обращения: 10.10.2025)

реализации, снижают эксплуатационные расходы и повышают энергетическую отдачу. При этом повышение капитальных затрат компенсируется за счет ускоренной окупаемости. Особенно заметен рост КИУМ, который отражает не только техническую, но и экономическую устойчивость работы оборудования, в том числе в рамках устойчивого развития экономики страны в целом [9].

Как отмечает профессор И.С. Соловенко и А.А. Рожков, «современные специалисты обращают внимание на такие важные (но до сих пор не решенные) проблемы цифровой трансформации, как неразработанность отраслевой стратегии цифровизации предприятий топливно-энергетического комплекса, высокая степень импортозависимости, отсутствие системы цифрового управления, несформированность центров цифровых компетенций, необеспеченность развития информационной инфраструктуры, а также недостаточная разработка программ повышения квалификации персонала по цифровому развитию» [4]. Данное наблюдение подтверждается практикой российских предприятий, участвующих в программах модернизации ветроэнергетических парков.

Внедрение цифровых двойников турбин и солнечных модулей позволяет моделировать эксплуатационные режимы, прогнозировать износ элементов и оптимизировать планирование технического обслуживания. Моделирование ведет к снижению затрат на ремонт, повышению надежности и уменьшению простоев. Применение технологий искусственного интеллекта в предиктивной аналитике позволяет формировать точные сценарии работы оборудования с учетом погодных условий, суточных колебаний и прогнозов нагрузки.

Экономические выгоды цифровизации проявляются в трех измерениях. Во-первых, сокращается доля непроизводительных простоев, увеличивая годовую выработку энергии, и положительно влияет на выручку. Во-вторых, снижается уровень аварийности и продлевается срок службы оборудования, уменьшая долгосрочные инвестиционные риски. В-третьих, цифровая среда повышает прозрачность взаимодействия между участниками рынка, снижая транзакционные издержки при сертификации, согласованиях и отчетности.

Как подчеркивает Д. О. Хитрых, «анализ международного опыта внедрения цифровых технологий показывает, что внедрение данных технологий на этапах добычи и переработка нефти и газа позволяет повысить эффективность технического обслуживания оборудования на 20–30%, сократить внеплановые просто и оборудования на 15–20%, увеличить показатели извлечения и объемы добычи нефти на 10% и снизить удельную себестоимость добычи нефти на 15%» [5].

Гармонизация национальных и международных стандартов создает благоприятную среду для инноваций. Сокращение процедур сертификации и признание результатов испытаний, выполненных по стандартам IEC/ISO, позволяет ускорить ввод объектов и снизить издержки на дублирование проверок. Для России ускорение ввода объектов в эксплуатацию и минимизация издержек особенно важны, так как высокая степень локализации производства требует прозрачных процедур соответствия и доверия к результатам отечественных испытаний (см. табл. 2).

Таблица 2

Влияние внедрения инновационных технологий на экономические показатели проектов возобновляемой энергетики 2023 г.^{2,3}

Этап жизненного цикла	До гармонизации стандартов	После гармонизации	Изменение показателя
Средняя длительность согласований, мес	18	11	–39%
Доля затрат на испытания в структуре CAPEX, %	6,5	4,2	–2,3%
Количество повторных сертификаций, случаев на 10 проектов	3,1	1,2	–61%
Время выхода на экспортные рынки, мес.	24	15	–37,5%
Доля проектов с международным признанием испытаний, %	40	70	+30%

² Сост. по: Росстандарт. Отчет о развитии системы стандартизации в области энергетики за 2023 год. – М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2024. – URL: <https://rosstandart.gov.ru> (дата обращения: 10.10.2025).

³ Минэнерго России. Энергетический доклад Российской Федерации – 2024. – М.: Министерство энергетики РФ, 2024. – URL: <https://minenergo.gov.ru> (дата обращения: 10.10.2025).

Из данных таблицы видно, что стандартизация оказывает значительный мультипликативный эффект. Она не только ускоряет технологический цикл, но и повышает доверие инвесторов и партнеров к отечественным проектам. Наличие прозрачной нормативной среды сокращает стоимость капитала и создает основу для долгосрочного планирования.

Как подчеркивают К. Дегтярёв и Д. Соловьёв, «актуальность развития возобновляемой энергетики в России сохраняется; более того, отход от излишнего фокусирования на климатической повестке позволяет обратить внимание на ряд других, более существенных предпосылок ее использования» [3]. Данный вывод согласуется с результатами международных исследований, подтверждающих, что каждая неделя ускорения сертификации снижает издержки проекта на 0,5–1%.

Экономический успех внедрения инноваций невозможен без адаптированной системы финансирования. Наиболее востребованными становятся «зеленые» облигации, механизмы проектного финансирования и долгосрочные контракты на поставку энергии. Эти инструменты позволяют снизить стоимость капитала и обеспечить устойчивость денежных потоков.

Развитие устойчивых финансов в России идет по пути интеграции ESG-принципов в корпоративную отчетность. По данным Банка России, к концу 2024 года объем обращающихся «зеленых» облигаций превысил 250 млрд рублей, а в таксономию устойчивых инвестиций впервые включены проекты по накоплению и цифровому управлению энергией. Такое институциональное признание инноваций свидетельствует о зрелости рынка и готовности инвесторов вкладываться в технологические решения долгосрочного характера.

Как подчеркивает доктор экономических наук Е.В. Виноградова, «развитие рынка зеленых финансов формирует экономику доверия, где стоимость денег зависит не только от рисков, но и от вклада проекта в устойчивость» [2].

Российская энергетика обладает значительным потенциалом для развития инноваций, особенно в сфере солнечной и ветровой генерации. Наличие научных школ, инженерных компетенций и доступных природных ресурсов создает предпосылки для формирования внутреннего рынка оборудования. Однако основными барьерами остаются высокая капиталоемкость, недостаточная локализация элементной базы и необходимость обновления нормативно-технических регламентов.

Постепенное внедрение цифровых платформ для управления стандартами, создание испытательных центров и развитие программ подготовки кадров формируют инфраструктуру для ускоренного внедрения инноваций. В регионах с развитой промышленной базой уже появляются локальные кластеры возобновляемой энергетики, объединяющие производителей оборудования, научные институты и сервисные компании.

Сводный анализ показывает, что инновационные технологии в сфере возобновляемой энергетики оказывают мультипликативное влияние на экономику проектов. Сочетание накопителей, цифровых систем мониторинга, гибридных решений и стандартизации формирует замкнутый контур эффективности, в котором каждый элемент усиливает действие других.

Во-первых, инновации снижают совокупные издержки, повышая производительность активов. Во-вторых, они уменьшают регуляторные лаги, повышая скорость возврата инвестиций. В-третьих, они создают благоприятные условия

для участия России в международных технологических цепочках. Эти тенденции подтверждают устойчивость инвестиционного интереса к сектору даже в условиях глобальной турбулентности и санкционных ограничений.

Проведенный анализ показал, что инновационные технологии становятся не дополнением, а основой экономической устойчивости возобновляемой энергетики. Они меняют структуру затрат, повышают энергоэффективность и создают условия для снижения зависимости от внешних поставок. Экономический эффект проявляется на всех стадиях жизненного цикла – от проектирования до эксплуатации. В современных условиях именно инновации обеспечивают баланс между экономической рациональностью и экологическими целями. Совмещение цифровизации, стандартизации и новых финансовых инструментов формирует долгосрочный вектор роста отрасли.

Таким образом, развитие инновационных технологий в возобновляемой энергетике создает прочный фундамент для модернизации экономики, повышения ее технологической независимости и устойчивого движения к углеродной нейтральности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Инновационное развитие возобновляемой энергетики становится стратегическим направлением экономической политики, формирующим новую модель роста, основанную на знаниях, технологической независимости и устойчивости. Проведенное исследование показало, что технологические инновации уже не являются вспомогательным элементом, а выступают системным фактором, определяющим эффективность и конкурентоспособность энергетического сектора России.

Главный вывод состоит в том, что внедрение цифровых решений, систем накопления энергии и современных механизмов управления проектами приводит к экономическому эффекту, сопоставимому с масштабами традиционных источников энергосбережения. Инновации снижают совокупные издержки, сокращают сроки реализации проектов и повышают коэффициент использования установленной мощности, тем самым увеличивая отдачу на вложенный капитал. Стандартизация и цифровизация производственных процессов обеспечивают предсказуемость результатов, уменьшают регуляторные лаги и повышают доверие инвесторов.

Особое значение имеет развитие институциональной среды. Гармонизация национальных стандартов с международными системами IEC и ISO, внедрение принципа минимально жизнеспособных стандартов, цифровой документооборот и создание испытательных центров формируют современную инфраструктуру для тиражирования инно-

ваций. Эти шаги позволяют России укрепить позиции на глобальном рынке возобновляемых технологий, где признание процедур испытаний и прозрачность сертификации становятся ключевыми условиями доступа.

Наряду с техническими и регуляторными мерами важнейшим направлением остается финансовая поддержка инновационных проектов. Развитие рынка «зеленых» облигаций, внедрение таксономии устойчивых инвестиций, применение механизмов проектного финансирования и контрактов на разницу формируют «экономику доверия», в которой стоимость капитала снижается благодаря верифицированным экологическим и технологическим метрикам. Эти инструменты создают долгосрочные стимулы для частного сектора и позволяют масштабировать инновации без чрезмерной зависимости от бюджета.

Социально-экономический эффект инноваций проявляется в росте занятости, развитии инженерных компетенций, расширении внутреннего рынка оборудования и повышении налоговой устойчивости регионов. Распространение технологий накопления энергии, цифровых систем мониторинга и гибридных станций создает новые цепочки добавленной стоимости и укрепляет промышленный потенциал страны. Таким образом, инновации становятся источником не только экологической, но и макроэкономической устойчивости.

В долгосрочной перспективе переход к инновационной модели энергетики требует синхронизации усилий государства, бизнеса и науки. Государство должно создавать нормативные и финансовые стимулы, бизнес – внедрять гибридные технологические решения, а научное сообщество – формировать теоретическую и методическую базу оценки эффективности инноваций. Только при их взаимодействии возможно достижение стратегических целей энергетического перехода и выполнение международных обязательств в области снижения углеродного следа.

Проведенное исследование подтвердило, что экономический эффект внедрения инноваций в возобновляемой энергетике определяется не только снижением затрат, но и качественными изменениями в структуре управления, финансирования и регулирования. От скорости адаптации этих институтов зависит, сумеет ли Россия использовать окно возможностей для формирования нового технологического уклада.

Итоговое заключение состоит в том, что возобновляемая энергетика, основанная на инновационных технологиях, является не просто экологическим трендом, а экономическим фундаментом новой индустриальной эпохи. Она объединяет технологические достижения, финансовые механизмы и институциональные изменения в единую стратегию устойчивого роста. Реализация этой страте-

гии позволит России не только повысить энергетическую безопасность и диверсифицировать экономику, но и занять достойное место в международной системе низкоуглеродного развития.

Рецензент: Сухов Андрей Владимирович, доктор технических наук, профессор, старший научный сотрудник научно-производственного объединения «Специальная техника и связь», г. Москва, Российская Федерация. E-mail: avs57@mail.ru

Список литературы

1. Энергетика и промышленность России. IRENA: в 2023 году ВИЭ-генерация обеспечила 87% общемирового прироста мощностей // Энергетика и промышленность России. – 22.03.2024. – URL: <https://eprussia.ru/market-and-analytics/1098123.htm> (дата обращения: 10.10.2025).
2. Виноградова Е.В. Экономические аспекты развития возобновляемых источников энергии в России // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral». 2020. № 1. С. 285–288.
3. Дегтярев К. С., Соловьев Д. А. Проблемы и перспективы развития возобновляемой энергетики России в новых условиях // Энергетическая политика. 2022. № 6 (172). С. 55–69.
4. Соловенко И.С., Рожков А.А. Цифровизация предприятий топливно-энергетического комплекса России (рубеж XX–XXI вв.): степень изученности проблемы // Вестн. Том. гос. ун-та. 2023. № 489. С. 153–161.
5. Хитрых Д. О цифровой трансформации энергетической отрасли // Энергетическая политика. 2021. № 10 (164). С. 76–89.
6. Саломатин М.М. Информационные технологии как инновационный вектор развития электроэнергетики // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2012. № 2(6). С. 14.
7. Кузнецов П.А., Борисов Ю.А. Влияние развития электроэнергетической инфраструктуры на рост экономики // Инновации и инвестиции. 2020. № 5. С. 288–291.
8. Росстат. Энергетика России. Статистический сборник. – М.: Росстат, 2024. – URL: <https://rosstat.gov.ru> (Дата обращения: 10.10.2025).
9. Аронов И.З., Бурый А.С., Рыбакова А.М. Умная экономика замкнутого цикла: основа цифровых стратегий производственных компаний. Часть 1. Технологическая синергия индустрии 4.0 // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2022. № 4(68). С. 54–63.

References

1. Energetika i promyshlennost' Rossii. IRENA: v 2023 godu VIE-generaciya obespechila 87% obshchemirovogo prirosta moshchnostej. Energetika i promyshlennost' Rossii. 22.03.2024. – Available at: <https://eprussia.ru/market-and-analytics/1098123.htm> (Accessed 10 oktober 2025). (In Russ.).
2. Vinogradova E.V. Ekonomicheskie aspekty razvitiya vozobnovlyaemykh istochnikov energii v Rossii. Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh nauk i tekhnologij «Integral». 2020; 1:285-288.
3. Degtyarev K.S., Solovjev D.A. Problemy i perspektivy razvitiya vozobnovlyaemoj energetiki Rossii v novyh usloviyah. Energeticheskaya politika. 2022;6(172):55-69. (In Russ.).
4. Solovenko I.S., Rozhkov A.A. Cifrovizaciya predpriyatij toplivno-energeticheskogo kompleksa Rossii (rubezh XX–XXI vv.): stepen' izuchennosti problem. Vestn. Tom. gos. un-ta. 2023;489: 153–161. (In Russ.).
5. Khitrykh D. O cifrovoj transformacii energeticheskoy otrasli. Energeticheskaya politika. 2021; 10(164):76-89. (In Russ.).
6. Salomatin M.M. Informacionnye tekhnologii kak innovacionnyj vektor razvitiya elektroenergetiki. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2012; 2(6):14. (In Russ.).
7. Kuznetsov P.A., Borisov Y.A. Vliyanie razvitiya elektroenergeticheskoy infrastruktury na rost ekonomiki. Innovacii i investicii. 2020;5:288-291. (In Russ.).
8. Rosstat. Energetika Rossii. Statisticheskij sbornik. Moscow: Rosstat, 2024. Available at: <https://rosstat.gov.ru> (Accessed 10 oktober 2025). (In Russ.).
9. Aronov I.Z., Buryi A.S., Rybakova A.M. Umnaya ekonomika zamknutogo cikla: osnova cifrovyyh strategij proizvodstvennyh kompanij. Part 1. Tekhnologicheskaya sinergiya industrii 4.0. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2022;4(68):54-63. (In Russ.).

ОБОСНОВАНИЕ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ПОДХОДА К ГОСУДАРСТВЕННОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ В КОНТЕКСТЕ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

SUBSTANTIATION OF A DIFFERENTIATED APPROACH TO STATE REGULATION OF ECONOMIC DEVELOPMENT OF REGIONS IN THE CONTEXT OF IMPORT SUBSTITUTION

Вахитов М.Р., старший преподаватель, кафедра оборудования пищевых производств, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань

Сбалансированность регионального развития в контексте импортозамещения во многом обусловлена источниками экономического роста, в качестве которых в работе рассмотрены интеллектуальный и природно-ресурсный потенциал региона и концентрация научно-технологического потенциала. Отмеченное определяет необходимость выработки адресной государственной политики импортозамещения на региональном уровне управления. Это легло в основу формулирования цели исследования – разработка дифференцированного подхода к государственному регулированию экономического развития регионов в контексте импортозамещения (на примере регионов Приволжского федерального округа). Задачи исследования: предложить подходы к классификации региональных экономических систем с учетом решения проблемы сбалансированности регионального развития в условиях импортозамещения; предложить и обосновать модели государственного регулирования экономического развития регионов. Итоги исследования: 1) выделены регионы-акцепторы и регионы-доноры интеллектуального капитала; регионы классифицированы на конкурентоспособные, перспективные и формирующие; 2) на предложенной типологии основана рекомендация моделей государственного регулирования по классам регионов: пропульсивная, стабилизирующая и поддерживающая модели. Предложенный дифференцированный подход к государственному регулированию экономического развития регионов ПФО, основанный на модели приоритизации мер по импортозамещению для каждого класса мезосистем, направлен на обеспечение гармонизированного роста мезосистем.

Ключевые слова: региональная экономика, региональная экономическая система, импортозамещение, технологическая независимость, источники экономического развития, государственное регулирование.

Для цитирования: Вахитов М.Р. Обоснование дифференцированного подхода к государственному регулированию экономического развития регионов в контексте импортозамещения // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2026. № 1(88). С. 22–27.

Vakhitov M.R., Senior Lecturer, the Department of Food Production Equipment, Kazan National Research Technological University, Kazan

The balanced regional development in the context of import substitution is largely determined by the sources of economic growth, as which the intellectual and natural resource potential of the region and the concentration of scientific and technological potential are considered in the work. This determines the need to develop a targeted state policy of import substitution at the regional management level. This formed the basis for the formulation of the purpose of the study – the development of a differentiated approach to state regulation of the economic development of regions in the context of import substitution (using the example of the regions of the Volga Federal District). Research objectives: to propose approaches to classifying regional economic systems, taking into account the solution of the problem of balancing regional development in the context of import substitution; to propose and substantiate models of state regulation of the economic development of regions. The results of the study: 1) the acceptor regions and the donor regions of intellectual capital are identified; the regions are classified into competitive, promising and emerging; 2) based on the proposed typology, the recommendation of models of state regulation by classes of regions is justified: propulsive, stabilizing and supportive models. The proposed differentiated approach to state regulation of the economic development of the Volga Federal District regions, based on a model of prioritization of import substitution measures for each class of mesosystems, is aimed at ensuring the harmonized growth of mesosystems.

Keywords: regional economy, regional economic system, import substitution, technological independence, sources of economic development, government regulation.

For citation: Vakhitov M.R. Substantiation Of A Differentiated Approach To State Regulation Of Economic Development Of Regions In The Context Of Import Substitution. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2026; 1(88): 22–27. (In Russ.).

ВВЕДЕНИЕ

Асимметричное развитие региональных экономических систем детерминировано спецификой источников роста – условиями, определяющими способность хозяйствующей системы к приращению валового регионального продукта, благополучие населения, повышение качества жизни. Такими условиями является интеллектуальный и природно-ресурсный потенциал региона. Также неравномерное развитие мезосистем обусловлено миграцией интеллектуального капитала. Речь идет как о студентах, так и о специалистах. Как следствие, существуют разнородные мезосистемы, требующие дифференцированного подхода к развитию территорий, что Стратегией пространственного развития Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2036 года обозначено в качестве одного из важнейших принципов пространственного развития Российской Федерации [1].

Драйвером развития территорий является научно-технический прогресс, который, в свою очередь, определяет различие в темпах технологического развития регионов. Данное обстоятельство обусловлено различием в концентрации ресурсов, в том числе инвестиционных. А в условиях достижения целей политики импортозамещения актуальными становятся вопросы кооперации между регионами с высокой и низкой научно-технологической базой, формирования цифровой платформы управления пространственным развитием, связывающей цели, задачи, пространственные приоритеты в единый информационный контур [1], обеспечивающий вклад в укрепление технологического имунитета страны [2].

Как следствие, с одной стороны, различающаяся совокупность источников регионального развития, а с другой стороны, разная степень концентрации научно-технологического потенциала служат основанием для выработки адресной государственной политики импортозамещения на региональном уровне управления.

В целях выработки рекомендательных моделей государственного регулирования исследованы известные подходы [3–6]:

- модель открытых систем, основанная на принципе «воронки причинности» при разработке государственной политики (Р. Хоффербет);
- модель «институционального рационального выбора» (Э. Остр);
- модель «политических потоков», а именно объединение трех потоков: проблем, специалистов, анализирующих проблемы, и политического потока (Р. Киндом);
- модель «конкурирующих защищающих коалиций»;
- государство-«вдохновитель», государство-«патрон», государство-«архитектор» и государство-«инженер»;

- модели разработки государственной политики «сверху вниз», «снизу вверх», «централизованная», «демократическая»;
- модель адресной экономической политики в социальной сфере (учитывает дифференциацию региональных систем) и др.

Однако обзор перечисленных моделей позволяет констатировать перспективы исследования влияния источников развития и технологической самодостаточности регионов на модель государственной политики в условиях фокуса на импортоопережение. В связи с этим определена цель исследования – разработка дифференцированного подхода к государственному регулированию экономического развития регионов в контексте импортозамещения.

Задачи, способствующие достижению цели исследования, сводятся к следующему:

- 1) предложить подходы к классификации региональных экономических систем с учетом решения проблемы сбалансированности регионального развития в условиях импортозамещения;
- 2) предложить и обосновать модели государственного регулирования экономического развития регионов ПФО.

Объект исследования – региональные экономические системы Приволжского федерального округа (14 субъектов Российской Федерации).

Информационная база исследования сформирована по статистическим данным (источники данных – Федеральная служба государственной статистики [7] и Министерство науки и высшего образования Российской Федерации [8]).

ТИПОЛОГИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В основе дифференцированного подхода к государственному регулированию развития регионов лежит типологизация. Авторское исследование опирается на: 1) частные и обобщенные показатели источников регионального развития; 2) уровень технологической независимости регионов. В обоих случаях применена авторская методика оценки, описанная ниже.

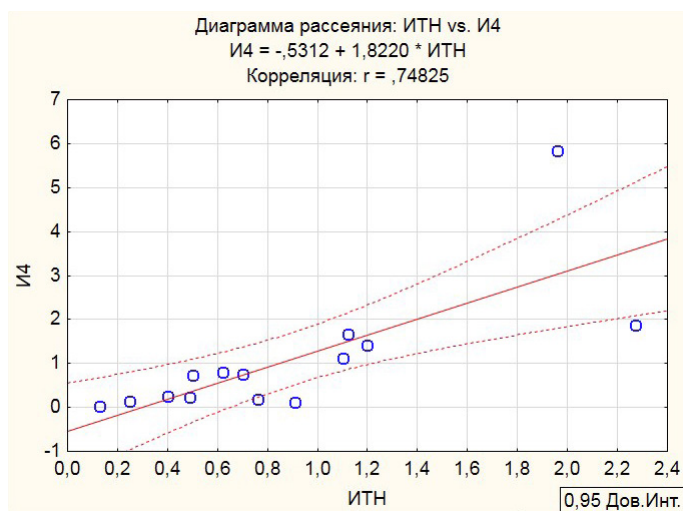
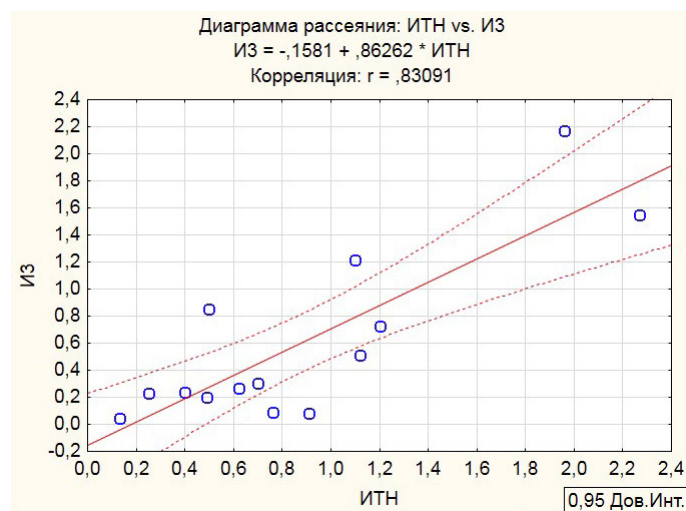
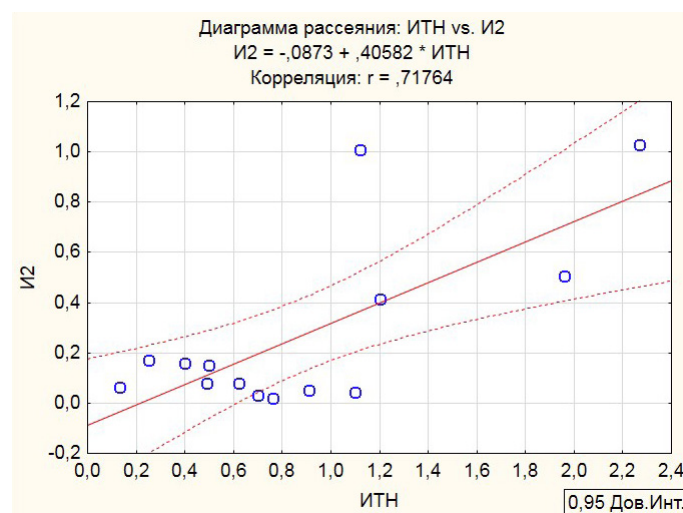
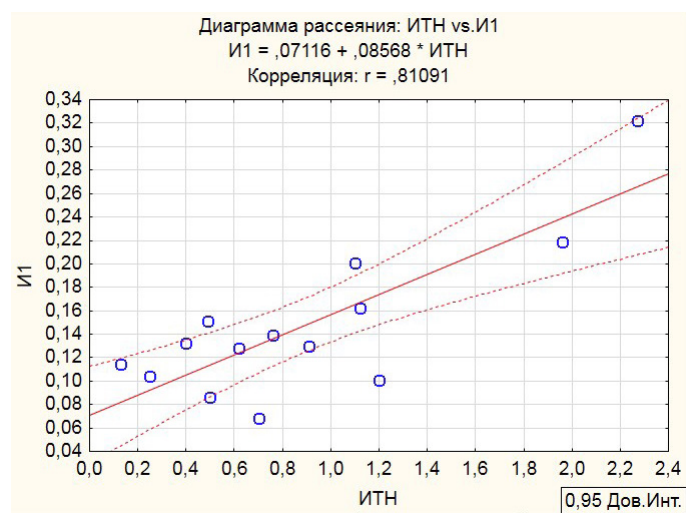
Расчет уровня технологической независимости (ИТН) регионов включает суммирование трех субиндексов – научного, технологического, инновационного, каждый из которых рассчитан как среднее арифметическое включенных нормированных показателей. Научная компонента объединяет показатели: число организаций, выполняющих НИР в регионе, единиц; численность персонала, занятых НИР в регионе, человек; доля затрат на НИР в ВРП реги-

она в %; число поданных патентов на изобретения от региона, единиц. Технологическая компонента строится на показателях: число организаций, разрабатывавших новые технологии на предприятиях региона, единиц; число используемых прорывных технологий производства сроком до 1 года на предприятиях региона, единиц; число организаций, принимавших участие в реализации региональных стратегий технологического развития региона, единиц; разработанные передовые технологии производства на предприятиях и в организациях региона, единиц. К инновационной компоненте отнесены:

- уровень инновационной активности предприятий региона (в %);
- доля организаций региона, осуществляющих технологические инновации (%);
- доля инновационных товаров в реализованной продукции в регионе (%);

– интенсивность затрат на инновации на предприятиях региона (%).

В рамках анализа источников экономического роста в данной статье внимание сфокусировано на интеллектуальном потенциале, который объединяет образовательно-квалификационный, научно-исследовательский и инновационный потенциал. Среди обследованных параметров выявлена заметная связь ИТН с четырьмя показателями: средняя доля обучающихся, получивших предыдущее образование в другом субъекте РФ и поступивших на технические направления в i -м регионе (И1); коэффициент прибытия занятого населения (межрегиональная трудовая миграция) (И2); численность исследователей с ученой степенью кандидата наук или доктора наук, в % от общего значения по РФ (И3); численность персонала, занятого исследованиями и разработками, в % от общего значения по РФ (И4) (см. рисунок).



Исходя из анализа парных корреляций предложено классифицировать регионы на 2 категории:

1) акцепторы – регионы, притягивающие интеллектуальный капитал, активно создающие рабочие места и обладающие высоким научно-исследовательским и инновационным потенциалом, т.е. конкурентоспособные и перспективные регионы (Республики Татарстан и Башкортостан, Нижегородская и Самарская области);

2) доноры – регионы, формирующие общеобразовательный пласт для обеспечения технологического лидерства страны, т.е. формирующиеся (остальные субъекты ПФО).

Другой подход к классификации мезосистем опирается на метод кластерного анализа мезосистем по двум критериям: ИТН и обобщенный показатель источников экономического развития. Расчет последнего основан на следующем алгоритме. Дополнительно к показателям И1–И4 учтены показатели природно-ресурсного (площадь земельных ресурсов, объем отгруженных товаров в сфере добычи полезных ископаемых) и интеллектуального потенциала (среднее минимальное количество баллов по результатам ЕГЭ (по техническим направлениям обучения), доля выпуска бакалавров, специалистов и магистров в общей численности населения региона, доля выпуска квалифицированных рабочих и служащих в общей численности населения региона). На основе суммирования взвешенных коэффициентов корреляции показателей источников экономического развития с ИТН получен интегральный показатель концентрации источников экономического роста региона ПФО.

В результате кластеризации (оба указанных выше критерия признаны статистически значимыми) регионы ПФО классифицированы на 3 группы: конкурентоспособные мезосистемы (КС: Республика Татарстан, Нижегородская область), перспективные (П: Республика Башкортостан, Пермский край, Самарская область) и формирующиеся (Ф: остальные субъекты РФ).

МОДЕЛИ ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ ПФО

Рычагами регионального развития импортозамещения и импортоопережения являются: стимулирование регионов-акцепторов к созданию сетевой научно-исследовательской коммуникационной инфраструктуры и государственная поддержка регионов-доноров в повышении качества общего и среднего профессионального образования, стимулирование развития передовых общеобразовательных организаций. Меры направлены на снижение асимметрии социально-экономического развития регионов ПФО.

Эффективная государственная политика в области импортозамещения также требует учета полюсов роста, под ко-

торыми понимают мезосистемы, интенсивные темпы роста которых обусловлены развивающимися отраслями, способствующими экономическому развитию всей территории полюса роста. В Приволжском федеральном округе сформирован полюс роста «Волга – Кама», к которому относятся Республика Татарстан, Республика Башкортостан, Оренбургская область, Самарская область, Ульяновская область, Чувашская Республика, Республика Марий Эл, Кировская область, Удмуртская Республика [9]. Полюс роста характеризуется наличием пропульсивных отраслей, способных к саморазвитию и генерации импульсов развития для периферии. Как следствие, предложено дифференцировать модели государственного регулирования по классам регионов.

1. Пропульсивная модель: государство стимулирует конкурентоспособные мезосистемы к форсированной реализации источников регионального развития с целью разработки принципиально новых отечественных технологий, отвечающих запросам внутреннего рынка и конкурентоспособных на внешнем рынке. Регионы, на которые направлена данная модель, за счет развития отраслей национальной значимости способствуют импортоопережению в масштабах страны. Особое внимание уделяется повышению и результативности инновационной деятельности. Требуется высокая степень координации между ведомствами.

2. Стабилизирующая модель: государство способствует адаптации региональной экономики к новой конъюнктуре рынка, стабилизации и устойчивому росту экономики путем стимулирования инвестиций, инноваций, предпринимательства, развития инфраструктурной поддержки в сфере образования и науки, поддержки занятости и повышения квалификации и профессионального обучения сотрудников.

3. Поддерживающая модель: государство содействует развитию частного сектора экономики путем дифференцированной налоговой политики, инфраструктурного развития системы общего образования и др.

В целом перечисленные модели предложено объединить в модель «источники-технологии», которая описывает способность региональных экономических систем генерировать технологии на основе имеющихся источников развития, что, в свою очередь, определяет комплекс мер по импортозамещению, иницируемый государством.

Исходя из проблем, способов, стратегий замещения импорта [10, 11] предложена модель приоритизации мер по импортозамещению – система альтернативных моделей государственного регулирования развития регионов и степень их предпочтения (см. таблицу, где *** – приоритетная модель; ** – возможная; * – нерациональная), дифференцированная по классу мезосистем.

Модели государственного регулирования импортозамещения экономического развития регионов ПФО (составлено автором)

Модель	Класс регионов ПФО		
	КС	П	Ф
Пропульсивная модель Стимулирование реализации собственных инвестиционных программ по замещению импорта	***	**	*
Стабилизирующая модель Стимулирование перехода на аналогичную, но более дорогую отечественную продукцию; усиление межрегиональной интеграции	**	***	**
Поддерживающая модель Стимулирование перехода на менее технологичную, но отечественную продукцию с перспективой повышения технологической независимости	*	**	***

Дополнением к предложенному подходу к адресной государственной политике является тезис о необходимости совмещения индикативного и программно-целевого метода. Индикативное планирование определяет направления развития региональной экономики, опирающиеся на рекомендательные модели управления. Программно-целевой метод управления региональным развитием предполагает фокусирование на определенных целях и мероприятиях, позволяющих достичь поставленных целей, необходимых ресурсах и программах. В рамках настоящего исследования данный метод позволяет структурировать проблемы экономического развития систем и соответствующие меры, планировать расходы по достижению целей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, сформулированы следующие выводы:

- драйверами импортозамещения являются приток интеллектуального капитала в регионы, научно-исследовательский и инновационный капитал;
- по критериям межрегиональной миграции и притока студентов из других субъектов РФ регионы ПФО классифицированы на 2 типа: акцепторы (Республики Татарстан и

Башкортостан, Нижегородская и Самарская области) и доноры (остальные регионы ПФО);

- в зависимости от уровня технологической независимости и концентрации источников экономического роста регионы ПФО классифицированы на конкурентоспособные, перспективные и формирующиеся;

– предложено дифференцировать модели государственного регулирования по классам регионов: пропульсивная модель – для конкурентоспособных регионов, стабилизирующая – для перспективных, поддерживающая – для формирующихся, что описывает способность региональных экономических систем генерировать технологии на основе имеющихся источников развития и определяет комплекс мер по импортозамещению, инициируемый государством;

- механизм управления региональным развитием в целях импортозамещения следует строить на совмещении индикативного и программно-целевого методов, позволяющих упорядочить этапы анализа, планирования и прогнозирования будущего состояния мезоэкономической системы, распределять ресурсы пропорционально ее вкладу в формирование технологического суверенитета страны.

Список литературы

1. Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2036 года. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 28.12.2024 № 4146-р. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/411143583/> (дата обращения: 17.10.2025). Текст: электронный.
2. Галимулина Ф.Ф. Цифровые инструменты управления промышленным предприятием в условиях укрепления технологического суверенитета // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2022. № 4(95). С. 65–72.
3. Лаврикова Н.И. Особенности системного подхода к разработке адресной государственной политики в социально-экономической сфере // Международный научный журнал. 2019. № 3. С. 7–13.
4. Олейникова А.А., Харченко Е.В. Реализация государственной политики на региональном уровне // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 2012. № 19 (138). С. 48–54.
5. Сухарев О.С. Технологический дуализм российской экономики и структурная политика новой модели ее роста // Вестник Института экономики Российской академии наук. 2023. № 1. С. 75–89.
6. Chartrand H.H., McCaughey C. The arm's length principle and the arts: an international perspective—past, present and future // Who's to Pay for the Arts. 1989. Pp. 43–80.
7. Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения: 17.10.2025). Текст: электронный.
8. Минобрнауки России. URL: <https://minobrnauki.gov.ru/> (дата обращения: 17.10.2025). Текст: электронный.
9. Стратегия социально-экономического развития Республики Татарстан до 2030 года. Утверждена Законом Республики Татарстан от 17 июня 2015 г. № 40-ЗРТ. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/428570021> (дата обращения: 17.10.2025). Текст: электронный.
10. Волкова Е.В. Стратегии импортозамещения в современной российской экономике // Проблемы развития предприятий: теория и практика. 2023. № 1–2. С. 135–138.
11. Ограничения на импорт сдерживают экспорт: результаты опроса предприятий. Аналитическая записка / Н. Карлова, А. Морозов, Е. Пузанова. URL: http://www.cbr.ru/Content/Document/File/144420/analytic_note_20230130_dip.pdf (дата обращения: 17.10.2025). Текст: электронный.

References

1. Strategiya prostranstvennogo razvitiya Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda s prognozom do 2036 goda [The Spatial Development Strategy of the Russian Federation for the period up to 2030 with a forecast up to 2036]. Approved by the Government of the Russian Federation no. 4146-r dated 28.12.2024. Available at: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/411143583/> (accessed: 17.10.2025).
2. Galimulina F.F. Cifrovye instrumenty upravleniya promyshlennym predpriyatiem v usloviyax ukrepleniya tekhnologicheskogo suvereniteta [Digital tools for industrial enterprise management in conditions of technological sovereignty strengthening]. Vestnik Belgorodskogo universiteta kooperacii, e'konomiki i prava. 2022, no. 4(95), pp. 65–72.
3. Lavrikova N.I. Osobennosti sistemnogo podxoda k razrabotke adresnoj gosudarstvennoj politiki v social'no-e'konomicheskoy sfere [Features of the system approach to the development of address state policy in the socio-economic sphere]. Mezhdunarodnyj nauchnyj zhurnal. 2019, no. 3, pp. 7–13.
4. Olejnikova A.A., Kharchenko E.V. Realizaciya gosudarstvennoj politiki na regional'nom urovne [Realization of the state policy at regional level]. Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: E'konomika. Informatika. 2012, no.19 (138), pp. 48–54.
5. Sukharev O.S. Tekhnologicheskij dualizm rossijskoj e'konomiki i Strukturalnaya politika novoj modeli ee rosta [Technological dualism of the Russian economy and the structural policy of its new growth model]. Vestnik Instituta e'konomiki Rossijskoj akademii nauk. 2023, no.1, pp. 75–89.
6. Chartrand H.H., McCaughey C. The arm's length principle and the arts: an international perspective—past, present and future. Who's to Pay for the Arts. 1989, pp. 43–80.
7. Federal State Statistics Service (Rosstat). Available at: <https://rosstat.gov.ru> (accessed: 17.10.2025).
8. Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation. Available at: <https://minobrnauki.gov.ru/> (accessed: 17.10.2025).
9. Strategiya social'no-e'konomicheskogo razvitiya Respubliki Tatarstan do 2030 goda [Strategy of socio-economic development of the Republic of Tatarstan until 2030]. Approved by the the Law of the Republic of Tatarstan no. 40-ZRT dated 17.06.2015. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/428570021> (accessed: 17.06.2025).
10. Volkodavova, E.V. Strategii importozameshheniya v sovremennoj rossijskoj e'konomike [Import substitution strategies in the modern Russian economy]. Problemy razvitiya predpriyatij: teoriya i praktika. 2023, no.1–2, pp. 135–138.
11. Ogranicheniya na import sderzhivayut e'ksport: rezul'taty oprosa predpriyatij. Analiticheskaya zapiska [Import restrictions are holding back exports: the results of a survey of enterprises. Analytical note]. N. Karlova, A. Morozov, E. Puzanova. Available at: http://www.cbr.ru/Content/Document/File/144420/analytic_note_20230130_dip.pdf (accessed: 17.10.2025).

