

Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования

02/2026
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



ИНЖЕНЕРИЯ НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ
ДЛЯ ДИССЕРТАЦИОННЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ. ПРЕДМЕТНАЯ
ОБЛАСТЬ «ИНФОРМАТИКА»

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД
К МОДЕЛИРОВАНИЮ
МНОГОУРОВНЕВЫХ
ИЕРАРХИЧЕСКИХ СТРУКТУР

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
ЭВОЛЮЦИИ
ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ
ПРЕДПРИЯТИЙ



iea.gostinfo.ru

ИНФОРМАЦИОННО- ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

2/2026 (89)

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
Редактор С.П. Арянина
Верстка К.П. Пегова, Д.А. Глебова
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 22.04.2026.
Дата опубликования на сайте журнала
iea.gostinfo.ru 22.04.2026.

Формат 60 × 90 1/8.
Усл. печ. л. 10.



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
ФГКВУ ВПО «Военный университет имени князя Александра Невского»
Минобороны России, доктор экономических наук, профессор

Содержание 2/2026 (89)

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТАНДАРТИЗАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

- КОНСТРУКТОРСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СТАНДАРТЫ КАК ИНСТРУМЕНТ ДОСТИЖЕНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НЕЗАВИСИМОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ ОПК
Куприков Н.М., Врублевский И.А. 4
- СОСТОЯНИЕ АВТОМОБИЛЬНОГО ТУРИЗМА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Сантакова Т.В. 10

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ПРОЦЕССЫ

- К ОБОСНОВАНИЮ ТОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗМЕРЕНИЯ СВОЙСТВ ОБЪЕКТОВ СУДЕБНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ
EXAMINATION OBJECTS
Мистров Л.Е., Алферова П.А., Кащенко Т.А., Толчеева А.Ю. 16
- ИНЖЕНЕРИЯ НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ ДЛЯ ДИССЕРТАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ. ПРЕДМЕТНАЯ ОБЛАСТЬ «ИНФОРМАТИКА»
Бурый А.С., Омельченко В.В. 22
- ОСНОВЫ МЕТОДА СИНТЕЗА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ НА НАЧАЛЬНОЙ СТАДИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА
Мистров Л.Е., Исаев В.В. 31

СТАНДАРТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ И УСЛУГ

- СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЦИФРОВОЙ ФАБРИКИ КАК ОСНОВА ОРГАНИЗАЦИИ
АЛЮМИНИЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА
Нугманов Д.И., Нургалиев Р.К. 38
- АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ КЛАССИФИКАЦИИ И КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРИ ПРИМЕНЕНИИ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИИ
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
Савенкова Т.В., Замула В.С. 44
- СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ
КЛИЕНТООРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА К УПРАВЛЕНИЮ РИСКАМИ
Кондратова А.И., Плахотникова Е.В., Соловьев С.И. 50

ДИССЕРТАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

- КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ МНОГОУРОВНЕВЫХ ИЕРАРХИЧЕСКИХ СТРУКТУР
Астафьев Р.У. 57
- ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭВОЛЮЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРЕДПРИЯТИЙ
Злыднев И.М. 61
- ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОТКАЗОВ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА
ПРОДУКЦИИ В ЦИФРОВОМ ПРОИЗВОДСТВЕ
Чиж Д.В., Лысенков А.И. 68

ДИСКУССИОННАЯ ТРИБУНА

- ФИЛОСОФИЯ КАК МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА В ОНТОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ
Бурый А.С., Ануфриев А.В. 73

КОНСТРУКТОРСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СТАНДАРТЫ КАК ИНСТРУМЕНТ ДОСТИЖЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НЕЗАВИСИМОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ ОПК

DESIGN AND TECHNOLOGY STANDARDS AS A TOOL FOR ACHIEVING TECHNOLOGICAL INDEPENDENCE BY MILITARY-INDUSTRIAL COMPLEX ENTERPRISES

Куприков Н.М., д-р экон. наук, доцент, старший научный сотрудник Института № 9 МАИ (Москва, Россия)

Врублевский И.А., соискатель, ФГУП «ВНИИ «Центр» (Москва, Россия)

Kuprikov N.M., Doctor of Economics sciences, Associate Professor, Senior Researcher at the Institute No. 9 of the MAI (Moscow, Russia)

Vrublevskii I.A., Applicant, FGUP «VNII „CENTR“» (Moscow, Russia)

Статья рассматривает конструкторские и технологические стандарты в качестве ключевого инструмента обеспечения технологической независимости предприятий ОПК. Авторы анализируют отечественный и зарубежный опыт управления жизненным циклом изделий, исследуют связь между инвестициями в НИОКР и стандартизацией с ростом ВВП. Рассматриваются методы ценообразования НИОКР, новые требования ГОСТ Р 15.101–2021, а также цифровые платформы промышленной кооперации в рамках ЕАЭС. Авторы обосновывают, что внедрение единой базы стандартов обеспечивает управление качеством и себестоимостью продукции, оптимизирует производственные процессы и снижает зависимость от зарубежных технологий. Делается вывод о необходимости опережающего развития системы стандартизации для успешного внедрения высокотехнологичных изделий в современных условиях импортозамещения.

Ключевые слова: конструкторские стандарты, технологические стандарты, жизненный цикл изделия, постановка изделия на производство, технологическая независимость.

Для цитирования: Куприков Н.М., Врублевский И.А. Конструкторские и технологические стандарты как инструмент достижения технологической независимости предприятиями ОПК // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2026. № 2(89). С. 4–9.

The article examines design and technological standards as a key instrument for ensuring the technological independence of defense industry (military-industrial complex) enterprises. The authors analyze domestic and international experience in product lifecycle management and investigate the relationship between R&D investment, standardization, and GDP. The article covers R&D pricing methods, the new requirements introduced by GOST R 15.101-2021, and digital industrial cooperation platforms within the framework of the Eurasian Economic Union (EAEU). The authors argue that the implementation of a unified standards database ensures quality and cost management, optimizes production processes, and reduces dependence on foreign technologies. The conclusion emphasizes the necessity of proactive development of the standardization system for the successful deployment of high-technology products under current import substitution conditions.

Keywords: design standards, technological standards, product life cycle, product launch, and technological independence.

For citation: Kuprikov N.M., Vrublevskii I.A. Design and technology standards as a tool for achieving technological independence by military-industrial complex enterprises. Information-economic aspects of standardisation and technical regulation. 2026; 2(89): 4–9. (In Russ.).

ВВЕДЕНИЕ

Достижение технологической независимости предприятиями ОПК связано не только с применением передовых финансовых, управленческих и маркетинговых механизмов, но и с развитием технологического и конструкторского потенциала посредством внедрения передовых стандартов.

В управлении жизненным циклом передовых изделий, влияющих на уровень технологической независимости, большую роль играют конструкторские и технологические стандарты.