LEAN SIX SIGMA ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОТЕНЦИАЛА И НОРМИРОВАНИЯ ТРУДОЗАТРАТ ОБРАБОТКИ ОБРАЩЕНИЙ В СЕРВИСНЫХ КОМПАНИЯХ

LEAN 6 SIGMA FOR ASSESSING AND SETTING LABOR STANDARDS FOR HANDLING CUSTOMER REQUESTS IN SERVICE COMPANIES

Коротков Р.Н., руководитель направления, ПАО «Газпромнефть», Россия, г. Санкт-Петербург

Фроленко А.С., руководитель проекта, ПАО «Газпромнефть», Россия, г. Санкт-Петербург

Макаренко Е.А., канд. экон. наук, доцент кафедры бизнес-информатики и менеджмента Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения, г. Санкт-Петербург

Korotkov R.N., Head of Department, Gazprom Neft PJSC, St. Petersburg

Frolenko A.S., Project manager, Gazprom Neft PJSC, St. Petersburg

Makarenko E.A., PhD in Economics, Associate Professor at the Department of Business Informatics and Management, Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, St. Petersburg

Рост объема и сложности пользовательских обращений в сервисных подразделениях при высокой вариативности работ делает традиционные экспертные и средние нормы трудозатрат недостаточно точными и приводит к перекосам загрузки и рискам нарушения SLA. Цель: разработать и апробировать статистически обоснованный подход Lean Six Sigma для оценки фактического и потенциального времени обработки обращений и формирования прозрачной системы нормирования. Методы: цикл DMAIC, описание процесса (SIPOC), описательная статистика и анализ вариаций, проверка гипотез (t-тест, ANOVA), кластеризация, множественная регрессия и контрольные карты Шухарта. Полученные результаты: построена модель ($R^2 = 0,82$), выделены ключевые драйверы (сложность, приоритет), рассчитаны нормативы как доверительные интервалы по категориям обращений и оценен потенциал оптимизации для проактивного управления ресурсами.

Ключевые слова: Лин 6 Сигма, нормирование труда, сервисы, трудозатраты, контрольные карты, динамический потенциал.

Для цитирования: Коротков Р.Н., Фроленко А.С., Макаренко Е.А. Lean Six Sigma для оценки потенциала и нормирования трудозатрат обработки обращений в сервисных компаниях // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2026. № 1(88). С. 28–34.

The growing volume and complexity of customer requests in service units, combined with high process variability, make traditional expert-based and average labor standards insufficiently accurate and lead to workload imbalances and SLA risks. Goal: To develop and pilot a statistically grounded Lean Six Sigma approach for estimating actual and potential request-handling time and for building a transparent labor-standard system. Methods: The DMAIC cycle, process mapping (SIPOC), descriptive statistics and variation analysis, hypothesis testing (t-test, ANOVA), clustering, multiple regression, and Shewhart control charts. Results: A predictive model ($R^2 = 0.82$) was obtained; key drivers (complexity, priority) were identified; time standards were set as confidence-interval ranges by request category, and optimization potential was quantified to enable proactive capacity and resource management.

Keywords: Lean 6 Sigma, labor standards, services, labor costs, control charts, active potential.

For citation: Korotkov R.N., Frolenko A.S., Makarenko E.A. Lean Six Sigma for Assessing Potential and Setting Labor Standards for Handling Customer Requests in Service Companies. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2026; 1(88): 28–34. (In Russ.).

ВВЕДЕНИЕ

В сервисных компаниях (ИТ-поддержка, логистика, ремонты, бизнес-сервисы) основной «резерв эффективности» редко проявляется в виде очевидных потерь сырья или простоя оборудования: он скрыт в самих процессах обработки обращений – в невидимых потерях времени, лишних согласованиях, разрывах на стыках, неоптимальных маршрутах данных и неоднородности качества решений. На этом фоне многие организации фиксируют устойчивый рост количества и сложности пользовательских обращений, а требования к скорости и качеству обработки (включая соблюдение SLA) становятся более жесткими, что переводит управление трудозатратами из вспомогательной задачи в критический фактор устойчивости сервиса.

Практика нормирования и планирования ресурсов в поддержке по-прежнему часто опирается либо на историческое усреднение, либо на экспертные оценки. Однако усреднение не учитывает естественную вариативность сервисного процесса и влияние ключевых факторов (тип, сложность, приоритет обращения, компетенции и опыт специалиста), а экспертные оценки подвержены когнитивным искажениям и плохо воспроизводимы. В результате нормативы оказываются «слепыми» к реальной структуре работ, что ведет к неравномерной загрузке команд, ошибкам бюджетирования и кадрового планирования и, как следствие, к повышенным рискам срыва SLA и деградации клиентского опыта.

В научной и прикладной литературе методология Lean Six Sigma рассматривается как интеграция бережливых принципов устранения потерь со статистически обоснованным управлением вариативностью, что наиболее полно раскрыто в практико-ориентированных руководствах и кейсах внедрения [1; 2], а также в работах по развертыванию стратегии и каскадированию целей (Hoshin Kanri), обеспечивающих связку улучшений с целями организации [3]. Для доказательного нормирования и последующего мониторинга устойчивости сервиса ключевую теоретическую опору формируют подходы статистического управления процессами и контрольные карты Шухарта, позволяющие отделять «обычную» вариацию от специальных причин и задавать границы управляемости [4]. Переход к модели «норматив как диапазон» требует корректной работы с данными и воспроизводимого аналитического контура; здесь релевантны инструменты обработки и анализа данных на Python как стандарт де-факто для прикладной аналитики [5]. В контексте сервисных компаний, где значима когнитивная составляющая труда, дополнительную рамку дают исследования интеллектуального капитала и его оценки в инновационно-промышленных экосистемах и кластерах, акцентирующие роль компетенций и организационного знания как источника эффективности [6; 7]. Наконец, развитие интегральных и риск-ориентированных подходов в системах менеджмента качества расширяет возможно-

сти интерпретации результатов улучшений через призму устойчивости и управленческих рисков [8; 9], а использование цифровых методов (включая сентимент-анализ) демонстрирует потенциал «бережливых» инструментов для выявления проблемных зон в клиентском опыте и обратной связи [10].

Цель исследования – разработать и апробировать на реальных данных структурированный статистический подход на основе принципов методологии Лин 6 Сигма для поиска потенциала и нормирования трудозатрат при обработке обращений в сервисных компаниях.

Конкретные задачи работы включают:

1. Разработку методики точной оценки фактических и потенциальных трудозатрат на обработку обращений с учетом ключевых факторов влияния.
2. Создание справедливой, прозрачной и статистически обоснованной системы нормативов времени на обработку обращений различных категорий, построенной на исследовании возможностей процесса.
3. Формирование основы для системы непрерывного контроля стабильности процесса и его последующей оптимизации.

Научная новизна исследования заключается в адаптации аппарата методологии Лин 6 Сигма, традиционно применяемой в производственных отраслях, для сферы интеллектуального труда и сервисных услуг. В работе предлагается комплексное применение набора статистических методов (регрессионный, кластерный анализ, контрольные карты) непосредственно для задач нормирования, что позволяет перейти от субъективных оценок к количественным, верифицируемым моделям. Практическая значимость заключается в разработке готового алгоритма действий (от сбора данных до внедрения системы контроля), применение которого позволяет объективно оценивать потенциал оптимизации, повышать предсказуемость сервиса, оптимизировать загрузку персонала и обосновывать планы по численности команд, тем самым достигая значительного экономического эффекта.

Методология Лин 6 Сигма представляет собой синтез двух современных подходов к совершенствованию бизнес-процессов: концепции «Бережливого производства» (Lean), нацеленной на устранение всех видов потерь, и философии «Шести сигм» (6 Sigma), ориентированной на снижение вариативности процессов через применение статистических методов [3]. Фундаментальный принцип ЛбС заключается в том, что качество и эффективность процесса определяются его предсказуемостью и стабильностью, которые количественно измеряются через показатель σ (сигма), характеризующий степень отклонения выходных параметров от целевых значений. Ключевым инструмен-

том практической реализации Л6С является структурированный цикл DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control), обеспечивающий последовательный и доказательный подход к решению проблем. В контексте данного исследования Л6С рассматривается не просто как набор инструментов, а как системная методология, позволяющая перевести управление сложными, трудноформализуемыми процессами, какими являются обработка обращений в сервисах и поддержка основного бизнеса, на основу объективных данных. При этом проектный подход DMAIC был переструктурирован под задачи решаемой проблемы для дальнейшей апробации.

Для решения задач нормирования труда в рамках предложенного подхода применяется последовательность логических и статистических методов, образующих логическую цепочку анализа:

1. Описательная статистика (расчет среднего, медианы, моды, стандартного отклонения, построение гистограмм и box-plot'ов) служит для первичной диагностики процесса, обеспечивая понимание центральной тенденции и масштаба вариативности трудозатрат.

2. Логические инструменты позволяют описать процессы (например, SIPOC¹: Поставщики-Входы-Процесс-Выходы-Клиенты), выявить первопричины (например, диаграммы Исикавы для проведения анализа причин), сформировать критические показатели (например, дерево СТх) помогающие перевести требования клиента в оцифровываемый формат.

3. Классификационный анализ (например, с использованием диаграмм Парето или анализа сходств) позволяет идентифицировать и ранжировать значимые факторы влияния (тип обращения, приоритет, сложность, опыт сотрудника), отделяя «существенное множество» от «тривиального».

4. Регрессионный анализ является ядром исследования, поскольку предоставляет аппарат для построения количественной модели зависимости времени обработки от ключевых независимых переменных. Модель вида (1) позволяет не только объяснить наблюдаемую вариативность, но и рассчитать прогнозное (нормативное) время для любой заданной комбинации факторов, что и составляет основу научно обоснованного нормирования.

$$\text{Время} = f(\text{Тип, Сложность, Приоритет, ...}) \quad (1)$$

5. Контрольные карты (Карты Шухарта) выполняют функцию мониторинга стабильности процесса после внедрения улучшений, позволяя в режиме реального времени отличать случайные колебания, присущие процессу, от особых

причин (системных сбоев), требующих корректирующих воздействий [2].

Перенос принципов нормирования из производственной сферы, где доминируют повторяющиеся физические операции, в область интеллектуального труда и услуг сопряжен с рядом методологических вызовов [6]. Ключевая особенность процессов поддержки – их высокая когнитивная составляющая, нелинейность и сильная зависимость от контекста. Это обуславливает значительную естественную вариативность, которую невозможно и нецелесообразно полностью устранять. Таким образом, традиционные хронометражные методы, направленные на поиск единственного «оптимального» норматива, оказываются малоэффективными. Выходом является переход к вероятностным и статистическим моделям нормирования, где норматив представляет собой не фиксированное значение, а диапазон (доверительный интервал), прогнозируемый на основе регрессионной модели. Такой подход, укорененный в методологии Л6С, позволяет легитимно учесть неизбежную вариативность интеллектуального труда, при этом обеспечивая управляемость и предсказуемость процесса [7]. Теоретической основой для этого служат работы, адаптирующие принципы статистического управления процессами (SPC – Statistical Process Control) к непроизводственным областям [4].

Таким образом, теоретическая основа исследования строится на синтезе философии Лин 6 Сигма, современного статистического аппарата и учета специфики интеллектуального труда, что в совокупности позволяет предложить принципиально новый, отвечающий вызовам современной индустрии, подход к поиску потенциала и нормированию трудозатрат.

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Разработанный алгоритм предлагает системный подход для поиска и оценки потенциала, который скрыт в деталях процессов. Исследование проводилось в соответствии с этапами предложенного цикла, что обеспечило его структурированность, повторяемость и доказательность. Апробация методологии осуществлена на данных сервисного подразделения крупной компании за период 9 месяцев.

Этап 1 «Выявить»: от стратегии группы к фокусным направлениям сервиса

На данном этапе были четко сформированы основные направления, как сервисная компания влияет на ключевые показатели группы (например, снижение сроков вывода нового продукта, оптимизация затрат на логистику, повышение качества ИТ-поддержки). Для этого были преобразованы стратегические цели группы в конкретные цели для сервисной компании.

¹SIPOC – аббревиатура (с англ.): S – Suppliers (поставщики входов процесса); I – Inputs (входы: данные/ресурсы, поступающие в процесс); P – Process (процесс: ключевые шаги); O – Outputs (выходы: результат процесса); C – Customers (клиенты/потребители выходов процесса).

Следующий шаг заключался в анализе структуры доходов и расходов. Потенциал часто скрывается в самых ресурсоемких сервисах или статьях расходов (например, затраты на внешних подрядчиков, фонд оплаты труда при высокой доле ручного труда, затраты на программное обеспечение).

Ключевыми инструментами выступали:

1. Матрица «цели бизнеса/рычаги влияния» формата A3, где описываются ключевые направления и цели по ним.
2. Каскадирование целей (Hoshin Kanri).
3. Дерево доходов/расходов (рис. 1).

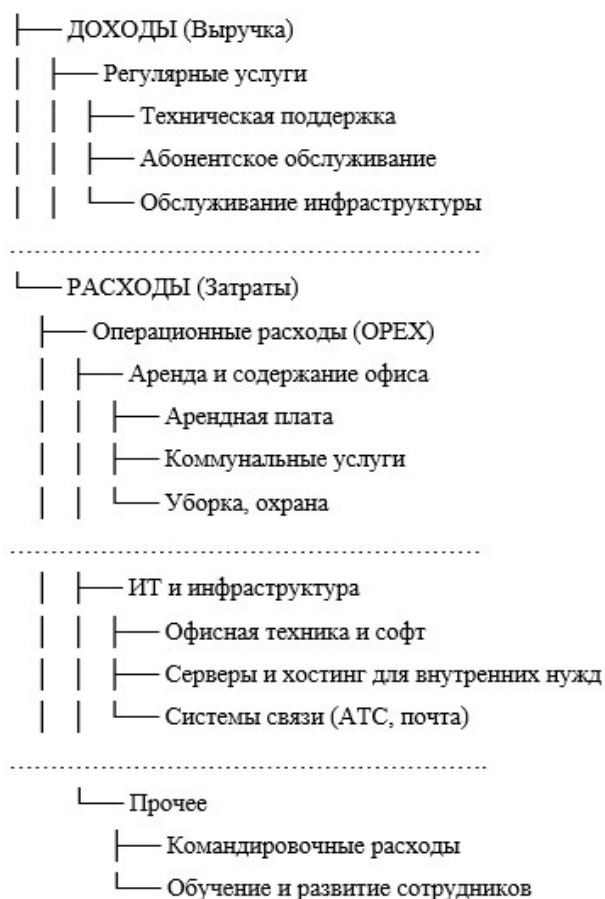


Рис. 1. Дерево доходов/расходов

Этап 2 «Определить»: «Голос бизнеса» в измеримые показатели процессов (СТх)

Ключевым элементом этапа стало определение «Голоса клиента» (Voice of Customer) [1]. Критическими для качества (СТQ – Critical to Quality) параметрами были определены «скорость решения» (время от создания обращения до его закрытия) и «качество решения» (отсутствие повторных обращений по той же проблеме). Цель проекта заключалась в снижении вариативности и установлении обоснованных нормативов для параметра «скорость ре-

шения». Конкретная задача была сформулирована следующим образом: «Разброс трудозатрат на обработку обращений типа X составляет от 0,6 до 27,6 часов, что приводит к непредсказуемой загрузке команды и срыву SLA. Необходимо сократить вариативность и установить нормативный диапазон времени обработки к определенной дате». Этап был направлен на сбор достоверных данных для оценки текущего состояния процесса и его потенциала.

Предварительно был описан процесс (SIPOC), где были определены основные метрики, а также входы и выходы с обозначением требований к ним.

Далее был произведен сбор данных: в систему учета (на основе Jira Service Management) были внедрены дополнительные атрибуты для каждого обращения: фактическое время обработки (в человеко-часах), тип (инцидент, запрос), приоритет (низкий, средний, высокий, критический), категория сложности (определяемая экспертно по шкале 1–5), а также идентификатор сотрудника для учета фактора опыта.

Затем определены базовые показатели: рассчитаны текущие метрики процесса: среднее время обработки составило 4,5 часа, стандартное отклонение – 4,0 часа, что свидетельствует о высоком разбросе (рис. 2). Пропускная способность команды из 10 человек оценивалась в 440 человеко-часов в неделю при плановом фонде рабочего времени.

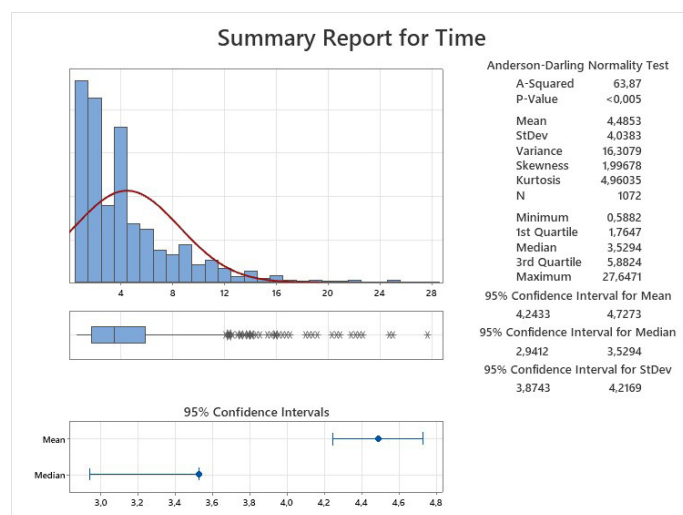


Рис. 2. Гистограмма времени выполнения обращений

Этап 3 «Разблокировать»: оценка процессов и расчет потенциала в рублях

На этапе анализа применялись логические и статистические методы для выявления коренных причин вариативности [5].

Анализ вариаций: построение гистограммы и диаграммы размаха (box-plot) визуально подтвердило значительный

разброс данных и наличие выбросов. Распределение времени обработки оказалось двухмодальным, что указывает на присутствие двух групп обращений с различной длительностью.

Статистическая проверка гипотез: с помощью t-критерия Стьюдента и дисперсионного анализа (ANOVA) подтверждено, что различия во времени обработки между группами обращений с разной сложностью и приоритетом являются статистически значимыми ($p\text{-value} < 0,05$).

Кластерный и регрессионный анализ: кластерный анализ позволяет выделить однородные группы обращений. Множественную линейную регрессионную модель представим в виде:

$$\text{Время}_i = \beta_0 + \beta_1 \times \text{Тип}_i + \beta_2 \times \text{Сложность}_i + \beta_3 \times \text{Приоритет}_i + \varepsilon_i, (2),$$

где Время_i – фактическая длительность обработки i -го обращения (например, в минутах);

β_0 – свободный член (базовый уровень трудозатрат при нулевых значениях предикторов);

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ – коэффициенты регрессии, отражающие вклад соответствующих факторов в изменение трудозатрат;

Тип_i – категориальный признак типа обращения, который в расчетах кодируется набором фиктивных (dummy) переменных относительно выбранной базовой категории;

Сложность_i – оценка сложности обращения (ранговая/балльная шкала, например 1–5);

Приоритет_i – уровень приоритета (ранговая/категориальная шкала, например Low/Medium/High, также кодируемая фиктивными переменными при категориальном задании);

ε_i – случайная ошибка, агрегирующая влияние неучтенных факторов и случайные отклонения.

Модель показала высокий коэффициент детерминации ($R^2 = 0,82$), подтвердив, что сложность и приоритет являются ключевыми драйверами трудозатрат. При этом на графике остатков наблюдается неоднородность, что может говорить о нелинейности модели.

Расчет потенциала идет через оценку разрывов между текущим значением показателя и эталонным и переводится в денежный эквивалент. Данный расчет ведется по каждому направлению и визуализируется (принцип Парето). Визуализация наглядно показывает, на каких процессах нужно сфокусироваться в первую очередь и где сосредоточены основные потери (рис. 3).

Этап 4 «Преобразовать»: от потенциала к проектам и стандартизации

		Тип		Сложность		Приоритет	
Потенциал	417,371	Инцидент	417,371	1	202,270	Низкий	3,55
						Средний	135,04
						Высокий	2,90
				2	202,430	Критический	60,88
						Низкий	8,03
						Средний	184,18
				3	12,671	Высокий	1,23
						Критический	8,99
						Низкий	1,06
				4	0,000	Средний	2,46
						Высокий	0,22
						Критический	8,93
		Запрос	0,000	1	0,000	Низкий	
						Средний	
						Высокий	
				2	0,000	Критический	
						Низкий	
						Средний	
				3	0,000	Высокий	
						Критический	
						Низкий	
				4	0,000	Средний	
						Высокий	
						Критический	
				5	0,000	Низкий	
						Средний	
						Высокий	
						Критический	

Рис. 3. Часть дерева потенциала (млн руб.)

Выявленный потенциал бесполезен без механизма его реализации, поэтому формулируются проектные инициативы, направленные на закрытие выявленных разрывов. Каждый проект должен иметь четкую цель, план, ответственных и расчет планового эффекта (DMAIC-цикл) [6]. С целью приоритизации используется матрица «усилия/эффект» для выбора самых перспективных проектов для запуска. В дальнейшем идет стандартизация успешных решений. Одними из таких явились нормирование трудозатрат и установление границ процесса.

В рамках данной работы были разработаны и установлены нормативы на основе регрессионной модели, которая была доработана с учетом нелинейности и взаимодействия факторов

$$\begin{aligned} \text{Время} = & \beta_0 + \beta_1 \times \text{Сложность} - \beta_2 \times \text{Приоритет} + \beta_3 \times \text{Сложность} \times \\ & \times \text{Сложность} - \beta_4 \times \text{Приоритет} \times \text{Приоритет} + \beta_5 \times \text{Сложность} \times \\ & \times \text{Приоритет}. \end{aligned}$$

Для каждой комбинации ключевых параметров (например, «Сложность = Низкая», «Приоритет = Средний») было рассчитано прогнозируемое время обработки. Норматив устанавливался как 95%-ный доверительный интервал прогнозного значения. Например, для указанной комбинации норматив был определен как диапазон от 1,0 до 1,5 часа с целевым значением в 1,26 (рис. 4).

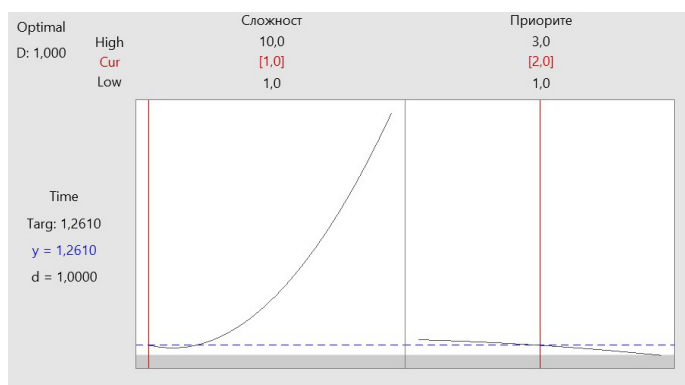


Рис. 4. Оптимизатор

Разработаны X-bar R карты (карты средних и размахов) для ключевых типов обращений, которые позволяют в режиме реального времени отслеживать среднее время обработки и его вариабельность. Это дает возможность оперативно выявлять и устранять особые причины вариаций, такие как сбои в системе или ошибки новых сотрудников.

ПЕРСПЕКТИВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ НОРМИРОВАНИЯ РАБОТЫ

Разработанный подход открывает ряд перспективных направлений для развития систем нормирования труда в сервисных компаниях, выходящих за рамки решения первоначальной задачи снижения вариабельности.

В отличие от статических нормативов предлагается внедрение механизма периодического (ежеквартального или ежегодного) пересмотра нормативных значений на основе актуализированной регрессионной модели. Это позволяет адаптировать систему нормирования к изменяющимся условиям: появлению новых типов обращений, эволюции технологий обработки, росту компетенций сотрудников. Таким образом, система приобретает свойство адаптивности, что критически важно для динамичной сервисной среды.

Полученные статистически обоснованные нормативы могут быть встроены в корпоративные системы управления услугами (например, Jira Service Management, ServiceNow) в качестве атрибутов для автоматического расчета трудоемкости вновь поступающих обращений. Это позволит реализовать функцию автоматического прогнозирования сроков выполнения работ, формирования равномерной загрузки специалистов и повышения точности планирования численности команд.

Предложенная модель позволяет перейти от учета исключительно объемных показателей (количество обращений) к оценке качества и сложности труда. Нормативы, выраженные в виде доверительных интервалов, могут служить объективной основой для расчета персональных и команд-

ных ключевых показателей эффективности, учитывающих не только объем выполненных работ, но и их сложность, приоритет и соблюдение установленных стандартов процесса. Это способствует созданию более справедливой системы мотивации.

На основе прогнозных объемов обращений и усредненных по типам нормативов становится возможным точное прогнозирование требуемой численности персонала на будущие периоды. Данный инструмент обеспечивает надежную основу для бюджетного планирования фонда оплаты труда, обоснования затрат на аутсорсинг или расширение штата, тем самым минимизируя риски как перегрузки сотрудников, так и неэффективного использования ресурсов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе предложен и успешно апробирован на реальных данных структурированный подход к оценке потенциала оптимизации и нормированию трудозатрат, основанный на принципах методологии Лин 6 Сигма. Достигнута основная цель исследования – разработана и верифицирована методика, позволяющая перейти от субъективных и исторически усредненных оценок к статистически обоснованной системе нормирования для процессов обработки пользовательских обращений.

Основные выводы работы заключаются в следующем:

1. Подтверждена гипотеза о применимости аппарата Лин 6 Сигма, традиционно используемого в производственных отраслях, для задач нормирования высоковариативных процессов интеллектуального труда в сервисных компаниях.
2. Ключевым результатом апробации является построение регрессионной модели, которая с высокой точностью ($R^2 = 0,82$) объясняет зависимость трудозатрат от ключевых параметров обращения (сложность, приоритет). На ее основе установлены объективные нормативы в виде прогнозных значений с доверительными интервалами.
3. Внедрение подхода позволило количественно оценить потенциал оптимизации и создать инструменты для его реализации – от выявления коренных причин вариативности до разработки системы статистического контроля процесса с использованием X-bar R карт.
4. Направления будущих исследований видятся в углублении модели за счет применения методов машинного обучения (например, градиентный бустинг для учета нелинейных и скрытых зависимостей), а также в интеграции подхода с системами предиктивной аналитики для заблаговременного прогнозирования пиковых нагрузок и проактивного управления ресурсами.

Список литературы

1. Казинцев А. Технология развития производственной системы. Повышение эффективности бизнеса по методике Lean Six Sigma. – М.: Альпина ПРО, 2024. – 504 с.
2. Пэнди П.С., Ньюман Р.П., Кэвенег Р.Р. Курс на Шесть Сигм. Как General Electric, Motorola и другие ведущие компании мира совершенствуют свое мастерство / Пер. с англ. – М.: Издательство «Лори», 2002. – 400 с.
3. Джексон Т. Хосин канри: как заставить стратегию работать / Пер. с англ. О. Синицыной. – М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2008. – 248 с.
4. Уилер Д., Чамберс Д. Статистическое управление процессами. Оптимизация бизнеса с использованием контрольных карт Шухарта / Пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2009. – 407 с.
5. Маккини У. Python и анализ данных / Пер. с англ. А.А. Слинкина. – 3-е изд. – М.: ДМК Пресс, 2023. – 536 с.
6. Алексеева Н.С. Управление устойчивым развитием интеллектуального капитала промышленной экосистемы в условиях новой реальности // Стратегическое управление устойчивым развитием экономики в новой реальности. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2022. – С. 381–403.
7. Глухов В.В., Бабкин А.В., Алексеева Н.С. Этапы и алгоритм оценки интеллектуального капитала инновационно-промышленного кластера // Экономика и управление. 2020. Т. 26, № 11(181). С. 1217–1226.
8. Орлова О. Ю. Повышение качества оценки показателей устойчивости компании на основе применения интегрального подхода / О.Ю. Орлова, С. А. Кокарева // Научное обозрение: теория и практика. – 2023. – Т. 13, № 3(97). – С. 353–362. – DOI 10.35679/2226-0226-2023-13-3-353-362.
9. Соболев, А. И. Преимущества интеграции рискориентированных подходов в системы менеджмента качества в организационных структурах / А.И. Соболев, О.Ю. Орлова, Т.И. Леонова // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2024. – Т. 4, № 6(147). – С. 300–306. – DOI 10.36871/ek.up.p.r.2024.06.04.039.
10. Хаирова С.М., Куликова О.М. Применение sentiment-анализа инструментов бережливого производства (на примере России) // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2022. № 2(66). С. 55–61.

References

1. Kazintsev, A. Technology for Developing a Production System: Improving Business Efficiency Using the Lean Six Sigma Methodology. Moscow: Alpina PRO, 2024. 504 p.
2. Pande, P.S.; Neuman, R.P.; Cavanagh, R.R. The Six Sigma Way: How General Electric, Motorola, and Other World-Class Companies Are Sharpening Their Performance (transl. from English). Moscow: Lori Publishers, 2002. 400 p.
3. Jackson, T. Hoshin Kanri: How to Make Strategy Work (transl. from English by O. Sinitsyna). Moscow: Institute for Complex Strategic Studies, 2008. 248 p.
4. Wheeler, D.; Chambers, D. Statistical Process Control: Optimizing Business Using Shewhart Control Charts (transl. from English). Moscow: Alpina Business Books, 2009. 407 p.
5. McKinney, W. Python for Data Analysis (transl. from English by A.A. Slinkin). 3rd ed. Moscow: DMK Press, 2023. 536 p.
6. Alekseeva, N.S. Managing Sustainable Development of Intellectual Capital in an Industrial Ecosystem Under the New Reality. In: Strategic Management of Sustainable Economic Development in the New Reality. Saint Petersburg: POLITEKH-PRESS, 2022. pp. 381–403.
7. Glukhov, V.V.; Babkin, A.V.; Alekseeva, N.S. Stages and an Algorithm for Assessing the Intellectual Capital of an Innovative Industrial Cluster. Economics and Management, 2020, Vol. 26, No. 11(181), pp. 1217–1226.
8. Orlova, O.Yu.; Kokareva, S.A. Improving the Quality of Assessing Company Sustainability Indicators Using an Integrated Approach. Scientific Review: Theory and Practice, 2023, Vol. 13, No. 3(97), pp. 353–362. DOI: 10.35679/2226-0226-2023-13-3-353-362.
9. Sobolev, A.I.; Orlova, O.Yu.; Leonova, T.I. Advantages of Integrating Risk-Oriented Approaches into Quality Management Systems in Organizational Structures. Economics and Management: Problems, Solutions, 2024, Vol. 4, No. 6(147), pp. 300–306. DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2024.06.04.039.
10. Khairova, S.M.; Kulikova, O.M. Applying Sentiment Analysis to Lean Manufacturing Tools (the Case of Russia). Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation, 2022, No. 2(66), pp. 55–61.

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СИСТЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ: ЭВОЛЮЦИЯ ПОДХОДОВ, ТЕНДЕНЦИИ И ОГРАНИЧЕНИЯ

METHODS FOR EVALUATING THE QUALITY OF COMPUTER VISION SYSTEMS: EVOLUTION OF APPROACHES, TRENDS, AND LIMITATIONS

Шарова Д.Е., начальник управления, Департамент информационных технологий города Москвы, г. Москва

Гарбук С.В., канд. техн. наук, директор, ФГБУН ВИНТИ РАН, г. Москва

Sharova D.E., Head of department, Department of Information Technologies of the City of Moscow, Moscow, Russia

Garbuk S.V., Ph.D. (Engineering), Director, All-Russian Institute of Scientific and Technical Information of the Russian Academy of Sciences (VINITI RAS), Moscow, Russia

Рост применения систем компьютерного зрения на базе искусственного интеллекта сопровождается расширением спектра методов оценки их качества. При этом существующие подходы существенно различаются по охватываемым аспектам и часто не обеспечивают полноты представления о работе системы в реальных условиях. В статье представлен обзор основных направлений оценки качества: классических статистических метрик (точность, чувствительность, площадь под ROC-кривой), показателей устойчивости и обобщаемости, эксплуатационных характеристик, а также методов анализа доверия, объяснимости и взаимодействия с пользователем.

Особое внимание уделено роли существенных факторов эксплуатации (СФЭ) – изменяемых условий применения систем (тип данных, оборудование, сценарии использования, структура пользовательских действий), влияющих на воспроизводимость метрик и достоверность испытаний. Показано, что даже высокие значения точности или площади под ROC-кривой не гарантируют качества в эксплуатации при изменении распределения данных, условий съемки или параметров подготовки изображений.

Отмечается, что современные метрики и показатели качества охватывают точность, устойчивость к дрейфу данных, интерпретируемость результатов, доверие пользователя, скорость и предсказуемость работы системы. Однако их применение остается фрагментарным, а нормативно обоснованных комплексных процедур, учитывающих вариативность СФЭ, по-прежнему недостаточно.

Обзор позволяет оценить текущее состояние подходов к контролю качества систем компьютерного зрения, выявляет ограничения существующих методов и определяет направления дальнейшего развития – усиление роли эксплуатационных показателей, повышение требований к репрезентативности тестов, интеграция показателей доверия и переход к постоянному мониторингу качества.

Ключевые слова: искусственный интеллект, компьютерное зрение, оценка качества, показатели качества, информационные процессы.

Для цитирования: Шарова Д.Е., Гарбук С.В. Методы оценки качества систем компьютерного зрения: эволюция подходов, тенденции и ограничения // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2026. № 1(88). С. 35–41.

The growing use of computer vision systems based on artificial intelligence has led to the emergence of diverse approaches for evaluating their quality. However, these methods differ significantly in scope and often fail to reflect the full spectrum of system behavior under real-world conditions. This article provides a structured review of the main groups of quality assessment techniques, including classical statistical metrics (accuracy, precision, recall, ROC-AUC, MCC), robustness and generalization indicators, operational performance characteristics, as well as approaches addressing explainability, user interaction, and trustworthiness.

A particular focus is placed on significant operational factors – variable conditions of system use such as data source, acquisition parameters, equipment, and user workflow – that substantially affect the reproducibility of metrics and the reliability of testing. The analysis shows that high accuracy or AUC scores do not guarantee stable performance when data distributions shift or when operating conditions deviate from those used during model development.

The review highlights that contemporary quality indicators encompass accuracy, robustness to data drift, interpretability of results, user trust, and operational predictability. Nevertheless, their application remains fragmented, and comprehensive, regulation-ready evaluation procedures that account for SOf variability are still lacking. The findings outline current limitations of existing assessment methods and identify key directions for future development, including improved operational metrics, higher requirements for test representativeness, and the transition toward continuous quality monitoring.

Keywords: computer vision; quality assessment; significant operational factors; metrics; quality indicators.

For citation: Sharova D.E., Garbuk S.V. Methods For Evaluating The Quality Of Computer Vision Systems: Evolution Of Approaches, Trends, And Limitations. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2026; 1(88): 35–41. (In Russ.).

ВВЕДЕНИЕ

Системы с технологией искусственного интеллекта (ИИ), основанные на методах компьютерного зрения, в последние годы получили широкое распространение в самых разных областях – от промышленности и транспорта до медицины и безопасности. Их внедрение сопровождается ростом требований к объективной и воспроизводимой оценке качества. Для того чтобы обеспечить доверие пользователей и возможность нормативного регулирования, необходимы методы оценки, позволяющие не только фиксировать показатели точности, но и учитывать устойчивость, интерпретируемость, эксплуатационные характеристики и изменения качества в динамике.

Существующие подходы к оценке качества систем с компьютерным зрением можно условно разделить на несколько групп. Классические метрики (точность, чувствительность, специфичность и др.) широко применяются для сопоставления алгоритмов, однако зависят от выборки и не отражают эксплуатационных условий. Комплексные индексы, такие как сбалансированная точность (Balanced Accuracy), коэффициент корреляции Мэттьюса (Matthews Correlation Coefficient), коэффициент согласия Козна (Cohen's Kappa) и др., позволяют интегрировать несколько характеристик в единый показатель, но содержат элемент субъективности и могут скрывать слабые стороны моделей. Методы устойчивости и обобщаемости направлены на проверку качества в условиях изменяющихся данных, включая стресс-тестирование и анализ дрейфа распределений. Эксплуатационно-ориентированные методы оценивают влияние систем ИИ на пользователей и процессы, включая показатели совместной работы «человек–машина» и экономическую эффективность. Методы объяснимости и доверия повышают прозрачность работы алгоритмов и влияют на принятие решений пользователями. Наконец, динамические подходы позволяют отслеживать деградацию качества во времени, но, как правило, ограничиваются анализом распределений входных данных и стандартных метрик точности.

Таким образом, несмотря на значительный прогресс в развитии методов оценки, существующие подходы остаются фрагментарными и охватывают преимущественно отдельные аспекты функционирования систем компьютерного зрения. Различия в методологических основаниях, зависимости от характеристик тестовых данных, отсутствие единых требований к репрезентативности, учету существенных факторов эксплуатации и интерпретации результатов оценки приводят к тому, что выводы о качестве систем нередко оказываются несопоставимыми и не отражают реальных условий применения. Это затрудняет как практическое внедрение ИИ-технологий, так и формирование нормативно обоснованных процедур контроля качества.

В этой связи возникает необходимость в систематизации существующих методов и формировании целостного представления об их принципах, ограничениях и взаимосвязях. Целью настоящей работы является проведение структурированного обзора подходов к оценке качества систем компьютерного зрения, выявление их сильных и слабых сторон, а также определение ключевых тенденций развития области. Сделанное обобщение позволит определить, какие аспекты оценки остаются недостаточно проработанными, и обозначить направления, требующие дальнейших исследований и методологического развития.

ОБЗОР ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА СИСТЕМ С ИИ

Существующие подходы к количественной оценке качества систем компьютерного зрения разнообразны и отражают разные аспекты их функционирования. Для удобства анализа их можно классифицировать по шести основным направлениям, начиная с наиболее традиционных – классических статистических метрик, и заканчивая современными методами динамического мониторинга.

1. Классические метрики

Наиболее широко применяемым подходом к количественной оценке качества систем с технологией искусственного интеллекта являются классические статистические метрики точности.

Ключевыми метриками считаются точность (accuracy, доля правильных предсказаний среди всех случаев), чувствительность (sensitivity/recall – способность корректно выявлять положительные объекты), специфичность (specificity – способность корректно определять отрицательные объекты), точность положительных классификаций (precision), прогностическая ценность положительного результата (positive predictive value) и их производные, такие как F1-мера (F1-score), объединяющие точность положительных предсказаний и чувствительность в единый показатель [1, 2]. Для задач бинарной классификации метрики удобно представлять через матрицу ошибок (confusion matrix), которая позволяет детализировать баланс между ложноположительными и ложноотрицательными результатами.

В задачах компьютерного зрения площадь под ROC-кривой и площадь под кривой точности-полноты (PR-AUC) также получили широкое распространение как интегральные показатели качества классификаторов. ROC-AUC измеряет вероятность того, что модель присвоит более высокий балл случайному положительному примеру по сравнению со случайным отрицательным, тогда как PR-AUC более чувствителен к дисбалансу классов и полезен при работе с редкими событиями [3].

Несмотря на широкое применение, классические метрики имеют ограниченную информативность. Во-первых, они зависят от используемого тестового набора данных и не гарантируют воспроизводимость результатов на других выборках. Во-вторых, агрегированные показатели могут маскировать слабые места модели: например, высокая точность при крайне несбалансированных классах не отражает реального качества. Наконец, они не учитывают эксплуатационные аспекты, такие как скорость работы, устойчивость к шумам или удобство использования в конкретной прикладной задаче.

Таким образом, классические диагностические метрики являются необходимым, но не достаточным инструментом для оценки систем компьютерного зрения. Они позволяют проводить сравнение алгоритмов на единых тестовых наборах и служат базовой основой для сертификации и академических публикаций, однако требуют дополнения более комплексными методами, учитывающими устойчивость, интерпретируемость и динамику работы моделей.