Конструкторские стандарты – нормативы ЕСКД, устанавливающие единые правила, требования и нормы разработки, оформления и обращения конструкторской документации на всех стадиях жизненного цикла изделия; их цель – обеспечить однозначность, взаимозаменяемость и обмен КД, включая цифровые представления и ЭЦП. Технологические стандарты – нормативные документы стандартизации, регламентирующие процессы производства, контроля и эксплуатации (правила, процедуры, параметры), действующие как на национальном уровне (ГОСТ Р, межгосударственные ГОСТы), так и в рамках

ТР ЕАЭС; разрабатываются по правилам ГОСТ Р 1.2–2020 и терминологии ГОСТ Р 1.12–2020¹.

СТАНДАРТИЗАЦИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НЕЗАВИСИМОСТИ: АНАЛИЗ МИРОВОГО И ОТЕЧЕСТВЕННОГО ОПЫТА

В международной практике инженерные стандарты представляют собой формализованные документы, разрабатываемые международными и национальными организациями (ISO, IEC, IEEE, ANSI). Они определяют согласованные технические спецификации и методики, направленные на обеспечение качества, безопасности и взаимозаменяемости в процессах проектирования и производства [1].

По мнению авторов, одним из ключевых индикаторов эффективности внедрения конструкторских и технологических стандартов может служить выполнение показателей федеральной программы, разработанной в рамках реализации поручения Президента Российской Федерации В.В. Путина № ПР-2266². Данная программа направлена на достижение целевых показателей социально-экономического развития Российской Федерации, в частности на повышение производительности труда, создание и модернизацию высокопроизводительных рабочих мест, а также стандартизацию соответствующих процессов. Достижение целевых показателей в области стандартизации свидетельствует об эффективном производстве высокотехнологичной продукции. Трансформации, связанные с поиском и применением технологических стандартов, происходят не только в России, но и в мировом производственном секторе. Особое внимание в развитии стандартизации уделяется конструкторским и технологическим стандартам, эффективное внедрение которых обеспечивает управление качеством, стоимостью изделия и создает более контролируемый процесс управления жизненным циклом продукции. В середине 2019 года аналитическая компания «Gartner» определила ключевые технологии связи, которые, по прогнозам экспертов, будут определять перспективы развития промышленного рынка. Ведущий аналитик Н. Джонс предположил, что эти технологии будут стимулировать развитие стандартизации в таких сферах, как робототехника, квадрокоптеры, беспилотные автомобили и медицинское оборудование [2]. В исследование вошли следующие беспроводные технологии передачи данных:

- Wi-Fi – от базовых коммуникаций до применения в радиолокационном оборудовании и аутентификации;

- LPWA (Low Power Wide Area) – сенсорные сети;
- 5G – сети пятого поколения;
- V2X (Vehicle-to-everything) – технологии взаимодействия автомобилей друг с другом и дорожной инфраструктурой;
- Backscatter – технологии сетей обратного рассеяния SCR (Software Controlled Radio) – программно-определяемое радио [3].

Таблица 1

Ключевые показатели стратегии «Европа-2020» и их влияние на ВВП

Критерий	Целевое назначение	Период исследования и охват	Результат
Занятость населения (24–64 года)	75%	2005–2014 гг.	Прямая корреляция с ростом ВВП
Инвестиции в НИОКР	≥ 3% ВВП	28 стран ЕС	Зависимость от уровня развития страны
Доля выпускников высшего образования (30–35 лет)	≥ 40%	2005–2014 гг.	Положительное влияние на инновации
Минимальный ВВП на душу населения	10 373 евро/мес	2008–2018 гг.	Порог эффективности инвестиций

Источник: составлено автором на основе данных исследования [4]

На основе данных исследований европейские страны и Россия формировали собственные программы развития стандартизации, а научное сообщество определяло перспективные направления исследований в различных секторах экономики. Одним из значимых результатов стало принятие стратегии «Европа-2020», где основной акцент сделан на установлении прямой связи между ростом ВВП и увеличением инвестиций в научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) и стандартизацию. Исследование, в котором приняли участие 28 стран в период с 2005 по 2014 год, установило следующие ключевые критерии: занятость 75% трудоспособного населения в возрасте от 24 до 64 лет, инвестиции в НИОКР не менее 3% ВВП, доля выпускников высшего образования в возрасте от 30 до 35 лет не менее 40%. Проведенные исследования подтвердили прямую зависимость роста ВВП от инвестиций в НИОКР и стандартизацию. Однако была выявлена также зависимость от уровня развития самой страны и дохода на душу населения. Минимальной точкой отсчета стал уровень ВВП не менее 10 373 евро на человека в месяц. Наихудшая динамика наблюдалась в Болгарии с доходом ВВП 5 286 евро на человека, где прирост от НИОКР оказался в 2,5 раза ниже, чем при доходе в 10 373 евро [4]. В связи с этим необходимо учитывать не только объем инвестиций в НИОКР, но и уровень дохода

¹ ГОСТ Р 1.12–2020 Стандартизация в Российской Федерации. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2020. (Дата введения: 2020-09-01).

² Перечень поручений по обеспечению достижения целевых показателей социально-экономического развития России (утв. Президентом РФ 29.09.2013 № ПР-2266) // Официальный сайт Президента России. URL: kremlin.ru/acts/assignments/orders/19340 (дата обращения: 10.11.2025).

населения страны. По итогам 2021 года ВВП на душу населения в России составил 2 733 евро, что позволяет прогнозировать рост ВВП в среднем не более 15% в год. Следует отметить, что при долгосрочном инвестировании результат роста ВВП будет иметь нелинейную зависимость, поскольку напрямую связан с показателем ВВП. Для проведения комплексного анализа степени коммерциализации продукта необходимо учитывать критерии степени коммерциализации стандартов и эффективность их внедрения [5].

МЕХАНИЗМЫ КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАЗРАБОТОК

Наиболее эффективным способом коммерциализации результатов научно-технической деятельности является выполнение НИОКР в рамках государственных программ, а также отраслевых и региональных научно-технических программ [6]. С целью стимулирования промышленных предприятий и научных институтов механизмы финансирования были модернизированы и приобрели субсидиарный характер. Данная мера была направлена на отсеивание проектов, не имеющих достаточной коммерческой перспективы, а также обязывает предприятие не только формировать и проводить НИОКР, но и использовать результаты интеллектуальной деятельности (далее – РИД) в своей практической деятельности.