2. Комплексные индексы качества

Классические метрики обладают высокой наглядностью, но нередко демонстрируют ограниченную информативность при анализе сложных или несбалансированных наборов данных. В ответ на эти ограничения были разработаны комплексные индексы, которые интегрируют несколько характеристик модели в единый показатель. Такие индексы позволяют более адекватно отражать общую эффективность алгоритма и упрощают процедуру сравнения между различными системами компьютерного зрения [2, 4, 5].

Одним из наиболее часто используемых показателей является сбалансированная точность (Balanced Accuracy), определяемая как среднее арифметическое чувствительности и специфичности. Он особенно полезен в задачах с сильным дисбалансом классов, где общая точность может вводить в заблуждение. Другой популярный индекс – коэффициент корреляции Мэттьюса (MCC), который вычисляется на основе всех элементов матрицы ошибок. MCC принимает значения от -1 до $+1$, где $+1$ соответствует идеальному предсказанию, 0 – случайной классификации, а -1 – полной обратной зависимости. В ряде исследований показано, что MCC является более надежным интегральным индикатором по сравнению с F1-мерой или точностью при работе с асимметричными классами [6].

К числу современных обобщенных индексов можно отнести коэффициент согласия Коэна и его модификации, которые учитывают вероятность случайного совпадения предсказаний и истинных меток. Данный показатель активно используется при сравнении согласованности между несколькими алгоритмами или при сопоставлении модели с экспертной оценкой. Развитие этого направления привело

к появлению многомерных коэффициентов согласия (например, каппа Флейса – Fleiss' Kappa), применимых в задачах многоклассовой классификации [7].

В последние годы также активно обсуждаются новые способы построения композитных метрик, включая взвешенные индексы, где вес каждого критерия определяется исходя из важности конкретного аспекта задачи. Например, для промышленных систем компьютерного зрения на производстве может быть важнее минимизация ложноположительных случаев, тогда как в системах безопасности – снижение числа ложных пропусков. В таких условиях классические метрики объединяются в единый показатель с заранее заданными или экспертно определенными весами [8].

Следует отметить, что комплексные индексы существенно повышают удобство сравнения моделей и их ранжирования, особенно в условиях конкурирующих требований. Однако они сохраняют определенную долю субъективности при выборе весов и приоритизации критериев. Кроме того, интегральные показатели могут скрывать важные детали работы модели и ограничивать возможность глубокого анализа слабых мест алгоритма [4].

В целом комплексные индексы качества можно рассматривать как следующий шаг после базовых метрик, обеспечивающий более сбалансированное и справедливое сравнение алгоритмов. Тем не менее для получения полноценной картины их необходимо дополнять другими подходами, ориентированными на устойчивость, эксплуатационные факторы и динамику работы систем.

3. Методы устойчивости и обобщаемости

Одним из ключевых направлений оценки качества систем компьютерного зрения является анализ их устойчивости и обобщающей способности. Под устойчивостью понимается способность алгоритма сохранять корректность предсказаний при изменении условий или внесении возмущений в данные, а под обобщаемостью – способность демонстрировать стабильное качество на новых, ранее не встречавшихся выборках [9, 10]. Эти свойства особенно важны в прикладных задачах, где условия эксплуатации могут существенно отличаться от лабораторных.

Классическим методом оценки обобщаемости является внешняя валидация (external validation) – тестирование алгоритма на данных, полностью отличных от обучающего набора. В отличие от обычной кросс-валидации этот подход позволяет выявить «переобучение на домен» и проверить переносимость модели на новые источники данных. Практикой в области компьютерного зрения стало проведение мультицентровых или мультидоменных тестов, включающих изображения, полученные на различ-

ных устройствах, в разных условиях освещенности или при изменении ракурса [11].

Дополнительным инструментом служат стресс-тесты, которые моделируют неблагоприятные условия эксплуатации. К ним относятся: добавление гауссовского шума, сжатие изображений, снижение разрешения, варьирование контрастности и яркости, а также имитация артефактов (например, размытий или перекрытий объектов). Эффективность алгоритма при таких искажениях позволяет судить о его робастности. В задачах безопасности все чаще применяются также адверсариальные атаки (adversarial attacks), проверяющие устойчивость к специально созданным возмущениям [12].

Важным направлением является мониторинг дрейфа данных (data drift), который возникает при изменении распределения входных данных в процессе эксплуатации. Для его количественной оценки применяются статистические метрики, в частности:

- Индекс стабильности популяции (Population Stability Index, PSI) – показатель, сравнивающий распределение признаков в текущем и базовом датасете.
- Дивергенция Кульбака–Лейблера (Kullback–Leibler (KL) divergence) – мера расхождения между двумя вероятностными распределениями.
- Дивергенция Джессена–Шеннона (Jensen–Shannon (JS) divergence) – симметричная и более устойчивая модификация KL-дивергенции.
- Расстояние Васерштейна (Wasserstein distance) – метрика расстояния между распределениями, учитывающая «стоимость переноса массы».

Эти методы позволяют количественно фиксировать сдвиги в данных и связывать их с возможной деградацией качества алгоритма [13]. При этом важно, что сама по себе фиксация дрейфа не всегда означает ухудшение точности модели: требуется сопоставление с динамикой метрик качества.

При суммировании методы устойчивости и обобщаемости обеспечивают более глубокое понимание ограничений систем компьютерного зрения по сравнению с базовыми метриками точности. Их применение позволяет не только выявлять переобучение и скрытые уязвимости, но и организовывать долгосрочный мониторинг моделей в условиях изменяющихся данных. Однако эти подходы в большинстве случаев представляют собой точечные процедуры, требующие регулярного обновления, и не заменяют собой динамического анализа качества в реальной эксплуатации.

4. Эксплуатационно-ориентированные методы

В отличие от традиционных метрик точности, эксплуатационно-ориентированные методы направлены на количественную оценку того, как система искусственного интеллекта влияет на работу пользователей и эффективность процессов после внедрения. Они позволяют оценивать не только алгоритмическое качество, но и фактическую полезность в условиях реальной эксплуатации.

Метрики взаимодействия человек–машина. Важное направление составляет анализ работы системы в условиях совместного использования с человеком (human-in-the-loop). Для оценки применяются показатели: время до принятия решения, доля исправленных прогнозов, частота принятия или отклонения рекомендаций модели, изменение итогового качества решений при разных режимах («только человек», «только система», «человек+система»). Эти показатели позволяют количественно измерять вклад алгоритма в совместный результат [14].

Показатели практической полезности. Для оценки того, как система влияет на конечные результаты после развертывания, используются специальные метрики: частота ошибок при эксплуатации, количество предотвращенных ложных решений, изменение маршрутизации объектов или задач, распределение нагрузки между уровнями системы. Такой анализ позволяет сопоставить формальные показатели точности с реальной результативностью в прикладной задаче [15,16].

Нагрузка и удобство использования. Существенным элементом оценки является измерение влияния системы на рабочую нагрузку пользователей. Для этого фиксируют время взаимодействия с интерфейсом, количество действий, необходимых для получения результата, субъективную когнитивную нагрузку, частоту доверия и отказа от рекомендаций. Важно, чтобы система снижала когнитивную и временную нагрузку, а не создавалась новая форма «перегрузки» пользователя [17, 18].

Экономическая эффективность. Для управленческих решений применяются методы анализа «затраты – эффективность» (Cost-Effectiveness Analysis, CEA), «затраты – полезность» (Cost-Utility Analysis, CUA) и анализа влияния на бюджет (Budget Impact Analysis, BIA). Рассчитываются показатели стоимости корректного решения, стоимости предотвращенной ошибки, влияние внедрения на общий бюджет и рентабельность инвестиций. Такие методы позволяют сопоставлять качество алгоритма с его экономическим эффектом [19, 20].

Инфраструктура мониторинга. Для обеспечения объективной оценки эксплуатационных характеристик требуется постпроектный мониторинг: фиксация решений системы

и пользователя, учет версий модели, сбор информации о динамике ошибок, а также регулярный пересчет метрик качества и устойчивости. Все это обеспечивает возможность сопоставлять формальные показатели с эксплуатационными эффектами и своевременно выявлять деградацию качества [21].

Таким образом, эксплуатационно-ориентированные методы позволяют оценивать не только алгоритм как таковой, но и его влияние на процессы и пользователей. Они обеспечивают количественную фиксацию совместной эффективности человека и системы, полезности для конечной задачи, удобства использования и экономического эффекта. Их сильной стороной является прямая связь с практическими целями, а ограничением – необходимость организации сбора данных в условиях эксплуатации и проведения сравнительных экспериментов.

5. Методы объяснимости и доверия

Для широкого внедрения систем компьютерного зрения важны не только показатели точности, но и прозрачность их работы. Методы объяснимости и доверия направлены на то, чтобы сделать выводы модели понятными для человека и снизить риск некорректной интерпретации или переоценки возможностей алгоритма.

Формальные показатели объяснимости. Наиболее распространенным направлением является оценка согласованности между объяснением и реальным механизмом работы модели. Для этого используются согласованность (fidelity) и устойчивость (stability) объяснения работы модели. Применяются как локальные методы интерпретации (например, LIME, SHAP), так и глобальные, позволяющие выявить важность признаков во всей выборке [22,23].

Метрики понятности для пользователя. Отдельный класс методов связан с измерением того, насколько объяснение воспринимается человеком как понятное и полезное. Для оценки применяются опросники, измерение времени принятия решения с использованием объяснения, частота ошибок и количество отклоненных рекомендаций. Такой подход позволяет связать интерпретируемость с конечным результатом взаимодействия человек–система [24].

Оценка доверия и риска переиспользования. Методы доверия включают измерение уровня согласия пользователя с рекомендациями системы, частоты слепого следования выводам модели, а также случаев отказа от ее использования. При этом важно фиксировать не только общий уровень доверия, но и его баланс: чрезмерное доверие может быть столь же опасным, как и избыточное недоверие. Для количественной оценки предлагается использовать частоту принятия решений, согласованных с системой,

а также анализ корреляции между уверенностью модели и доверием человека [17].

Интеграция в процедуры оценки. Методы объяснимости и доверия применяются в комплексе с другими группами метрик. Они позволяют выявить, насколько система понятна конечному пользователю и как именно интерпретируемость влияет на готовность применять ее в реальной задаче. В ряде работ отмечается, что даже высокая точность алгоритма не гарантирует его принятие пользователями, если объяснения остаются непонятными или избыточными [25].

В результате методы объяснимости и доверия обеспечивают дополнительный уровень контроля качества систем компьютерного зрения. Они позволяют количественно фиксировать прозрачность работы алгоритмов, устойчивость объяснений, восприятие их человеком и уровень доверия. Эти методы не заменяют метрик точности или эксплуатационных показателей, но усиливают их, обеспечивая основу для безопасного и обоснованного внедрения.

6. Динамические методы оценки качества

Большинство традиционных подходов к оценке качества систем компьютерного зрения дают статичную картину, ограничиваясь тестированием на фиксированном наборе данных. Однако в реальной эксплуатации распределения входных данных и условия применения меняются во времени, что приводит к необходимости разработки динамических методов оценки.

Оценка качества во времени. Одним из направлений является анализ изменений диагностических метрик в процессе эксплуатации. Показатели чувствительности, специфичности или точности рассчитываются не только по итогам одного теста, но и регулярно на новых потоках данных, что позволяет строить кривые деградации или улучшения качества (performance over time). Такой мониторинг дает возможность своевременно выявлять снижение эффективности модели и планировать ее обновление [21].

Рассмотренные ранее **методы обнаружения дрейфа** (PSI, KL-дивергенция, JS-дивергенция, расстояние Васерштейна) по своей сути являются динамической оценкой и используются для регулярного сравнения текущих данных с эталонным распределением и количественной фиксации степени дрейфа, что позволяет прогнозировать снижение качества модели [13, 26].

Непрерывное обучение и катастрофическое забывание. При обновлении моделей возникает риск «катастрофического забывания», когда точность на новых данных растет, но снижается на старых. Для его контроля применяются метрики, сопоставляющие качество на исторических и новых выборках, а также коэффициенты сохранения знаний (retention

metrics). Таким образом, динамические методы позволяют оценивать не только текущее качество, но и способность системы сохранять накопленный опыт [27].

Динамические методы создают основу для долгосрочного мониторинга систем компьютерного зрения. В отличие от статических показателей они учитывают изменчивость входных данных и эксплуатационных условий. Их сильной стороной является способность фиксировать деградацию или улучшение качества во времени, однако реализация требует развертывания инфраструктуры для сбора и анализа данных.

ВЫВОДЫ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ РАЗРАБОТКИ МЕТОДА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА

Проведенный обзор показывает, что существующие подходы к оценке систем с технологией компьютерного зрения охватывают широкий спектр задач: от базовых диагностических метрик до эксплуатационных показателей и методов динамического мониторинга. Классические точность, чувствительность и специфичность обеспечивают базовый уровень сопоставимости алгоритмов, но не отражают особенностей их работы в реальной среде. Комплексные индексы позволяют интегрировать несколько характеристик в единый показатель, однако сохраняют субъективность при выборе весов и часто скрывают слабые стороны моделей. Методы устойчивости и обобщаемости выявляют зависимость качества от условий и изменений данных, но в основном дают точечную картину. Эксплуатационные показатели фокусируются на взаимодействии человека и системы, а также на экономической и организационной эффективности, однако зависят от конкретных сценариев применения и трудны для стандартизации. Методы объяснимости и доверия добавляют прозрачность и повышают приемлемость систем, но также не могут быть использованы как единственный критерий. Наконец, динамические подходы позволяют фиксировать деградацию качества во времени, но обычно ограничены анализом распределений и метрик точности, без учета комплексных факторов эксплуатации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в современной литературе отсутствует универсальный метод, который позволял бы одновременно:

- учитывать многомерность качества систем компьютерного зрения (точность, устойчивость, интерпретируемость, влияние на пользователя, экономический эффект);
- фиксировать изменения этих характеристик в динамике при реальной эксплуатации;
- обеспечивать количественное сопоставление различных систем и их версий на основе интегрального показателя.

Отдельно стоит отметить, что лишь ограниченное число исследований, в том числе отечественные работы, посвященные рискам жизненного цикла и эксплуатационным характеристикам интеллектуальных систем [28, 29], подчеркивают необходимость явного учета существенных факторов эксплуатации (СФЭ). Эти факторы определяют вариативность условий применения систем: тип и качество данных, особенности оборудования, параметры среды, специфику пользовательских действий и организационный контекст. Именно они формируют реальную «зону применимости» моделей и определяют репрезентативность испытаний. Игнорирование СФЭ приводит к тому, что формальные показатели качества, полученные в лабораторной среде, плохо коррелируют с эксплуатационными результатами, а тестовые наборы оказываются недостаточно показательными.

Анализ литературы демонстрирует, что отсутствие формализованного подхода к описанию и использованию СФЭ является одним из ключевых пробелов существующих методик оценки. Это препятствует стандартизации процедур контроля качества [29], затрудняет сопоставимость результатов различных испытаний и снижает предсказуемость поведения систем в реальных условиях.

Суммарно это определяет необходимость разработки методики, которая позволила бы интегрировать диагностические метрики, показатели устойчивости, эксплуатационные характеристики, факторы доверия и динамические аспекты в единую структуру оценки качества с обязательным учетом существенных факторов эксплуатации как основы репрезентативности тестирования и интерпретации результатов. Именно такая методика позволит обеспечить как научную сопоставимость, так и практическую применимость оценки качества систем компьютерного зрения.

Список литературы / References

1. Powers D.M.W. Evaluation: From precision, recall and F-measure to ROC, informedness, markedness and correlation // Journal of Machine Learning Technologies. 2011. Vol. 2, no. 1. P. 37–63.
2. Chicco D., Jurman G. The advantages of the Matthews correlation coefficient (MCC) over F1 score and accuracy in binary classification evaluation // BMC Genomics. 2020. Vol. 21, no. 1. P. 6.
3. Fawcett T. An introduction to ROC analysis // Pattern Recognition Letters. 2006. Vol. 27, no. 8. P. 861–874.
4. Garbuk S. V. Intellimetry as a Way to Ensure AI Trustworthiness // 2018 International Conference on Artificial Intelligence Applications and Innovations. IC-AIAI. 2018. P. 27–30.

5. Brodersen K.H., Ong C.S., Stephan K.E., Buhmann J.M. The balanced accuracy and its posterior distribution // In 2010 20th international conference on pattern recognition. IEEE. 2010. P. 3121–3124.
6. Chicco D., Tötsch N., Jurman G. The Matthews correlation coefficient (MCC) is more reliable than balanced accuracy, bookmaker informedness, and markedness in two-class confusion matrix evaluation // *BioData Mining*. 2021. Vol. 14, no. 1. P. 13.
7. Warrens M. J. Cohen's kappa is a weighted average // *Statistical Methodology*. 2010. Vol. 8, no. 6. P. 473–484.
8. Grandini M., Bagli E., Visani G. Metrics for Multi-Class Classification: an Overview. 2020. arXiv: 2008.05756.
9. Recht B., Roelofs R., Schmidt L., Shankar V. Do ImageNet Classifiers Generalize to ImageNet // *Proceedings of the 36th International Conference on Machine Learning*. 2019. Vol. 97. P. 5389–5400.
10. Taori R., Dave A., Shankar V. et al. Measuring Robustness to Natural Distribution Shifts in Image Classification // *Advances in Neural Information Processing Systems*. 2020. Vol. 33. P. 18583–18599.
11. Gulrajani I., Lopez-Paz D. In Search of Lost Domain Generalization. 2020. arXiv:2007.01434v1
12. Goodfellow I.J., Shlens J., Szegedy C. Explaining and Harnessing Adversarial Examples. 2014. arXiv:1412.6572v3
13. Lu J., Liu A., Dong F. et. al. Learning under Concept Drift: A Review // *Transactions on Knowledge and Data Engineering*. IEEE. 2019. Vol. 31, no. 12. P. 2346–2363.
14. Amershi S., Weld D., Vorvoreanu M. et al. Guidelines for Human-AI Interaction // *CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. 2019. No. 3. P. 1–13.
15. Sendak M., D'Arcy J., Kashyap S. et al. A Path for Translation of Machine Learning Products into Healthcare Delivery // *EMJ Innovations*. 2020.
16. Holstein K., Wortman Vaughan J., Daumé H. et al. Improving Fairness in Machine Learning Systems: What Do Industry Practitioners Need? // *CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. 2019. No. 600. P. 1–16.
17. Buçinca Z., Malaya M., Glassman E. Proxy Tasks and Subjective Measures Can Be Misleading in Evaluating Explainable AI Systems // *Proceedings of the AAAI Conference on Human Computation and Crowdsourcing*. 2020. P. 454–464.
18. Lai V., Tan C. On Human Predictions with Explanations and Predictions without Explanations // *Proceedings of the Conference on Fairness, Accountability, and Transparency*. 2019. P. 29–38.
19. El Arab R.A., Al Moosa O.A. Systematic review of cost effectiveness and budget impact of artificial intelligence in healthcare // *NPJ Digital Medicine*. 2025. Vol. 8, no.1. P. 548.
20. Enholm I.M., Papagiannidis E., Mikalef P. et al. Artificial Intelligence and Business Value: a Literature Review // *Information Systems Frontiers*. 2022. Vol. 24. P. 1709–1734.
21. Cabitza F., Campagner A., Balsano C. Bridging the "last mile" gap between AI implementation and operation: "data awareness" that matters // *Annals of Translational Medicine*. 2020. Vol. 8, no. 7. P. 501.
22. Ribeiro M., Singh S., Guestrin C. "Why Should I Trust You?" Explaining the Predictions of Any Classifier // *KDD Conference Proceedings*. 2016. P. 1135–1144.
23. Lundberg S., Lee S. A Unified Approach to Interpreting Model Predictions // *Proceedings of the 31st International Conference on Neural Information Processing Systems*. 2017. P. 4768–4777.
24. Doshi-Velez F., Kim B. Towards A Rigorous Science of Interpretable Machine Learning. 2017. arXiv: 1702.08608.
25. Poursabzi-Sangdeh F., Goldstein D., Hofman J. et.al. Manipulating and Measuring Model Interpretability // *CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. 2018. Art. no. 237. P. 1–52.
26. Webb G.I., Hyde R., Cao H. et.al. Characterizing concept drift // *Data Mining and Knowledge Discovery*. 2016. Vol. 30, no. 4. P. 964–994.
27. De Lange M., Aljundi R., Masana M. et.al. A continual learning survey: Defying forgetting in classification tasks // *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 2021. Vol. 44, no. 7. P. 3366–3385.
28. Гарбук С.В. Качественный анализ рисков в жизненном цикле систем искусственного интеллекта // В кн. *Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Тематический блок «Национальная безопасность»*. Системная инженерия в проблемах национальной безопасности. Научн. рук. чл.-корр. РАН Н.А. Махутов. С. 643–659. М.: МГОФ «Знание». 2025. 898 с. / Garbuk S.V. Qualitative risk analysis in the life cycle of artificial intelligence systems. In: *Security of Russia. Legal, socio-economic and scientific-technical aspects. Thematic section "National Security"*. Systems engineering in national security problems. Scientific editor: N.A. Makhutov. Moscow: MGOF "Znanie". 2025. PP. 643–659. 898 p. (in Russian)
29. Гарбук С.В. Метод оценки влияния параметров стандартизации на эффективность создания и применения систем искусственного интеллекта // *Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования*. 2022. № 3(67). С. 4–14. / Garbuk S.V. A method for assessing the impact of standardization parameters on the effectiveness of creating and applying artificial intelligence systems // *Information and economic aspects of standardization and technical regulation*. 2022. Vol. 3, no. 67. P. 4–14.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ НАДЕЖНОСТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ ВРАЧЕБНЫХ РЕШЕНИЙ В ЗДРАВООХРАНЕНИИ (ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА)

DEVELOPMENT OF A RELIABILITY MODEL OF INTELLIGENT SYSTEMS TO SUPPORT MEDICAL DECISION-MAKING IN HEALTHCARE (RADIOLOGY)

Зинченко В.В., заведующий сектором клинических и технических испытаний ГБУЗ «Научно-практический центр диагностики и телемедицины», Москва

Zinchenko V.V., Head of the Clinical and Technical Testing Sector at the Scientific and Practical Center for Diagnostics and Telemedicine, Moscow

Лебедев Г.С., д-р техн. наук, профессор, директор Центра цифровой медицины и искусственного интеллекта в медицине ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский университет), Москва

Lebedev G.S., Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of the Center for Digital Medicine and Artificial Intelligence in Medicine at the First Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University), Moscow

В данной работе представлена модель по оценке надежности для интеллектуальных систем для области лучевой диагностики. Контроль и мониторинг интеллектуальных систем, в том числе их надежности, представляется важным этапом жизненного цикла ввиду того, что подобные программные продукты в современной цифровой медицине помогают принимать врачебные решения. Разработанная модель включает в себя матрицы технологических дефектов различных типов работы интеллектуальных систем. Метод по оценке надежности апробирован на реальных данных для пяти интеллектуальных систем и показал свою состоятельность при применении в рамках мониторинга и контроля. В рамках исследования проведено стохастическое моделирование методом Монте-Карло для модели оценки надежности.

This paper presents a model for assessing the reliability of intelligent systems in healthcare (radiology). The quality control and monitoring of intelligent systems, including their reliability, is an essential stage in their life cycle, because such software products help make informal medical decisions in modern digital healthcare. The developed reliability model includes matrices of various technological defects defined by the real-world operation of intelligent systems. The reliability assessment method has been tested on real data for five intelligent systems and has shown its effectiveness in monitoring and control. The study conducted a stochastic Monte Carlo simulation of the reliability assessment model.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, обработка данных, надежность, дефекты, интеллектуальная система.

Keywords: decision support system, data processing, reliability, defects, intelligent system.

Цитирование: Зинченко В.В., Лебедев Г.С. Разработка модели надежности интеллектуальных систем для поддержки принятия врачебных решений в здравоохранении (лучевая диагностика) // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2026. № 1(88). С. 42–48.

For citation: Zinchenko V.V., Lebedev G. S. Development of a reliability model of intelligent systems to support medical decision-making in healthcare (radiology). Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2026; 1(88): 42–48. (In Russ.).

ВВЕДЕНИЕ

В эпоху цифровой трансформации интеллектуальные системы становятся критически важным инструментом поддержки принятия решений в различных сферах деятельности [1, 2]. Интеллектуальные системы зачастую подразумевают использование технологий искусственного интеллекта (ИИ). ИИ в здравоохранении – одно из наиболее перспективных направлений информатизации, так как применение интеллектуальных систем способствует автоматизации рутинных и сложных задач, повышая качество, доступность и оперативность медицинской помощи [3].

Активно технологии ИИ внедряются в область анализа медицинских изображений на примере лучевой диагностики, где они способны существенно повлиять на оптимизацию использования ресурсов (в том числе врачебных) и повысить скорость и точность анализа медицинских изображений, что доказано в рамках работы Московского эксперимента [4].

Для безопасного и надежного использования технологий в здравоохранении все этапы разработки, ввода в эксплуатацию и применения системы ИИ (СИИ)¹ должны в обязательном порядке контролироваться. На данный момент отсутствуют стандартизированные методы испытаний и контроля интеллектуальных систем, что, в свою очередь, создает риски для надежности их применения. Понятие надежности может трактоваться как комплексный показатель, характеризующийся прозрачностью использования, объективной функциональностью и другими составляющими. В контексте данной работы надежность исследуется как способность систем функционировать без сбоев (технологических дефектов) в течение заданного периода времени, а именно как СИИ производит обработку данных (изображений), корректно ли выполняет поддержку принятия врачебных решений.

Целью данной статьи является разработка модели оценки надежности интеллектуальных систем в лучевой диагностике.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ НАДЕЖНОСТИ

В рамках существующих нормативных документов РФ, на пример в ГОСТ Р МЭК 62628–2021, надежность определяется как способность программного блока работать в составе системы в соответствии с установленными требованиями [5]. В рамках сопровождения программных систем для оценки надежности контролируют неисправности, а также собирают данные в трех группах: данные о

неисправности, данные о продукте, данные о процессе. В стандартах для оценки программных систем приводится, как правило, рекомендованный набор оцениваемых показателей, т. е. его нужно подбирать в рамках назначения. Например, для проверки технических характеристик СИИ выполняют тестирования в соответствии с ГОСТ Р 56920–2024, где одной из главных целей является выявление дефектов, при этом виды таковых и способы определения не разясняются [6]. Таким образом, универсального метода оценки надежности программных систем не существует.

В целях анализа модели надежности СИИ был составлен потенциальный набор технологических дефектов, которые возникают при эксплуатации такой системы. Технологические дефекты работы СИИ способны оказывать влияние на пациентов непосредственно или косвенно, а именно: некорректная работа заявленного функционала может привести к ошибочному решению врача и, как следствие, причинить вред пациенту; при некорректном отображении области исследований могут быть пропущены патологии на изображении, что также может причинить потенциальный вред пациенту, и т. п. Типы дефектов следующие: тип «б»: отсутствие результатов обработки данных и обнаруженные ошибки от ИИ при выводе результатов; тип «в»: сбои в работе СИИ, препятствующие или существенно затрудняющие выполнение врачом-рентгенологом своих обязанностей на должном уровне; тип «г»: дефекты, связанные с отображением области изображений; тип «д»: иные нарушения целостности и содержимого файлов с результатами исследований [7].

В данной статье была разработана модель и определены взвешенные коэффициенты для каждого типа технологических дефектов с использованием линейного регрессионного анализа. Модель надежности была построена с использованием метода Монте-Карло.

Для анализа отказов (дефектов в том числе) в технических системах, включая программные, часто применяют закон Вейбулла. Этот закон отличается универсальностью, позволяя моделировать как внезапные отказы, так и возникающие постепенно из-за износа или усталостного разрушения деталей. Распределение Вейбулла описывается плотностью распределения наработки до отказа [8]. В формуле (1) приведено общее представление закона Вейбулла:

$$F(t) = \frac{\delta \cdot t^{\delta-1}}{\alpha^{\delta}} e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\delta}} \quad (1)$$

где δ – параметр формы (характеризует форму кривой), α – параметр масштаба.

Универсальность распределения объясняется тем фактом, что при $\delta = 1,0$ распределение превращается в экс-

¹ СИИ – система ИИ – техническая система, в которой используются технологии ИИ. (см. ГОСТ Р 59277–2020 Системы искусственного интеллекта. Классификация систем искусственного интеллекта. – М.: Стандартинформ, 2021; (п. 3.40).

поненциальное. Тогда $\alpha = \bar{t}$. При $\delta = 2,5-3,5$ распределение Вейбулла близко к нормальному.

Вероятность безотказной работы для этого распределения будет рассчитана по формуле (2):

$$P(t) = e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\delta}}.$$

(2)

В силу того, что отказы могут происходить в результате наличия разных видов дефектов, можно выделить расчет суммарного числа отказов как сумму долей дефектов каждого вида. Для j -го вида дефектов вероятность отказа к моменту t равна $p_j = 1-P_j(t)$.

Далее, исходя из наличия нескольких отчетных периодов, по которым анализируют работу СИИ, была предложена формула для расчета взвешенного среднего количества дефектов для каждой СИИ за все отчетные периоды (3):

$$N_{td,s} = \frac{\sum_{j=1}^n p_j^s N_j^s}{\sum_{j=1}^n p_j^s},$$

(3)

где s – определенная СИИ; N_j^s – количество обработанных исследований с технологическими дефектами за j -й отчетный период для s -й СИИ; p_j^s – вероятность возникновения дефектов на j -м месяце (отчетном периоде) для s -й СИИ.

Для измерения и представления результатов тестирования необходимо внедрение метрик. Во-первых, следует определить объем выборки (N), которая нужна для проведения тестирования. Во-вторых, необходимо измерить процент обнаруженных дефектов, рассчитанный как отношение числа выявленных дефектов (N_{td}) к общему размеру выборки (4):

$$C_{td} = \frac{N_{td}}{N}.$$

(4)

Тогда общая надежность будет иметь вид (5):

$$q = k_0 + k_1 \times C_{id1} + k_2 \times C_{id2} + k_3 \times C_{id3}$$

(5)

где q – зависимая переменная (целевая), в нашем случае – надежность, которая рассчитывается как доля обработанных входных данных без дефектов; C_{id} – матрица независимых переменных, а именно значения C_{id} для каждого вида дефектов; k – коэффициенты регрессии.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ МОДЕЛИ НАДЕЖНОСТИ

Для расчетов модели были использованы данные реальной клинической практики из полученных в 2023 г. за 10 отчетных периодов (месяцев) для пяти СИИ различных отечественных производителей для лучевой диагностики (это все СИИ, работавшие на момент исследования в контуре Московского эксперимента по направлению «рентгенография области грудной клетки»). Из полученных наборов данных были извлечены различные признаки, предусмотренные разрабатываемым методом оценки надежности, характеризующие работу ИИ в условиях реальной клинической практики.

Для каждого вида дефектов ($C_{id,6}, C_{id,8}, C_{id,z,\delta}$) представлена описательная статистика его удельного веса (табл. 1). Исследование распределения удельных долей технологических дефектов проведено с использованием метода максимального правдоподобия (с применением программных пакетов SciPy, версия = 1.13.1², fitter версия = 1.7.1. Изучались распределения технологических дефектов путем сравнения со стандартными законами, такими как нормальный, экспоненциальный и закон Вейбулла, для поиска наиболее подходящего на основании метрики – сумма квадратов ошибок (S), где:

$$S = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2,$$

(6)

где n – число значений, y_i – наблюдаемые значения, $\hat{y}_i$ – предсказанные значения (оценки) для заданного закона распределения.

² SciPy documentation. [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.scipy.org/doc/scipy-1.13.1/> (Дата обращения: 05.12.2025).

Таблица 1

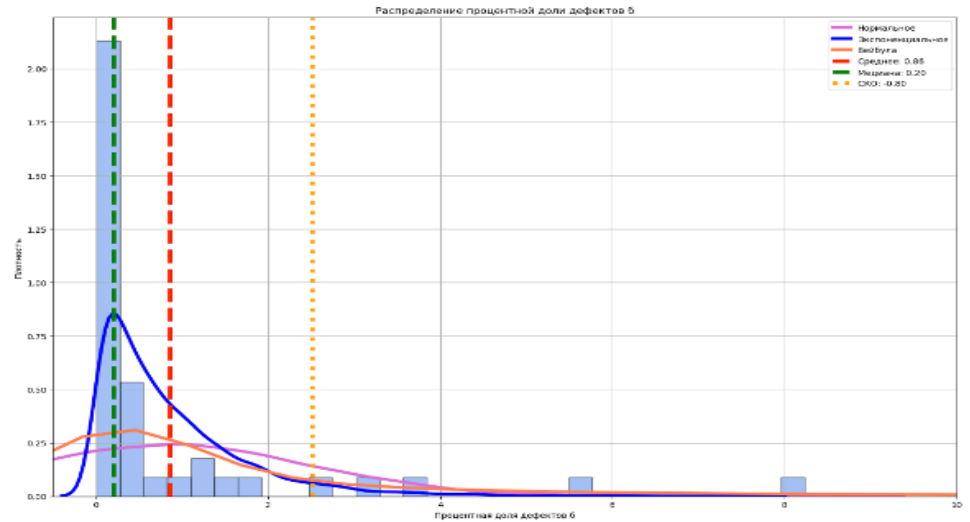
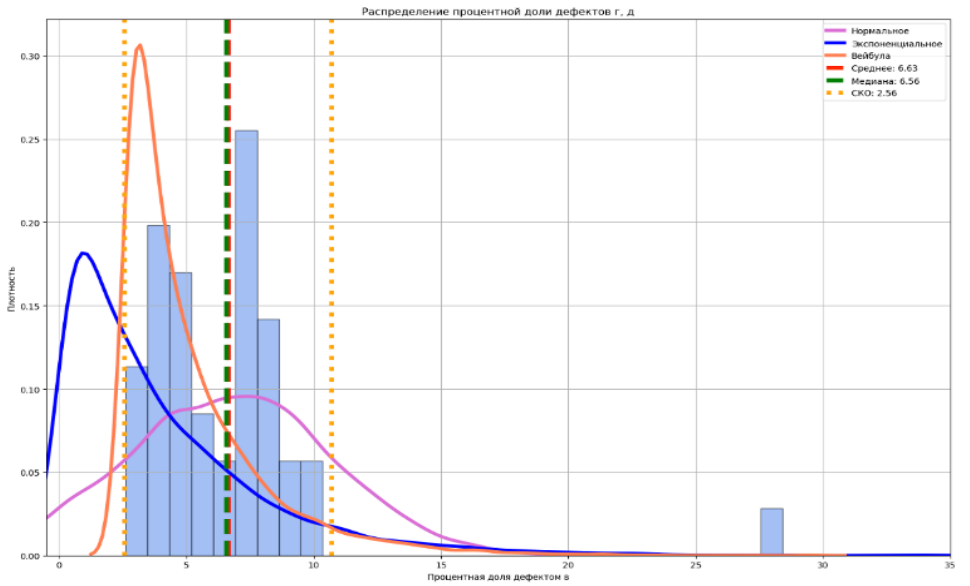
Описательная статистика удельного веса отдельных дефектов

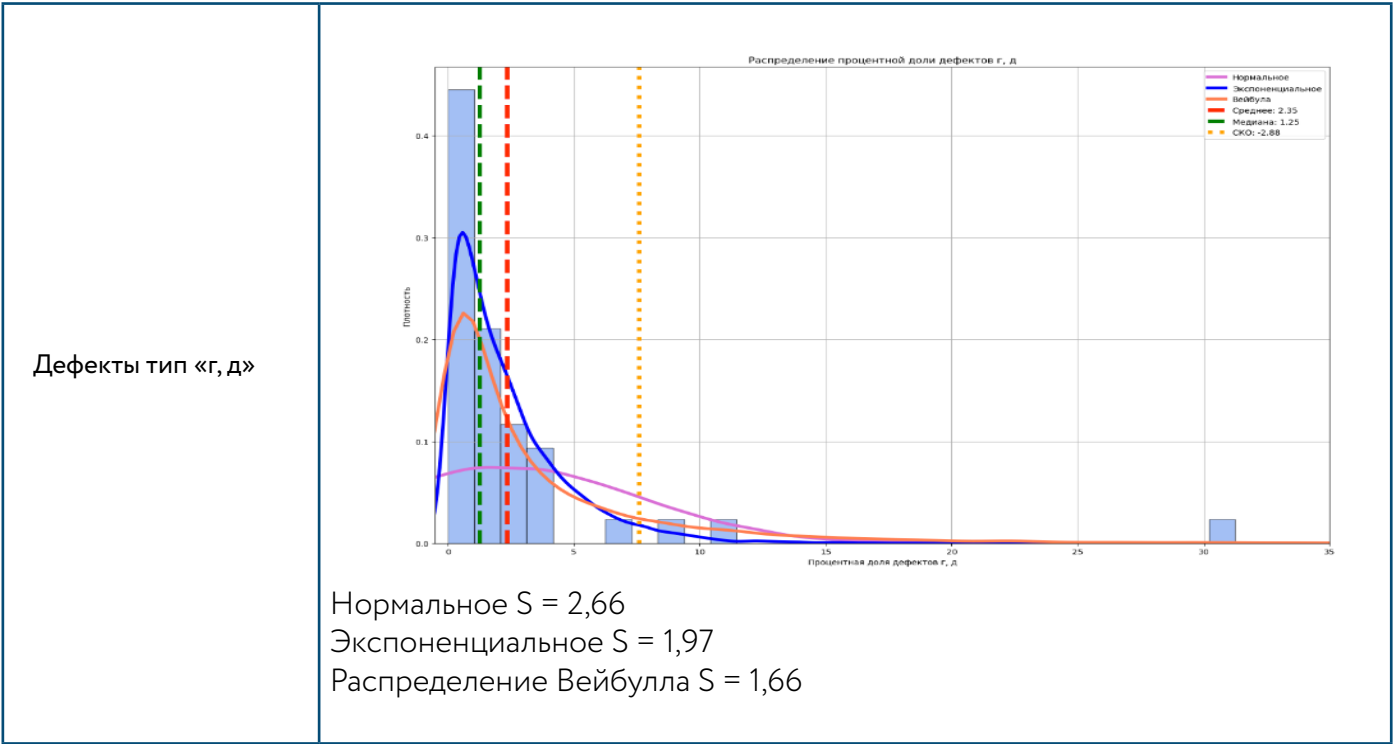
Показатель	$C_{id,6}$	$C_{id,8}$	$C_{id,z,\delta}$
Количество рассчитанных значений матрицы независимых переменных для каждого вида дефектов	41	41	41
Среднее значение	0,86	6,63	2,35
СКО	1,66	4,07	5,23
Медиана	0,20	6,56	5,23

Распределения, полученные различными методами представлены в табл. 2.

Таблица 2

Распределения процентной доли различных видов дефектов

Дефекты тип «б»	 Распределение процентной доли дефектов б Нормальное $S = 23,23$ Экспоненциальное $S = 15,06$ Распределение Вейбулла $S = 8,51$
Дефекты тип «в»	 Распределение процентной доли дефектов в Нормальное $S = 0,55$ Экспоненциальное $S = 0,54$ Распределение Вейбулла $S = 0,81$



Расчет коэффициентов линейной регрессии (k) в выражении (5) выполнялся методом наименьших квадратов: $R^2 = 0,999$, Log-likelihood: 2,0740. Результаты представлены в табл. 3

Таблица 3

Результаты расчета коэффициентов взвешенности

Название ко- эффициентов	Значение ко- эффициентов	Стандартная ошибка	Критерий Стьюдента	$P> t $	Нижняя граница 95% интервала	Верхняя граница 95% интервала
$k_{td,\delta}$	-1,0070	0,023	-43,419	0	-1,054	-0,96
$k_{td,\varepsilon}$	-1,0416	0,015	-69,747	0	-1,072	-1,011
$k_{td,\varepsilon,\delta}$	-1,1147	0,012	-95,778	0	-1,138	-1,091
k_0	100,3076	0,091	1104,684	0	100,124	100,492

Таким образом, итоговую модель надежности СИИ представим в виде:

$$q = 100,31 - 1,01 \times C_{td,6} - 1,04 \times C_{td,8} - 1,11 \times C_{td,r,д}. \quad (7)$$

Также для оценки надежности СИИ с учетом неопределенности дефектов выполнено стохастическое моделирование по методу Монте-Карло по ГОСТ 34100.3.1–2017 [9].