Однако подобный подход без формирования соответствующих стандартов носит краткосрочный характер и не обеспечивает единообразного и прогнозируемого подхода к управлению результатами работ. Длительное время развитию стандартизации не уделялось должного внимания: реализация конструкторских инноваций и сопровождение жизненного цикла изделия осуществлялись преимущественно в рамках устранения дефектов. В современных условиях перед конструкторами ставятся задачи не только обеспечения работоспособности конструкции. Следствием таких трансформаций стало введение впервые ГОСТ Р 15.101–2021³ «Система разработки и постановки продукции на производство. Порядок выполнения научно-исследовательских работ» (табл. 2).

Указанные требования вводятся в качестве конструкторских параметров впервые, тем самым регламентируя не только научную часть научно-исследовательской работы, но и ее инновационную составляющую, что представляет собой экономический аспект внедрения стандартов. Следует также отметить нововведение, касающееся требований к результатам НИР. Пункт 5.1.6 гласит: «При выполнении НИР должно быть обеспечено правомерное

использование результатов интеллектуальной деятельности, не нарушающее исключительные права третьих лиц». Все полученные (созданные) при выполнении НИР (этапа НИР) результаты, включая РИД, и/или использованные при выполнении НИР (этапа НИР), а также РИД, в отношении которых правовая охрана осуществлена или осуществляется, и документация, содержащая сведения о РИД, подлежат отражению в отчетной научно-технической документации (ОНТД). Исполнитель НИР обязан согласовать с заказчиком необходимость использования РИД, исключительные права на которые принадлежат исполнителю или третьим лицам, в том числе используемые в качестве научно-технического задела. Данный ГОСТ вводит новые требования к проведению НИР и создаваемой впоследствии конструкторской документации. Результаты интеллектуальной деятельности (РИД) должны быть оценены, а продукция должна иметь инновационную составляющую и соответствовать современным требованиям стандартов. С ростом объемов НИР и НИОКР актуальным становится вопрос определения проектной стоимости работ, которая впоследствии будет включена в стоимость РИД, поставленных на баланс промышленного предприятия.

Таблица 2
Ключевые параметры стандартизации НИР
согласно ГОСТ Р 15.101–2021

№	Требования	Значение для стандартизации
1	По изысканию научно-технических путей обеспечения совместимости, взаимозаменяемости и унификации продукции	Формирование единых технических решений
2	По ограничению номенклатуры применяемых материалов и комплектующих	Снижение себестоимости и упрощение логистики
3	По обеспечению конкурентоспособности продукции	Повышение экспортного потенциала

Источник: составлено автором на основе ГОСТ Р 15.101–2021

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СТОИМОСТИ НИОКР В КОНТЕКСТЕ СТАНДАРТИЗАЦИИ

Стандартизация на современном этапе имеет ключевое значение при формировании инновационного проекта. Рассмотрим основные методы использования стандартов при определении стоимости НИОКР.

Нормативно-параметрический метод определения цены НИОКР использует накопленный опыт предыдущих работ с формированием зависимостей между статистическими данными и эмпирическими показателями. Определяются критерии цены: изделия, технологии, производства, которые лягут в основу работ.

³ ГОСТ Р 15.101–2021 Система разработки и постановки продукции на производство. Порядок выполнения научно-исследовательских работ. – М.: Российский институт стандартизации, 2021. (Дата введения: 2021-11-01).

Экспертный метод балльных оценок стоимости НИОКР сформирован на основе сравнения стоимости будущих разработок с уже созданными. Определяется ряд критериев для формирования прототипа будущих разработок и присваивается количество баллов, соответствующих трудоемкости работ.

Комбинированный метод предполагает сопоставление цены НИОКР, полученной несколькими методами, для сравнения, анализа и обоснования окончательного результата [7].

В настоящее время четко прослеживается тенденция, направленная на развитие собственных конструкторских и технологических инноваций, поддерживаемых законодательной базой и новыми механизмами формирования стандартов [8]. События последних лет показали, что передача технологий из-за рубежа носит политический характер. С каждым годом растет вероятность того, что зарубежная деятельность транснациональных корпораций может стать источником политических, экономических, социальных, юридических и институциональных конфликтов с правительствами, что во многих случаях оказывает влияние на межгосударственные отношения [9].

Особое внимание следует уделять разработке стандартов в области подготовки методических материалов для промышленных предприятий, а также обеспечению их простоты и доступности. Снижению данного барьера способствует «научно-методическое сопровождение деятельности», которое формируется:

- с использованием эффективных технологий обучения взрослых;
- с учетом исторических, культурных, социально-экономических местных особенностей;
- сочетанием глобальных тенденций развития образования в регионе и в международном пространстве.

К ведущим технологиям сопровождения относятся: сотрудничество, информационно-коммуникативные, рефлексивные, игровые, проектные, кейсовые, моделирования, коучинга, супервизии [10].

Подготовка квалифицированных кадров может осуществляться на промышленном предприятии на основании требований стандартов: финансирования, разработки конструкторской и технологической документации, регламентов и стандартов промышленного предприятия. Данные мероприятия должны носить системный характер, охватывающий весь спектр специалистов всех уровней. Простота и доступность регламентирующих документов позволят оперативно решать текущие задачи по формированию НИР и НИОКР промышленным предприятиям.

ПРОМЫШЛЕННАЯ КООПЕРАЦИЯ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СУВЕРЕНИТЕТА

Текущие условия, сформированные в 2022 г., требуют рассмотрения промышленной кооперации в новом контексте. Курс, взятый государством на импортозамещение, и новые законодательные акты, принимаемые государством и направленные на защиту производителей на внутреннем рынке, выявили новые потребности в продукции, ранее импортировавшейся на территорию РФ. Благодаря увеличению финансовой привлекательности производства данной продукции рынок кооперации начал расти. В результате этого роста были выявлены две основные проблемы:

1. Большое количество партнеров и площадок, на которых размещаются запросы или потребности.
2. Рост недобросовестных организаций, являющихся либо организациями, перекупающими услуги, или компаниями-однодневками, не исполняющими свои обязательства.

В перспективе необходимо обеспечить создание кооперационных площадок в рамках единого информационного пространства для миграции стандартов в режиме реального времени. Данный подход позволит максимально оптимизировать производственные ресурсы промышленных предприятий и снизить себестоимость продукции за счет увеличения производства однотипных изделий на одном предприятии. Формирование единой информационной базы стандартов в рамках корпорации позволит перераспределять финансовые потоки и проводить оптимизацию затрат на производство посредством создания алгоритмов перераспределения инвестиционно-финансовых ресурсов из одних отраслей в другие, что создает эффект сглаживания инфляционных процессов. Поэтому наиболее ответственным моментом в процессе использования данного алгоритма является разработка сценария изменения годовых объемов разработки межотраслевых стандартов, обусловленных принимаемыми решениями [11].

В связи с этим в рамках Цифровой повестки ЕАЭС 2025 было принято решение о создании цифровой промышленной кооперации в рамках формирования единых стандартов. Целью данного проекта является увеличение объемов производства промышленных товаров и их реализация на международном рынке [12]. Нормативными документами ЕАЭС предусмотрена «евразийская цифровая платформа», представляющая собой совокупность средств, поддерживающих возможность использования цифровых процессов, ресурсов и сервисов, в том числе в области промышленной кооперации [13]. Платформа обеспечивает «бесшовное» взаимодействие значительного количества хозяйствующих субъектов [14]. Научно-технические достижения в области разработки передовых

промышленных образцов опережают развитие нормативно-правовой базы по стандартам, что приводит к задержкам в реализации перспективных проектов и затрудняет работу разработчиков и производителей. Автор отмечает, что своевременное развитие системы стандартизации становится ключевым условием для успешного внедрения новых технологий [15].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, своевременное внедрение современных стандартов в рамках отрасли или корпорации обеспечит более гибкий подход к процессу распределения производ-

ственной нагрузки и позволит сглаживать волны развития, предотвращая образование промышленного вакуума при спаде экономической активности.

Актуальность применения таких механизмов особенно высока на новых рынках, требующих быстрого роста промышленности в период подъема. Важным фактором является применение методов оптимизации технологических процессов и поиска скрытых резервов внутри самих предприятий за счет единой базы актуальных стандартов. Это позволяет поддерживать оптимальное количество стандартов, достаточное для регламентации всех процессов создания и производства новых изделий.

Список литературы

1. Черешнева А.А. Совершенствование системы управления инновационными научно-исследовательскими проектами // Вестник современных исследований. 2018. №10.2(25). С. 284–287.
2. Афанасьев М.А. О роли технологий в инновационном развитии бизнеса // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2019. Том 9. №9-1. С. 14–20.
3. Manyika J., Chui M., Bughin J., Dobbs R., Bisson P., Marrs A. Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy. San Francisco, CA: McKinsey Global Institute. 2013. Vol. 180, pp. 17–21.
4. Banelene R., Melnikas B., Strazdas R., Tolochka E. Innovation activities and the impact of investment in R&D on economic growth: Assessment and modelling // Terra Economicus. – 2018. – Vol. 16, No. 4. – pp. 66–76.
5. Мамраева Д.Г., Токсамбаева А.Б., Мамраева Г.Б., Родина Л.А. Теоретические аспекты изучения процесса коммерциализации инноваций // Вестник Карагандинского университета. Серия: Экономика. 2020. Т. 100. № 4. С. 79–92.
6. Нечепуренко Ю.В. Коммерциализация результатов научно-технической деятельности в Республике Беларусь: состояние, проблемы, пути решения // Новости науки и технологий. 2021. №4(59). С. 19–27.
7. 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.
8. Путятин Л.М., Арсеньева Н.В., Барсова Т.Н. Комплексный подход к обоснованию цен на НИОКР // Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). 2019. Т. 13. № 4. С. 693–700.
9. Павлов К.В., Носова О.В., Митрофанова И.В., Корсакова И.В. Прямые иностранные инвестиции как фактор

References

1. Cheresheva A.A. Improving the management system of innovative research projects // Bulletin of Modern Research. 2018. No. 10.2(25). Pp. 284–287.
2. Afanasyev M.A. On the role of technologies in the innovative development of business // Economics: Yesterday, Today, Tomorrow. 2019. Vol. 9. No. 9-1. Pp. 14–20.
3. Manyika J., Chui M., Bughin J., Dobbs R., Bisson P., Marrs A. Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy. San Francisco, CA: McKinsey Global Institute. 2013. Vol. 180. Pp. 17–21.
4. Banelene R., Melnikas B., Strazdas R., Tolochka E. Innovation activities and the impact of investment in R&D on economic growth: Assessment and modelling // Terra Economicus. 2018. Vol. 16. No. 4. Pp. 66–76.
5. Mamraeva D.G., Toksambaeva A.B., Mamraeva G.B., Rodina L.A. Theoretical aspects of studying the process of commercialization of innovations // Bulletin of Karaganda University. Series: Economics. 2020. Vol. 100. No. 4. Pp. 79–92.
6. Nepochurenko Yu.V. Commercialization of scientific and technological activity results in the Republic of Belarus: state, problems, solutions // News of Science and Technology. 2021. No. 4(59). Pp. 19–27.
7. 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.
8. Putyatina L.M., Arsenyeva N.V., Barsova T.N. An integrated approach to R&D pricing justification // Moscow Aviation Institute (National Research University). 2019. Vol. 13. No. 4. Pp. 693–700.
9. Pavlov K.V., Nosova O.V., Mitrofanova I.V., Korsakova I.V. Foreign direct investment as a factor of economic growth: general and specific aspects // Scientific Journal

- экономического роста: общее и особенное // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. 2017. № 1. С. 21–27.
10. Волобуева Т.Б. Методические службы в инновационном развитии: научно-методическое сопровождение // Педагогика и психология: теория и практика. 2019. № 3. (15). С. 59–71.
 11. Турко А.В. Модель оптимизации финансовых потоков в рамках промышленной кооперации стран ЕАЭС // Гипотеза. 2018г. № 3 (4). С. 88–97.
 12. Копкова Е.С., Гречкин Е.К. Цифровая промышленная кооперация. Разработка цифровых промышленных платформ // Синергия наук. 2019. № 31. С.27–34.
 13. Юркевич Е.В., Позднеев Б.М. Опережающая стандартизация как управленческая парадигма цифрового производства // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2025. № 5 (86). С. 4–11.
 14. Соловьяненко Н.И. Правовые вопросы использования цифровых процессов, ресурсов и сервисов в области промышленной кооперации // Modern Science. 2019. № 9-1. С. 152–157.
 15. Куприков М.Ю., Куприков Н.М., Будкин Ю.В. Международная стандартная атмосфера – инструмент технологического суверенитета при создании и испытании ВВСТ // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2024. № 3(78). С. 22–32.
- of ITMO University. Series: Economics and Environmental Management. 2017. No. 1. Pp. 21–27.
10. Volobueva T.B. Methodological services in innovative development: scientific and methodological support // Pedagogy and Psychology: Theory and Practice. 2019. No. 3(15). Pp. 59–71.
 11. Turko A.V. A model for optimizing financial flows within industrial cooperation of EAEU countries // Hypothesis. 2018. No. 3(4). Pp. 88–97.
 12. Koptkova E.S., Grechkin E.K. Digital industrial cooperation: development of digital industrial platforms // Synergy of Sciences. 2019. No. 31. Pp. 27–34.
 13. Yurkevich E.V., Pozdneev B.M. Advanced standardization as a control paradigm for the digital production. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2025; 5 (86): 4–11.
 14. Solovyanenko N.I. Legal issues of using digital processes, resources and services in the field of industrial cooperation // Modern Science. 2019. No. 9-1. Pp. 152–157.
 15. Kuprikov M.Yu., Kuprikov N.M., Budkin Yu.V. The International Standard Atmosphere as a tool of technological sovereignty in the development and testing of weapons and military equipment // Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2024. No. 3(78). Pp. 22–32.