Было использовано $M = 10,000$ симуляций генерирования случайных значений дефектов в соответствии с выбранным оптимальным законом распределения (рис. 1.А). Среднее значение надежности составило 90,23% (95% ДИ: 68,03% – 99,31%) (рис. 1.Б), стандартное отклонение – 8,8369.]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании полученных результатов доказаны теоретические предпосылки использования для оценки надежности СИИ распределения Вейбулла. Также был проведен обширный анализ возникающих технологических дефектов в ходе работы интеллектуальных систем поддержки принятия решений, рассмотрены и проанализированы их частота возникновения в различных СИИ. Рассчитаны значения p-value для каждого из коэффициентов надежности (относительно типов технологических дефектов) и согласно табл. 3, в т. ч. константы (k_0), составили менее 0,05, что демонстрирует статистическую значимость коэффициентов независимых переменных для итоговой модели надежности СИИ, использующихся для области лучевой диагностики.

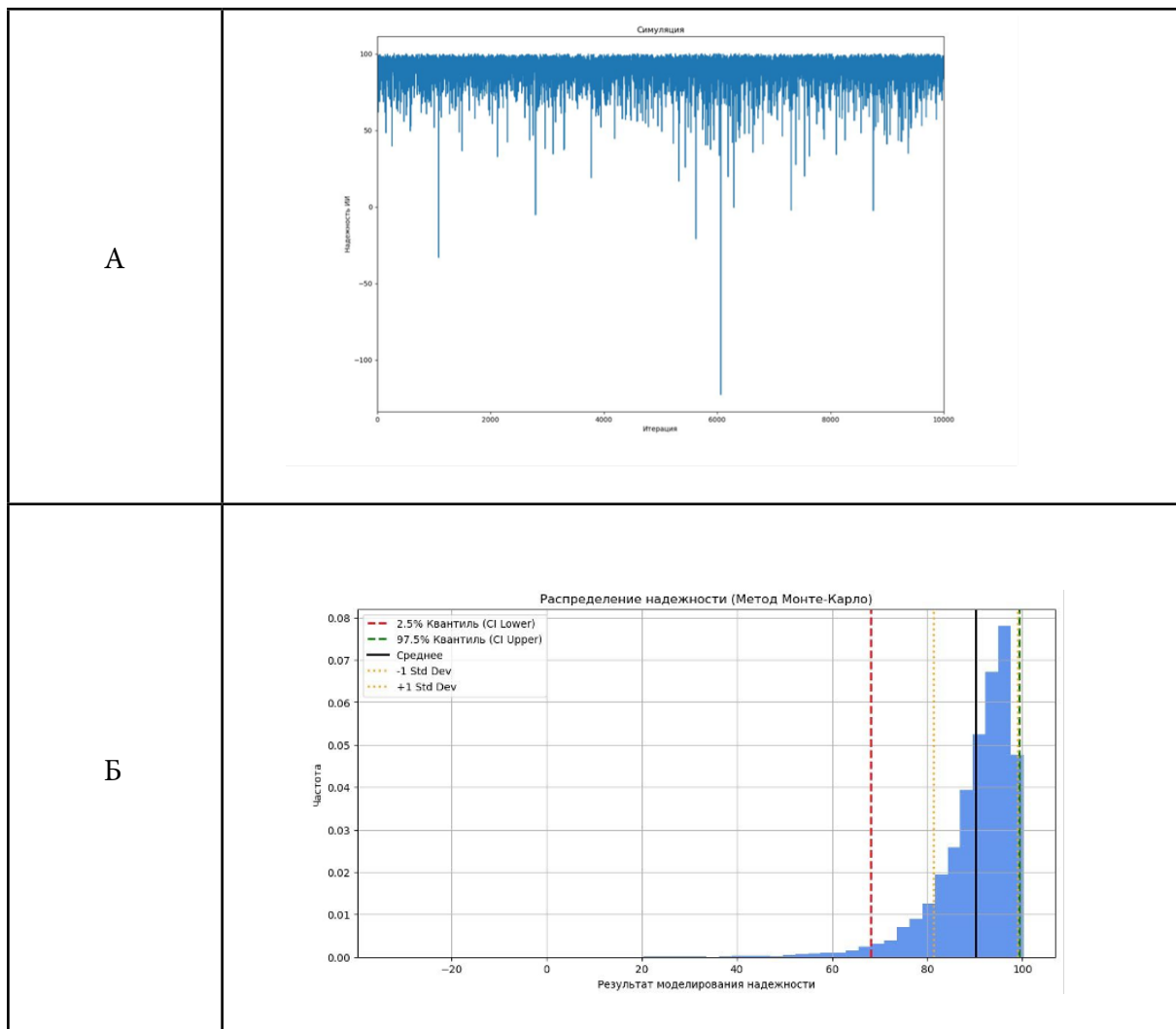


Рис. 1. А – Итеративный расчет методом Монте-Карло коэффициента надежности и Б – результаты моделирования надежности методом Монте-Карло

Проведено стохастическое моделирование, при использовании метода Монте Карло, которое позволило рассчитать на основании полученных данных среднее значение уровня надежности исследуемых систем и стандартное отклонение.

Таким образом, в ходе выполненной работы удалось смоделировать и проанализировать работу ССИ, работающих в области лучевой диагностики. Что особенно актуально ввиду воздействия подобных технических продуктов на принятия врачебных решений в ходе их работы в условиях реальной клинической практики.

Список литературы:

1. Мистров Л.Е., Андрусов В.А., Шерстяных Е.С. Метод обоснования типовых ситуаций в задаче синтеза решений по разрешению конфликтов // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2023. № 2(72). С. 38–47.
2. Бурый А.С., Цаплина О.С. Интеллектуальная поддержка принятия решений в проектных командах // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2025. № 4(85). С. 31–38.
3. Meldo A.A., Utkin L.V., Trofimova T.N. Artificial intelligence in medicine: a current state and main directions of intelligent diagnostics development // Diagnostic radiology and therapy. 2020, vol. 1, no. 11, pp. 9–17.
4. Васильев Ю.А., Владимирский А.В., Арзамасов К.М., и др. Компьютерное зрение в лучевой диагностике: первый этап Московского эксперимента: монография. – М.: Издательские решения, 2023. – 376 с.
5. ГОСТ Р МЭК 62628–2021. Надежность в технике. Руководство по обеспечению надежности программного обеспечения. – М.: Российский институт стандартизации, 2022. – 62 с.
6. ГОСТ Р 56920–2024. Системная и программная инженерия. Тестирование программного обеспечения. Общие положения. – М.: Российский институт стандартизации, 2024. – 32 с.
7. Зинченко В.В., Арзамасов К.М., Кремнева Е.И., Владимирский А.В., Васильев Ю.А. Технологические дефекты программного обеспечения с искусственным интеллектом // Digital Diagnostics. 2023. Т. 4, № 4. С. 593–604.
8. Правиков Ю.М., Муслина Г.Р. Основы теории надежности технологических процессов в машиностроении: учебное пособие. – Ульяновск: УлГТУ, 2015. – 122 с.
9. ГОСТ 34100.3.1–2017 Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения. Дополнение 1. Трансформирование распределений с использованием метода Монте-Карло. – М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2018. – 96 с.

References:

1. Mistrov L.E., Andrusov V.A., Sherstyanyh E.S. Method of justification of typical situations in the synthesis problem solutions for conflict resolution. Information and economic aspects of standardization and technical regulation. 2023, no. 2(72), pp. 38–47.
2. Buryi A.S., Tsaplina O.S. Intellectual'naya podderzhka prinyatiya reshenij v proektnyh ko-mandah. Information and economic aspects of standardization and technical regulation. 2025, no. 4(85), pp. 31–38.
3. Meldo A.A., Utkin L.V., Trofimova T.N. Artificial intelligence in medicine: a current state and main directions of intelligent diagnostics development. Diagnostic radiology and therapy. 2020, vol. 1, no. 11, pp. 9–17.
4. Vasilyev Yu.A., Vladzimirsky A.V., Arzamasov K.M., et al. Kompyuternoe zrenie v luchevoj diagnostike: pervyy etap Moskovskogo eksperimenta: monografiya [Computer Vision in Radiology: The First Stage of the Moscow Experiment: A Monograph]. Moscow, 2023, 376 p.
5. GOST R IEC 62628–2021. Reliability in technology. Guidelines for software reliability assurance. Moscow: FSBI "RSI" Publ., 2022, 62 p.
6. GOST R 56920–2024. Sistemnaya i programmnaia inzheneriia. Testirovanie programmnoho obespecheniia. Obshchie polozeniia [System and software engineering. Software testing. General provisions.] Moscow: FSBI "RSI" Publ., 2024, 32 p.
7. Zinchenko V.V., Arzamasov K.M., Kremneva E.I., Vladzimirskiy, et al. Tekhnologicheskie defekty programmnoho obespecheniya s iskusstvennym intellektom. [Technological defects in artificial intelligence software]. Digital Diagnostics. 2023; 4(4):593-604.
8. Pravikov Yu.M., Muslina G.R. Osnovy teorii nadezhnosti tekhnologicheskikh protsessov v mashinostroenii: uchebnoe posobie. [Fundamentals of Reliability Theory for Technological Processes in Mechanical Engineering: A Study Guide]. Ulyanovsk: UGTU Publ., 2015, 122 p.
9. GOST 34100.3.1–2017/ISO/IEC Guide 98-3/Suppl 1:2008. Uncertainty of measurement. Part 3. Guide to the expression of uncertainty in measurement. Supplement 1. Propagation of distributions using a Monte Carlo method. Moscow: STANDARTINFORM Publ., 2018, 96 p.

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СОТРУДНИКОВ ОРГАНОВ ВНУТРЕННИХ ДЕЛ РОССИИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ

FORMATION OF PROFESSIONAL COMPETENCE IN THE FIELD OF INFORMATION SECURITY FOR EMPLOYEES OF THE INTERNAL AFFAIRS BODIES OF RUSSIA UNDER CONDITIONS OF DIGITALIZATION

Нечай А.А., канд. пед. наук, доцент кафедры информационной безопасности, Санкт-Петербургский университет МВД России

Алексеева О.В., начальник кабинета специальных дисциплин кафедры математики и информатики, Санкт-Петербургский университет МВД России

Гончар А.А., канд. воен. наук, доцент кафедры информационной безопасности, Санкт-Петербургский университет МВД России

Nechay A.A., Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Information Security Department, St. Petersburg University of the Ministry of Internal Affairs of Russia

Alekseeva O.V., Head of the Special Disciplines Office, Department of Mathematics and Informatics, St. Petersburg University of the Ministry of Internal Affairs of Russia

Gonchar A.A., Candidate of Military Sciences, Associate Professor of the Information Security Department, St. Petersburg University of the Ministry of Internal Affairs of Russia

В контексте активной цифровизации деятельности государственных структур исследование проблематики формирования профессиональной компетентности в сфере информационной безопасности для сотрудников органов внутренних дел (ОВД) МВД России приобретает критическую важность. Данная статья посвящена анализу специфических требований к компетенциям сотрудников ОВД, обусловленных оперативно-служебными задачами и особым статусом обрабатываемой информации. Авторы акцентируют внимание на необходимости разработки целостной методической системы, интегрирующей правовые, технические и оперативно-тактические аспекты информационной безопасности. В работе выявляются системные пробелы в существующих подходах к подготовке сотрудников ОВД и обосновывается комплекс мер, направленных на совершенствование данного процесса. Методологическую основу составили системный анализ, сравнительно-сопоставительный метод и экспертная оценка. Практическая значимость результатов заключается в разработке прикладных рекомендаций по модернизации учебных программ и внедрению специализированных тренажерных комплексов, моделирующих реальные киберугрозы.

In the context of active digitalization of state structures' activities, researching the formation of professional competence in information security for employees of the Internal Affairs Bodies (IAB) of the Russian Ministry of Internal Affairs becomes critically important. This article analyzes the specific competency requirements for IAB employees, dictated by operational and service tasks and the special status of the information they handle. The authors emphasize the need to develop a holistic methodological system integrating legal, technical, and operational-tactical aspects of information security. The study identifies systemic gaps in existing approaches to training IAB employees and substantiates a set of measures aimed at improving this process. The methodological basis includes system analysis, comparative method, and expert evaluation. The practical significance of the results lies in developing applied recommendations for modernizing educational programs and implementing specialized training simulators that model real cyber threats. The proposed solutions aim to enhance the level of protection of official information and the resilience of the Ministry of Internal Affairs' information infrastructure to modern challenges.

Предложенные решения нацелены на повышение уровня защищенности служебной информации и устойчивости информационной инфраструктуры МВД к современным вызовам.

Ключевые слова: профессиональная компетентность, информационная безопасность, органы внутренних дел, цифровая трансформация, защита служебной информации, киберугрозы, подготовка кадров.

Для цитирования: Нечай А.А., Алексеева О.В., Гончар А.А. Формирование профессиональной компетентности в области информационной безопасности сотрудников органов внутренних дел России в условиях цифровизации // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2026. № 1(88). С. 49–54.

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивная цифровая трансформация всех сфер общественной жизни и государственного управления детерминирует возникновение новых вызовов в области обеспечения правопорядка и общественной безопасности. В этих условиях деятельность органов внутренних дел (ОВД) Российской Федерации не только претерпевает значительные изменения, но и становится все более зависимой от надежности и защищенности информационно-телекоммуникационных систем [1]. Обработка значительных массивов оперативно-служебной, розыскной информации и персональных данных, функционирование в составе единой информационной инфраструктуры государственных органов предъявляют исключительно высокие требования к уровню профессиональной компетентности сотрудников в сфере информационной безопасности (ИБ) [2]. Недостаточная подготовленность личного состава к противодействию современным киберугрозам способна привести к системным сбоям, утечке конфиденциальной информации и, как следствие, к снижению эффективности выполнения ключевых задач МВД России [3].

Стратегическая важность данного направления закреплена на высшем государственном уровне, в том числе в таких документах, как Стратегия национальной безопасности Российской Федерации и Доктрина информационной безопасности [4]. Реализация государственной политики в области обеспечения ИБ невозможна без наличия в силовых структурах высококвалифицированных кадров, обладающих не только глубокими теоретическими знаниями, но и сформированными практическими навыками защиты информации в условиях реальных оперативно-служебных задач^{1,2}. Однако существующая система ведомственного об-

Keywords: professional competence, information security, internal affairs bodies, digital transformation, protection of official information, cyber threats, personnel training.

For citation: Nechay A.A., Alekseeva O.V., Gonchar A.A. Formation Of Professional Competence In The Field Of Information Security For Employees Of The Internal Affairs Bodies Of Russia Under Conditions Of Digitalization. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2026; 1(88): 49–54. (In Russ.).

разования сталкивается с рядом вызовов, среди которых – стремительное обновление видов и методов компьютерных атак, недостаточная интеграция практико-ориентированных компонентов в учебные программы, а также необходимость формирования особой культуры информационной безопасности, учитывающей специфику служебной деятельности [5].

Анализ современных исследований, таких как работы Шугаль Н. Б., Бондаренко Н. В., Варламовой Т. А., посвященных цифровой среде [6], позволяет утверждать, что ее развитие неразрывно связано с рисками, многократно возрастающими в контексте правоохранительной деятельности. Исследования Салихова Б. В. и Салихова И. С. подтверждают, что создание защищенной среды является критическим фактором эффективности любой организации, что в полной мере относится и к ОВД [7]. Вместе с тем в научной литературе наблюдается дефицит комплексных исследований, направленных именно на построение целостной модели формирования ИБ-компетенций у сотрудников полиции, с учетом всей совокупности правовых, организационных и технических аспектов их будущей профессии [8].

Актуальность настоящего исследования обусловлена настоятельной необходимостью преодоления разрыва между традиционными подходами к профессиональной подготовке сотрудников ОВД и реальными требованиями, диктуемыми цифровой эпохой [9]. Цель исследования заключается в разработке теоретически обоснованных и практико-ориентированных рекомендаций по совершенствованию процесса формирования профессиональной компетентности в области информационной безопасности у курсантов и сотрудников органов внутренних дел [10]. Практическая значимость исследования заключается в возможности прямого применения его результатов для модернизации учебных планов, разработки специализированных тренажеров и методических материалов, что в конечном итоге будет способствовать усилению защищенности информационного периметра МВД России и повышению эффективности выполнения им своих функций.

¹ Указ Президента Российской Федерации от 5 декабря 2016 г. № 646 «Об утверждении Доктрины информационной безопасности Российской Федерации».

² Указ Президента Российской Федерации от 5 декабря 2016 г. № 646 «Об утверждении Доктрины информационной безопасности Российской Федерации».

МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Решение поставленной исследовательской задачи – разработки научно обоснованной модели формирования профессиональной компетентности в области информационной безопасности у сотрудников органов внутренних дел – потребовало применения системы взаимодополняющих методологических подходов. Комплексный характер исследования определил необходимость сочетания теоретического анализа с эмпирической проверкой выдвинутых предположений, что обеспечило достоверность и валидность полученных результатов. Методологическим основанием работы стал системный подход, позволивший рассмотреть процесс профессиональной подготовки как целостный феномен, функционирующий в контексте оперативно-служебной деятельности. Такой ракурс исследования дал возможность учесть влияние внешних факторов, включая постоянную эволюцию киберугроз и динамику законодательного регулирования.

Первоначальный этап исследования базировался на теоретико-методологическом анализе, в рамках которого было проведено комплексное изучение научных публикаций, нормативных правовых актов и ведомственных документов МВД России, который позволил не только выявить современное состояние разрабатываемой проблемы, но и сформировать понятийный аппарат исследования, а также идентифицировать системные противоречия между практическими требованиями к компетенциям сотрудников и реальным содержанием образовательных программ. Для выявления лучших практик и существующих дефицитов в системе ведомственной подготовки был задействован сравнительно-сопоставительный метод. Его применение позволило осуществить детальное сопоставление учебных планов и программ профильных образовательных организаций МВД России, а также проанализировать релевантный зарубежный опыт подготовки сотрудников правоохранительных органов к противодействию современным киберугрозам.

Важное место в исследовании занял метод экспертной оценки, направленный на верификацию теоретических выводов и получение репрезентативных данных о практических аспектах проблемы. В этих целях был организован опрос в формате структурированного интервью с пятнадцатью экспертами, среди которых были действующие сотрудники оперативных и следственных подразделений МВД России, преподаватели ведомственных вузов и специалисты по защите информации из ИТ-подразделений территориальных органов МВД России. Анкетирование экспертов было ориентировано на оценку актуальности выделенных компетенций, выявление типичных проблем в практической деятельности и сбор конструктивных предложений по совершенствованию системы обучения.

Разработанная в ходе исследования структурно-функциональная модель формирования ИБ-компетентности стала результатом применения метода моделирования. Для апробации ключевых элементов данной модели использовался метод ситуационного анализа, в рамках которого курсантам предлагалось разрешить смоделированные проблемные ситуации, связанные с утечкой данных, фишинг-атаками и нарушением регламентов работы со служебной информацией. Обработка полученных эмпирических данных осуществлялась с привлечением статистических методов, что обеспечило наглядность и объективность выводов исследования. Интеграция перечисленных методов позволила сохранить комплексный характер работы, успешно сочетая теоретический анализ с решением прикладных задач, направленных на совершенствование кадровой политики МВД России в условиях цифровой трансформации.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведенное исследование позволило получить комплекс данных, характеризующих современное состояние процесса формирования профессиональной компетентности в области информационной безопасности у сотрудников органов внутренних дел. Центральным результатом работы стала разработка структурно-функциональной модели, представленной на рисунке, интегрирующей нормативные, содержательные, процессуальные и оценочно-результативные компоненты.



Структурно-функциональная модель формирования профессиональной компетентности в области информационной безопасности у сотрудников ОВД

Разработанная модель включает следующие структурные блоки:

Целевой блок. Определяет задачу и стратегические цели процесса формирования компетентности. Задача модели заключается в обеспечении устойчивой готовности сотрудников ОВД к противодействию современным киберугрозам. В рамках данной задачи реализуются стратегические цели: формирование системных знаний в области нормативно-правового регулирования ИБ, развитие практических навыков идентификации и нейтрализации кибератак, а также воспитание профессиональной культуры безопасного обращения со служебной информацией.

Содержательный блок модели структурирован вокруг трех ключевых модулей. Нормативно-правовой модуль охватывает законодательство РФ в области ИБ, ведомственные регламенты и международные стандарты защиты информации. Техничко-технологический модуль включает методы криптографической защиты, средства обнаружения вторжений и протоколы безопасного сетевого взаимодействия. Оперативно-тактический модуль сфокусирован на тактике действий при киберинцидентах, методах расследования киберпреступлений и процедурах обеспечения безопасности оперативно-розыскных мероприятий.

Процессуальный блок реализуется через последовательность этапов. Диагностический этап (1 месяц) включает оценку исходного уровня компетенций и формирование индивидуальных траекторий обучения. Теоретико-методологический этап (2 месяца) посвящен модульному изучению нормативных основ и принципов работы защищенных информационных систем. Практико-ориентированный этап (3 месяца) предполагает работу на специализированных тренажерах, решение ситуационных задач по реальным инцидентам и участие в учебных киберучениях.

Оценочно-результативный блок устанавливает критерии эффективности подготовки: качество выполнения нормативных тестовых заданий (40%), успешность решения практических кейсов (35%) и результаты участия в комплексных учениях (25%). Модель предусматривает три уровня сформированности компетенций: базовый (знание нормативных требований), продвинутый (умение применять стандартные процедуры защиты) и экспертный (способность разрабатывать и реализовывать комплексные меры противодействия угрозам).

Эмпирическая апробация элементов разработанной модели, проводившаяся в течение шести месяцев с участием 127 курсантов ведомственного образовательного учреждения, подтвердила ее эффективность. Сравнительный анализ с контрольной группой (115 курсантов) показал статистически значимое превышение показателей экспериментальной группы по параметрам практического применения знаний.

При решении ситуационных задач, моделирующих реальные инциденты информационной безопасности, курсанты экспериментальной группы демонстрировали на 42% более высокие результаты в области идентификации фишинг-атак и на 37% – в применении регламентов защиты конфиденциальной информации.

Важным аспектом исследования стало выявление зависимости между методами обучения и уровнем формирования профессиональных компетенций. Применение методов обучения, основанных на анализе реальных или смоделированных ситуаций (кейсов) на основе реальных инцидентов информационной безопасности, зафиксированных в территориальных органах МВД, позволило повысить уровень осознанного применения процедур защиты информации на 56% по сравнению с традиционными лекционными формами обучения. Наблюдение за практическими занятиями показало, что курсанты, участвовавшие в апробации, в 3,2 раза реже допускали нарушения регламентов работы со служебной информацией при выполнении комплексных заданий.

Особый интерес представляют данные, полученные в ходе экспертной оценки. Анализ результатов структурированного интервью с 15 экспертами выявил согласованность относительно необходимости формирования не только технических навыков, но и культуры личной ответственности за сохранность служебной информации. 93% экспертов отметили, что существующая система подготовки недостаточно ориентирована на профилактику внутренних угроз информационной безопасности, связанных с человеческим фактором.

Реализация предложенной модели потребовала разработки специализированного учебно-методического комплекса, включающего модули ситуационного моделирования, лабораторные практикумы по выявлению уязвимостей и методики проведения учебных тревог по отработке действий при инцидентах, связанных с преступлениями в сфере компьютерной информации. Апробация данного комплекса показала его эффективность в формировании устойчивых практических навыков: после прохождения полного курса подготовки 89% курсантов демонстрировали стабильно высокие результаты при решении комплексных задач по защите информации.

Статистическая обработка данных подтвердила гипотезу о взаимосвязи между использованием активных методов обучения и уровнем сформированности профессиональных компетенций. Корреляционный анализ показал наличие сильной прямой связи ($r = 0,82$) между количеством практических занятий с использованием реальных кейсов и успешностью выполнения итоговых комплексных заданий, а дисперсионный анализ продемонстрировал статистически значимые различия ($p < 0,01$) между показателями экспериментальной и контрольной групп по всем оцениваемым параметрам.

ВЫВОДЫ

Проведенное исследование позволило сформулировать ряд принципиальных положений, имеющих определяющее значение для совершенствования системы подготовки сотрудников ОВД в области информационной безопасности. Разработанная структурно-функциональная модель продемонстрировала свою эффективность как инструмент преодоления разрыва между теоретической подготовкой и практическими требованиями оперативно-служебной деятельности. Экспериментально доказано, что интеграция нормативных, содержательных и оценочных компонентов обеспечивает формирование устойчивых профессиональных компетенций, позволяющих адекватно реагировать на современные киберугрозы.

Эмпирические данные убедительно свидетельствуют о качественном превосходстве практико-ориентированного подхода к обучению. Значительное улучшение показателей идентификации фишинг-атак и применения регламентов защиты информации в экспериментальной группе подтверждает необходимость пересмотра существующего соотношения теоретической и практической подготовки. Особую значимость приобретает использование ситуационных задач на основе реальных инцидентов, что способствует развитию оперативного мышления и формированию навыков принятия решений в условиях, максимально приближенных к реальной оперативной обстановке.

Важнейшим результатом исследования стало осознание необходимости формирования культуры личной ответственности за обеспечение информационной безопасности. Экспертная оценка показала, что технические меры защиты недостаточны без развития у сотрудников осознанного отношения к работе с конфиденциальной информацией. Это обуславливает потребность во внедрении специальных психолого-педагогических методик, направленных

на формирование внутренней мотивации к соблюдению установленных регламентов и процедур.

Статистически значимые различия между экспериментальной и контрольной группами, а также выявленная сильная корреляционная связь между объемом практической подготовки и уровнем сформированности компетенций указывают на перспективность дальнейшего развития предложенного подхода. Разработанный учебно-методический комплекс может служить основой для создания единых стандартов подготовки различных категорий сотрудников ОВД с учетом их специализации и должностных обязанностей.

В контексте цифровой трансформации правоохранительной деятельности особую актуальность приобретает непрерывность процесса формирования компетентности в области информационной безопасности. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости создания системы постоянного совершенствования профессиональных навыков, адаптированной к быстро меняющемуся ландшафту киберугроз, что предполагает разработку механизмов регулярного обновления учебных материалов и внедрения передовых методов практической подготовки.

Перспективы дальнейших исследований видятся в углубленном изучении возможностей дифференцированного подхода к подготовке различных категорий сотрудников, а также в разработке специализированных тренажерных комплексов, моделирующих отраслевые особенности кибератак и преступлений в области компьютерной информации. Длительный мониторинг эффективности предложенной модели в реальных условиях оперативно-служебной деятельности позволит оптимизировать процесс формирования профессиональной компетентности и обеспечить необходимый уровень защищенности информационного пространства МВД России.

Список литературы

1. Богачева М.В. Об эволюционировании информационного обеспечения органов внутренних дел в информационную деятельность полиции // Закон и право. 2025. № 6. С. 55–60. – DOI 10.24412/2073-3313-2025-6-55-60.
2. Нечай А. А. Особенности подготовки специалистов для расследования преступлений в сфере компьютерной информации / А.А. Нечай, А.В. Ничагина // Вестник Санкт-Петербургского университета МВД России. 2025. № 4(108). С. 251–261.
3. Федорович В.Ю. Криминалистические технологии и большие данные в процессе подготовки специалистов по противодействию киберугрозам / В.Ю. Федорович, В.А. Минаев // Охрана, безопасность, связь. 2024. № 9–3. С. 206–216.
4. Фролов Р.Н., Дудченко А.В., Колкарева И.Н. Актуальные проблемы стандартизации требований к верификации личности пользователя в сети при организации дистанционного обучения // Информационно-экономические

References

1. Bogacheva M.V. (2025) Ob evolyutsionirovaniy informatsionnogo obespecheniya organov vnutrennikh del v informatsionnuyu deyatel'nost' politsii [On the evolution of information support of internal affairs bodies into the information activities of the police] // Zakon i pravo [Law and Right]. № 6. P. 55–60. DOI 10.24412/2073-3313-2025-6-55-60. (In Russ.).
2. Nechay A.A. (2025) Osobennosti podgotovki spetsialistov dlya rassledovaniya prestupleniy v sfere komp'yuternoy informatsii [Features of training specialists for investigating crimes in the field of computer information] / A.A. Nechay, A.V. Nichagina // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta MVD Rossii [Bulletin of the Saint Petersburg University of the Ministry of Internal Affairs of Russia]. № 4(108). P. 251–261. (In Russ.).
3. Fedorovich, V.Yu. (2024) Kriminalisticheskiye tekhnologii i bol'shiye dannye v protsesse podgotovki spetsialistov po protivodeystviyu kiberugrozam [Forensic technologies and big data in the process of training specialists to counter cy-

- аспекты стандартизации и технического регулирования. 2020. № 2 (54). С. 65–71.
5. Нечай А.А. Формирование профессиональной компетентности будущих сотрудников органов внутренних дел в области информационной безопасности на основе структурно-функциональной модели / А.А. Нечай, А.В. Ничагина // Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева (Вестник КГПУ). 2025. № 4(74). С. 90–98.
 6. Цифровая среда в образовательных организациях различных уровней: Аналитический доклад / Н.Б. Шугаль, Н.В. Бондаренко, Т.А. Варламова [и др.]. – М.: Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2023. 164 с. – (Мониторинг экономики образования). – DOI 10.17323/978-5-7598-2745-0.
 7. Салихов Б.В. Политическая экономия цивилизационной безопасности в условиях нарастания сложности / Б.В. Салихов, И.С. Салихова. – Москва: Московский университет им. С.Ю. Витте, 2024. 220 с. – ISBN 978-5-9580-0747-9.
 8. Язов Ю.К., Авсентьев А.О. Пути построения многоагентной системы защиты информации от утечки по техническим каналам // Вопросы кибербезопасности. 2022. № 5(51). С. 2–13. – DOI 10.21681/2311-3456-2022-5-2-13.
 9. Карачаев А.Р. Особенности выявления психологических характеристик профессиональной мотивации при профессиональной подготовке сотрудников ОВД // Образование и право. 2022. № 4. С. 337–339. – DOI 10.24412/2076-1503-2022-4-337-339.
 10. Нечай А.А. Цифровая трансформация образования с приоритетом на информационную безопасность // Образование как фактор развития интеллектуально-нравственного потенциала личности и современного общества: Материалы XIV Международной научной конференции, Санкт-Петербург, 8 ноября 2024 года. Санкт-Петербург: Ленинградский государственный университет им. А.С. Пушкина, 2025. С. 29–33.
 4. Frolov R.N., Dudchenko A.V., Kolkareva I.N. (2020) Aktual'nyye problemy standartizatsii trebovaniy k verifikatsii lichnosti pol'zovatelya v seti pri organizatsii distantsionnogo obucheniya [Current problems of standardizing requirements for user identity verification on the network when organizing distance learning] // Informatsionno-ekonomicheskiye aspekty standartizatsii i tekhnicheskogo regulirovaniya [Information and economic aspects of standardization and technical regulation]. № 2 (54). P. 65–71. (In Russ.).
 5. Nechay, A.A. (2025) Formirovaniye professional'noy kompetentnosti budushchikh sotrudnikov organov vnutrennikh del v oblasti informatsionnoy bezopasnosti na osnove strukturno-funktsional'noy modeli [Formation of professional competence of future internal affairs officers in the field of information security based on a structural-functional model] / A.A. Nechay, A.V. Nichagina // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. V.P. Astaf'yeva (Vestnik KGPU) [Bulletin of the Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafiev]. № 4(74). P. 90–98. (In Russ.).
 6. Tsifrovaya sreda v obrazovatel'nykh organizatsiyakh razlichnykh urovney: Analiticheskiy doklad [Digital environment in educational organizations of various levels: Analytical report] / N.B. Shugal', N.V. Bondarenko, T.A. Varlamova [i dr.]. – Moskva: Natsional'nyy issledovatel'skiy universitet «Vysshaya shkola ekonomiki», 2023. 164 p. (Monitoring ekonomiki obrazovaniya [Monitoring of the economics of education]). – DOI 10.17323/978-5-7598-2745-0. (In Russ.).
 7. Salikhov, B.V. (2024). Politicheskaya ekonomiya tsivilizatsionnoy bezopasnosti v usloviyakh narastaniya slozhnosti [Political economy of civilizational security in the context of increasing complexity] / B.V. Salikhov, I.S. Salikhova. – Moskva: Moskovskiy universitet im. S.Yu. Vitte, 2024. 220 p. – ISBN 978-5-9580-0747-9. (In Russ.).
 8. Yazov Yu.K., Avsent'ev A.O. (2022) Puti postroeniya mnogoagentnoy sistemy zashchity informatsii ot utechki po tekhnicheskim kanalim [Ways to build a multi-agent system for protecting information from leakage through technical channels] // Voprosy kiberbezopasnosti [Cybersecurity Issues]. № 5(51). P. 2–13. – DOI 10.21681/2311-3456-2022-5-2-13. (In Russ.).
 9. Karachayev, A.R. (2022). Osobennosti vyyavleniya psikhologicheskikh kharakteristik professional'noy motivatsii pri professional'noy podgotovke sotrudnikov OVD [Features of identifying psychological characteristics of professional motivation during the vocational training of internal affairs officers] / A.R. Karachayev // Obrazovaniye i pravo [Education and Law]. № 4. P. 337–339. DOI 10.24412/2076-1503-2022-4-337-339. (In Russ.).
 10. Nechay, A.A. (2025). Tsifrovaya transformatsiya obrazovaniya s prioriteto na informatsionnyuyu bezopasnost' [Digital transformation of education with a priority on information security] / A.A. Nechay // Obrazovaniye kak faktor razvitiya intellektual'no-nravstvennogo potentsiala lichnosti i sovremennogo obshchestva: Materialy XIV Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii, Sankt-Peterburg, 08 noyabrya 2024 goda [Education as a factor in the development of the intellectual and moral potential of the individual and modern society: Proceedings of the XIV International Scientific Conference, St. Petersburg, November 08, 2024]. – Sankt-Peterburg: Leningradskiy gosudarstvennyy universitet im. A.S. Pushkina, P. 29–33. (In Russ.).

ТРАНСФОРМАЦИЯ БИЗНЕС-МОДЕЛИ ПРЕДПРИЯТИЯ НЕФТЕГАЗОХИМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА В УСЛОВИЯХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

TRANSFORMATION OF THE BUSINESS MODEL OF A PETROCHEMICAL ENTERPRISE IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Юманкин И.А., младший научный сотрудник, кафедра систем автоматизации и управления технологическими процессами, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань

Yumankin I.A., Junior Researcher, the Department of process automation and control, Kazan National Research Technological University, Kazan

В статье обобщены предпосылки трансформации бизнес-модели предприятия в условиях устойчивого развития, систематизированы элементы устойчивой бизнес-модели и представлена оценка качества трансформации бизнес-модели предприятия нефтегазохимического комплекса. Оценить качество трансформации предлагается на основе достигнутого эффекта в контексте показателей трех подсистем – экономической, экологической и социальной. В результате аналитического исследования в интегрированной системе менеджмента предприятия выявлена специфика совершенствования бизнес-модели предприятия с переходом от линейной к устойчивой, экологически и промышленно безопасной модели, заключающаяся в дисбалансе между тремя подсистемами. Сформулирован вывод о том, что в управлении качеством особого внимания требует система предиктивной аналитики в области предотвращения рисков происшествий и травматизма, которые негативно сказываются на ценностном предложении предприятия.

Ключевые слова: устойчивое развитие, устойчивая бизнес-модель, ESG, управление качеством.

Для цитирования: Юманкин И.А. Трансформация бизнес-модели предприятия нефтегазохимического комплекса в условиях устойчивого развития // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2026. № 1(88). С. 55–61.

The article summarizes the prerequisites for transforming a company's business model in the context of sustainable development, systematizes the elements of a sustainable business model, and presents an assessment of the quality of business model transformation for a petrochemical enterprise. The proposed assessment of the transformation quality is based on the achieved effect across the three subsystems – economic, environmental, and social. The analytical research within the company's integrated management system revealed the specifics of improving the business model during the transition from a linear to a sustainable, environmentally, and industrially safe model, which consists of an imbalance between the three subsystems. It is concluded that for quality management, the system of predictive analytics for preventing incident and injury risks requires particular attention, as its shortcomings negatively impact the company's value proposition.

Keywords: Sustainable development, sustainable business model, ESG, quality management.

For citation: Yumankin I.A. Transformation Of The Business Model Of A Petrochemical Enterprise In The Context Of Sustainable Development. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2026; 1(88): 55–61. (In Russ.).

ВВЕДЕНИЕ

Современные предприятия находятся на этапе существенной модернизации бизнес-процессов с учетом глобальных преобразований. Санкционное давление расширяется, охватывая все большее количество хозяйствующих субъектов в России. В масштабах макроэкономики – это трамплин для коренной трансформации отечествен-

ной промышленности, реализации внутреннего потенциала в достижении стратегических целей.

Помимо фокуса на технологическом развитии предприятия осознают важность экологических требований к производству. Цели устойчивого развития ООН учитываются при формулировании стратегического видения компаний. К числу таких организаций, интегрировавших ESG-прин-

ципы в бизнес-модель, прежде всего относятся предприятия с «грязным производством» (высокий уровень отходов и загрязнения окружающей среды). Это добывающая промышленность (уголь – 1207 тыс. т выбросов в атмосферу загрязняющих веществ в 2024 году; нефтегазодобывающая промышленность – 2722,1 тыс. т), предприятия металлургии (1393,2 тыс. т), предприятия по производству кокса и нефтепродуктов (590,3 тыс. т), химического производства (381,2 тыс. т), машиностроение (92,7 тыс. т)¹.

Изучение проблем устойчивого развития широко представлено в научной литературе. Концептуальные положения получили развитие в работах И.З. Аронова, А.С. Бурого, А.М. Рыбаковой [1] для анализа бизнес-моделей экономики замкнутого цикла в ходе цифровой трансформации производственных систем, М.И. Ломакина и А.В. Докукина [2] при обсуждении роли ESG-стандартизации в обеспечении промышленной безопасности, Ф.Ф. Галимулиной, М.В. Шинкевич, И.А. Зарайченко [3] на этапе внедрения наилучших доступных технологий при переходе к экономике замкнутого цикла, что в совокупности с принципами импортозамещения направлено на обеспечение технологического суверенитета. Методические решения в области оценки эффективности ESG-концепции, изложенные в работе В.А. Авакова и А.И. Шинкевича, носят статичный характер [4]. Аналитическое исследование И.И. Антоновой демонстрирует превосходство таких бизнес-моделей в химической промышленности, как продление срока службы продукта, облегченное повторное использование продукта, стимулирование возврата использованных продуктов [5].

Как следствие современные условия развития предприятий диктуют необходимость построения такой бизнес-модели, которая будет отвечать требованиям политики импортозамещения и принципам технологического суверенитета, с одной стороны, и учитывать экологические требования, с другой стороны. В частности, с позиции подготовки кадров, которые должны обладать компетенциями в области организации технологических процессов, автоматизации бизнес-процессов, экологизации производства.

Целью настоящего исследования является оценка качества трансформации бизнес-модели предприятия нефтегазохимического комплекса в условиях устойчивого развития. Достижение цели исследования обусловлено решением следующих задач:

- 1) обобщить предпосылки трансформации бизнес-модели предприятия в условиях устойчивого развития,
- 2) систематизировать элементы устойчивой бизнес-модели;

3) оценить качество трансформации бизнес-модели предприятия нефтегазохимического комплекса.

ПРЕДПОСЫЛКИ ТРАНСФОРМАЦИИ БИЗНЕС-МОДЕЛИ ПРЕДПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Нефтегазохимический комплекс является одним из наиболее крупных источников загрязнения окружающей среды. Переход к усовершенствованной бизнес-модели, ориентированной на преобразование линейной модели в устойчивую, является стратегической необходимостью на фоне климатических изменений. Кроме того, требуется системный подход к трансформации, учитывающий внешние и внутренние вызовы.

1) Внешние вызовы

а) Ужесточение экологических требований к производству на мировом уровне.

В 2015 году в рамках Конференции ООН по изменению климата было принято Парижское соглашение, декларирующее сокращение углеродного следа и замедление процесса глобального потепления в этом столетии до 2 градусов Цельсия, а в перспективе – до 1,5 градуса. На сегодняшний день к Парижскому соглашению присоединились 194 стороны. С 1 января 2026 года ожидается полное вступление в силу углеродного пограничного налога (CBAM, Carbon Border Adjustment Mechanism) в Евросоюзе, который направлен на снижение к концу десятилетия выбросов парниковых газов как минимум на 55% (в настоящее время протекает пилотная фаза) [6]. С другой стороны, критики налоговой меры опасаются возникновения новых проблем в цепях поставок, связанных с ростом финансовых и юридических рисков.

В России углеродный налог не установлен, но регламентирован экологический налог. Приказом Росстата от 31.12.2020 № 872 «Об утверждении Методических указаний по формированию счета экологических налогов и платежей» определено, что к экологическим налогам относятся налоги на энергоносители, транспортные налоги, налоги на загрязнение окружающей среды, налоги на природные ресурсы².

К неналоговым мерам в области охраны окружающей среды также относится экологический сбор – сбор, предусмотренный к уплате юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями, осуществляющими производство товаров и упаковки на территории Российской Федерации, ввоз товаров из государств – членов Евразийского экономического союза, из государств, не являющихся членами

¹ Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 07.10.2025)

² Методические указания по формированию счета экологических налогов и платежей. Утверждены Приказом Росстата от 31.12.2020 № 872. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_379406/ (дата обращения: 07.10.2025). Текст: электронный.

Евразийского экономического союза, которые не утилизируют отходы от использования товаров самостоятельно, а также другими юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями, утилизирующими продукцию в установленных случаях³.

Концепция экономики замкнутого цикла. Линейные модели производства «добыча – поставка – производство – сбыт – потребление» обуславливают истощение ресурсов и нарушение естественного баланса в природе, в связи с чем не отвечает требованиям качественного развития и утратила свою актуальность. Замыкание ресурсных циклов – «добыча первичного сырья – поставка – производство – сбыт – потребление – сбор – вторичное использование отходов» доказало свою эффективность, но требует перестройки бизнес-моделей вдоль всей цепи поставок.

Ужесточение экологического законодательства. Так, например, норматив утилизации отходов от использования упаковки ежегодно увеличивается: в 2025 году – до 55% массы упаковки; в 2026 году – 75%⁴. Ежегодно растет ставка экологического налога, дифференцированная по видам продукции. Постановлением Правительства РФ от 01.08.2024 № 1041 «О значениях базовых ставок экологического сбора...» по нефтепродуктам предусмотрен рост ставки: в 2026 году на 7%, в 2027 – на 4%⁵.

б) Конъюнктура рынка:

– предпочтения потребителей смещаются в сторону экологических продуктов, клиенты ценят использование низкоуглеродных материалов и прозрачность цепей поставок, игнорирование данных ценностей приводит компании к потере доли рынка;

– рынок углеводородов критически зависит от цен на нефть, что делает доходы нестабильными, снизить риски возможно за счет глубокой переработки и производства «зеленых» продуктов.

в) Технологическое развитие:

– использование возобновляемых источников энергии, «зеленого» водорода, рециклинга отходов становится все более доступным инструментом устойчивого развития;

– цифровые технологии (искусственный интеллект, интернет вещей, облачные технологии и др.) позволяют повысить эффективность использования энергии и материалов, точность прогнозирования спроса и запасов.

2) Внутренние предпосылки

а) Стратегическое видение, которое включает:

– снижение стратегических рисков: диверсификация бизнеса на фоне реализуемой в стране политики импортозамещения и устойчивого развития позволяет повысить гибкость бизнес-модели, требуются мониторинг климатических рисков и интеграция их оценки в стратегию развития предприятия;

– повышение конкурентоспособности, которое необходимо базировать на инновациях, которые способствуют совершенствованию ценностного предложения.

б) Операционные резервы, которые охватывают:

– повышение операционной эффективности: внедрение принципов экономики замкнутого цикла, «зеленых» технологий ведет в долгосрочной перспективе к экономической выгоде за счет снижения затрат на сырье и материалы, энергоносители, водные ресурсы, а также экологических сборов;

– управление затратами на протяжении жизненного цикла продукции: расширение цепочки создания стоимости требует новой финансовой модели, учитывающей затраты на утилизацию продукции;

– развитие человеческого капитала: создание условий для раскрытия научно-технического потенциала сотрудников, развитие института наставничества, построение инклюзивной корпоративной культуры.

Суммируя вышесказанное, систематизируем элементы новой бизнес-модели:

1) ценностное предложение: «зеленые» производственные технологии, низкоуглеродные, перерабатываемые

³ Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления». Принят Государственной Думой 22.05.1998 и одобрен Советом Федерации 10.06.1998 (последняя редакция). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/ (дата обращения: 07.10.2025). Текст: электронный.

⁴ Федеральный закон от 04.08.2023 № 451-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» и отдельные законодательные акты Российской Федерации». Принят Государственной Думой 22.07.2023 и одобрен Советом Федерации 28.07.2023 (последняя редакция). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_453992/ (дата обращения: 07.10.2025). Текст: электронный.

⁵ Значения базовых ставок экологического сбора и коэффициента, учитывающего сложность извлечения отходов от использования товаров для дальнейшей утилизации, наличие технологической возможности их утилизации с учетом изменения физических, химических и механических свойств материалов при многократном использовании (с учетом возможных циклов переработки отходов от использования товаров), востребованность вторичного сырья, полученного из таких отходов, для использования при производстве товаров (продукции). Утверждены постановлением Правительства Российской Федерации от 01.08.2024 № 1041. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_482100/ (дата обращения: 07.10.2025). Текст: электронный.

материалы, экологически чистая продукция, экологичная перерабатываемая упаковка, услуги по утилизации, рециклинг отходов;

2) ключевые ресурсы: возобновляемые источники энергии, интеллектуальный капитал, большие данные, патенты, репутация;

3) ключевые виды деятельности: маркетинг, производство и упаковка, цифровизация и автоматизация, НИОКР с акцентом на замкнутом цикле управления ресурсами;

4) источники доходов: реализация «зеленой» продукции и новых технологий, ESG-финансирование;

5) структура издержек: НИОКР, производство и реализация, оплата труда персонала, маркетинговые исследования, консультационные услуги, управленческие расходы, эксплуатационные расходы (оборудование, ПО и др.).

Таким образом, перечисленные предпосылки носят необратимый характер, требуют качественного роста производственных систем, основанного на рассмотрении глобальных вызовов в качестве источников конкурентных преимуществ и новых бизнес-возможностей.

КАЧЕСТВО ТРАНСФОРМАЦИИ БИЗНЕС-МОДЕЛИ ПРЕДПРИЯТИЯ НЕФТЕГАЗОХИМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Современная бизнес-модель предприятия НГХК включает производство низкоуглеродной продукции и продукции с содержанием вторичного сырья, использование «зеленой» электроэнергии, вторичную переработку отходов, утилизацию отходов, а также создание новых продуктов и технологий, способствующих укреплению технологического суверенитета.

Оценить качество трансформации возможно на основе достигнутого эффекта – изменения показателей, характеризующих составляющие устойчивого развития: показатели вторичного использования ресурсов, удельные выбросы парниковых газов, энергоемкость производства, удельные выбросы загрязняющих веществ, удельное водопотребление, вторичное использование отходов или их утилизация, текучесть кадров, производительность труда, среднее время обучения на 1 сотрудника, частота травм с потерей рабочего времени и др.

Ярким примером успешной трансформации являются предприятия ПАО «СИБУР Холдинг». Системный подход к представлению основных результатов деятельности и устойчивого развития компании был реализован в Едином отчете за 2020 год. На сегодняшний день компанией разработана и реализуется Стратегия в области устойчи-

вого развития до 2030 года. Увеличение капиталовложений СИБУРа в проекты устойчивого развития способствовало увеличению объемов оборотного водоснабжения и снижению удельного водопотребления, снижению удельных выбросов загрязняющих веществ, о чем свидетельствует отчетность предприятия в области ESG [8].

ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВА БИЗНЕС-МОДЕЛИ С ПОЗИЦИИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ

Одним из аспектов формирования устойчивой бизнес-модели является взаимодействие с ключевыми партнерами – поставщиками, приверженными целям устойчивого развития. В СИБУРе качество данной подсистемы бизнес-модели стабильно повышается, что обусловлено ответственностью партнеров по цепям поставок (рис. 1а). Инвестиции в «зеленые» технологии Экон2 (увеличение за 2021–2024 годы на 74%) способствуют приросту объема производства низкоуглеродной продукции Экон3 (рис. 1б). Коэффициент корреляции (теснота связи между показателями Экон2 и Экон3), равный 0,87, подтверждает результативность вложений в проекты, направленные на переработку полимерных отходов и вовлечение возобновляемых источников сырья.

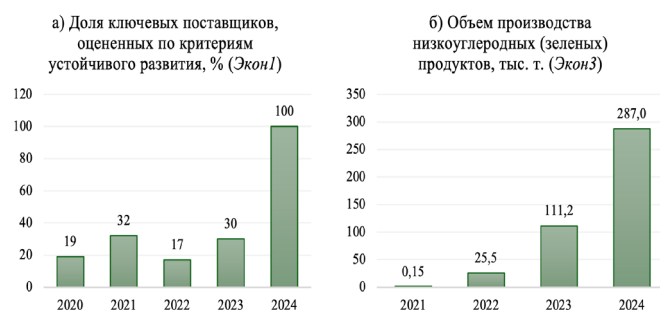


Рис. 1. Качество трансформации экономической подсистемы (построено по данным [7])

В данном контексте качество трансформации носит позитивный характер, о чем свидетельствует прирост доли ответственных поставщиков (на 81 п.п.) и выпуска «зеленой» продукции (многократный рост).

ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВА БИЗНЕС-МОДЕЛИ С ПОЗИЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ

Совершенствование технологий рециклинга, инновационных технологий повышения энергоэффективности, развитие климатических практик позволяют трансформировать ценностное предложение, повышать операционную эффективность производственной системы, формировать подход экологически ориентированного управления качеством. К принципам такого подхода относятся принцип «зеленого» жизненного цикла – от добычи сырья до

утилизации; принцип интеграции – приверженность целям устойчивого развития должна учитываться во всех процессах производственной системы; принцип прозрачности – мониторинг экологических показателей, экологического следа всех компонентов производимой продукции; принцип постоянного улучшения экологических показателей производства.

Качество изменения бизнес-модели производственной системы обусловлено внедрением системы экологического менеджмента – ГОСТ Р ИСО 14001–2016⁶ «Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению». В соответствии с указанным стандартом планирование экологических аспектов требует внимания в части таких процессов, как проектирование продукции, зданий и др., добыча и закупка сырья, производство и хранение, мониторинг деятельности поставщиков с точки зрения экологических показателей, транспортировка и упаковка продукции, управление продукцией в конце жизненного цикла, рециклинг.

В практике СИБУРа отмечается позитивная трансформация экологической подсистемы, о чем свидетельствует снижение негативного воздействия на окружающую среду, включая повышение энергоэффективности (рис. 2). Измерение удельных выбросов парниковых газов осуществляется по охвату 1 – прямые выбросы парниковых газов (CO₂, CH₄, N₂O, HFCx); 2 – косвенные энергетические выбросы.

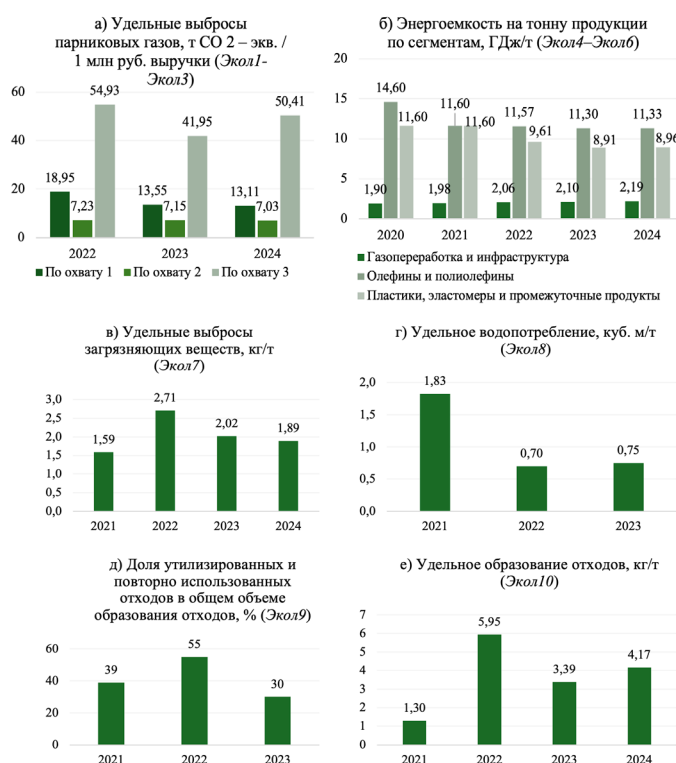


Рис. 2. Качество трансформации экологической подсистемы (построено по данным [7])

⁶ ГОСТ Р ИСО 14001–2016 Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению. – М.: Стандартинформ, 2018. (Дата введения: 2017-03-01).

Судя по снижению показателей-ингибиторов (негативного характера) и росту показателей – стимуляторов устойчивого развития, можно констатировать качественную трансформацию экологической подсистемы предприятия.

ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВА БИЗНЕС-МОДЕЛИ С ПОЗИЦИИ СОЦИАЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ

В отличие от экологической и экономической подсистем, социальная составляющая устойчивого развития предприятия имеет полярные тенденции изменения. На фоне позитивного роста затрат на обучение и производительности труда наблюдается негативный рост показателей промышленной безопасности [см. рис. 3в и 3г]. Как следствие, качество трансформации социальной подсистемы носит неоднозначный характер и требует первоочередного внимания в контексте менеджмента качества.

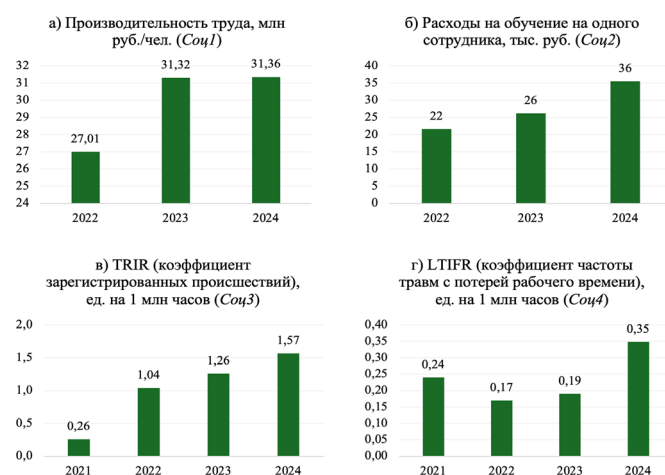


Рис. 3. Качество трансформации социальной подсистемы (построено по данным [7])

Иными словами, в интегрированной системе менеджмента предприятия наблюдается дисбаланс между подсистемами, что может быть, в частности, следствием геоэкономической турбулентности. Изменения в цепях поставок, замена материалов и оборудования могли повлиять на производственный процесс, его ритмичность и гибкость. Дальнейшая интеллектуализация производственных процессов способна изменить дальнейший понижающий тренд показателей промышленной безопасности и повысить качество предиктивной аналитики и проактивного подхода в целях предупреждения происшествий. Системный взгляд на деятельность предприятия в области устойчивого развития позволяет констатировать позитивный эффект инвестиций в проекты замкнутого цикла (Экон2) в части сокращения негативного влияния на окружающую среду и повышения производительности труда (Соц1), но, с другой стороны, тенденция роста экономических показателей совпадает с соответствующей

тенденцией показателей промышленной безопасности (рис. 4). Холдинг включает 235 опасных производственных объектов (по итогам 2024 года), что не исключает вероятность аварий и инцидентов. Обнаруженная тенденция стабильного роста коэффициента зарегистрированных происшествий (рис. 3а) – проблема, которая нуждается в решении. По крайней мере, требуется решение задачи снижения или поддержания стабильного

уровня коэффициента. Полное исключение риска аварий – цель труднодостижимая с учетом большого количества опасных производственных объектов. Это обусловлено человеческим фактором (ошибки выполнения задач, несоблюдение правил безопасности, психологическое и физиологическое состояние работников), сложностью киберфизических систем, кибератаками на цифровую платформу предприятия и др.

	Экон1 (+)	Экон2 (+)	Экон3 (+)	Экол1 (-)	Экол2 (-)	Экол3 (-)	Экол4 (-)	Экол5 (-)	Экол6 (-)	Экол7 (-)	Экол8 (-)	Экол9 (+)	Экол10 (-)	Соц1 (+)	Соц2 (+)	Соц3 (-)	Соц4 (-)
Экон1 (+)	1,000																
Экон2 (+)	0,761	1,000															
Экон3 (+)	0,984	0,865	1,000														
Экол1 (-)	-0,672	-0,992	-0,795	1,000													
Экол2 (-)	-0,966	-0,903	-0,997	0,841	1,000												
Экол3 (-)	0,027	-0,628	-0,153	0,722	0,233	1,000											
Экол4 (-)	0,985	0,860	1,000	-0,789	-0,996	-0,143	1,000										
Экол5 (-)	-0,533	-0,955	-0,676	0,985	0,734	0,832	-0,669	1,000									
Экол6 (-)	-0,572	-0,968	-0,711	0,992	0,766	0,804	-0,704	0,999	1,000								
Экол7 (-)	-0,730	-0,999	-0,841	0,997	0,882	0,664	-0,835	0,967	0,978	1,000							
Экол8 (-)	-0,590	-0,973	-0,725	0,994	0,779	0,791	-0,719	0,998	1,000	0,983	1,000						
Экол9 (+)	-0,675	-0,034	-0,531	-0,092	0,460	-0,756	-0,539	-0,265	-0,219	-0,012	-0,198	1,000					
Экол10 (-)	-0,360	-0,879	-0,522	0,933	0,590	0,923	-0,513	0,981	0,971	0,901	0,966	-0,446	1,000				
Соц1 (+)	0,627	0,983	0,757	-0,998	-0,808	-0,762	0,751	-0,993	-0,998	-0,990	-0,999	0,152	-0,952	1,000			
Соц2 (+)	0,983	0,867	1,000	-0,797	-0,997	-0,157	1,000	-0,679	-0,714	-0,843	-0,728	-0,528	-0,525	0,760	1,000		
Соц3 (-)	0,961	0,910	0,995	-0,851	-1,000	-0,250	0,994	-0,746	-0,777	-0,890	-0,790	-0,445	-0,603	0,818	0,996	1,000	
Соц4 (-)	0,999	0,731	0,975	-0,639	-0,953	0,071	0,977	-0,495	-0,536	-0,699	-0,554	-0,707	-0,318	0,592	0,974	0,948	1,000

Рис. 4. Матрица корреляций показателей устойчивого развития предприятия (рассчитано по данным [7])

Матрица корреляций отражает взаимосвязь между стимуляторами и ингибиторами устойчивого развития производственного предприятия. Тепловая карта корреляций позволяет визуальнo оценить связи между подсистемами устойчивого развития, судить о сбалансированности подсистем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, очевидны результаты совершенствования бизнес-модели предприятия с переходом от линейной к устойчивой, экологически и промышленно безопасной модели. Перечисленные предпосылки трансформации бизнес-модели предприятия в условиях устойчивого развития носят необратимый характер. Оценка качества трансформации произведена на основе исследования динамики основных показателей функционирования подсистем устойчивого развития.

Проведенное в работе аналитическое исследование позволяет констатировать важность интегрированной

системы менеджмента, объединяющей аспекты экономического, экологического и социального развития, в том числе проекты цифровизации, промышленной безопасности, построения ответственных цепей поставок.

Обследованная производственная система предприятия нефтегазохимического комплекса характеризуется ориентацией на достижение целей устойчивого развития, что подтверждают показатели экономической и экологической подсистемы. Также выявлено, что в управлении качеством особого внимания требует система прогнозирования и своевременного предотвращения рисков происшествий и травматизма, что негативно сказывается на ценностном предложении предприятия.

Резюмируя выводы, в целом стоит подчеркнуть рост качества трансформации бизнес-модели предприятия при наличии потенциала интегрированной системы менеджмента.

Список литературы

1. Аронов И.З., Бурый А.С., Рыбакова А.М. Умная экономика замкнутого цикла: основа цифровых стратегий производственных компаний. Часть 1. Технологическая синергия индустрии 4.0 // Информационно-эко-

References

1. Aronov, I.Z., Buryi, A.S., Rybakova, A.M. Umnaya ekonomika zamknutogo cikla: osnova cifrovyyh strategij proizvodstvennyh kompanij. Part 1. Tekhnologicheskaya sinergiya Industrii 4.0 [Closed-loop smart economy: the

- номические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2022. № 4(68). С. 54–63.
2. Ломакин М.И., Докукин А.В. Стандарты в парадигме устойчивого развития: потенциал в предотвращении и ликвидации чрезвычайных ситуаций // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2021. № 4 (62). С. 18–20.
 3. Галимулина Ф.Ф., Шинкевич М.В., Зарайченко И.А. Наилучшие доступные технологии в современной экономике: основа импортозамещения и инструмент перехода к циркулярной экономике // Вестник университета. 2022. № 11. С. 113–120.
 4. Аваков В.А., Шинкевич А.И. Система показателей эффективности ESG-концепции: состояние и перспективы оценки // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2024. № 15 (3). С. 59–68.
 5. Антонова И.И. Экономика замкнутого цикла как Инновационный путь устойчивого развития регионов: роль стандартизации // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2024. № 6(81). С. 181–185.
 6. Carbon Border Adjustment Mechanism. URL: https://taxation-customs.ec.europa.eu/carbon-border-adjustment-mechanism_en (дата обращения: 07.10.2025). Текст: электронный.
 7. Стратегия в области устойчивого развития до 2030 года. Официальный сайт ПАО «СИБУР Холдинг». URL: https://www.sibur.ru/ru/sustainability/social_report/ (дата обращения: 08.10.2025). Текст: электронный.
- the basis of digital strategies of manufacturing companies. Part Technological synergy of Industry 4.0]. Informacionno-ekonomicheskie aspekty standartizatsii i tekhnicheskogo regulirovaniya. 2022, no. 4 (68), pp. 54–63.
2. Lomakin, M.I., Dokukin, A.V. Standarty v paradigme ustojchivogo razvitiya: potencial v predotvrashchenii i likvidacii chrezvychajnyh situacij [Standards in the paradigm of sustainable development: potential to prevent and relate emergencies]. Informacionno-ekonomicheskie aspekty standartizatsii i tekhnicheskogo regulirovaniya. 2021, no. 4(62), pp. 18–20.
 3. Galimulina, F.F., Shinkevich, M.V., Zaraychenko, I.A. Nailuchshie dostupnye tekhnologii v sovremennoj ekonomike: osnova importozameshcheniya i instrument perekhoda k cirkulyarnoj ekonomike [The best available technologies in a modern economy: the basis for import substitution and a tool for transition to a circular economy]. Vestnik universiteta. 2018, no. 11, pp. 113–120.
 4. Avakov, V.A., Shinkevich, A.I. Sistema pokazatelej effektivnosti ESG-koncepcii: sostoyanie i perspektivy ocenki [The system of performance indicators of the ESG-concept: state and prospects for assessment]. Vestnik Samarskogo Universiteta. Ekonomika i Upravlenie. 2024, vol. 15, no. 3, pp. 59–68.
 5. Antonova, I.I. Ekonomika zamknutogo cikla kak Innovacionnyj put' ustojchivogo razvitiya regionov: rol' standartizatsii [Closed-loop economy as an innovative way to sustainable regional development: the role of standardization]. Informatsionno-ekonomicheskie aspekty standartizatsii i tekhnicheskogo regulirovaniya. 2024, no. 6(81), pp. 181–185.
 6. Carbon Border Adjustment Mechanism. Available at: https://taxation-customs.ec.europa.eu/carbon-border-adjustment-mechanism_en (accessed: 07.10.2025).
 7. Strategiya v oblasti ustojchivogo razvitiya do 2030 goda [Sustainability Strategy until 2030]. Available at: https://www.sibur.ru/ru/sustainability/social_report/ (accessed: 08.10.2025).

ПОВЫШЕНИЕ ОПЕРАЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ МЕТОДИКИ НЕПРЕРЫВНОГО МОНИТОРИНГА КЛЮЧЕВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СМК

IMPROVING THE ORGANIZATION'S OPERATIONAL EFFICIENCY BASED ON THE METHOD OF THE CONTINUOUS MONITORING OF QMS' KEY INDICATORS

Бульба Е.П., инженер 2-й категории, ПАО «Яковлев»

Bulba E.P., Engineer of the 2-nd category, PJSC «Yakovlev».

В статье рассматриваются вопросы повышения операционной эффективности организации через внедрение методики непрерывного мониторинга ключевых показателей системы менеджмента качества. Целью исследования является разработка методики непрерывной оценки системы менеджмента качества организации на основе интеграции регрессионного анализа и концепции цифрового двойника.

The article discusses the issues of improving the operational efficiency of an organization through the introduction of a methodology for continuous monitoring of key indicators of the quality management system. The purpose of the research is to develop a methodology for the continuous assessment of an organization's quality management system based on the integration of regression analysis and the digital twin concept.

Анализируются ограничения традиционных подходов к оценке систем менеджмента качества, связанные с дискретностью контроля и запаздыванием управленческих решений. Разрабатываемая методика позволяет перейти к предиктивной оценке качества и своевременной оптимизации бизнес-процессов. Практическая реализация методики демонстрируется на примере модели прогнозирования количества работ, выполненных в отчетном периоде.

The limitations of traditional approaches to the evaluation of quality management systems related to the discreteness of control and the delay of management decisions are analyzed. The developed methodology allows us to move on to predictive quality assessment and timely optimization of business processes. The practical implementation of the methodology is demonstrated by the example of a model for predicting the number of works performed in the reporting period.

Ключевые слова: операционная эффективность, система менеджмента качества, непрерывный мониторинг, ключевые показатели, цифровой двойник, регрессионный анализ, предиктивная аналитика.

Keywords: operational efficiency, quality management system, continuous monitoring, key indicators, digital twin, regression analysis, predictive analytics.

Для цитирования: Бульба Е.П. Повышение операционной эффективности организации на основе методики непрерывного мониторинга ключевых показателей СМК // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2026. № 1(88). С. 62–65.

For citation: Bulba E.P. Improving The Organization's Operational Efficiency Based On The Method Of The Continuous Monitoring Of Qms' Key Indicators. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2026; 1(88): 62–65. (In Russ.).

ВВЕДЕНИЕ

В условиях цифровой трансформации промышленности и обострения глобальной конкуренции повышение операционной эффективности становится критическим фактором устойчивого развития организаций. Система менеджмента качества (СМК), являясь основным инструментом управления производительностью и соответствием стандартам, традиционно опирается на периодические аудиты

и ретроспективный анализ данных. Однако, эти подходы обладают существенным недостатком – «временным лагом» между возникновением проблемы и ее идентификацией, что приводит к запаздыванию корректирующих действий и снижению общей эффективности организации [1].

Актуальность настоящего исследования обусловлена необходимостью разработки методики, обеспечивающей переход от эпизодического контроля к непрерывному мони-

торингу и прогнозированию состояния СМК. Интеграция технологий цифрового двойника и методов предиктивной аналитики открывает новые возможности для создания динамических систем управления качеством, способных в режиме, близком к реальному времени, оценивать ключевые показатели и оптимизировать операционные процессы.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Разработка методики непрерывной оценки системы менеджмента качества организации на основе интеграции регрессионного анализа и концепции цифрового двойника.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Теоретические методы, эмпирические методы, методы математической статистики и эконометрики, методы математического моделирования, методы анализа данных.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОГРАНИЧЕНИЯ ТРАДИЦИОННЫХ СИСТЕМ ОЦЕНКИ СМК

Традиционные подходы к оценке эффективности СМК, основанные на периодических аудитах и анализе исторических данных, сталкиваются с системными ограничениями в условиях быстро меняющейся операционной среды. Основные ограничения приведены на рис. 1.



Рис. 1. Ограничения классической оценки СМК

Дополнительно следует отметить такие ограничения, как:

– Дискретность контроля – перерывы между аудитами могут достигать нескольких месяцев, в течение которых организация лишена объективной информации о текущем состоянии процессов качества. Это создает «слепые зоны» в управлении, когда проблемы остаются невыявленными до следующего планового контроля.

– Реактивный характер управления – традиционные методы направлены на выявление уже произошедших несоответствий, а не на их предотвращение. Такой подход приводит к постоянному «догоняющему» режиму работы, когда ресурсы направляются на устранение последствий, а не на совершенствование процессов.

– Высокая ресурсоемкость – проведение частых аудитов для повышения актуальности информации требует значительных затрат на человеческие ресурсы и время, что делает такой подход экономически нецелесообразным для большинства организаций.

Эти ограничения актуализируют поиск новых подходов к мониторингу и оценке СМК, способных обеспечить непрерывность контроля при снижении операционных затрат.

КОНЦЕПЦИЯ МЕТОДИКИ НЕПРЕРЫВНОГО МОНИТОРИНГА КЛЮЧЕВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Разрабатываемая методика основана на интеграции трех ключевых компонентов: системы сбора данных в реальном времени, регрессионных моделей прогнозирования и цифрового двойника организации как платформы для анализа и визуализации.

Архитектура системы мониторинга, основанная на подходе цифрового двойника организации, согласно работе [2], предполагает создание единого информационного контура, объединяющего данные из ERP-систем, IoT-датчиков, CRM и других источников. Подобная цифровизация СМК обеспечивает единую платформу для анализа ключевых показателей, что соответствует тренду Quality 4.0, где акцент делается на использовании больших данных и машинного обучения для прогнозирования качества [3].

Подобная архитектура позволяет формировать целостную картину состояния СМК без необходимости ручного сбора и консолидации информации.

Однако, как отмечено в работе [4], для эффективного прогнозирования недостаточно просто собирать большой объем данных. Для этого необходима математическая модель.

Основанная на математической модели, прогнозная модель строится на основе регрессионного анализа исторических данных. Например, для прогнозирования количества работ, выполненных в отчетном периоде, может использоваться уравнение (1):

$$Y = -2909,6 + 3,3X_1 + 0,53 \times X_2, \quad (1)$$

где X_1 – количество обученных сотрудников; X_2 – списочная численность персонала; Y – количество работ, выполненных в отчетном периоде.

Пример построения математической модели на основе регрессионной модели, и ее сравнение с фактическими данными приведены на рис. 2.

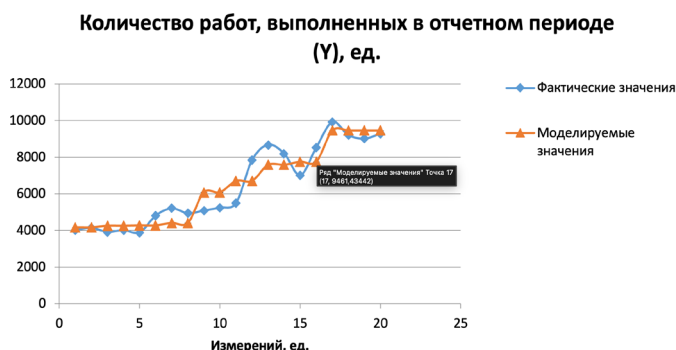


Рис. 2. Моделирование процесса

Степень соответствия модели фактическим данным во многом зависит от объема и релевантности исторических данных, на основе которых построена модель [5], и подтверждается в процессах:

- верификации путем определения погрешности численных решений, получаемых моделью и установлением ее нахождения в пределах допустимых значений в процессе;

- валидации путем доказательства соответствия характеристик модели условиям метода наименьших квадратов.

Цифровой двойник организации выступает в качестве виртуальной платформы, обеспечивающей:

- визуализацию текущих значений ключевых показателей;
- имитационное моделирование сценариев развития процессов;
- автоматическую генерацию рекомендаций для менеджмента.

Можно использовать модели цифрового двойника на определенных этапах жизненного цикла изделия: при проектировании, испытаниях опытных образцов или на этапе послепродажной эксплуатации [6].

ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ И ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Внедрение методики непрерывного мониторинга позволяет достичь значительного повышения операционной эффективности по нескольким направлениям.

Список литературы

1. Рахманов М.Л., Бульба Е.П. Проблемы эффективного функционирования системы качества // Компетентность / Competency (Russia). – 2023. – № 4. DOI: 10.24412/1993-8780-2023-4-05-09.

Снижение времени реакции на отклонения – переход к мониторингу в режиме, близком к реальному времени, сокращает период между возникновением проблемы и принятием корректирующих мер с нескольких недель до часов. Это особенно важно для производственных процессов, где своевременное выявление отклонений позволяет предотвратить массовый брак продукции.

Оптимизация ресурсов – прогнозные модели позволяют заблаговременно идентифицировать области потенциального риска и оптимально распределять ресурсы для их предотвращения. Например, прогнозирование потребности в обучении персонала на основе анализа динамики ключевых показателей качества.

Повышение точности планирования – использование предиктивной аналитики обеспечивает более точное прогнозирование сроков выполнения работ и необходимых ресурсов. На примере модели прогнозирования количества работ, выполненных в отчетном периоде, демонстрируется возможность оценки влияния кадровых решений на операционные показатели.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разрабатываемая методика непрерывного мониторинга ключевых показателей СМК представляет собой эффективный инструмент повышения операционной эффективности организации. Интеграция технологий цифрового двойника и методов предиктивной аналитики позволяет преодолеть ограничения традиционных подходов к оценке качества и перейти к проактивной модели управления.

Основные преимущества методики включают: обеспечение своевременности управленческих решений за счет ликвидации «временного лага», оптимизацию использования ресурсов через прогнозирование потребностей, а также создание основы для постоянного совершенствования процессов на основе объективных данных.

Перспективы дальнейших исследований связаны с развитием алгоритмов машинного обучения для автоматической адаптации моделей к изменяющимся условиям, а также с интеграцией методики в системы корпоративного управления рисками.

References

1. Rakhmanov M.L., Bul'ba E.P. Problems of Effective Functioning of the Quality System, 'Competentness' / Competency (Russia), 2023, no. 4, pp. 5–9. DOI: 10.24412/1993-8780-2023-4-05-09. (In Russ.).

2. Рахманов М.Л., Бульба Е.П. Методы имитационного моделирования в концепции цифрового двойника СМК организации // Компетентность / Competency (Russia). – 2024. – № 2. DOI: 10.24412/1993-8780-2024-2-16-21.
3. Качество 4.0 и цифровая трансформация производства [Электронный ресурс]. URL: <https://www.canvasgfx.com/blog/quality-4-0-framework-in-digital-transformation> (дата обращения: 13.10.2025).
4. Денисов С.Г. Технологии сбора и обработки данных для создания цифровых двойников // Бюллетень инновационных технологий. – 2023. – Т. 7. – № 2(26). – С. 12–17.
5. Хальясмаа А.И., Ревенков И.С., Сидорова А.В. Применение технологии цифрового двойника для анализа и прогнозирования состояния трансформаторного оборудования // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14. № 3 (55). С. 99–113.
6. Шишкин А.В. Концепция формирования цифрового двойника для эксплуатации // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2025. № 4 (85). С. 108–113.
2. Rakhmanov M.L., Bul'ba E.P. Simulation Modeling Methods in the Concept of the Organization's QMS Digital Twin, Kompetentnost' / Competency (Russia), 2024, no. 2, pp.16–21. DOI: 10.24412/1993-8780-2024-2-16-21. (In Russ.).
3. Quality 4.0 and Digital Transformation on the Manufacturing Floor. Available at: <https://www.canvasgfx.com/blog/quality-4-0-framework-in-digital-transformation> (accessed 13 October 2025).
4. Denisov S.G. Technology of data collection and processing for creation of digital twins // Innovational technologies bulletin. – 2023. – Vol. 7. – № 2(26). – p. 12–17. (In Russ.).
5. Hal'yasmaa A.I., Revenkov I.S., Sidorova A.V. Application of digital twins technology for analysis and forecasting of transformer equipment // Gazetteer of the Kazan state energy university. 2022. Vol. 14. № 3 (55). p. 99–113. (In Russ.).
6. Shishkin A.V. The concept of forming a digital twin for operation. Information and Economic aspects of standardization and technical regulation. 2025. 4(85): 108–113. (In Russ.).

НОРМАТИВНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АТТЕСТАЦИИ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

REGULATORY SUPPORT FOR THE CERTIFICATION OF TEST EQUIPMENT

Лаврик В.В., мастер ремонтно-монтажного участка II класса, цех метрологии и автоматизации, Публичное Акционерное Общество «Кокс», г. Кемерово

Lavrik V.V., master of the repair and installation site II class, metrological and automation workshop, Public Joint Stock Company «KOKS», Kemerovo

В работе выполнен обзор нормативно-технической документации (НТД), используемой при проведении первичной, повторной и периодической аттестации испытательного оборудования (ИО). Выполнен анализ НТД и разработана структурная схема. Нормативная документация сгруппирована на четырех уровнях: основополагающий национальный стандарт, отраслевые стандарты, стандарты организаций, программы и методики аттестации. Исследована специфика построения программ и методик аттестации. Выполнен поиск и проведен краткий анализ типовых методик аттестации ИО. Сформирован перечень основных действующих типовых методик аттестации. Автор предлагает создать структурное подразделение в составе метрологического института, которое будет заниматься разработкой свода отраслевых метрологических стандартов, детально регламентирующих аттестацию ИО, анализом, разработкой, проведением метрологической экспертизы типовых программ и методик аттестации ИО, созданием и ведением реестра.

The paper provides an overview of the regulatory and technical documentation (RTD) used in the primary, repeated and periodic certification of testing equipment (TE). The analysis of the RTD was performed and a block diagram was developed. The regulatory documentation is grouped at four levels: the fundamental national standard, industry standards, standards of organizations, programs and methods of certification. The specifics of the construction of programs and methods of certification are investigated. A search was performed and a brief analysis of standard certification methods was carried out. A list of the main current standard certification methods has been formed. The author proposes to create a structural unit within the metrological institute, which will develop a set of industry-specific metrological standards that regulate certification in detail. Engaged in the analysis, development, and conduct of metrological expertise of standard programs and certification methods for TE, the creation and maintenance of a registry.

Ключевые слова: нормативная документация, испытательное оборудование, аттестация испытательного оборудования, программа аттестации, методика аттестации.