СОСТОЯНИЕ АВТОМОБИЛЬНОГО ТУРИЗМА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

STATE OF CAR TOURISM IN THE RUSSIAN FEDERATION

Сантакова Т.В., соискатель, Российский институт стандартизации (Москва, Россия)

В статье рассматриваются современное состояние автомобильного туризма в Российской Федерации и факторы, определяющие спрос на поездки по автодорогам. Внимание уделяется анализу инфраструктурных ограничений, сдерживающих развитие данного вида туризма, включая качество дорожной сети, недостаточную обеспеченность придорожным сервисом, слабую навигационную и информационную поддержку туристских маршрутов, а также вопросы безопасности дорожного движения. Подчеркивается, что развитие автомобильного туризма связано не только с ростом мобильности населения, но и с повышением доступности туристских направлений и формированием новых форм туризма. Обосновываются перспективы дальнейшего роста автомобильного туризма за счет развития межрегиональных туристских маршрутов, стандартизации качества сервиса, внедрения цифровых платформ для планирования поездок и повышения эффективности мер государственной поддержки.

Ключевые слова: автомобильный туризм, внутренний туризм, туристская инфраструктура, придорожный сервис, безопасность дорожного движения, транспортная доступность, дорожная сеть, туристский спрос, развитие туризма.

Для цитирования: Сантакова Т.В. Состояние автомобильного туризма в Российской Федерации // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2026. № 2(89). С. 10–15.

ВВЕДЕНИЕ

Автомобильный туризм как формат внутренней мобильности связан с ростом самоорганизованных поездок, повышением доступности скоростных магистралей и расширением сервиса вдоль федеральной сети дорог. По оценкам органов управления туризмом, за последние годы достигнут рекордный объем туристских поездок по стране. Масштаб спроса на автопоездки подтверждают отраслевые оценки по числу автопутешествий, а также социологические опросы транспортных предпочтений населения.

Данные исследования опираются на определение «автомобильный туризм» как форму туристской деятельности, где перемещение по туристскому маршруту осуществляется преимущественно на легковом автомобиле с использованием инфраструктуры дорожного сервиса и средств размещения на туристском маршруте, включая кемпинги и площадки для караванинга. Подход к систематизации тер-

Santakova T.V., applicant, Russian Standardization Institute (Moscow, Russia)

The paper examines the current state of automobile tourism in the Russian Federation and the factors shaping demand for road trips. Particular attention is paid to the analysis of infrastructure constraints that hinder the development of this type of tourism, including road quality, an insufficient level of roadside services, weak navigation and information support for tourist routes, and road safety issues. It is emphasized that the development of automobile tourism is associated not only with increasing population mobility, but also with the expansion of domestic tourist space, improved accessibility of regional destinations, and the emergence of new travel formats. The prospects for further growth of automobile tourism are substantiated through the development of interregional tourist routes, service quality standardization, the introduction of digital trip-planning platforms, and more effective public support measures.

Keywords: automobile tourism, domestic tourism, tourist infrastructure, roadside services, road safety, transport accessibility, road network, tourism demand, tourism development.

For citation: Santakova T.V. State of Car Tourism in The Russian Federation. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2026; 2(89): 10–15. (In Russ.).

минов и факторов развития отражен в современных работах российских авторов, таких как А.Ю. Кудревич, который рассматривает ключевые элементы в развитии автомобильного туризма в Российской Федерации [1]. Также значительный вклад в изучение научно-эмпирических аспектов автотуризма внесли Г.А. Гомилевская и Д.М. Швабский, которые в статье «Научно-эмпирические аспекты развития автотуризма в контексте международной и отечественной практики» проводят глубокий анализ зарубежного и российского опыта автотуризма и его современного состояния в различных регионах [2].

Цель исследования: изучить состояние автомобильного туризма в различных регионах Российской Федерации за последние годы и определить ключевые направления его развития с учетом региональных особенностей.

Материалы и методы исследования: аналитическое состояние информации [3] о туристских поездках и автопутеше-

ствиях за последние два года; публикации о показателях использования скоростной сети и развитии многофункциональных зон дорожного сервиса; сведения о составе и масштабах объектов дорожного сервиса на федеральной сети; нормативные правовые акты и программные документы планирования в сфере туризма и дорожной деятельности.

За последние два года число туристских поездок по стране, по данным отраслевых материалов федерального уровня, составило 90,1 млн поездок. За прошедший год в публичных сообщениях профессиональных объединений приводилась оценка порядка 97 млн организованных туристских поездок.

Автопутешествия по внутренним туристским маршрутам оцениваются в 25 млн поездок по итогам 2024 г., на 2025 г. приводится прогноз до 32 млн поездок. Аналитические данные фиксируют широкую распространенность автопоездов: по результатам опроса доля респондентов, имевших опыт путешествий на автомобиле, составляет около трети, также высоко измеряется заявленная привлекательность формата автопутешествий.

За последний год произошло усиление роли автотранспорта: сообщается, что около 38% респондентов намерены путешествовать по стране на личном автомобиле. Для туристской индустрии это означает рост требований к инфраструктуре «последней мили» и к сервисам маршрутизации, бронирования и навигации [3].

Планирование туризма в Российской Федерации до 2035 г. закреплено распоряжением Правительства Российской Федерации от 20 сентября 2019 г. № 2129-р (в редакции с изменениями на 29 мая 2025 г.). Документ включает целевые ориентиры по числу туристских поездок и мерам развития внутреннего туризма¹.

Развитие автотуризма чувствительно к параметрам взаимосвязи и пропускной способности федеральной сети дорог. По предварительным итогам Государственная компания «Автодор» зафиксировала рост числа проездов по своей сети скоростных и платных трасс в России: 379 млн проездов в 2024 г. и 397 млн в 2025 г., что отражает увеличение мобильности автомобильного трафика на федеральных магистралях страны (рост примерно на 5% год от года). Основным драйвером данного роста стал, в частности, продленный маршрут М 12 «Восток», включая участки, проходящие через территории Республики Башкортостан, Пермского края и Свердловской области, что повышает транспортную связанность Урала с Поволжьем и сокращает время путешествий между крупными региональными центрами — фактор, косвенно способствующий расширению межрегиональных туристских перемещений [4].

В части дорожной политики на 2025 год заявлен целевой показатель доли автомобильных дорог федерального значения в нормативном состоянии не менее 72,9%. Для опорной сети по итогам 2025 г. в новостных сообщениях фиксируется достижение 75% при плановом значении 70,5%. На конец 2024 г. в публичных материалах указывается, что доля региональных дорог опорной сети в нормативном состоянии должна превышать 70% [5].

Параметры строительства и реконструкции на федеральной сети в 2024 году раскрываются в отраслевых сообщениях: приводятся значения протяженности работ и бюджетного финансирования. Для автотуризма такие вложения трансформируются в сокращение времени в пути, снижение сезонных «узких мест» и более устойчивую логистику туристских маршрутов.

Для автопутешествия инфраструктура сервиса вдоль трассы формирует качество туристского маршрута наравне с состоянием покрытия. В научных публикациях [5] придорожный сервис рассматривается как межотраслевой сегмент на стыке транспорта, торговли, общественного питания и туризма, приоритет получают принципы комплексности и территориальной рациональности размещения.

Сегмент многофункциональных зон развивается и на скоростной сети государственной компании «Автодор»; в сообщениях за 2024 г. фигурирует показатель: 51 многофункциональная зона дорожного сервиса на трассах компании. На уровне федеральной транспортной политики также заявляются планы по созданию новых многофункциональных зон дорожного сервиса [6].

В научной литературе [7] предложены прикладные методики оценки готовности территории к автотуризму, где используются индикаторы стартовых условий (доступность, логистика, инфраструктура) и качества услуг на туристском маршруте. Региональные исследования подчеркивают зависимость конкурентоспособности автотуризма от обеспеченности трасс объектами сервиса, наличия туристских маршрутов с точками притяжения и информационной поддержки путешествия.

Качество автотуристского маршрута задается следующими параметрами:

- транспортно-эксплуатационное состояние дороги и безопасность дорожного движения;
- непрерывность сервиса (топливо, питание, санитарные модули, отдых);

¹ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 20.09.2019 № 2129-р «Об утверждении Стратегии развития туризма в Российской Федерации на период до 2035 года» (с изменениями на 29.05.2025) [Электронный ресурс]. Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс». URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_333756/ (дата обращения: 23.02.2026).

- логистика туристского маршрута (связь, навигация, информация об ограничениях, дорожных работах);
- наличие точек притяжения и парковочной инфраструктуры у объектов туристского показа [7].

В отраслевых сообщениях, привязанных к сети протяженностью 61,5 тыс. км, фигурирует оценка 12,9 тыс. объектов дорожного сервиса; оценка включает комплексные многофункциональные зоны [7].

Вектор развития придорожного сервиса на федеральной сети увязан с планированием размещения: в сообщениях Федерального дорожного агентства (Росавтодор) фиксируются планы расширения сети многофункциональных зон в горизонте до 2030 года, включая формирование генеральной схемы размещения и отбор перспективных объектов.

На скоростной сети государственной компании «Автодор» многофункциональные зоны закреплены как элемент целевой модели потребительских свойств платных дорог и управления качеством услуг. В стратегических документах компании «Автодор» предусматриваются единые типовые архитектурные модели многофункциональных зон, стандарты оказания услуг, мониторинг качества, а также включение газозаправочной и электрозаправочной инфраструктуры в состав сервисных решений.

Практическая задача стандартизации качества туристского маршрута сводится к фиксации минимально допустимого состава инфраструктуры [8]:

- санитарный модуль, доступный в режиме 24/7;
- безопасные съезды, разворотные и разгонно-тормозные полосы в нормативной конфигурации;
- парковки, включая отдельные зоны для легкового и грузового транспорта;
- освещение и безопасные пешеходные связи внутри сервисной зоны;
- связь и навигационная доступность, включая информирование об ограничениях и сезонных режимах.

Использование личного транспорта и автодомов в структуре современного автотуризма предъявляет к туристскому маршруту более сложные требования, чем обычное транзитное перемещение. Если для владельца легкового автомобиля дорожный сервис чаще связан с кратковременной остановкой, то для пользователя автодома инфраструктурная среда одновременно выполняет транспортную, бытовую и восстановительную функции. По этой причине санитарный модуль, круглосуточный доступ к базовым сервисам, безопасные въезды и съезды, площадки для стоянки, ос-

вещение, пешеходные связи, связь и навигация выступают уже не дополнительными удобствами, а обязательными условиями эксплуатационной пригодности туристского маршрута. Иными словами, качество туристского маршрута для автодома определяется не только состоянием дороги, но и наличием организованной сервисной среды, позволяющей безопасно остановиться, обслужить транспортное средство, обеспечить бытовые потребности экипажа и продолжить движение без избыточных рисков.

Именно поэтому развитие автотуризма в Российской Федерации все более явно связывается не только с продвижением самих туристских маршрутов, но и с созданием сети средств размещения и дорожного сервиса, приспособленных к поездкам на личном транспорте, включая автодома, жилые прицепы и иные мобильные формы размещения. Правительством утверждена Концепция развития автомобильного туризма на 2024–2035 гг. Дополнительно в рамках национального проекта на развитие туристской инфраструктуры, туристских маршрутов и благоустройство выделялись значительные федеральные средства, а в 2025–2027 гг. отдельно предусмотрена поддержка инвестиционных проектов по созданию модульных некапитальных средств размещения, что показывает, что эксплуатация автодомов уже рассматривается не как частная практика отдельных путешественников, а как самостоятельный сегмент туристского рынка, требующий стандартизированного инфраструктурного обеспечения и включения в единую систему туристского сервиса.

Рост регионального автотуризма поддерживает спрос на организованные формы размещения вне классического гостиничного фонда, включая кемпинги, автодома, жилые прицепы и жилые модули. Регуляторная развязка за последние пару лет связана с реформой классификации средств размещения и запуском единого реестра объектов туристской индустрии.

Постановлением Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2024 г. № 1952 утверждены правила классификации средств размещения и правила формирования и ведения единого реестра объектов классификации в сфере туристской индустрии; действие правил установлено с 1 января 2025 г.

Для практики рынка регистр и классификация решают три прикладные задачи:

- вывод кемпингов и родственных форм размещения в единый контур требований к безопасности и информированию потребителя;
- формирование проверяемой витрины для агрегаторов бронирования и региональных витрин туристского маршрутов;

- снижение транзакционных рисков при поддержке проектов в туристских кластерах (привязка к легальному статусу объекта).

Нормативная рамка развития автомобильного туризма в Российской Федерации в горизонте 2026–2030 гг. определяется документами стратегического планирования в сфере туризма и транспорта, а также отдельным документом, ориентированным на автотуризм. Регуляторная основа сформирована прежде всего положениями Федерального закона от 24 ноября 1996 г. № 132-ФЗ «Об основах туристской деятельности в Российской Федерации»², который закрепляет правовые, организационные и экономические основы государственной политики в сфере туризма, определяет общие принципы формирования туристского продукта и развития туристской инфраструктуры. Одновременно значимую роль играет Федеральный закон от 8 ноября 2007 г. № 257-ФЗ «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», устанавливающий правовые основы использования³, содержания, развития и финансирования автомобильных дорог, что непосредственно связано с обеспечением транспортной доступности туристских маршрутов, развитием придорожного сервиса и повышением безопасности автопутешествий. В совокупности данные нормативные акты образуют базовый правовой контур, в рамках которого реализуются меры по развитию автомобильного туризма как межотраслевого направления, находящегося на пересечении туристской политики, транспортного развития и инфраструктурного регулирования.