Keywords: regulatory documentation, testing equipment, certification of testing equipment, certification program, certification methodology.

Для цитирования: Лаврик В.В. Нормативное обеспечение аттестации испытательного оборудования // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2026. № 1(88). С. 66–71.

For citation: Lavrik V.V. Regulatory Support For The Certification Of Test Equipment. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2026; 1(88): 66–71. (In Russ.).

ВВЕДЕНИЕ

На достоверность испытаний продукции значительное влияние оказывает техническое состояние испытательного оборудования (ИО). Для подтверждения заявленных технических (метрологических) характеристик перед вводом в эксплуатацию ИО следует подвергать первичной аттестации, в процессе эксплуатации – периодической, после проведения ремонта – повторной аттестации.

Основой нормативного обеспечения аттестации является совокупность межгосударственных, национальных, отраслевых стандартов и стандартов организаций, а также программ и методик аттестации.

Основная цель работы – исследовать и систематизировать нормативно-техническую документацию (НТД), используемую при проведении работ или оказании услуг по аттестации ИО. Выполнить поиск и сформировать перечень типовых методик аттестации.

В настоящее время тематика нормативного обеспечения аттестации ИО является актуальной и мало освещенной в научной литературе. Работы, связанные с практическим опытом применения национального стандарта ГОСТ Р 8.568–2017¹, во многих моментах потеряли актуальность [1–4].

¹ ГОСТ Р 8.568–2017 Государственная система обеспечения единства измерений. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения. – М.: Стандартинформ, 2019. (Введен в действие 01.08.2018).

Например, в авиационной промышленности отраслевой стандарт прошел развитие от ОСТа до ГОСТа [5]. Многие типовые программы и методики претерпели значительные изменения, например свод стандартов на очень распространенный тип ИО – камеры тепла и холода [6, 7].

ОСНОВНАЯ ПРОБЛЕМАТИКА СТАТЬИ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В связи с динамичным развитием стандартов в настоящее время большинство исследовательских работ в данном направлении устарели. При этом стоит отметить слабое развитие типовых методик на уровне ГОСТов и отраслевых стандартов, которые охватывают всего несколько групп ИО.

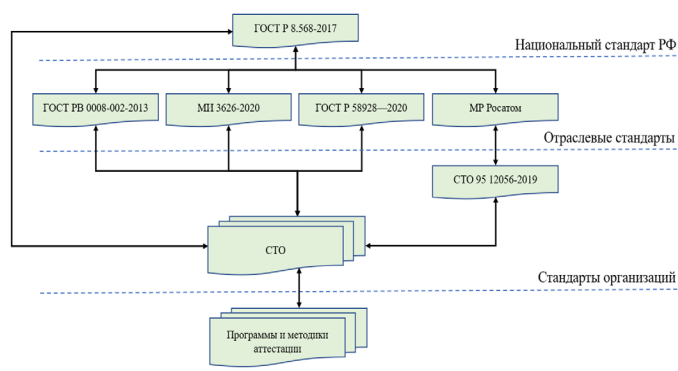
При проведении настоящего исследования были использованы различные источники научной информации (материалы): статьи (размещенные в научных журналах); электронные ресурсы (библиотеки нормативной и правовой документации: «Интернет и Право» URL: сайт <https://internet-law.ru/>; URL: сайт <https://files.stroyinf.ru/>; СПС Консультант Плюс URL: сайт <http://www.consultant.ru/>).

Основным методом исследования стал теоретический анализ научной литературы (статей в научных журналах и тезисов в сборниках научно-практических конференций) и нормативно-технической документации (международных, национальных и отраслевых стандартов, методических инструкций и рекомендаций, руководящих документов).

АНАЛИЗ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Основополагающим документом, регламентирующим проведение аттестации ИО в Российской Федерации, является национальный стандарт ГОСТ Р 8.568–2017.

Схема нормативно-технической документации, регламентирующей проведение аттестации ИО, показана на рисунке. Совокупность НТД можно разделить на четыре уровня: базовый национальный стандарт РФ, отраслевые стандарты, стандарты организаций, программы и методики аттестации.



Структурная схема НТД при аттестации ИО; СТО – стандарт организации

На следующем уровне находятся отраслевые стандарты, к которым можно отнести национальные и межгосударственные стандарты, методические инструкции и рекомендации, требования которых распространяются на конкретную отрасль или вид деятельности. Например: ГОСТ РВ 0008–002–2013; ГОСТ Р 58928–2020² для авиационной промышленности; методические рекомендации по аттестации ИО для применения организациями Госкорпорации «Росатом»; рекомендация по подтверждению компетентности организаций и индивидуальных предпринимателей, осуществляющих аттестацию ИО, МИ 3636–2020³.

Требования ГОСТ РВ 0008–002–2013 распространяются на работы по аттестации ИО, используемого при оценке соответствия оборонной продукции. ГОСТ устанавливает общие положения и порядок проведения аттестации, порядок разработки программ и методик, порядок проведения МЭ программ и методик аттестации. При этом установлен приоритет над ГОСТ Р 8.568–2017. Стандарт устанавливает обязательность проведения МЭ программ и методик аттестации (требования ГОСТ РВ 8.570) и подтверждения компетентности в главном научном метрологическом центре (ГНМЦ) Министерства обороны Российской Федерации или в государственном научном метрологическом институте (ГНИИ) – Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений (ФГУП «ВНИИФТРИ»).

Рекомендация МИ 3626–2020 определяют порядок проведения работ по подтверждению компетентности юридических лиц (индивидуальных предпринимателей) в области аттестации ИО по ГОСТ Р 8.568–2017 при прохождении процедуры во ФГУП «ВНИИМС» и по сути являются дополняющим документом ГОСТ Р 8.568–2017.

Национальный стандарт ГОСТ Р 58928–2020 устанавливает цели, задачи, организацию и порядок проведения работ по метрологическому обеспечению разработки, изготовлению и эксплуатации ИО. Требования стандарта распространяются на предприятия, относящиеся к авиационной промышленности, в части, касающейся только гражданской авиационной техники.

Методические рекомендации Госкорпорации «Росатом» распространяются на: федеральные государственные унитарные предприятия и учреждения, находящиеся в ведении Госкорпорации «Росатом», акционерные общества, акционером которых является Госкорпорация «Росатом», акционер-

² ОСТ Р 58928–2020 Система обеспечения единства измерений на предприятиях авиационной промышленности. Порядок проведения работ по метрологическому обеспечению испытательного оборудования. – М.: Стандартиформ, 2023. (Введен в действие 01.09.2020).

³ МИ 3626–2020 Рекомендация. Государственная система обеспечения единства измерений. Подтверждение компетентности юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, осуществляющих аттестацию испытательного оборудования. – М.: ФГУП «ВНИИМС» (Введены в действие 14.05.2020).

ные общества, в которых права акционера от имени Российской Федерации осуществляет Госкорпорация «Росатом», их дочерние и зависимые организации. Устанавливает основные положения, содержание, порядок проведения аттестации ИО, за исключением оборудования, применяемого в области, связанной с разработкой, изготовлением, испытанием, эксплуатацией и утилизацией ядерного оружия.

Исследуемые отраслевые стандарты по сравнению с ГОСТ Р 8.568–2017 более детализированы и учитывают особенности отраслевых требований, позволяют разработать самостоятельно или с учетом ГОСТ Р 8.568–2017 завершить систему метрологического обеспечения ИО.

Внутри организаций владельцев – ИО, обращение ИО регламентируется инструкциями и стандартами организаций. Стоит отметить, что в настоящее время это правильно – организовать управление ИО с использованием стандарта организации.

Например, у Госкорпорации «Росатом» разработан корпоративный стандарт СТО 95 12056–2019 в области использования атомной энергии, включая способы нормирования и определения точностных (метрологических) характеристик испытательного оборудования. Данный стандарт устанавливает более широкие требования к ИО, используемому при испытании продукции, но и устанавливает требования к вспомогательному оборудованию (которое не относится к ИО по ГОСТ Р 8.568–2017), применяемому при выполнении измерений (испытаний):

- параметров технологических процессов;
- с целью производственного экологического и санитарного контроля;
- если их результат используется в расчетах характеристик надежности, долговечности и работоспособности ядерных реакторов (при до реакторных, реакторных и после реакторных исследованиях материалов и изделий);
- при получении стандартных справочных данных о составе и свойствах веществ и материалов;
- для учета и контроля ядерных материалов, радиоактивных веществ и радиоактивных отходов;
- для исследования метрологических характеристик стандартных образцов;
- для радиационного контроля;
- для изыскательских, геодезических и гидрометеорологических работ.

Программы и методики аттестации являются основными прикладными техническими документами, по которым непосредственно выполняется аттестация ИО. По сути, программа – это план проведения аттестации «Что делать?», а

методика – это методика выполнения измерений «Как делать?».

Программа аттестации должна содержать информацию (разделы): описывающие объект аттестации; конкретизированные цели и задачи аттестации, которые необходимо решить в процессе аттестации; перечень документов на аттестацию, место и продолжительность, состав комиссии; объем аттестации, количественные и качественные характеристики, подлежащие оценке (требования по проверке программного обеспечения), этапы и порядок аттестации; условия проведения аттестации (воздействующие факторы, допустимые отклонения), меры, обеспечивающие безопасность и безаварийность проведения аттестации, требования к квалификации персонала (членов комиссии); материально-техническое и метрологическое обеспечение; требование к отчетности (оформление результатов аттестации).

В стандарте четко не регламентирована обязательность наличия программы аттестации на каждую единицу ИО. Например, п. 5.2 ГОСТ Р 8.568–2017 допускает проведение аттестации по типовой программе. На взгляд автора, это является не правильным решением. Программы следует разрабатывать на каждую единицу ИО, это обеспечит учет всех особенностей ИО и реализуемой методики испытаний, исключит ошибки персонала, выполняющего аттестацию. Полностью отказываться от типовых программ тоже не стоит, а следует оставить типовые программы для использования в качестве шаблона и использовать их при разработке конкретизированных программ.

Методика аттестации должна содержать следующие разделы: общие сведения и перечень проверяемых характеристик, особенности функционирования ИО и используемых средств аттестации; методы измерений и обработка результатов (формулы, соотношения и т.д.); требования к отчетности (оформление протокола). Методика аттестации может разрабатываться на каждое ИО или на тип (группу) – типовая методика.

Перечень типовых методик, выполненных в виде отраслевых, национальных и международных стандартов, приведен в таблице. Типовую методику подтверждения правильности работы программного обеспечения (п.1, табл.) разработали во ФГУП «ВНИИМС» [8, 9].

Довольно большая группа типовых методик разработана для аттестации камер, предназначенных для испытаний технических изделий на стойкость к климатическим внешним воздействующим факторам⁴ (п. 2–8, табл.). Программы (п. 9–12, табл.) разработаны для аттестации ИО, используемого при испытании средств индивидуальной защиты. Программы (п. 13–19, табл.) используются для аттестации ИО, используемого для воспроизведения механических воздействующих факторов (вибрации, удара, тряски и т.д.).

⁴ ГОСТ 21964–76 Внешние воздействующие факторы. Номенклатура и характеристики. – М.: Издательство стандартов, 1994. (Введен в действие 01.07.1977).

Перечень действующих типовых методик аттестации ИО

Обозначение	Наименование
МИ 3645–2021	Типовая методика подтверждения правильности работы программного обеспечения при аттестации испытательного оборудования
ГОСТ Р 53616–2009 (МЭК 60068-3-6:2001)	Требования к характеристикам камер для испытаний технических изделий на стойкость к внешним воздействующим факторам. Методы аттестации камер (без загрузки) для испытаний на стойкость к воздействию влажности
ГОСТ Р 53618–2009 (МЭК 60068-3-5:2001)	Требования к характеристикам камер для испытаний технических изделий на стойкость к внешним воздействующим факторам. Методы аттестации камер (без загрузки) для испытаний на стойкость к воздействию температуры
ГОСТ Р 54082–2010 (МЭК 60068-3-11:2007)	Требования к характеристикам камер для испытаний технических изделий на стойкость к внешним воздействующим факторам. Методы обработки результатов аттестации камер
ГОСТ Р 54083–2010 (МЭК 60068-3-7)	Требования к характеристикам камер для испытаний технических изделий на стойкость к внешним воздействующим факторам. Методы аттестации камер (с загрузкой) для испытаний на стойкость к воздействию температуры
ГОСТ Р 54436–2011	Требования к характеристикам камер для испытаний технических изделий на стойкость к внешним воздействующим факторам. Методы аттестации камер (с загрузкой) для испытаний на стойкость к воздействию влажности воздуха в циклическом режиме
ГОСТ Р 54437–2011	Требования к характеристикам камер для испытаний технических изделий на стойкость к внешним воздействующим факторам. Методы аттестации камер (без загрузки) для испытаний на стойкость к воздействию давлением воздуха
ГОСТ Р 55001–2012	Требования к характеристикам камер для испытаний технических изделий на стойкость к внешним воздействующим факторам. Методы аттестации камер (без загрузки) для испытаний на стойкость к воздействию соляного тумана
ГОСТ 8.619–2013	Государственная система обеспечения единства измерений. Испытательное оборудование для определения времени защитного действия противогазовых фильтров средств индивидуальной защиты органов дыхания. Методика аттестации
ГОСТ 8.620–2013	Государственная система обеспечения единства измерений. Испытательное оборудование для определения проницаемости противоаэрозольных фильтров средств индивидуальной защиты органов дыхания. Методика аттестации
ГОСТ 8.622–2013	Государственная система обеспечения единства измерений. Испытательное оборудование для определения устойчивости к запылению противоаэрозольных фильтров средств индивидуальной защиты органов дыхания. Методика аттестации
ГОСТ 25051.4–83	Установки испытательные вибрационные. Методика аттестации
ГОСТ 25051.4–83	Установки испытательные вибрационные электродинамические. Общие технические условия
ГОСТ 20076–2007	Вибрация. Станки балансировочные. Характеристики и методы их проверки
ГОСТ Р ИСО 8568–2010	Стенды ударные. Заявление и подтверждение характеристик.

Окончание таблицы

РД 50-590-85	Методические указания. Система государственных испытаний продукции. Установки для испытаний на воздействие удара. Методы и средства аттестации
РД 50-589-85	Методические указания. Система государственных испытаний продукции. Установки для испытаний на воздействие транспортной тряски. Методы и средства аттестации
МИ 49-75	Государственная система обеспечения единства измерений. Методика аттестации ударных испытательных установок
ГОСТ Р ИСО 11943-2010	Гидропривод объемный. Интерактивные автоматические системы подсчета частиц в жидкости. Методы калибровки и аттестации
ГОСТ 8.483-83	Государственная система обеспечения единства измерений. Источники нейтронные на ядерно-физических установках образцовые. Основные положения и методика аттестации

Некоторые отраслевые стандарты, ОСТы, указанные в [2, 3], имеют заменяющие их ГОСТы, но при этом не отменены и могут быть использованы.

Некоторые типовые методики могут быть выполнены в виде раздела в стандарте на испытание или на оборудование (п. 14–16, табл. 1). Также типовые программы и методики аттестации могут быть выполнены на уровне организации [10]. Применение собственных типовых программ и методик характерно для организаций, оказывающих метрологические услуги, и метрологических служб организаций.

Программа и методика аттестации могут быть выполнены в виде объединенного документа, содержащего требования и разделы обоих документов.

Преимуществом использования типовой программы и методики аттестации является необходимость разработки одного документа, что экономически более выгодно, например, экономия на разработке и на проведении МЭ.

К недостаткам типовых программ и методик аттестации следует отнести:

- плохую детализацию (в связи с чем метрологу необходимо выполнять большее количество операций);
- необходимость установления исполнителем аттестации характеристик (режимов), подлежащих подтверждению;
- высокие требования к уровню квалификации специалиста (метролога), выполняющего аттестацию.

Программы и методики аттестации должны находиться у владельца ИО, их следует включать в комплект эксплуатационной документации [11]. Допускается организовать хранение в метрологической службе владельца. При этом должен быть обеспечен оперативный доступ к ним ответственного за ИО. При проведении аттестации внешними организациями по своим программам и методикам к эксплуатационной документации на ИО следует приложить оригиналы или копии используемых программ и методик.

Для обеспечения применения актуальных экземпляров программ и методик следует своевременно вносить изменения согласно ГОСТ Р 2.503-2023 и ГОСТ 2.603-68. На практике часто используется схема, когда организация оказывает услуги по аттестации ИО по своим типовым программам и методикам. При этом следует учесть, что программа и методика должны быть согласованы с заказчиком. Заказчику должны быть предоставлены копии или учетные экземпляры. В случае предоставления учетных экземпляров должен действовать механизм их актуализации. В свою очередь, если исполнитель выполняет аттестацию по программам и методикам заказчика, то они также должны быть предоставлены исполнителю, например для целей подтверждения компетентности. При этом следует учесть, что данные документы являются интеллектуальной собственностью и не подлежат свободному распространению.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящая работа не учитывает особенности аттестации ИО, применяемого при испытании оборонной продукции [12], особенности типовых программ и методик, входящих в комплексы государственных военных стандартов «Мороз» и «Климат» [13].

Нормативное обеспечение аттестации ИО постоянно развивается и требует периодической актуализации.

Стоит отметить, что по настоящее время разработано мало типовых методик аттестации. Остается достаточно много типового оборудования, используемого для воспроизведения внешних воздействующих факторов, не имеющих типовых программ и методик.

Создание на базе одного из государственных метрологических институтов структурного подразделения, которое займется разработкой и систематизацией свода метрологических отраслевых стандартов, регламентирующих аттестацию ИО, созданием и ведением реестра типовых программ и методик аттестации, может оказаться перспективным решением.

Список литературы

1. Писарев В.Н., Сухачева Ч.Н. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения, методические особенности // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». 2005. Т. 1. С. 31–32.
2. Бурлаченко А.В., Писарев В.Н. Методические особенности аттестации испытательного оборудования на современном этапе // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». 2012. Т. 2. С. 409–410.
3. Бурлаченко А.В., Писарев В.Н. К проблеме аттестации испытательного оборудования на современном этапе // Надежность и качество сложных систем. 2013. № 1(1). С. 88–92.
4. Кутяйкин В.Г., Савровский К.К. Правовая и нормативная база аттестации испытательного оборудования // Компетентность. 2015. № 9–10(130–131). С. 38–42.
5. Богоявленский А.А. Аттестация испытательного оборудования узлов и агрегатов авиационной техники // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2014. № 199. С. 126–133.
6. Писарев В.Н. О стандартизации в области аттестации климатических камер // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». 2013. Т. 1. С. 91–93.
7. Писарев В.Н. Особенности аттестации камер тепла и холода по ГОСТ Р 53618–09 // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». 2015. Т. 2. С. 350–351.
8. Паньков А.Н., Козлов М.В. Типовая методика аттестации испытательного оборудования: программное обеспечение // Компетентность. 2023. № 2. С. 32–36.
9. Лаврик В.В. Программное обеспечение испытательного оборудования: проверка правильности работы при аттестации // Контроль качества продукции. 2025. № 5. С. 38–42.
10. Бавыкин О.Б., Карачан Д.В. Типовая программа и методика аттестации испытательного стенда для преобразователя собственных нужд (ПСН-750-30) блока инверторов питания вентиляторов (БИПВ-750-2-220) // Инженерный вестник Дона. 2018. № 2(49). С. 37.
11. Лаврик В.В. Экспертиза эксплуатационной документации при проведении первичной аттестации испытательного оборудования // Контроль качества продукции. 2025. № 3. С. 25–30.
12. Храпов Ф.И. Требования нормативных документов по аттестации испытательного оборудования, применяемого при испытаниях оборонной продукции // Вестник метролога. 2015. № 1. С. 9–11.
13. Лучкина М.Е., Постнов В.Н., Рубан С.О. Нормативно-правовые аспекты организации испытательных подразделений для проведения испытаний радиоэлектронной аппаратуры военного назначения // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». 2022. Т. 2. С. 164–167.

References

1. Pisarev V.N., Sukhacheva Ch.N. Certification of test equipment. Basic provisions, methodological features // Proceedings of the International Symposium «Reliability and Quality». 2005. Vol. 1. Pp. 31–32.
2. Burlachenko A.V., Pisarev V.N. Methodological features of certification of test equipment at the present stage // Proceedings of the international symposium «Reliability and quality». 2012. Vol. 2. pp. 409–410.
3. Burlachenko A.V., Pisarev V.N. On the problem of certification of test equipment at the present stage // Reliability and quality of complex systems. 2013. no. 1(1). Pp. 88–92.
4. Kutyakin V.G., Savrovsky K.K. The legal and regulatory framework for certification of testing equipment // Competence. 2015. no. 9-10(130-131). Pp. 38–42.
5. Bogoyavlensky A.A. Certification of test equipment for components and assemblies of aviation equipment // Scientific Bulletin of the Moscow State Technical University of Civil Aviation. 2014. no. 199. Pp. 126–133.
6. Pisarev V.N. On standardization in the field of certification of climate chambers // Proceedings of the international symposium «Reliability and Quality». 2013. Vol. 1. Pp. 91–93.
7. Pisarev V.N. Features of certification of heat and cold chambers according to GOST R 53618–09 // Proceedings of the international symposium «Reliability and quality». 2015. Vol. 2. Pp. 350–351.
8. Pan'kov A.N., Kozlov M.V. Standard Procedure for Qualification of Test Equipment: Software, 'Kompetentnost' / Competency (Russia), 2023, no. 2, pp. 32–36. DOI: 10.24412/1993-8780-2023-2-32-36.
9. Lavrik V.V. Software for test equipment: checking operation correctness during certification // Product quality control. 2025. no. 5. Pp. 38–42.
10. Bavykin O.B., Karachan D.V. Typical program and methodology of the testing stand certification for the converter of own needs (CON-750-30) of the unit inverter fan power (BIPV-750-2-220) // Engineering Bulletin of the like. 2018. no. 2(49). Pp. 37.
11. Lavrik V.V. Expertise of operational documentation during the initial test equipment certification // Product quality control. 2025. no. 3. Pp. 25–30.
12. Khrapov F.I. Requirements of regulatory documents for the certification of testing equipment used in testing defense products // Bulletin of Metrology. 2015. no. 1. Pp. 9–11.
13. Luchkina M.E., Postnov V.N., Ruban S.O. Regulatory and legal aspects of the organization of testing units for testing military electronic equipment // Proceedings of the international symposium «Reliability and Quality». 2022. Vol. 2. Pp. 164–167.

СТАНДАРТИЗАЦИЯ ДАННЫХ И ПРОЦЕССОВ В ОТКРЫТОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЕ. ЧАСТЬ 2. ПЕРСПЕКТИВЫ БАНКОВСКОЙ СФЕРЫ

DATA AND PROCESSES STANDARDIZATION IN AN OPEN INFORMATION ENVIRONMENT. PART 2. FUTURE OF THE BANKING SECTOR

Бурый А.С., д-р техн. наук, ФГБУ «Институт стандартизации», Россия, г. Москва,

Лопатин И.Н., аспирант ФГБУ «Институт стандартизации», Россия, г. Москва,

Погодин И.М., аспирант ФГБУ «Институт стандартизации», Россия, г. Москва

Buryi A.S., Dr.Sc. (Technology), Russian Standardization Institute, Moscow

Lopatin I.N., graduate student, Russian Standardization Institute, Moscow

Pogodin I.M., graduate student, Russian Standardization Institute, Moscow

Статья посвящена анализу и оценке роли данных и их интеграции в распределенной информационной банковской сфере в ходе решения задач формирования баз данных, поддержки принятия решений на основе интеллектуального анализа данных.

Цель работы: оценка возможностей моделей представления данных в распределенных информационных средах и базах данных на основе интеллектуального анализа данных с привлечением нейро-сетевых инструментов для поддержки принятия решений в банковской сфере.

Методы: компаративный анализ научных публикаций в области интеграции больших языковых моделей, включая возможности интеллектуальных агентов и многоагентного представления динамики информационного взаимодействия.

Результаты: предложен концептуальный подход применения интеллектуальных агентов в ходе формирования и интеграции данных в банковской сфере для повышения обоснованности принимаемых решений, за счет повышения качества информационного взаимодействия на основе ролевого представления интеллектуальных агентов в ходе обучения доменно-специализированных языковых моделей.

Ключевые слова: информационная система, открытые системы, открытые данные, платформа, открытый банкинг, управление данными, генеративный интеллект.

Для цитирования: Бурый А.С., Лопатин И.Н., Погодин И.М. Стандартизация данных и процессов в открытой информационной среде. Часть 2. Перспективы банковской сферы // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2026. № 1(88). С. 72–78.

The article is devoted to the analysis and assessment of the role of data and their integration in the distributed information banking sector in solving the problems of database formation, decision support based on data mining.

Purpose of the paper: to evaluate the capabilities of data representation models in distributed information environments and databases based on data mining using neuro-network tools to support decision-making in the banking sector.

Methods of study: comparative analysis of scientific publications in the field of integration of large language models, including the capabilities of intelligent agents and multi-agent representation of the dynamics of information interaction.

Study findings: a conceptual approach to the use of intelligent agents in the formation and integration of data in the banking sector is proposed to increase the validity of decisions made by improving the quality of information interaction based on the role representation of intelligent agents during the training of domain-specific language models.

Keywords: information system, open systems, open data, platform, open banking, data management, generative intelligence.

For citation: Buryi A.S., Lopatin I.N., Pogodin I.M. Data and Processes Standardization in an Open Information Environment. Part 2. Future of the Banking Sector. Information and economic aspects of standardization and technical regulation. 2026;1(88):72–78. (In Russ.).

ВВЕДЕНИЕ

В первой части данной работы [1] рассмотрена роль открытых данных в современном цифровом мире, в информационно-технологической (ИТ) среде в контексте понятий «открытые системы» – «открытые данные» – «открытая наука» [2]. Проанализированы основные тенденции и воз-

можный потенциал источников открытых данных и роль стандартизации в разработке требований к представлению данных, а также и перспектив расширения их интеграции.

Индустрия финансовых услуг переживает сейсмический сдвиг, обусловленный сближением технологических достижений, нормативных требований и меняющимися ожида-

ниями потребителей. Банк России в докладе, посвященном регулированию экосистем [3], формулирует определение трех видов экосистем: открытая, закрытая и гибридная. Главной целью экосистемы банка является омниканальность предоставляемых услуг, где создание бесшовного пути клиента поддерживается множеством каналов коммуникаций с ним [4].

В банковском секторе (БС) накоплены значительные массивы данных, отражающие бизнес-процессы, технологическую инфраструктуру, регламентную деятельность и практики реагирования на инциденты. Эти данные формируют совокупность корпоративных знаний (КЗ), на основе которых осуществляется обучение доменно-специализированных языковых моделей (Domain-Specific Language Models, DSLM). В отличие от универсальных языковых моделей, DSLM ориентированы на воспроизведение предметной логики, терминологии и типовых сценариев деятельности конкретной организации, что позволяет использовать их в прикладных задачах автоматизации и поддержки принятия решений [5].

Open Banking¹, существенно упрощенный благодаря стандартизированным интерфейсам прикладного программирования (Application Programming Interface, API), обеспечивает безопасный и бесперебойный обмен финансовыми данными и услугами (с разрешения клиентов), между традиционными финансовыми учреждениями и внешними сторонними разработчиками. В то же время API есопому стал важнейшим элементом этой модели совместной работы, предлагая стандартизированный интерфейс, который лежит в основе интеграции различных систем и обеспечивает эффективный обмен данными и функциональностью [6, 7].

Открытое банковское дело, по своей сути основанное на совместном доступе и сотрудничестве, устранило традиционные барьеры. Финансовые учреждения, которые когда-то были территориальными и защищали свои данные, теперь осознали ценность сотрудничества, используя, в частности технологии облачных вычислений, предлагая банкам облачные платформы для реализации своих моделей управления данными [8], опираясь на многообразие постоянно развивающихся облачных сервисов [9]. Сегмент BaaS (banking-as-a-service) – самый быстрорастущий в банковской сфере со среднегодовым темпом роста – 33%.²

Будущее финансовых услуг зависит от партнерских отношений, когда традиционные банковские учреждения и финтех-стартапы объединяются для создания максимальной стоимости. Этот переход к сотрудничеству – не просто

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

БС – банковский сектор

ЖЦД – жизненного цикла данных

ИИ – искусственный интеллект

КЗ – корпоративные знания

ПрО – предметная область

СППР – система поддержки принятия решений

API – интерфейс прикладного программирования

DSLM – доменно-специализированные языковые модели

ХaaS – X – название сервиса в облачных вычислениях

стратегический выбор; это необходимость для современной финансовой экосистемы. Глубина и широта проблем, с которыми сталкивается отрасль сегодня – технологических, нормативных и ориентированных на клиента – требуют совместного подхода. Более того, быстрые темпы технологического прогресса требуют активизации в разработке систем поддержки принятия решений (СППР) для эффективной адаптации и внедрения инноваций.

Целью настоящего исследования является оценка возможностей моделей представления данных в распределенных информационных средах и базах данных на основе интеллектуального анализа данных с привлечением нейросетевых инструментов для поддержки принятия решений в банковской сфере.

КАТЕГОРИИ И ПЛАТФОРМЫ ОТКРЫТЫХ ДАННЫХ

Корпоративные данные в Банке классифицируются по функциональным и доменным признакам и хранятся в распределенных хранилищах. Банковские транзакции, данные клиентских операций и финансовые показатели размещаются в классическом *Enterprise Data Lake*³, поддерживающем структурированные форматы хранения и аналитические витрины данных. Также данные кибербезопасности, включая журналы событий средств защиты (SIEM, SOAR, EDR и систем ИТ-мониторинга). При этом функции безопасности распределены: EDR обнаруживает угрозы на устройствах, SIEM коррелирует их, а SOAR ускоряет обработку инцидентов до минут.

Многообразие типов данных обычно включают [10]:

- структурированные;
- полуструктурированные;
- неструктурированные данные;
- метаданные;
- показатели (метрики) качества данных.

¹ Эволюция банкинга. Как и почему крупный бизнес переходит на Open API. [Электронный ресурс]. – URL: <https://sber.pro/publication/evolyutsiya-bankinga-kak-i-pochemu-krupnii-biznes-perehodit-na-open-api/> (дата обращения 27.12.2025).

² Там же.

³ Корпоративное озеро данных – это централизованное хранилище огромных объемов структурированных, полуструктурированных и неструктурированных данных.

Такие форматы данных обеспечивает возможность интегрированного использования данных как для аналитических задач, так и для обучения и эксплуатации DSLM [11], что соответствует архитектурным подходам, применяемым в Google, Microsoft и Meta при построении внутренних платформ на основе технологий искусственного интеллекта (ИИ-платформ).

В связи с появлением множества платформ для обмена данными, проанализируем наиболее популярные из них (см. табл. 1, составлено с учетом [12]).

Таблица 1

Возможности, предоставляемые платформами данных

Название платформы	Решаемые задачи
Kaggle ⁴	Предоставляет доступ к широкому спектру тематических наборов данных, предназначенных для алгоритмов искусственного интеллекта и анализа данных. Некоторые из наборов данных предназначены для сегментации изображений, обнаружения объектов и генерации изображений, а также для многих других приложений.
UCI ⁵	Платформа, которая предоставляет доступ к широкому спектру тем наборов данных для машинного обучения, включая стандартные алгоритмы классификации и кластеризации.
Облачные услуги: PaaS, IaaS	Предоставлению услуг в сфере облачных вычислений: платформа как услуга (PaaS); инфраструктура как услуга (IaaS) и другие [8, 13].
Поиск наборов данных Google (GDS)	Поисковая система, которую можно использовать для поиска наборов данных в Интернете, охватывающих широкий спектр тем, например, социальные науки или финансы.
Реестр открытых данных Amazon Web Services	Платформа, которая предоставляет доступ к широкому спектру наборов данных, размещенных Amazon, охватывающих такие темы, как климат или геопространственные данные.
Microsoft Research Open Data	Платформа, которая предоставляет доступ к широкому спектру тем наборов данных, включая, например, компьютерное зрение или обработку естественного языка.
Открытые данные Всемирного банка	Платформа, которая предоставляет доступ к наборам данных, касающихся глобального развития мира, включая, например, бедность, образование или изменение климата.

⁴ Kaggle. Доступно онлайн: <https://www.kaggle.com/> (дата обращения: 21.12.2025).

⁵ См. ГОСТ Р ИСО 9735-4-2012 Электронный обмен данными в управлении, торговле и на транспорте. М.: Стандартинформ, 2014.

ДАННЫЕ КАК ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПРОДУКТ

Большинство из нас уже не замечают, что выходя в открытую информационную среду, мы автоматически порождаем череду данных – то, что принято называть цифровым следом. Поставили «лайк» в интернет-магазине понравившемуся товару и Ваш голос уже участвует в информационной рекомендательной системе данного продавца. Пользуетесь банковскими интернет-услугами – формируете свой профиль, как клиент банка и т. д.

По мере того, как предприятия расширяют свои операции с данными, они сталкиваются с все более сложными задачами, связанными с интеграцией данных, управлением ими, масштабируемостью и рядом других задач, связанных с жизненным циклом данных (ЖЦД). Две архитектурные парадигмы – Data Fabric и Data Mesh – стали ведущими подходами к современному управлению данными [14].

Процесс управления данными во многом определяется их структурой. Продукты данных, Data Mesh или сеть данных представляет собой децентрализованную модель, которая согласовывает владение данными и управление ими с отдельными бизнес – областями (отчет, таблица, датасет и т. д.). Этот подход можно использовать для создания продуктов данных – надежных, заслуживающих доверия многократно используемых наборов данных.

Data Fabric (ткань данных) – это концепция распределенной работы с данными, единая и согласованная архитектура управления данными, обеспечивающая беспрепятственный доступ к данным и их обработку. Data Fabric предлагает централизованную и технологически ориентированную архитектуру, которая использует метаданные, ИИ и автоматизированные информационные системы для объединения и управления данными от разнотипных источников. Она предназначена для уменьшения разрозненности данных, путем создания виртуально-интегрированного уровня, охватывающего облачную среду, локальные сети и периферийные системы [14]. Этот подход фокусируется на согласованности, доступности данных в реально времени и централизованном управлении для обеспечения бесперебойной работы с данными.

В таблице 2 представлены определения к понятию «продукты данных», которые продолжают развиваться, в зависимости от специфики Про исследования.

В организационном контексте информационные продукты – это доступные для обнаружения, понятные, высококачественные, готовые к использованию и многократному использованию ресурсы данных, которые люди могут применять для решения различных бизнес-задач.

Таблица 2

Сравнение подходов к понятию «данные как продукт»

Концепция	Определение
Информационный продукт	Информационный продукт – это управляемый артефакт, который удовлетворяет текущие информационные потребности и создает ценность путем преобразования и упаковки соответствующих элементов данных в удобную для использования форму.
Data Mesh	Data Mesh – это социально-техническая, децентрализованная, распределенная концепция управления корпоративными данными. Он характеризуется четырьмя принципами: данные как продукт, ориентация на Про, платформы самообслуживания и федеративное управление вычислениями.
Data Fabric	Data Fabric – это концепция дизайна для создания повторно используемых сервисов интеграции данных, конвейеров передачи данных и семантики для гибкой и интегрированной доставки данных. Он основан на анализе, создании и использовании метаданных, которые представляются в виде графа знаний.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОРПОРАТИВНЫХ ДАННЫХ ИИ-АГЕНТАМИ И ОБУЧЕНИЕ DSLM

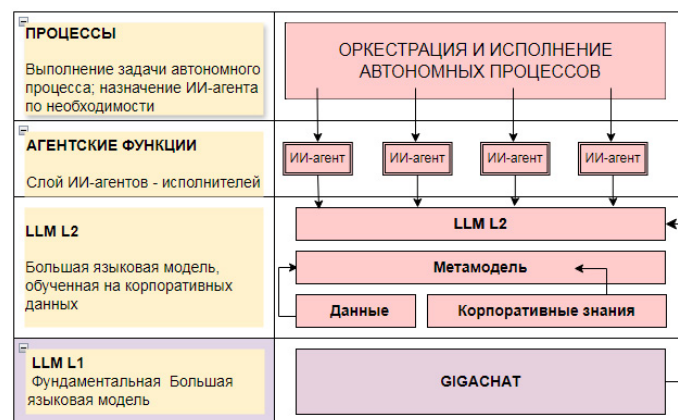
Доступ к корпоративным данным для DSLM и ИИ-агентов реализуется через специализированную контекстную платформу (MCP-сервер)⁶, обеспечивающую управляемый и ролевой доступ к данным, а также набор утилит для их агрегации, фильтрации и предварительной обработки. DSLM в данной архитектуре используются ИИ-агентами [15] в качестве когнитивного слоя, обеспечивающего интерпретацию контекста, формирование гипотез и принятие решений, тогда как сами агенты выполняют действия, направленные на автоматизацию процессов и снижение доли рутинных операций, ранее выполняемых человеком.

Корпоративные данные применяются как при обучении DSLM, так и в процессе интерфейса⁷ через механизмы *retrieval*, т.е. когда для генерации ответов в большой языковой модели осуществляется дополнительный поиск информации во внешних источниках (файлы, базы данных определенных Про, интернет и другие источники). При

⁶ Протокол Model Context Protocol (MCP) – открытый стандарт для интеграции языковых моделей с внешними сервисами и источниками данных.

⁷ Процесс интерфейса – это совокупность средств, методов и правил, обеспечивающих взаимодействие (обмен информацией, управление, контроль) между пользователем и устройством.

этом различные категории данных вносят вклад в формирование языкового, логического и контекстного представления области в модели (см. рисунок). Качество этих данных является критическим фактором: при наличии неконсистентных⁸, неполных или ошибочных данных нарушается формирование устойчивых паттернов внимания и рассуждений в DSLM, что приводит к потере фокуса модели и снижению эффективности работы ИИ-агентов. Данный эффект широко описан в исследованиях Big Tech, где подчеркивается прямая зависимость качества моделей от качества обучающих данных [16].



Принципиальная схема предоставления знаний ИИ-агентам

Представим процессы взаимодействия агентов в виде следующей модели:

$$AM = (A, R, St_{ORG}), \quad (1)$$

где $A = \{a\}$ – множество ролей ИИ-агентов; $St_{ORG} = \{st_j\}$, $j = \overline{1, S}$ – множество информационных структур, соответствующих различным этапам ЖЦД; R – семейство базовых отношений между агентами, включающее особенности информационного взаимодействия, как между ИИ-агентами, так и внешней средой. Распределение ролей ИИ-агентов может строиться относительно категорий доменных знаний и данных для DSLM-моделей, представленных в табл. 3.

Взаимодействие (*Int*) агентов из множества A представим кортежем вида:

$$Int = \langle A, T, Sc \rangle, \quad (2)$$

где $T = \{T_i\}$ – множество типов агентов, включая агентов контроля состояния, исполнителей (работа с форматами данных), координаторов, обработки данных и другие; Sc –

⁸ Ситуация, когда одни и те же сущности отражены по-разному (на уровне данных) в подсистемах.

сценарии (программы), сетевые графики взаимодействия агентов, причем

$$Sc=(Com, \pi), \tag{3}$$

где *Com* – множество коммуникативных действий между агентами в соответствии со структурой, представленной на рис. 1; π – множество протоколов типовых действий (регистрация или измерение, запись информации, копирование данных, передача данных, отображение и др.).

Так, для ИИ-агента обеспечения связи с внешними базами данных (БД) на этапе обучения любой протокол $\pi_k \in \pi$ может иметь вид:

$$\pi_k = (\langle \text{подбор источников данных} \in \text{БД} \rangle; \langle \text{передача метаданных} \rangle; \langle \text{формирование типовых запросов} \rangle; \dots), k \in K, \tag{4}$$

где *K* – множество протоколов; БД – множество баз данных, доступных для использования в работе ИИ-агентов на любом информационном уровне.