Реализация перспектив развития опирается на переход от разрозненной инфраструктуры обслуживания к управляемой модели туристского маршрута, где фиксируются минимальные требования к инфраструктуре на всем протяжении поездки. Практика планирования предполагает введение паспортов автотуристских маршрутов с закреплением доступности санитарных точек, парковок у объектов туристского показа, безопасных съездов и устойчивой связи. Качество придорожного сервиса увязывается со стандартом многофункциональной зоны дорожного сервиса, включающим круглосуточный санитарный модуль, безопасную схему дорожного движения и пешеходных пересечений, базовый набор питания и торговли, инфраструктуру зарядки и обслуживания электромобилей на коридорах спроса, условия доступности для маломобильных групп населения. Отдельное направление связано с ускорением ввода кемпингов и площадок караванинга через включение в туристские кластеры и привязку к

опорной сети дорог, с унификацией навигации и обозначения мест остановок. Информационная поддержка туристского маршрута рассматривается как механизм снижения неопределенности поездки и повышения управляемости спроса за счет сервисов, планирования времени и затрат, информирования о дорожных работах и сезонных ограничениях, использования проверяемой витрины объектов сервиса и размещения, основанной на реестровой модели. Блок безопасности дорожного движения формируется через инженерные решения на аварийно-опасных участках, обеспечение контроля скоростного режима и развитие информирования водителей на туристских коридорах [9].

Спрос на автопутешествия за последние годы имеет выраженную территориальную концентрацию. По данным опроса Всероссийского центра изучения общественного мнения, опубликованным 2 июля 2024 г., доля респондентов с недавним опытом автопутешествий по стране составляет 32%, а среди предпочтительных направлений лидируют Краснодарский край (16%), Республика Алтай и Алтайский край (14%), Республика Крым (10%). Отраслевые обзоры, основанные на данных опросов и наблюдаемом поведении автопутешественников, подтверждают высокую долю поездок на южные направления и сохранение притяжения крупных туристских городов, включая Санкт-Петербург и Казань. Материалы по планам на летний сезон 2025 г. фиксируют устойчивое ядро спроса, включающее Черноморское побережье Краснодарского края и Республику Крым, а также рост доли коротких поездок на небольшие расстояния как массового формата автотуризма [10].

Территориальная концентрация спроса на автопутешествия в Российской Федерации в 2024 г. представлена на рис. 1.

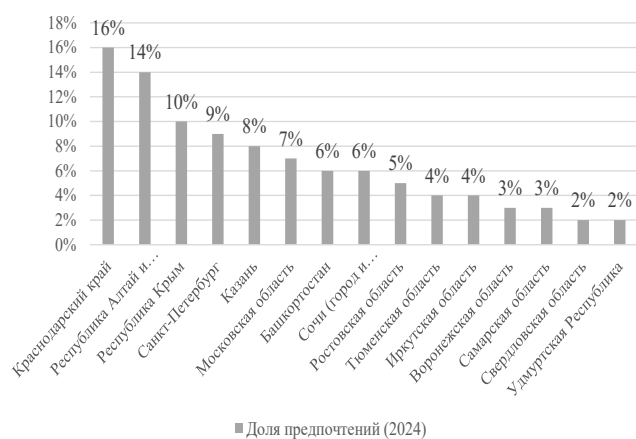


Рис. 1. Территориальная концентрация спроса на автопутешествия в России, 2024 г.

² Федеральный закон от 24.11.1996 № 132-ФЗ «Об основах туристской деятельности в Российской Федерации» [Электронный ресурс]. Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс». URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_12462/ (дата обращения: 23.02.2026).

³ Федеральный закон от 08.11.2007 № 257-ФЗ «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [Электронный ресурс]. Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс». URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_72386/ (дата обращения: 23.02.2026).

Спрос на автопутешествия в России в 2024 г. демонстрирует выраженную территориальную концентрацию. Лидируют южные регионы, такие как Краснодарский край, Республика Алтай и Республика Крым, которые остаются популярными направлениями для автотуристов. Также сохраняется интерес к крупным туристским городам, таким как Санкт-Петербург и Казань. Высокий спрос на короткие поездки и отдых на Черноморском побережье подтверждает устойчивую тенденцию к развитию регионального автотуризма.

Динамика ключевых индикаторов, характеризующих спрос на автопутешествия и инфраструктурные предпосылки для их развития, представлена на рис. 2.

По России наблюдается стабильный рост интереса к автотуризму, особенно в южных и центральных регионах. Устойчивое развитие инфраструктуры и увеличение числа комфортных и безопасных маршрутов способствуют этому направлению, делая автопутешествия доступными для более широкого круга туристов.

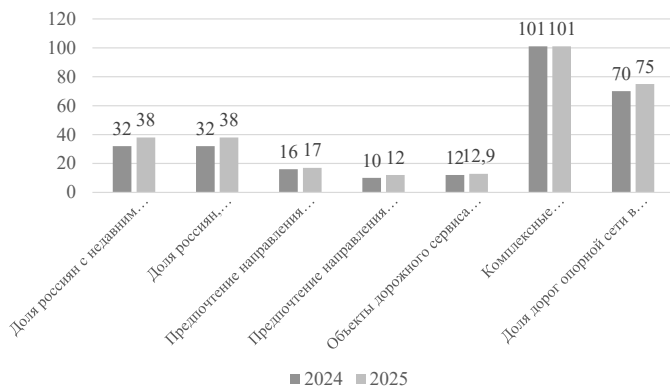


Рис. 2. Динамика показателей развития автомобильного туризма в Российской Федерации в 2024–2025 гг.

На рис. 2 показано, что фиксируются устойчивые значения по доле россиян с опытом автопутешествий, сохраняется концентрация предпочтений по направлениям, а также подтверждается масштаб сети объектов дорожного сервиса на федеральных трассах и достижение высокой доли дорог опорной сети в нормативном состоянии по итогам 2025 г.

Несмотря на положительную динамику развития автомобильного туризма, остаются определенные проблемы, требующие решения для эффективной реализации стратегических целей. В частности, необходимо завершить интеграцию разрозненной инфраструктуры и перейти к управляемой модели туристского маршрута, что подразумевает внедрение паспортов автотуристских маршрутов с четкими требованиями к доступности санитарных точек, парковок и безопасности дорожного движения [11].