Таким образом, любой протокол вида (4) – это набор действий, а само действие можно представить как отражение наблюдаемого агентом подмножества состояний окружающей среды (*E*) во множество возможных его ответных действий (реакций) – $\bar{D}$:

$$action : E \rightarrow \bar{D}. \tag{5}$$

Динамику изменения состояний окружающей среды под воздействием агента будем представлять следующей функцией:

$$\varepsilon : E^S \times \bar{D} \rightarrow 2^E. \tag{6}$$

Взаимодействие агента со средой представляет собой последовательную смену состояний, отражаемую в виде протокола (4), представим в виде последовательности смены состояний многоагентной системы в результате определенного действия агента из множества, задаваемого системой отображений вида (5). В итоге любую программу действий по преобразованию данных представим как последовательность вида «состояние-действие» для реализации заданных целей:

$$Prog : e_0 \overset{a_0}{\rightarrow} e_1 \overset{a_2}{\rightarrow} e_2 \dots \overset{a_k}{\rightarrow} e_k, \tag{7}$$

где e_i – состояния информационной системы, а $a_i, i = 0, 1, 2, \dots$ – действия ИИ-агентов, вызвавшие смену состояний, а в целом программа (7) фиксируется соответствующим протоколом вида (4).

Эффективность выполнения программ вида (7) или заданных сценариев, как совокупности программ, обычно оцениваются заданными метриками качества. Для измерительных задач это могут быть точности измерительных данных, для расчетных функций – точности преобразований (обработки данных), для СППР – уровни риска при выборе решений и другие.

Таблица 3

Категории данных и их применение при обучении DSLM

Категория данных	Характеристика	Основные форматы	Роль в обучении DSLM
Транзакционные данные	Банковские операции и финансовые события	Структурированные	Формирование понимания бизнес-логики и причинно-следственных связей
Данные клиентских взаимодействий	История обращений и коммуникаций	Полуструктурированные, текстовые	Обучение контекстному анализу и сценарному reasoning
Данные кибербезопасности	События средств защиты и мониторинга	Полуструктурированные, потоковые	Обучение интерпретации инцидентов и выявлению аномалий
Инфраструктурные данные	Метрики и log-файлы ИТ-систем	Полуструктурированные	Формирование представлений о работе инфраструктуры
Регламентные и нормативные данные	Политики, стандарты, инструкции	Неструктурированные	Обучение нормативной логике и корпоративной терминологии
Исторические данные инцидентов	Отчеты расследований	Текстовые, структурированные	Обучение модели анализу техник и тактик в инцидентах
Метаданные и каталоги	Описания источников	Структурированные	Информация по данным источникам
Данные качества данных	Метрики и результаты проверок	Структурированные	Обеспечение устойчивости рассуждений и контроля фокуса модели
Синтетические данные	Сгенерированные синтетические сценарии	Текстовые, структурированные	Дополнение обучающих выборок и моделирование редких случаев

Для управления данными в целом необходимо четко определить, какие роли ИИ-агентов важны для предоставления и обработки данных, и как эти роли должны быть включены в процесс принятия решений. При этом в СППР затрагиваются такие аспекты, как управление качеством данных, управление доступом к данным, общее управление данными и управление ЖЦД. Кроме того, ключевой задачей является управление метаданными для наборов данных о своей ПрО, что также важно в контексте суверенитета и качества данных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ключевой вывод работы – в БС сформирована совокупность корпоративных знаний, представленных в виде различных категорий данных, на основе которых осуществляется обучение доменно-специализированных языковых моделей [17], основанная на архитектуре-трансформер, предназначенная для предобучения языковых представлений с целью их последующего применения в широком спектре задач обработки естественного языка.

DSLM, интегрированные в архитектуру ИИ-агентов, используются для автоматизации процессов и снижения объема рутинных операций человека. Качество данных, применяемых при обучении и эксплуатации DSLM, напрямую определяет устойчивость фокуса моделей и эффективность действий ИИ-агентов, что подтверждает необходимость системного управления качеством данных в интеллектуально-ориентированных корпоративных платформах.

Рецензент: Сухов Андрей Владимирович, доктор технических наук, профессор, старший научный сотрудник научно-производственного объединения «Специальная техника и связь», г. Москва, Российская Федерация. E-mail: avs57@mail.ru

Список литературы / References

1. Бурый А.С., Лопатин И.Н., Погодин И.М. Стандартизация данных и процессов в открытой информационной среде. Часть 1. Открытые данные // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2025. № 6(87). С. 469–474. – URL: <https://doi.org/10.24412/2311-1348-2025-6-469-474>. / Buryi A.S., Lopatin I.N., Pogodin I.M. Standartizatsiya dannyh i processov v otkrytoj informacionnoj srede. Part 1. Otkrytye dannye. Information and economic aspects of standardization and technical regulation. 2025;6(87):469–474. (In Russ.).
2. Бурый А.С., Ловцов Д.А. Открытая наука как движущая сила информационного общества // Правовая информатика. 2024. № 3. С. 4–12. – URL: <https://doi.org/10.24682/1994-1404-2024-3-4-12>. / Buryi A.S., Lovtsov D.A. Otkrytaya nauka kak dvizhushchaya sila informacionnogo obshchestva. Legal informatics. 2024;3:4–12. (In Russ.).
3. Дубинин С.К., Теличко Л.Е. Банковская экосистема как клиентоориентированная бизнес-модель в условиях цифровизации // Финансы и кредит. 2022. Т. 28, № 5. С. 1000–1026. – URL: <https://doi.org/10.24891/fc.28.5.1000>. / Dubinin S.K., Telichko L.E. Bankovskaya ekosistema kak klientoorientirovannaya biznes-model v usloviyah cifrovizatsii. Finance and Credit. 2022;28(5):1000–1026. (In Russ.).
4. Васильева Е.В., Солянов К.С., Коневцева Т.Д. Адаптивное хранилище данных как технологический базис экосистемы банка // Финансы: теория и практика. 2020. Т. 24, № 3. С. 132–146. / Vasileva E.V., Solyanov K.S., Konevtseva T.D. Adaptivnoe hranilishche dannyh kak tekhnologicheskij bazis ekosistemy banka. Finansy: teoriya i praktika. 2020;24(3):132–146. (In Russ.).
5. Zhao X., Lu J., Deng C., et al. Beyond one-model-fits-all: A survey of domain specialization for large language models. arXiv preprint arXiv. 2023, 2305.
6. Parate S., Reddi L.T., Agarwal S., Suryadevara M. Analyzing the impact of open data ecosystems and standardized interfaces on product development and innovation. International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology. 2023;3(1):476–485.
7. Лопатин И.Н. Многоуровневые системы качественных данных на основе моделей искусственного интеллекта: проблемы и решения // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2025. № 1(82). С. 70–75. / Lopatin I.N. Mnogourovnevye sistemy kachestvennyh dannyh na osnove modelej iskusstvennogo intellekta: problemy i resheniya. Information and economic aspects of standardization and technical regulation. 2025;1(82):70–75. (In Russ.).
8. Kumar T.V. Cloud-Based Core Banking Systems Using Microservices Architecture. IJRECE. 2019;7(2): 3663–3672.

9. Бурый А.С. Тенденции развития распределенных информационных систем на основе облачных технологий // Транспортное дело России. 2013. № 6. С. 160–162. / Buryi A.S. Tendencii razvitiya raspredelennyh informacionnyh sistem na osnove oblachnyh tekhnologij. Transportnoe delo Rossii. 2013;6:160–162. (In Russ.).
10. Бурый А.С., Погодин И.М. Оценка качества больших данных. Часть 2. Модели данных // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2024. № 4 (79). С. 24–32. / Buryi A.S., Pogodin I.M. Ocenka kachestva bol'shih dannyh. Part 2. Data Models. Information and economic aspects of standardization and technical regulation. 2024;3(78):49–58. (In Russ.).
11. Balaskas G., Papadopoulos H., Pappa D., et al. A Framework for Domain-Specific Dataset Creation and Adaptation of Large Language Models. Computers. 2025;14(5): 172.
12. Pessanha Santos N. The expansion of data science: dataset standardization. Standards. 2023; 3(4):400–410.
13. Решетников В.Н., Болодурина И.П., Парфенов Д.И. Моделирование размещения сервис-ориентированных приложений в программно-управляемой инфраструктуре виртуального центра обработки данных // Программные продукты и системы. 2016. № 4. С. 15–22. / Reshetnikov V.N., Bolodurina I.P., Parfenov D.I. Modelirovanie razmeshcheniya servis-orientirovannyh prilozhenij v programmno-upravlyaej infrastrukture virtual'nogo centra obrabotki dannyh. Programmnye produkty i sistemy. 2016;4:15–22. (In Russ.).
14. Blohm I., Wortmann F., et al. Data products, data mesh, and data fabric: New paradigm (s) for data and analytics? Business & Information Systems Engineering. 2024;66(5):643–652.
15. Бурый А.С., Фролов В.А., Куляница А.Л. Эволюция агентного моделирования. Часть 1. Архитектура интеллектуального агента // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2023. № 5(74). С. 38–47. / Buryi A.S., Frolov V.A., Kulaynitsa A.L. Evolyuciya agentnogo modelirovaniya. Part 1. Arhitektura intellektualnogo agenta. Information and economic aspects of standardization and technical regulation. 2023;5(74):38–47. (In Russ.).
16. Jeong C. Fine-tuning and Utilization Methods of Domain-specific LLMs. arXiv 2024. arXiv preprint:2401.02981.
17. Rostam Z.R.K., Kertesz G. Fine-tuning large language models for scientific text classification: A comparative study. In 2024 IEEE 6th International Symposium on Logistics and Industrial Informatics (LINDI). IEEE, 2024: 000233–000238.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДЕКСА ОТРАСЛЕВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ КАЧЕСТВА В ОБЛАСТИ НЕРУДНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

ON THE INDUSTRY INFRASTRUCTURE QUALITY INDEX IN THE FIELD OF NON-METALLIC BUILDING MATERIALS

Захарова А.Н., начальник отдела стандартизации в области обрабатывающей промышленности ФГБУ «Институт стандартизации»

В статье представлены результаты анализа деятельности в сфере метрологии и оценки соответствия нерудных строительных материалов за период с 2020 по 2024 г., с учетом которых выведен индекс отраслевой инфраструктуры качества. Мониторинг состояния отраслевой инфраструктуры качества позволит определять аспекты, требующие проведения мероприятий для повышения индекса. Развитие отраслевой инфраструктуры качества направлено на повышение качества и безопасности нерудных строительных материалов, а как следствие – на конкурентоспособность отрасли.

Ключевые слова: инфраструктура качества, отраслевая инфраструктура качества, индекс отраслевой инфраструктуры качества, субиндексы, отражающие деятельность в сфере стандартизации, метрологии и оценки соответствия, нерудные строительные материалы.

Для цитирования: Захарова А.Н. Определение индекса отраслевой инфраструктуры качества в области нерудных строительных материалов // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2026. № 1(88). С. 79–83.

Zakharova A.N., Head of Department of Standardization in the Area of Manufacturing Industry, Russian Institute of Standardization

The article presents the results of an analysis of activities in the field of metrology and conformity assessment of non-metallic building materials for the period from 2020 to 2024, based on which the industry quality infrastructure index was derived. Monitoring the state of the industry quality infrastructure will allow for identifying aspects that require actions to improve the index. The development of the industry quality infrastructure is aimed at improving the quality and safety of non-metallic building materials, and, consequently, the competitiveness of the industry.

Keywords: quality infrastructure, sectoral quality infrastructure, sectoral quality infrastructure index, sub-indices reflecting activities in the field of standardization, metrology, and conformity assessment, non-metallic construction materials.

For citation: Zakharova A.N. On the Industry Infrastructure Quality Index in the Field of Non-Metallic Building Materials. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2026; 1(88): 79–83. (In Russ.).

ВВЕДЕНИЕ

В работе [1] определена целесообразность анализа состояния ОИК в области нерудных строительных материалов (НСМ) и показано, что ее развитие содействует трансформации отрасли. При этом помимо анализа деятельности по стандартизации в отрасли важно учитывать состояние институтов метрологии и оценки соответствия, в частности аккредитации.

Предложенный в настоящей работе метод учета развития институтов метрологии и оценки соответствия, а также самого индекса ОИК НСМ базируется на способе определения специального международного Индекса ИК (Глобальный индекс инфраструктуры качества, индекс GQII) и принимает во внимание особенности отрасли НСМ, включая аспекты, связанные с техническим регулированием в сфере НСМ.

Оценка состояния ОИК НСМ ранее не проводилась. Исследованию подвергался международный Индекс ИК [2, 3].

Таким образом, настоящее исследование является продолжением работы [1] и ставит целью определение индекса ОИК НСМ для возможности оценки состояния ОИК в данной сфере.

ОПИСАНИЕ ПОДХОДА К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ИНДЕКСА ОИК НСМ

Индекс GQII формируется исходя из принципа равной весомости как институтов ИК, характеризующих деятельность в сфере метрологии, стандартизации и аккредитации (субиндексы), так и составляющих, которыми они представляются (показатели субиндексов). Способ его определения подробно изложен в работе [4]. Индекс GQII выражается

безразмерной величиной, значение которой находится в диапазоне от 0 до 1.

Состояние ОИК НСМ предлагается оценивать на основе учета трех субиндексов, применяя подход, который в общем виде аналогичен определению Индекса GQII:

$$\text{ОИК НСМ} = [CT + M + OC] \cdot \frac{1}{3}, \quad (1)$$

где СТ – субиндекс, характеризующий состояние отрасли в сфере стандартизации, расчет которого за период с 2020 по 2024 г. изложен в работе [1]; М – субиндекс, характеризующий состояние отрасли в сфере метрологии; ОС – субиндекс, характеризующий состояние отрасли в сфере оценки соответствия.

Оценка соответствия и аккредитация являются элементами технического регулирования, требования к этой сфере определяются Федеральным законом от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании» (закон № 184-ФЗ). Закон № 184-ФЗ регламентирует отношения как возникающие при разработке, принятии, применении и исполнении обязательных требований к продукции, в том числе к зданиям и сооружениям, или к продукции и связанным с требованиями к продукции процессам проектирования, производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации; так и при применении и исполнении на добровольной основе требований к продукции, процессам проектирования, производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации; а также при выполнении работ или оказании услуг в целях добровольного подтверждения соответствия и оценки соответствия. В то же время Федеральный закон от 26.06.2008 № ФЗ-102 «Об обеспечении единства измерений» (закон № ФЗ-102) регулирует отношения, возникающие при выполнении измерений, установлении и соблюдении требований к измерениям, единицам величин, эталонам единиц величин, стандартным образцам, средствам измерений, применении стандартных образцов, средств измерений, методик (методов) измерений, а также при осуществлении деятельности по обеспечению единства измерений. Отношения, возникающие в связи с осуществлением аккредитации в национальной системе аккредитации, регулируются Федеральным законом от 28.12.2013 г. № 412-ФЗ «Об аккредитации в национальной системе аккредитации» (закон № 412-ФЗ).

Определения терминов «метрология», «оценка соответствия» и «аккредитация» установлены Рекомендациями по межгосударственной стандартизации РМГ 29-2013 «Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения» (РМГ 29-2013), законами №184-ФЗ и № 412-ФЗ соответственно. Так, согласно РМГ 29-2013 под метрологией понимается наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их

единства и способах достижения требуемой точности. В соответствии с законом № ФЗ-184 «оценка соответствия – прямое или косвенное определение соблюдения требований, предъявляемых к объекту». Законом № 412-ФЗ установлено, что аккредитацией в национальной системе аккредитации является подтверждение национальным органом по аккредитации соответствия юридического лица или индивидуального предпринимателя критериям аккредитации, являющееся официальным свидетельством компетентности юридического лица или индивидуального предпринимателя осуществлять деятельность в определенной области аккредитации.

В настоящее время в отношении продукции НСМ действуют следующие требования, связанные с подтверждением ее соответствия:

- обязательное подтверждение соответствия в случае применения при устройстве автомобильных дорог общего назначения¹;
- добровольное подтверждение соответствия продукции НСМ (за исключением указанной выше), осуществляемое по инициативе производителей.

В то же время НСМ (заполнители для бетонов и строительных растворов включены) включены в проект Перечня продукции, подлежащей обязательному декларированию соответствия в рамках разрабатываемого проекта технического регламента Евразийского экономического союза «О безопасности строительных материалов и изделий» (проект ТР ЕАЭС)², который устанавливает минимально необходимые для применения и исполнения требования, обеспечивающие безопасность строительных материалов и изделий, выпускаемых в обращение на территории Евразийского экономического союза (ЕАЭС), а также определяет правила оценки их соответствия. В соответствии с проектом ТР ЕАЭС, размещенным на официальном сайте Евразийской экономической комиссии для внутригосударственного согласования, для НСМ предусмотрено декларирование соответствия установленным требованиям. Перечень существенных характеристик приведен в Приложении 3 и Приложении 8 к проекту ТР ЕАЭС, в то время как сами значения существенных характеристик устанавливаются в стандартах, включенных в перечень документов по стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента.

¹ Технический регламент Таможенного союза (ТР ТС 014/011) «Безопасность автомобильных дорог».

² <https://www.minstroyrf.gov.ru/press/proekt-tekhnicheskogo-reglamenta-eaes-o-bezopasnosti-stroitelnykh-materialov-i-izdeliy-napravlen-na/>

При этом, анализируя систему метрологии и оценки соответствия, следует учитывать, что без установления единых технических требований к продукции НСМ и методов их контроля повысить эффективность данных элементов ОИК фактически не представляется возможным. Здесь необходимо применение инструментов стандартизации, так как требования и методы их контроля устанавливаются непосредственно в стандартах. Помимо этого стандартизация оказывает существенное положительное влияние и на эффективность распространения единых подходов к оценке соответствия. Ведь для возможности проведения процедуры оценки соответствия с получением репрезентативных результатов требуется не только установление требований к продукции НСМ и методов их контроля, но и регламент проведения оценки соответствия, включая, в частности, правила отбора проб и анализа полученных результатов испытаний для принятия решения о соответствии материала заявленным требованиям. Таким образом, именно комплексное функционирование систем стандартизации, метрологии и оценки соответствия продукции НСМ может обеспечить надлежащий уровень ее качества и безопасности. На рис. 1 показана структура ОИК НСМ, отражающая взаимосвязь ее элементов.

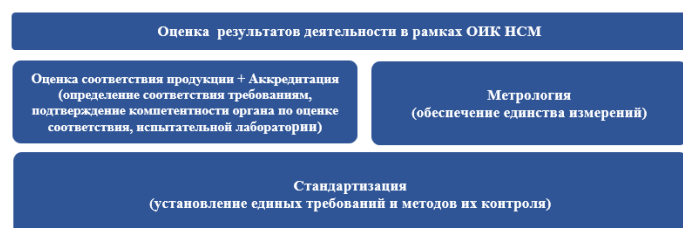


Рис. 1. Структура ОИК в области НСМ

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО МЕТРОЛОГИИ И ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ В РАМКАХ ОИК НСМ

В целях получения статистического набора данных для возможности их последующего исследования, расчет субиндексов, отражающих состояние отрасли в сфере метрологии и оценки соответствия, был проведен за период с 2020 по 2024 год.

При анализе результатов деятельности по метрологии учитывались следующие составляющие:

- показатели, отражающие количество методов контроля (испытаний, измерений) в заданной области, требования к которым изложены в соответствии с основополагающими документами по стандартизации;
- показатели, отражающие количество аттестованных методик измерений.

Формула для расчета субиндекса по метрологии имеет следующий вид:

$$M = [(MKO/MK + MIO/MI) \cdot \frac{1}{2}], \quad (2)$$

где МКО – количество стандартизованных методов контроля (испытаний, измерений), требования к которым изложены в соответствии с ГОСТ 1.5–2001 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению»; МК – общее количество методов контроля, установленных в стандартах, распространяющихся на НСМ, за анализируемый период; МИО – количество методик измерений, аттестованных в соответствии с законом № 102-ФЗ; МИ – общее количество аттестованных методик измерений за анализируемый период.

При анализе результатов деятельности по оценке соответствия учитывались следующие составляющие:

- показатели, отражающие количество аккредитованных лиц (испытательные лаборатории и органы по сертификации) в отношении продукции НСМ, на которую распространяется действие технического регламента;
- показатели, отражающие количество деклараций о соответствии продукции НСМ, в рамках подтверждения ее соответствия обязательным требованиям³;
- показатели, отражающие количество стандартов на продукцию НСМ, в отношении которой не распространяется действие технического регламента³, устанавливающих требования к процедуре проведения оценки соответствия.

Формула для расчета субиндекса по оценке соответствия (включая аккредитацию) имеет следующий вид:

$$OC = [(DO/D + ILO/IL + OCO/OC + PO/P) \cdot \frac{1}{4}], \quad (3)$$

где DO – количество деклараций о соответствии продукции НСМ в рамках подтверждения ее соответствия обязательным требованиям³; D – количество деклараций о соответствии продукции НСМ в рамках подтверждения ее соответствия обязательным требованиям³ за анализируемый период; ИЛО – количество испытательных лабораторий, аккредитованных на проведение испытаний продукции НСМ, на которую распространяется действие технического регламента³; ИЛ – количество испытательных лабораторий, аккредитованных на проведение испытаний продукции НСМ, на которую распространяется действие технического регламента³ за анализируемый период; ОСО – количество

³ Технический регламент Таможенного союза (ТР ТС 014/011) «Безопасность автомобильных дорог».

органов по сертификации, аккредитованных на проведение испытаний продукции НСМ, на которую распространяется действие технического регламента³; ОС – количество органов по сертификации, аккредитованных на проведение испытаний продукции НСМ, на которую распространяется действие технического регламента³, за анализируемый период; По – количество стандартов на продукцию НСМ, в отношении которой не распространяется действие технического регламента³ устанавливающих требования к процедуре проведения оценки соответствия; П – количество стандартов на продукцию НСМ, в отношении которой не распространяется действие технического регламента³.

При расчете показателей для определения субиндексов, характеризующих деятельность в сфере метрологии и сфере оценки соответствия, были проанализированы стандарты, устанавливающие требования и методы контроля в отношении продукции НСМ, включенные в фонды стандартов, закрепленных за ТК 144 «Строительные материалы и изделия» и ТК 418 «Дорожное хозяйство». Также использовались данные, публикуемые Федеральной службой по аккредитации⁴ и сведения из Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений⁵.

Согласно формулам (2) и (3) проведены расчеты результатов деятельности в сфере метрологии и сфере оценки соответствия в области НСМ за период с 2020 по 2024 год. Результаты представлены на рис. 2 и 3.

Анализируя исходные показатели, на основе которых построена диаграмма, представленная на рис. 2, можно сделать вывод что повышение субиндекса по метрологии в 2023 году связано с ростом количества аттестованных методик измерений продукции НСМ.

В то же время данные, отраженные на рис. 3, показывают, что субиндекс по оценке соответствия незначительным образом варьирует в рамках анализируемого периода. Данный показатель отражает состояние в данной сфере в отношении продукции НСМ вне зависимости от действующих требований по подтверждению ее соответствия. И здесь важно отметить, что отсутствие надлежащим образом установленных положений применительно к продукции НСМ, на которую не распространяется действие технического регламента⁶, содержащих требования по проведению оценки соответствия, значительно снижает значение субиндекса в сфере оценки соответствия. Это определяет необходимость установления требований ко всем элементам структуры ОИК НСМ, как видно на рис. 1.

⁴ URL: <https://pub.fsa.gov.ru/> (дата обращения: 22.12.2025).

⁵ URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/> (дата обращения: 26.12.2025).

⁶ Технический регламент Таможенного союза (ТР ТС 014/011) «Безопасность автомобильных дорог».

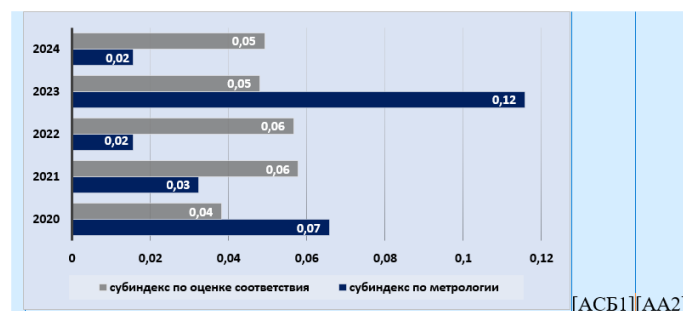


Рис. 2. Субиндексы, характеризующие состояние отрасли в сфере метрологии и сфере оценки соответствия в рамках ОИК НСМ за период с 2020 по 2024 год

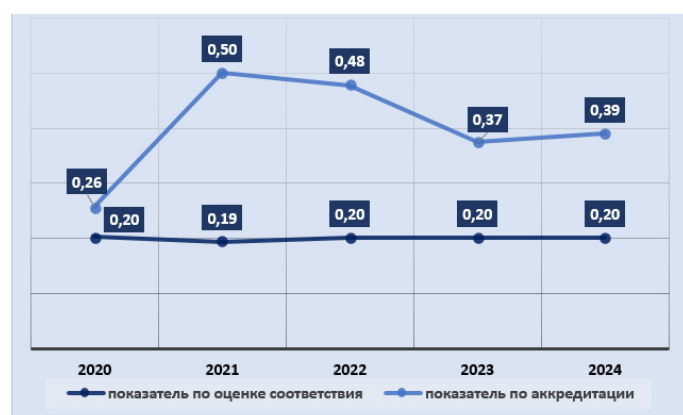


Рис. 3. Показатели, формирующие субиндекс, характеризующий состояние отрасли в сфере оценки соответствия в рамках ОИК НСМ за период с 2020 по 2024 год

Таким образом, в целях повышения показателя в сфере оценки соответствия и соответственно усиления индекса ОИК НСМ, требуется стандартизация процесса проведения оценки соответствия в отношении продукции НСМ, не являющейся объектом технического регулирования в соответствии с техническим регламентом⁶.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДЕКСА ОИК НСМ

С использованием формулы (1) проведен предварительный расчет индекса ОИК НСМ, результаты которого представлены на рис. 4.

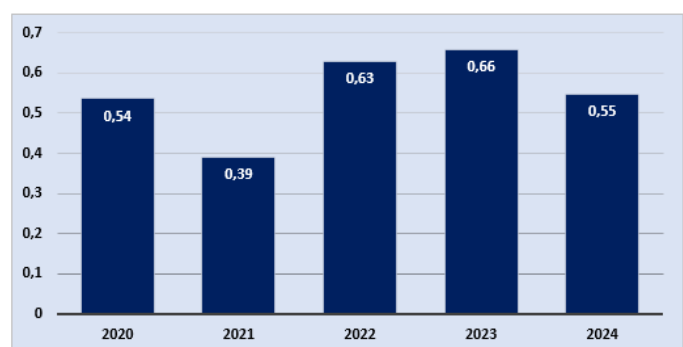


Рис. 4. Индекс ОИК НСМ за период с 2020 по 2024 год

Первичный анализ данных, приведенных на рис. 4, и результатов, изложенных в работе [1], позволяют сделать вывод, что очевидно низкое значение индекса ОИК НСМ в 2021 году значительным образом было связано со слабым состоянием в указанный период системы стандартизации. Как указано выше, при расчете индекса ОИК НСМ субиндексы по стандартизации, метрологии и оценке соответствия предварительно учитывались равным образом, основываясь на подходе по определению индекса GQII. Однако следует иметь в виду, что именно институты стандартизации оказывают наибольшее влияние на экспортные показатели стран и обеспечение требуемого уровня качества и безопасности продукции НСМ [4, 5]. Одновременно повышение индекса ОИК НСМ в 2023 году обусловлено высоким значением субиндекса, характеризующего деятельность в сфере метрологии. Состояние же ОИК НСМ в 2020, 2022 и 2024 годах является сопоставимым.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенной работы можно сделать следующие выводы:

1. Введение показателей, отражающих деятельность по метрологии и оценке соответствия, позволит комплексно осуществлять анализ и оценку состояния данных институтов в рассматриваемой отрасли.

2. Фактически введенный индекс ОИК в области НСМ адекватно отражает состояние отрасли и поэтому может рассматриваться в качестве объективного индикатора.

3. В целях повышения показателя в сфере оценки соответствия и соответственно усиления индекса ОИК НСМ, целесообразно разработать стандарт, устанавливающий требования к процессу проведения оценки соответствия продукции НСМ, на которую не распространяется действие технического регламента⁶.

4. Развитие ОИК направлено на повышение качества и безопасности выпускаемой продукции НСМ, а как следствие – конкурентоспособности.

5. Системный мониторинг ОИК НСМ позволит заблаговременно выявлять факторы, тормозящие развитие отрасли, для возможности эффективно справляться с возникающими угрозами.

Рецензент: Аронов Иосиф Зиновьевич, доктор технических наук, профессор, советник генерального директора ФГБУ «Институт стандартизации», г. Москва, Российская Федерация.
E-mail: I.Z.Aronov@gostinfo.ru

Список литературы

1. Захарова А.Н. Анализ деятельности по стандартизации в области неметаллических строительных материалов на основе индекса отраслевой инфраструктуры качества / III Научно-практическая конференция «Стандартизация: траектория науки // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2025. № 6(87). С. 192–196.
2. Аронов И.З., Рыбакова А.М., Захарова А.Н. Ранжирование национальных инфраструктур качества: обзор // Стандарты и качество. 2024. № 11. С. 24.
3. Аронов И.З., Рыбакова А.М., Захарова А.Н. Исследование влияния национальной инфраструктуры качества на экспорт товаров // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2024. № 6. С. 73–81.
4. Аронов И.З., Рыбакова А.М., Захарова А.Н. Взаимосвязь между экспортом и институтами инфраструктуры качества // Стандарты и качество. 2025. № 5. С. 62–66.
5. Костылева Е.В., Захарова А.Н. Стандартизация в области неметаллических строительных материалов как элемент развития отраслевой инфраструктуры качества // Цемент и его применение. 2025. № 5. С. 32–34.

References

1. Zakharova A.N. Analysis of Activities in Standardization in the Field of Non-Metallic Building Materials Based on the Industry Quality Infrastructure Index / III Scientific and Practical Conference «Standardization: Trajectory of Science» // Informational and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2025. No. 6(87). Pp. 192–196.
2. Aronov I.Z., Rybakova A.M., Zakharova A.N. Ranking of National Quality Infrastructures: A Review // Standards and Quality. 2024. No. 11. P. 24.
3. Aronov I.Z., Rybakova A.M., Zakharova A.N. Study of the Impact of National Quality Infrastructure on Goods Export // Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2024. No. 6. Pp. 73–81.
4. Aronov I.Z., Rybakova A.M., Zakharova A.N. The relationship between exports and quality infrastructure institutions // Standards and Quality. 2025. No. 5. Pp. 62–66.
5. Kostyleva E.V., Zakharova A.N. Standardization in the field of non-metallic building materials as an element of the development of industry quality infrastructure // Cement and Its Application. 2025. No. 5. Pp. 32–34.

ОТКРЫТЫЕ ТАБЛИЧНЫЕ ФОРМАТЫ В БАНКОВСКОЙ АНАЛИТИКЕ: ПРАКТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ICEBERG И PAIMON

OPEN TABLE FORMATS IN BANKING ANALYTICS: A PRACTICAL STUDY OF ICEBERG AND PAIMON

Иевлев К.О., аспирант, ассистент кафедры «Интеллектуальный анализ данных», ФГБОУ ВО «Московский технический университет связи и информатики»

Сурпин В.П., канд. техн. наук, исполнительный директор, Департамент управления данными (Sberdata), Сбербанк России

Городничев М.Г., канд. техн. наук, доцент, декан факультета «Информационные технологии», заведующий кафедрой «Математическая кибернетика и информационные технологии», ФГБОУ ВО «Московский технический университет связи и информатики»

Ievlev K.O., graduate student, Lecturer assistant at the department of data mining, Moscow Technical University of Communications and Informatics, Moscow, Russia

Surpin V.P., Ph.D. tech. sciences, Sberbank Moscow, Russia

Gorodnichev M.G., Ph.D. tech. sciences, associate professor, Dean of Information Technologies Faculty, Head of Mathematical Cybernetics and Information Technologies Department, Technical University of Communications and Informatics, Moscow, Russia

Цифровизация бизнеса, особенно в таких динамичных и конкурентных сферах, как финтех, реклама и телеком, привела к необходимости обрабатывать огромные объемы гетерогенных данных, поступающих от независимых поставщиков. Практическая невозможность строгой координации обмена данными и потребность принимать данные «как есть» обусловили преобладание ELT-подхода и гибких data lake в первичных слоях, отодвинув традиционный ETL и строгие реляционные БД ближе к слою витрин данных. При этом привычная реляционная модель, SQL-семантика и потребность в ACID-гарантиях привели к появлению открытых табличных форматов и архитектуры lakehouse. В работе рассматривается применение Open Table Formats, типичных для lakehouse архитектуры, в аналитической платформе финансовой организации. Приводятся результаты двух экспериментов: первый эксперимент моделирует сопровождение витрины данных на таблице 1 ТБ (~10 млрд ключей) с последовательными SELECT/UPDATE по 10–50% записей. Сравниваются партицированный Parquet, Iceberg (copy-on-write и merge-on-read) и Paimon (merge-on-read).

Исследование предоставляет практические рекомендации по выбору табличного формата для lakehouse-архитектур с учетом профиля нагрузки и операционных требований.

Business digitalization, particularly in dynamic and competitive sectors such as fintech, advertising, and telecommunications, has led to the necessity of processing massive volumes of heterogeneous data from independent providers. The practical impossibility of strict data exchange coordination and the need to accept data “as is” have resulted in the predominance of the ELT approach and flexible data lakes in primary layers, pushing traditional ETL and strict relational databases closer to the data mart layer. At the same time, the familiar relational model, SQL semantics, and the need for ACID guarantees have led to the emergence of open table formats and lakehouse architecture. This paper examines the application of Open Table Formats, typical for lakehouse architecture, in the analytical platform of a financial organization. The results of two experiments are presented: the first experiment models data mart maintenance on a 1 TB table (~10 billion keys) with sequential SELECT/UPDATE operations on 10–50% of records. Partitioned Parquet, Iceberg (copy-on-write and merge-on-read), and Paimon (merge-on-read) are compared.

The study provides practical recommendations for selecting a table format for lakehouse architectures, taking into account workload profiles and operational requirements.

Ключевые слова: Apache Paimon, Apache Iceberg, data lakehouse, OLAP, copy-on-write, merge-on-read.

Для цитирования: Иевлев К.О., Сурпин В.П., Городничев М.Г. Открытые табличные форматы в банковской аналитике: практическое исследование Iceberg и Paimon // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2026. № 1(88). С. 84–89.

ВВЕДЕНИЕ

Современный банк – это сотни информационных систем, обслуживающих операционную деятельность разных направлений. Исторически отчетное хранилище, ориентированное на ретроспективные данные, эволюционировало в интеграционную платформу и де-факто стало участником операционных процессов, требующих обработки данных из нескольких автоматизированных систем. Это повышает требования к оперативности и гибкости интеграции, для чего удобны открытые табличные форматы. При этом организации не стремятся радикально перебирать инфраструктуру с нуля, предпочитая поэтапную модернизацию и интеграцию с уже существующими решениями [1, 2].

В 2016–2019 годах были анонсированы Apache Hudi, Delta Lake и Apache Iceberg – открытые табличные форматы, добавляющие транзакционность и управляемость поверх файлов (обычно в форматах Parquet и ORC) в распределенных хранилищах, таких как S3 и HDFS. У всех проектов общее назначение: создание единого табличного слоя поверх «сырого» файлового формата в data lake. Все форматы поддерживают ACID на уровне таблиц, снимки, эволюцию схемы таблиц, а также версионирование данных. В совокупности эти характеристики позволяют Lakehouse-подходу поддерживать широкий спектр корпоративных сценариев – от BI и ad hoc-аналитики до MLOps и потоковой нагрузки, сокращая совокупную стоимость владения и ускоряя получение инсайтов [3, 4].

1. ОБЗОР ОСОБЕННОСТЕЙ СОВРЕМЕННЫХ ОТФ

Несмотря на открытый исходный код и формальное пребывание под эгидой Linux Foundation, экосистема Delta во многом остается привязанной к коммерческим решениям компании Databricks: ключевые оптимизации и лучший пользовательский опыт доступны в их облачной платформе (интеграции с Unity Catalog, Photon, Delta Live Tables, продвинутые оптимизаторы и автоматизации). Это создает более заметную вендор-зависимость по сравнению с альтернативами.

Если сравнивать показатели Github репозиториях проектов Iceberg и Hudi по состоянию на ноябрь 2025 года, можно заметить, что Iceberg заметно лидирует по звездам и форкам (8233/2879 против 6021/2441), что указывает на более

Keywords: Apache Paimon, Apache Iceberg, data lakehouse, OLAP, copy-on-write, merge-on-read.

For citation: Ievlev K., Surpin V., Gorodnichev M. Open Table Formats In Banking Analytics: A Practical Study Of Iceberg And Paimon. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2026; 1(88): 84–89. (In Russ.).

широкий интерес сообщества. Total commits у Iceberg выше (7336 vs 6574), несмотря на более поздний старт репозитория. У Iceberg меньше открытых issues при большем масштабе сообщества, что может говорить о лучшей пропускной способности по устранению багов.

Таблица 1

Данные Github репозиториях Apache Hudi и Apache Iceberg за ноябрь 2025 г.

Движок	Hudi	Iceberg
total commits	6805	7714
stars	6021	8223
forks	2441	2879
open	1152	594
Открытых pull requests	430	187
watchers	6021	8233
Опубликован в открытом доступе	2016	2017

Исходя из собранной информации было принято решение сосредоточиться в данном исследовании именно на Apache Iceberg.

В 2022 г. в отдельный проект был выделен Apache Paimon – унифицированный формат хранения данных для архитектуры Lakehouse, разработанный для обеспечения высокой пропускной способности при обновлении данных (streaming updates) и низкой задержки при аналитических запросах [5, 6].

Как и во многих популярных решениях для bigdata аналитики, например RocksDB, ClickHouse и HBase, в основе архитектуры данного Open Table Formats (OTF) лежит структура LSM (Log-Structured Merge-tree), реализованная поверх распределенных файловых систем (HDFS, S3) [7, 8]. Paimon также позволяет выбирать строковый или колоночный формат по уровням LSM [9], что открывает путь к HTAP (Hybrid transactional/analytical processing) сценариям.

Мы не сравниваем Paimon и Iceberg по GitHub-метрикам напрямую, т.к. Paimon выделился в отдельный проект сравнительно недавно.

2. АРХИТЕКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ICEBERG И PAIMON.

Недостатки хранения таблиц в классическом data lake

Для исследования преимуществ lakehouse архитектуры сравним его с обработкой данных с классическим datalake на основе экосистемы Hadoop: при необходимости обновления табличных данных (чаще всего используется Hive и Hive Metastore) наиболее распространенным решением является полная перезапись таблицы или отдельной партии [10]. У этого подхода есть ограничения:

- при большом количестве файлов требуются значительные вычислительные и I/O-ресурсы;
- во время перезаписи читатели могут получать ошибки или наблюдать неконсистентные состояния данных из-за отсутствия изоляции на уровне версий.

Открытые табличные форматы, такие как Apache Iceberg и Apache Paimon, вводят абстракцию «снимка состояния» (snapshot) данных. Снимок – это метаданные, указывающие на конкретный набор неизменяемых файлов с данными. При обновлениях заменяется лишь подмножество файлов, а метаданные атомарно переключаются на новый снимок [10]. Таким образом обеспечивается атомарная смена версии и мгновенная согласованность для читателей: потребитель читает строго определенный снимок, не наблюдая частично примененных изменений. В результате уменьшается объем перезаписываемых данных по сравнению с «полной перезаписью», что позитивно влияет на скорость выполнения запросов и потребление ресурсов при выполнении клиентских задач. При этом интеграция для существующих пайплайнов, как правило, прозрачна: операции чтения/записи получают выигрыш в производительности и функциональности без существенных изменений пользовательского кода [3, 10].

ОТЛИЧИЯ В МЕХАНИКЕ ОБНОВЛЕНИЙ ДАННЫХ В ICEBERG И PAIMON

Отличия Iceberg и Paimon в значительной степени определяются механизмами фиксации изменений и организации хранения. В Iceberg поддерживаются два режима работы с построчными изменениями: copy-on-write (COW) и merge-on-read (MOR). В MOR-режиме обновления и удаления записываются через «delete-файлы» (position deletes и/или equality deletes), а новые/замещающие строки – в новые файлы данных; читатели применяют удаляющие маски при чтении соответствующего снимка. В COW-режиме файлы,

содержащие измененные строки, переупаковываются целиком. Оба подхода фиксируются как новые снимки метаданных и обеспечивают моментальную смену версии для читателей.

В Paimon применяется иная организация хранения – при наличии первичного ключа обновление представляется как upsert: в следующий снимок добавляется новая версия ключа без необходимости чтения прежнего состояния [11]. Консолидация и упорядочивание версий выполняются через фоновые компакссии. В типичных сценариях такой подход снижает стоимость записи и задержку по сравнению с перепакровкой файлов или широким применением delete-файлов. Сравнение MOR реализации обновления данных в Iceberg и Paimon представлена на рис. 1.

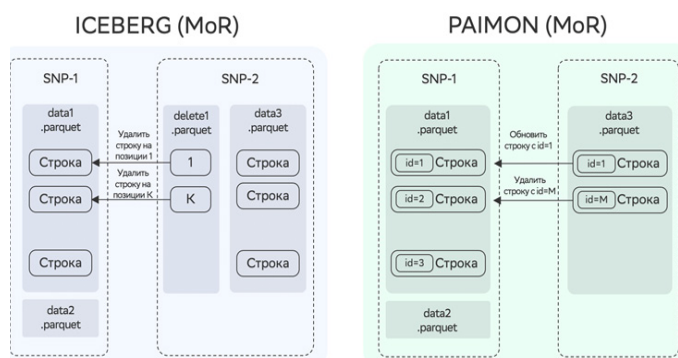


Рис. 1. Обновление данных в Iceberg и Paimon

3. МЕТОДОЛОГИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Проводился эксперимент сравнения скорости выполнения различных операций на движке Iceberg и Paimon. Для тестирования сравнительной производительности работы с данными в файловых форматах Parquet, Iceberg и Paimon используется подход, состоящий в генерации 1Тб входных данных и последовательном выполнении операций select и update на них.

Данная схема представляет собой упрощенный процесс построения витрин данных и позволяет продемонстрировать различия в подходах к хранению данных в перечисленных выше форматах и на практике показать закономерности работы табличных форматов, которые необходимо учитывать при выборе того или иного формата.

Для экспериментов используются следующие наборы данных (табл. 2):

Таблица 2

Список таблиц для проведения эксперимента

Название таблицы	Описание
parquet_10b_part	«Партицированный parquet» в варианте 1Tb
parquet_10b_cow	«Партицированный parquet» в варианте copy-on-write 1Tb
parquet_10b_mor	«Партицированный parquet» в варианте merge-on-read 1Tb
parquet_10b_part	«Партицированный parquet» в варианте merge-on-read 1Tb

Все наборы данных состоят из одной таблицы следующего формата (табл. 3):

Таблица 3

Описание данных в тестовых таблицах

Название поля	Тип поля	Описание
id	bigint	int значение от 0 до 10 миллиардов
id_str	string	string формат значения «id_» + число от 1 до 10 миллиардов, выравненное (padded) слева нулями до фиксированной длины 11 символов
data	string	случайные ASCII символы (строка 100 символов)
dt	string	текущий datetime (string) в формате «%Y-%m-%d %H:%M:%S»
part	int	int значение от 0 до 10000

В табл. 4 дается описание аппаратного обеспечения кластера, используемого для проведения исследования.

Таблица 4

Описание аппаратного обеспечения кластера

Параметр	Значение
CPU	Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2698 v4 @ 2.20GHz
RAM	768 GB (32 Gb x 24) DDR4 2400MHz
Жесткие диски	6Tb SATA III 7200rpm 128Mb
Количество рабочих узлов, где запускаются задачи обработки данных	4

Информация о версиях компонентов, используемых в ходе исследования, представлена в табл. 5.

Таблица 5

Версии программного обеспечения на тестовом кластере

ПО	Версия
Apache Parquet	1.13.1
Apache Iceberg	1.6.1
Apache Paimon	1.1.1
Apache Spark	3.5.1
Apache Flink	1.18

В ходе эксперимента осуществлялись следующие операции:

- Выполнить чтение 10% данных с использованием фильтрации по текстовой копии идентификатора
- `select count(*) from {table} where id_str < 'id_01000000000'`
- Выполнить обновление 10% данных с использованием фильтрации по текстовой копии идентификатора
- `update {table} set dt = {current} where id_str < 'id_01000000000' where id % 3 = 0`
- Выполнить чтение ранее обновленных 10% данных с использованием фильтрации по текстовой копии идентификатора
- `select count(*) from {table} where id_str < 'id_01000000000'`
- Выполнить обновление 20% данных, при этом первые 10% будут обновлены два раза `update {table} set dt = {current} where id_str < 'id_02000000000' where id % 3 = 1`
- Выполнить чтение 10% данных, которые были обновлены дважды `select count(*) from {table} where id_str < 'id_02000000000'`
- Выполнить обновление 50% данных, при этом первые 10% будут обновлены три раза, а первые 20% - два раза `update {table} set dt = {current} where id_str < 'id_05000000000'`
- Выполнить чтение 10% данных, которые были обновлены трижды `select count(*) from {table} where id_str < 'id_02000000000' where id % 3 = 2`
- Операция %3 используется для того, чтобы избежать перезаписи файлов с данными целиком.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

Результаты эксперимента описаны в табл. 6.

Таблица 6

Результаты описанного эксперимента

Операция	Тип	Parquet part	Iceberg (COW)	Iceberg (MOR)	Paimon
1. SELECT 10%	Чтение	00:57	00:33	00:47	00:37
2. UPDATE 10%	Запись	06:00	02:18	02:58	03:22
3. SELECT 10%	Чтение	00:57	00:33	00:45	00:37
2. UPDATE 20%	Запись	12:00	03:54	05:22	06:00
5. SELECT 10%	Чтение	00:57	00:34	00:47	00:35
6. UPDATE 50%	Запись	30:00	07:39	11:28	14:28
7. SELECT 10%	Чтение	00:57	00:35	00:50	00:36

Изучив полученные результаты можно сделать вывод, что простая линейная модель (1) с высокой точностью объясняет наблюдаемое время записи и предоставляет практически применимые прогнозы и пороговые значения эффективности для сравнения Parquet, Iceberg (режимы COW/MOR) и Paimon при выполнении пакетных обновлений (UPDATE) таблицы объемом 1 ТБ в рамках указанной конфигурации кластера:

$$T_{write} = a + b \cdot p,$$
 (1)

где T_{write} – полное время записи на данном шаге (в минутах); p [в процентах от таблицы объемом 1 ТБ] – доля строк, обновленных на данном шаге; a – накладные расходы уровня движка и системы (минуты, фиксированные накладные расходы), которые не масштабируются вместе с p ; а также учитывает планирование и инициализацию задания (например, планирование в Spark), операции с метаданными и фиксацией транзакций (snapshot/commit), а также минимальный ввод-вывод, необходимый даже для очень небольших обновлений. В пределе при $p \rightarrow 0$, $T_{write} \approx a$; b [минуты на процентный пункт] – предельная стоимость за каждый дополнительный 1% обновленных данных. Этот член отражает масштабируемую часть работы: создание/перезапись файлов, генерацию и обработку файлов удалений (для режимов MOR), перемешивание (shuffle) и сортировку, а также бакетирование в Paimon. Меньшее значение b указывает на более дешевое масштабирование обновлений.

Визуализация полученной математической модели представлена на рис. 2.

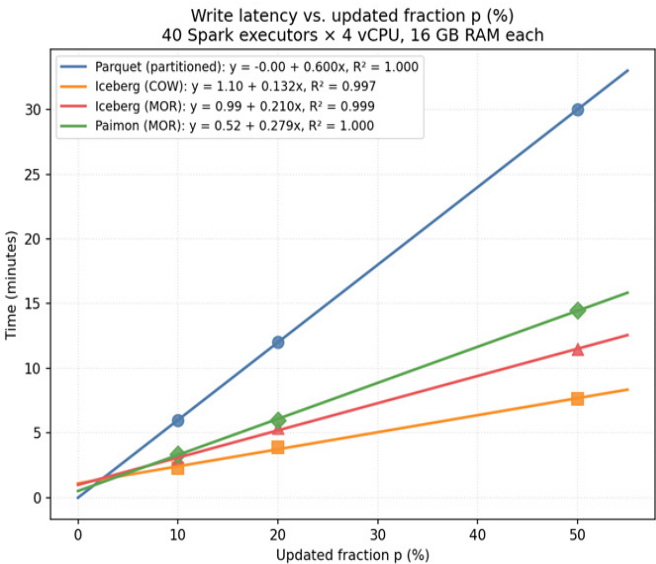


Рис. 2. Линейная аппроксимация результатов тестирования

Линейные модели обновлений демонстрируют очень высокую объясняющую способность ($R^2 \geq 0.995$) для всех форматов. Это указывает на то, что в исследованных масштабах время записи на каждом шаге хорошо аппроксимируется суммой фиксированных накладных расходов и слагаемого, линейно зависящего от доли обновленных данных.

Эмпирические оценки в нашей конфигурации (40 экзекьюторов Spark; по 4 vCPU и 16 ГБ RAM на каждого) иллюстрируют распределение этих ролей:

- Parquet (партиционированный): $a \approx 0$, $b \approx 36.0$ ($R^2 = 1.000$)
Интерпретация: стоимость перезаписи чисто пропорциональна объему.
- Iceberg (COW): $a \approx 57.8$, $b \approx 8.03$ ($R^2 \approx 0.995$)
Интерпретация: значительные фиксированные накладные расходы (планирование/коммит), низкая предельная стоимость за каждый процент, так как перезаписываются только файлы с затронутыми данными.
- Iceberg (MOR): $a \approx 50.5$, $b \approx 12.75$ ($R^2 \approx 0.998$)
Интерпретация: фиксированные накладные расходы ниже, чем у COW, но более высокая предельная стоимость (файлы удалений + последующее слияние).
- Paimon (MOR): $a \approx 35.5$, $b \approx 16.65$ ($R^2 \approx 0.999$)
Интерпретация: малые фиксированные накладные расходы; более высокая предельная стоимость из-за перемешивания (shuffle)/бакетирования и последующих компакций.

ВЫВОДЫ

В проведенных экспериментах оба OTF превосходили партиципанную parquet-таблицу как по скорости обновления данных, так и по чтению.

Объяснение результата: Ускорение в чтении достигается за счет использования фильтрации по статистикам из файлов с метаданными в случае Iceberg и Paimon. В случае Parquet приходится прочитать метаданные (footer) всех файлов для осуществления фильтрации по условию `id_str < 10%`.

Iceberg в режиме MOR работает дольше как на чтение (предсказуемо), так и на запись. Последнее требует дополнительного изучения.

Предположение о причинах замедления – накладные расходы на создание и коммит большого количества файлов удалений (position deletes) в данной конфигурации превосходят затраты на последовательную перезапись данных в режиме COW. Замедление в обоих случаях пропорционально объему измененных данных.

Paimon оказался медленнее Iceberg COW как при записи (существенно), так и при чтении (пропорционально объему измененных данных). При этом работает быстрее Iceberg MOR при чтении.

В случае записи замедление объясняется дополнительным shuffle, используемым для сортировки и бакетирования данных.

Список литературы / References

1. Турсынбаева С.Ж. Особенности построения хранилищ данных в финансовых организациях // Молодой ученый. 2021. № 16(358). С. 14–19.
2. Ермаков С.Г., Мандрика О.С., Патеюк Д.С. Архитектура данных на основе Lakehouse: современные подходы к построению модели управления образовательных организаций на основе анализа данных // ИВД. 2025. № 6 (126). С. 844–856.
3. Armbrust M., Ghodsi A., Xin R., Zaharia M. Lakehouse: A new generation of open platforms that unify data warehousing and advanced analytics // 11th Annual Conference on Innovative Data Systems Research (CIDR '21). 2021. С. 1–8.
4. Alleni R. AI/ML optimized lakehouse architecture: A Comprehensive framework for modern data science // World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences. 2025. С. 2099–2104.
5. Apache Software Foundation Announces New Top-Level Project Apache Paimon // The Apache Software Foundation Blog. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://news.apache.org/foundation/entry/apache-software-foundation-announces-new-top-level-project-apache-paimon>. (дата обращения: 01.11.2025).
6. Apache Paimon // Apache Paimon Documentation. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://paimon.apache.org/docs/1.1>. (дата обращения: 01.11.2025).
7. Understand Files // Apache Paimon Documentation. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://paimon.apache.org/docs/1.1/learn-paimon/understand-files>. (дата обращения: 01.11.2025).
8. Mishra S. A survey of LSM-Tree based Indexes, Data Systems and KV-stores // IEEE International Students' Conference on Electrical, Electronics and Computer Science (SCEECS). 2024. Vol. 1. С. 1–6.
9. Configurations // Apache Paimon Documentation. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://paimon.apache.org/docs/master/maintenance/configurations> (дата обращения: 01.11.2025).
10. Shiran T.T., Hughes J., Merced A. Apache Iceberg: The Definitive Guide. O'Reilly, 2024.
11. Chaudhar V., Charate P.A. Optimizing Data Lakehouse Architectures for Scalable Real-Time Analytics // International Journal of Scientific Research in Science Engineering and Technology. 2025. Vol. 12. С. 809–822.

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ИНСТРУМЕНТОВ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА НА МАЛЫХ И СРЕДНИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

EXPERIENCE IN IMPLEMENTING LEAN PRODUCTION TOOLS AT SMALL AND MEDIUM-SIZED ENTERPRISES IN RUSSIA

Логашкин А.А., аспирант, ФГБУ «Институт стандартизации», Россия, г. Москва

Logashkin A.A., PhD Candidate, Russian Standardization Institute, Moscow, Russia

В статье рассматриваются особенности внедрения инструментов бережливого производства (Lean Production) на малых и средних производственных предприятиях (МСПП) России в период с 2000 по 2024 г. На основе анализа статистических данных, государственных программ, а также практических кейсов выявлено, что внедрение Lean в секторе МСПП носит преимущественно выборочный и несистемный характер. Основная государственная поддержка ориентирована на крупные предприятия, что ограничивает доступ МСПП к образовательным, финансовым и консультационным ресурсам. Во многих случаях инициирование и устойчивость внедрения бережливых инструментов на МСПП в значительной степени зависят от личности, управленческого стиля и ценностных установок руководителя, а не от формализованных корпоративных процедур. Эффект внедрения Lean на малые и средние производства остается локальным, не оказывая системного влияния на производительность и инновационную активность.

Обоснована необходимость адаптации Lean-методологии под российскую специфику, создания целевых мер государственной поддержки и развития инфраструктуры компетенций в секторе МСПП.

Ключевые слова: бережливое производство, малые и средние производственные предприятия, производительность труда, государственная поддержка, 5С, Кайдзен, эффективность рабочего поста, эффективность участка.

Для цитирования: Логашкин А.А. Опыт внедрения инструментов бережливого производства на малых и средних предприятиях Российской Федерации // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2026. № 1 (88). С. 90–95.

The article analyzes the experience of implementing Lean Production tools at small and medium-sized manufacturing enterprises (SMEs) in Russia between 2000 and 2024. Based on the analysis of statistical data, governmental programs, and case studies, the research identifies key trends and institutional specifics of Lean adaptation under Russian conditions. It is revealed that Lean implementation in SMEs remains largely fragmented and limited to isolated tools (5S, Kaizen, visual management) without integration into managerial systems and digital infrastructure. State support is mostly oriented toward large industrial corporations, which constrains the efficiency and sustainability of Lean practices in smaller firms. The study formulates practical recommendations for developing tailored educational and methodological tools and for integrating Lean with digital management technologies. The scientific novelty lies in an institutional and organizational analysis of the evolution of Lean practices in Russian SMEs over a long-term period.

Keywords: Lean Production, Lean management, small and medium-sized enterprises, labor productivity, state support, 5S, Kaizen, work place efficiency.

For citation: Logashkin A.A. Experience in Implementing Lean Production Tools at Small and Medium-Sized Enterprises in Russia. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2026; 1(88): 90–95. (In Russ.).

ВВЕДЕНИЕ

В условиях структурных преобразований экономики и перехода к устойчивому росту важными становятся повышение производительности труда и эффективность производственных процессов. Малые и средние производственные предприятия (МСПП), составляющие около 17,2% обрабатывающей промышленности России, обеспечивают гибкость, региональную занятость и инновационное развитие экономики [1].

Одним из ключевых инструментов повышения эффективности является концепция бережливого производства (Lean Production)¹, направленная на минимизацию потерь, оптимизацию создания потоков ценности и формирова-

¹ Lean Production (Бережливое производство) происходит от английского слова *lean*, означающего «тощий», «нежирный», что отражает суть концепции: максимальное сокращение потерь, «лишнего» и ненужных затрат в производственных и бизнес-процессах, чтобы оставить только то, что создает ценность для клиента, делая систему эффективной.

ние культуры непрерывных улучшений [2]. В России за последние два десятилетия отмечается расширение применения отдельных Lean-инструментов, однако внедрение носит преимущественно фрагментарный характер: предприятия используют отдельные методы (5S, КПСЦ, визуальное управление) без интеграции в единую систему [3; 4].

Государственные инициативы – национальный проект «Производительность труда», программы «Фабрика процессов», «Лидеры производительности» и «Бережливое правительство» – способствовали популяризации Lean-технологий. Однако их эффект в секторе МСПП ограничен из-за недостаточной адаптации методик к ресурсным и организационным особенностям малых предприятий. Основными барьерами остаются ограниченность финансовых и кадровых ресурсов, слабая вовлеченность руководства и ограниченный доступ к методической поддержке².

Тем не менее исследования показывают, что модульный подход с поэтапной интеграцией базовых Lean-инструментов и элементов цифровизации позволяет достигать ощутимых результатов даже при ограниченных ресурсах. Кейс-исследования 2023–2025 гг. фиксируют рост производительности и снижение издержек на отдельных производственных участках МСПП [5].

Цель исследования – проанализировать опыт внедрения Lean-инструментов на российских МСПП в 2000–2024 гг., выявить институциональные особенности и факторы, определяющие результативность внедрения.

Научная новизна заключается в комплексном анализе внедрения Lean в малом и среднем промышленном бизнесе с учетом институциональной и цифровой трансформации экономики.

Практическая значимость – в разработке рекомендаций по адаптации Lean-практик к специфике МСПП и совершенствованию механизмов государственной поддержки.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И СТЕПЕНЬ ИЗУЧЕННОСТИ ПРОБЛЕМЫ

Исследования в области бережливого производства (Lean Production) ведутся более двух десятилетий и представляют одно из центральных направлений современного промышленного менеджмента. Классические труды Т. Оно, Д. Вумека и Дж. Джонса³ заложили теоретическую основу

концепции, ориентированной на устранение потерь и создание потоков ценности для потребителя.

В российской научной традиции активное изучение Lean началось в

2010-х годах в связи с реализацией национального проекта «Производительность труда» и деятельностью региональных центров компетенций. Основное внимание уделялось вопросам адаптации зарубежных моделей к отечественным условиям, где малые и средние предприятия сталкиваются с ограниченностью ресурсов, кадровым дефицитом и низкой зрелостью управленческих систем [6].

После 2022 года исследовательский фокус сместился от заимствования японской модели к разработке собственных методик, учитывающих институциональные и культурные особенности российских предприятий. Современные авторы отмечают, что для малых и средних производственных предприятий характерно точечное применение инструментов (5S, Kaizen, визуального управления), не сопровождаемое формированием целостной Lean-системы⁴.

Положенцева Ю.С. [3] и Момот Р.А. [4] подчеркивают, что эффективность внедрения Lean на МСПП во многом зависит от управленческой вовлеченности и развития Lean-культуры. При ее отсутствии внедрение инструментов ограничивается локальными улучшениями, без долгосрочного эффекта [3, 4]. Шальнев М.О. и Денисова Я.В. [7] показывают, что внедрение 5S и визуального управления улучшает организацию труда, однако требует системного подхода к обучению персонала [8].

Попов В.Л., Александрова Т.В. отмечают, что персоналу необходимо разъяснять безусловные преимущества внедрения Lean, активно проводить обучение новым методам работы и повышать вовлеченность в инновационные процессы, в противном случае предприятие получит мощное сопротивление сотрудников на всех этапах организационных преобразований [9].

Согласно исследованию Хаировой С.М. и Куликовой О.М. [10] в российском информационном пространстве инструменты бережливого производства упоминаются нерегулярно, при этом среди предприятий малого и среднего бизнеса наибольшую положительную реакцию вызывает методика «Kaizen», тогда как инструменты «5S» и «Kanban» чаще оце-

² Особенности внедрения системы «Бережливое производство» в малом бизнесе // ResearchGate, 2024. – URL: https://www.researchgate.net/publication/378010689_OSOBENOSTI_VNEDRENIYA_SISTEMY_BEREZLIVOE_PROIZVODSTVO_V_MALOM_BIZNESE (дата обращения: 09.11.2025).

³ Ono T., Womack J. P., Jones D. T. Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. – Productivity Press, 2023

(reprint, 25th anniversary edition). Womack J.P., Jones D.T. Lean thinking – banish waste and create wealth in your corporation // Journal of the operational research society. 1997. № 48(11). С. 1148.

⁴ Газпромтранс. Бережливое производство: новая парадигма // Журнал Газпромтранс, 2023. – Вып. 55. – URL: <https://trans.gazprom.ru/d/journal/55/85/vg-dekabr-2023.pdf> (дата обращения: 09.11.2025).

ниваются критически, что отражает проблемы восприятия и адаптации Lean-практик в российских условиях [10].

Зарубежные публикации последних лет делают акцент на интеграции Lean с концепцией Industry 4.0 и устойчивого развития (Lean Digital, Lean & Green) [11]. Эти подходы направлены на объединение философии бережливости с цифровыми технологиями и экологическими стандартами, что становится актуальным и для российских предприятий, особенно в сегменте МСПП.

Несмотря на рост интереса к теме, сохраняются исследовательские лакуны. Во-первых, недостаточно изучены долгосрочные эффекты внедрения Lean в секторе МСПП [12]. Во-вторых, отсутствует унифицированная методика количественной оценки эффективности бережливых инструментов [13]. В-третьих, вопросы организационной культуры и лидерства, влияющие на устойчивость Lean-трансформации, пока остаются на периферии отечественных исследований [14]. Эти обстоятельства определяют необходимость дальнейшего изучения институциональных условий и цифровых аспектов внедрения Lean-практик в российской промышленности.

СТРУКТУРА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование направлено на комплексный анализ внедрения инструментов бережливого производства (Lean) на малых и средних производственных предприятиях (МСПП) России в 2000–2025 гг. С целью оценки институциональных, организационных и технологических факторов использован смешанный подход (mixed methods), сочетающий количественные и качественные методы анализа данных.

Методологическая основа базируется на системном, институциональном и процессном подходах: системный подход рассматривает предприятие как открытую социально-экономическую систему; институциональный – изучает влияние государственной поддержки, программ повышения производительности и нормативной среды; процессный – анализирует внутренние управленческие изменения и формирование культуры непрерывных улучшений.

Для эмпирического исследования применялись: контент-анализ публикаций и нормативных документов, анализ статистических данных Росстата и федеральных ведомств, кейс-анализ успешных и неуспешных внедрений Lean, анкетирование и интервью с представителями предприятий и региональных центров компетенций. Такой подход позволяет сопоставить формальные показатели производительности, качества и времени цикла с неформальными эффектами внедрения (Lean-культура, вовлеченность персонала, изменения управленческих практик).

Период исследования охватывает этапы: адаптация зарубежных методик (2000–2010 гг.), институционализация Lean (2011–2017 гг.), интеграция с цифровыми инструментами (2018–2025 гг.). География включает Центральный, Приволжский, Уральский, Сибирский федеральные округа и Республику Татарстан – регионы с разной концентрацией промышленных предприятий и разным уровнем инфраструктуры поддержки.

Эмпирическая база формировалась на основе статистики по 68 предприятиям, 9 кейсов, 57 анкет и 9 интервью. Методы анализа включают сравнительный и факторный анализ, SWOT, триангуляцию данных, а также качественный анализ кейсов для выявления организационных и культурных особенностей внедрения Lean. Количественные данные обрабатывались с использованием описательной статистики, медиан, дисперсий и корреляционного анализа в SPSS и Excel.

Надежность исследования обеспечивается триангуляцией источников, верификацией данных, стандартизацией показателей и многоуровневым обобщением результатов. Основные ограничения: неполнота статистической базы, региональная неоднородность, субъективность интервью и анкетирования. Для минимизации этих ограничений применялся комбинированный метод анализа, а также интеграция качественных и количественных данных.

Таким образом, предложенный методологический подход обеспечивает комплексную оценку влияния институциональных, организационных и технологических факторов на эффективность Lean-проектов в секторе МСПП и создает основу для практических рекомендаций по адаптации бережливых методов в российских условиях.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ внедрения инструментов бережливого производства (Lean) на малых и средних производственных предприятиях (МСПП) России за период 2000–2024 гг. показал, что процесс носит фрагментарный и несистемный характер, а результативность определяется в основном управленческими решениями на уровне предприятий.

Доля МСПП, использующих хотя бы один Lean-инструмент, выросла с 7% в 2015 г. до 22% в 2024 г. Однако лишь треть предприятий применяет Lean на системной основе, что подтверждает преобладание декларативного подхода. Наиболее активно Lean внедряется в регионах с развитой институциональной инфраструктурой (Татарстан, Нижегородская и Свердловская области), где уровень распространения выше на 35–40%.



Исследование показало, что ключевыми факторами успешного внедрения являются лидерство и вовлеченность руководства, а также обучение персонала. На большинстве предприятий Lean ограничен инструментами «быстрого эффекта» – 5S, визуальное управление, картирование потоков; более сложные методы применяются не более чем 15% компаний. Тем не менее предприятия с комплексным внедрением демонстрируют рост производительности на 10–18% и снижение издержек на 8–12%, тогда как выборочное применение инструментов обеспечивает ограниченный краткосрочный эффект.

Выборочные кейсы показывают, что успех напрямую зависит от системности подхода и корпоративной культуры: предприятия, где Lean интегрирован в процессы и мотивацию персонала, достигают наибольшей устойчивости результатов. Основные барьеры внедрения включают управленческую незрелость, дефицит кадровых компетенций, ограниченные ресурсы и низкий уровень цифровизации процессов. Культурное сопротивление и формальный характер участия персонала также снижают эффективность проектов.

Сравнение МСПП и крупных промышленных предприятий выявило, что малые компании демонстрируют гибкость и скорость внедрения Lean, тогда как крупные предприятия обеспечивают более высокую системность, методическую зрелость и устойчивость изменений. Успех МСПП зависит от сочетания инструментов Lean с внешним сопровождением, образовательной и финансовой поддержкой.

Таким образом, Lean на МСПП России остается преимущественно локальным и оперативным инструментом повышения эффективности, с ограниченным масштабом воздействия на сектор в целом. Для дальнейшего развития

требуется переход от выборочных проектов к системным моделям, интегрированным с

государственной поддержкой, цифровыми платформами и корпоративными стандартами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование позволило комплексно проанализировать опыт внедрения инструментов бережливого производства (Lean Production) на малых и средних производственных предприятиях (МСПП) России в период с 2000 по 2024 г. и выявить ключевые особенности, ограничения и тенденции развития этих практик.

В результате работы были достигнуты следующие научные и практические результаты:

1. Систематизирована динамика распространения Lean-практик в секторе МСПП за первую четверть XXI века. Показано, что развитие бережливых технологий происходило неравномерно: активизация наблюдалась в периоды реализации государственных программ («Производительность труда», «Фабрика процессов»), однако охват малых предприятий оставался ограниченным.

2. Выявлены институциональные и организационные особенности внедрения Lean на МСПП. Для данного сектора характерны:

– фрагментарное применение отдельных инструментов (5S, КПСЦ, ТРМ) без формирования единой системы;

– зависимость успешности внедрения от личной вовлеченности руководителя;

- недостаток методической и кадровой поддержки;
- ограниченный доступ к финансовым и образовательным ресурсам.

3. Установлены ключевые барьеры системности внедрения Lean:

- институциональные (ориентация программ поддержки на крупный бизнес),
- организационные (отсутствие Lean-подразделений и системы обучения),
- культурные (низкая вовлеченность персонала) и
- ресурсные (дефицит инвестиций).

4. Проведен сравнительный анализ российских и международных практик.

В отличие от Японии, Германии и Южной Кореи, где Lean встроен в институциональную и образовательную среду, в России развитие Lean на МСПП происходит преимущественно снизу-вверх, без устойчивой государственной и отраслевой инфраструктуры. Это обуславливает временный, а не стратегический характер улучшений.

5. Сформулированы рекомендации по развитию Lean на МСПП, включающие:

- адаптацию Lean-методик с учетом специфики МСПП;
- создание сети региональных Lean-центров, ориентированных на малые производства;
- введение системы «Lean-ваучеров» для финансирования пилотных проектов;
- интеграцию Lean-методологии в цифровые программы предприятий (включая инструменты мониторинга эффективности);
- развитие кадровых программ по подготовке специалистов по бережливым технологиям для сектора МСПП

6. Определено научное значение исследования, заключающееся в уточнении понятийного аппарата Lean применительно к малому и среднему бизнесу, разработке типологии барьеров и предложении многоуровневой модели системности внедрения.

7. В дальнейшем целесообразно развивать направления, связанные с:

- адаптацией Lean-методик с учетом специфики МСПП;
- оценкой эффективности гибридных моделей Lean и цифровых инструментов (Lean + Industry 4.0);
- исследованием влияния ESG-повестки и устойчивого развития на формирование Lean-культуры;
- разработкой методик измерения зрелости бережливых систем на предприятиях малого бизнеса;
- изучением региональных кластеров Lean-компетенций и их влияния на производительность труда.

ВЫВОДЫ

Исследование показало, что внедрение Lean в российском секторе МСПП остается выборочным и несистемным, что выражается в следующем:

1. Требуется формирование и обоснование методологии эффективного производства, адаптированной к условиям функционирования малых и средних производственных предприятий.
2. Методология бережливого производства на МСПП внедряется преимущественно фрагментарно, через отдельные инструменты.
3. Результативность Lean зависит от управленческой культуры и кадровой вовлеченности.
4. Государственная поддержка должна быть дифференцированной и направленной на малые предприятия.
5. Потенциал Lean может быть реализован при интеграции с цифровизацией и устойчивыми практиками.

К перспективам дальнейших исследований можно отнести: оценку гибридных моделей Lean + Industry 4.0; разработку индекса зрелости Lean-культуры на МСПП; анализ влияния региональных кластеров компетенций на производительность.

Список литературы

1. Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Малое и среднее предпринимательство в России. Статистический сборник. – М.: Росстат, 2024. С. 16–20. № 1. – С. 45–56. – DOI: 10.31737/RJM.2024.1.45.
2. Асатрян К.К., Особенности внедрения системы «Бережливое производство» в малом бизнесе – 2023. – С. 39–42. – DOI:10.13140/RG.2.2.30429.18405
3. Положенцева Ю. С., Чаплыгина В.А. Формирование концепции бережливого производства: сравнительный анализ зарубежных и российских подходов // Beneficium. 2025. № 1(54). С. 131–141.
4. Момот Р.А. Особенности имплементации инструментов бережливых технологий в условиях малого и среднего бизнеса // Экономика, предпринимательство и право. 2025. Т. 15, № 1. С. 101–116.
5. Смирнов С.А., Сорокин Г.С. Применение бережливого производства в российских компаниях. ЕВРАЗИЙСКАЯ ИНТЕГРАЦИЯ: экономика, право, политика. 2022;(4):55–67. <https://doi.org/10.22394/2073-2929-2022-04-55-67>
6. Удальцова Н.Л. Практика и проблемы применения концепции бережливого производства в российских компаниях. // Экономика, предпринимательство и право. 2023. Т. 13, № 12. С. 5383–5396.
7. Шальнев М. О., Денисова Я. В. Применение методов бережливого производства для улучшения управления производственными процессами на химическом предприятии // Омский научный вестник. – 2023. – № 3 (187). – С. 60–67. – DOI: 10.25206/1813-8225-2023-187-60-67.
8. Коржова О.С., Стуken Т.Ю., Лапина Т.А., Коржов Е.В. Влияние цифровизации бизнес-процессов предприятия на производительность труда персонала и занятость населения в Российской Федерации // ЭКОНОМИКА ТРУДА № 1'2023. – С. 175–177
9. Попов В.Л., Александрова Т.В., Интеграция системного и процессного подходов к управлению предприятием в рамках национального проекта «Производительность труда и занятость населения» // Операционный менеджмент, № 11, 04.2021. С. 78–80. – DOI:10.26794/2404-022X-2021-11-4-71-85
10. Хаирова С. М., Куликова О. М. Применение sentiment-анализа инструментов бережливого производства (на примере России) // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2022. № 2 (66). С. 55–61.
11. Alfredo Enrique Sanabria Ospino, Fabio Andrés Puerta Guardo, Humberto Rafael Zuleta Castellano, William Stive Fajardo-Moreno, Sustainable Lean & Green 4.0 production: a bibliometric analysis, ISBN: 978-628-95207-8-1. ISSN: 2414-6390. Digital Object Identifier: 10.18687/LACCEI2024.1.1.1057
12. Лазарев С.В. Разработка механизма внедрения концепции бережливого производства на промышленном предприятии // Креативная экономика. – 2022. – Том 16. – № 4. – С. 1303–1328. doi: 10.18334/ce.16.4.114543
13. Ермашкевич Н.С., Коновалов И.Е. Сравнительный анализ методов оценки эффективности внедрения бережливого производства // Электронный научный журнал Вектор экономики. №6 – 2021.
14. Моисеенко О.Н. Организационная культура как фактор внедрения концепции бережливого производства // Управление современной организацией: опыт, проблемы и перспективы. 2025. № 23. С. 76–88.

References

1. Federal State Statistics Service (Rosstat). Small and Medium-Sized Entrepreneurship in Russia. Statistical Yearbook. Moscow: Rosstat, 2024, pp. 16–20, 45–56. DOI: 10.31737/RJM.2024.1.45. (In Russian).
2. Asatryan, K. K. Features of Implementing the “Lean Production” System in Small Business. 2023, pp. 39–42. DOI: 10.13140/RG.2.2.30429.18405. (In Russian).
3. Polozhentseva, Y.S., Chaplygina, V.A. Formation of the Lean Production Concept: A Comparative Analysis of Foreign and Russian Approaches. Beneficium, 2025, no. 1(54), pp. 131–141. (In Russian).
4. Momot, R. A. Features of Implementing Lean Technology Tools in Small and Medium-Sized Businesses. Economics, Entrepreneurship and Law, 2025, vol. 15, no. 1, pp. 101–116. (In Russian).
5. Smirnov, S. A., Sorokin, G. S. Application of Lean Production in Russian Companies. Eurasian Integration: Economics, Law, Politics, 2022, no. 4, pp. 55–67. <https://doi.org/10.22394/2073-2929-2022-04-55-67>. (In Russian).
6. Udaltsova, N.L. Practice and Problems of Applying the Lean Production Concept in Russian Companies. Economics, Entrepreneurship and Law, 2023, vol. 13, no. 12, pp. 5383–5396. (In Russian).
7. Shalnev, M.O., Denisova, Y.V. Application of Lean Production Methods to Improve Management of Production Processes at a Chemical Enterprise. Omsk Scientific Bulletin, 2023, no. 3(187), pp. 60–67. DOI: 10.25206/1813-8225-2023-187-60-67. (In Russian).
8. Korzhova, O.S., Stuken, T.Y., Lapina, T.A., Korzhov, E.V. Impact of Digitalization of Business Processes on Labor Productivity and Employment in the Russian Federation. Labor Economics, 2023, no. 1, pp. 175–177. (In Russian).
9. Popov, V.L., Aleksandrova, T.V. Integration of System and Process Approaches to Enterprise Management within the National Project “Labor Productivity and Employment.” Operational Management, 2021, no. 11, pp. 78–80. DOI: 10.26794/2404-022X-2021-11-4-71-85. (In Russian).
10. Khairova, S.M., Kulikova, O.M. Application of Sentiment Analysis to Lean Production Tools (The Case of Russia). Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation, 2022, no. 2(66), pp. 55–61. (In Russian).
11. Sanabria Ospino, A.E., Puerta Guardo, F.A., Zuleta Castellano, H.R., Fajardo-Moreno, W.S. Sustainable Lean & Green 4.0 Production: A Bibliometric Analysis. ISBN: 978-628-95207-8-1, ISSN: 2414-6390. DOI: 10.18687/LACCEI2024.1.1.1057
12. Lazarev, S. V. Development of a Mechanism for Implementing the Lean Production Concept at an Industrial Enterprise. Creative Economy, 2022, vol. 16, no. 4, pp. 1303–1328. DOI: 10.18334/ce.16.4.114543. (In Russian).
13. Ermashkevich, N.S., Konovalov, I.E. Comparative Analysis of Methods for Assessing the Effectiveness of Lean Production Implementation. Vector of Economics (Electronic Scientific Journal), 2021, no. 6. (In Russian).
14. Moiseenko, O.N. Organizational Culture as a Factor in Implementing the Lean Production Concept. Management of a Modern Organization: Experience, Problems and Prospects, 2025, no. 23, pp. 76–88. (In Russian).

АСПИРАНТУРА

ОБУЧЕНИЕ ПО НАУЧНЫМ СПЕЦИАЛЬНОСТЯМ:

- 2.3.8** - Информатика и информационные процессы
(технические науки)
- 2.5.22** - Управление качеством продукции. Стандартизация.
Организация производства (технические науки)
- 5.2.3** - Региональная и отраслевая экономика.
Стандартизация и управление качеством продукции
(экономические науки)

Обучение в **очном формате с применением дистанционных технологий**

Подготовка к сдаче и **сдача кандидатских экзаменов**

2 диссертационных совета на базе Института для защиты
выполненных научных работ по специальностям 2.3.8 и 2.5.22

Преподаватели — **16 докторов и 2 кандидата наук**

Результаты исследований публикуются в журнале
«Информационно-экономические аспекты стандартизации
и технического регулирования», **входящем в перечень
журналов ВАК**

Лицензия № ЛО35-00115-77/00097284
от 10 ноября 2021 г.

Оставьте заявку
по телефону

8-800-101-92-72

117418 Москва,
Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2
aspirantura@gostinfo.ru



@rst_gost



Российский институт
стандартизации

Подробнее 



www.standards.ru