Основным шагом является развитие многофункциональных зон дорожного сервиса, включая обеспечение инфраструктуры для электромобилей и доступности для маломобильных групп населения. Также стоит ускорить внедрение кемпингов и площадок караванинга, привязанных к ключевым туристским кластерам и опорной сети дорог. Информационная поддержка маршрутов, включая навигацию, и создание реестров объектов сервиса станут важными элементами для снижения неопределенности поездок. В сфере безопасности необходимо дальнейшее развитие инженерных решений для предотвращения аварийно-опасных ситуаций на популярных туристских коридорах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Развитие автомобильного туризма за последние пару лет характеризуется ростом спроса и усилением требований к качеству туристского маршрута. Приоритет на 2026–2030 гг. связан с переходом к управляемой модели автотуристских коридоров: закрепление минимальных стандартов инфраструктуры и сервиса на туристском маршруте, расширение сети многофункциональных зон, включение кемпингов в реестрово-классификационный контур, развитие цифровой поддержки поездки и мер дорожной безопасности, что повышает предсказуемость логистики и конкурентоспособность региональных направлений.

Основные научно-исследовательские направления развития автомобильного туризма:

- научно-практические основы технического регулирования, стандартизации, типизации, каталогизации, метрологического обеспечения, управления качеством и подтверждения соответствия;
- научные основы и совершенствование методов стандартизации и менеджмента качества (контроль, управление, обеспечение, повышение, планирование качества) объектов и услуг на различных стадиях жизненного маршрута автотуриста;
- методы оценки качества объектов, стандартизации и процессов управления качеством объектов автотуризма;
- анализ и синтез организационно-технических решений. Стандартизация, унификация и типизация производственных процессов и их элементов.

Список литературы

1. Кудревич А.Ю. Стратегические аспекты развития автомобильного туризма в регионе // Стратегирование: теория и практика. 2024. № 3. С. 389–405. DOI: 10.21603/2782 2435 2024 4 3 389 405.
2. Гомилевская Г.А., Швабский Д.М. Научно эмпирические аспекты развития автотуризма в контексте международной и отечественной практики // Фундаментальные исследования. 2024. № 7. С. 75–92.
3. Всероссийский центр изучения общественного мнения. Автопутешествия по России: опыт и планы [Электронный ресурс]. 2024. URL: <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/avtoturizm-2024> (дата обращения: 23.02.2026).
4. Государственная компания «Автотор». Рост числа поездок по дорогам ГК «Автотор» в 2025 году [Электронный ресурс]. 2026. URL: <https://www.interfax.ru/business/1068982> (дата обращения: 11.03.2026).
5. Дудник А.В., Третьякова О.С. Использование территории Большого Алтая для развития автотуризма // Сибирский журнал туризма и экономики. 2024. № 16–17. С. 79–86.
6. Холодилина Ю.Е. Оценка развития автомобильного туризма на региональном уровне // Друкерский вестник. 2025. № 4 (66). С. 353–361. DOI: 10.17213/2312-6469-2025-4-353-361.
7. Рябова О.А. Об актуальности правового регулирования автотуризма и караванинга // Аграрное и земельное право. 2024. № 2 (230). С. 186–188.
8. Артемьев А.А., Кохно П.А., Лепехин И.А. Проблемы и перспективы развития придорожного сервиса России // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Экономика и управление. 2020. № 3 (51). С. 127–137. DOI: 10.26456/2219-1453/2020.3.127.
9. Куприков Н.М., Доронин Д.О., Куприкова Е.М., Екимов А.И., Куприков М.Ю. Новые подходы к формированию перспективной программы стандартизации в сфере туризма и сопутствующих услуг // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2022. № 1 (65). С. 25–28.
10. Макарова Ю.В., Кононов А.Ю., Удовенко Н.Г. Методические подходы к анализу автомобильного туризма в Российской Федерации // Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. 2023. Т. 15, № 1 (65). С. 39–51.
11. Кудревич А.Ю. Инфраструктурные проблемы автомобильного туризма в России // Материалы Всероссийской научно-практической конференции по туризму. 2025. С. 34–42.

References

1. Kudrevich A.Yu. Strategic Aspects of the Development of Automobile Tourism in the Region. Strategizing: Theory and Practice. 2024. No. 3. Pp. 389–405. DOI: 10.21603/2782 2435 2024 4 3 389 405.
2. Gomilevskaya G.A., Shvabsky D.M. Scientific and Empirical Aspects of the Development of Automobile Tourism in the Context of International and Domestic Practice. Fundamental Research. 2024. No. 7. Pp. 75–92.
3. Russian Public Opinion Research Center. Automobile Travel in Russia: Experience and Plans [Electronic resource]. 2024. Available at: <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/avtoturizm-2024> (accessed: 23.02.2026).
4. State Company «Avtodor». Growth in the Number of Trips on the Roads of the State Company «Avtodor» in 2025 [Electronic resource]. 2026. Available at: <https://www.interfax.ru/business/1068982> (accessed: 11.03.2026).
5. Dudnik A.V., Tretyakova O.S. The Use of the Greater Altai Territory for the Development of Automobile Tourism. Siberian Journal of Tourism and Economics. 2024. No. 16–17. Pp. 79–86.
6. Kholodilina Yu.E. Assessment of the Development of Automobile Tourism at the Regional Level. Drucker Bulletin. 2025. No. 4 (66). Pp. 353–361. DOI: 10.17213/2312-6469-2025-4-353-361.
7. Ryabova O.A. On the Relevance of Legal Regulation of Automobile Tourism and Caravanning. Agrarian and Land Law. 2024. No. 2 (230). Pp. 186–188.
8. Artemyev A.A., Kokhno P.A., Lepikhin I.A. Problems and Prospects for the Development of Roadside Service in Russia. Bulletin of Tver State University. Series: Economics and Management. 2020. No. 3 (51). Pp. 127–137. DOI: 10.26456/2219-1453/2020.3.127.
9. Kuprikov N.M., Doronin D.O., Kuprikova E.M., Ekimov A.I., Kuprikov M.Yu. New Approaches to Developing a Prospective Standardization Program in Tourism and Related Services. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation, 2022, no. 1 (65), pp. 25–28.
10. Makarova Yu.V., Kononov A.Yu., Udovenko N.G. Methodological Approaches to the Analysis of Automobile Tourism in the Russian Federation. Bulletin of Vladivostok State University of Economics and Service. 2023. Vol. 15, No. 1 (65). Pp. 39–51.
11. Kudrevich A.Yu. Infrastructure Problems of Automobile Tourism in Russia. Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference on Tourism. 2025. Pp. 34–42.

К ОБОСНОВАНИЮ ТОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗМЕРЕНИЯ СВОЙСТВ ОБЪЕКТОВ СУДЕБНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

TOWARDS THE JUSTIFICATION OF THE ACCURACY CHARACTERISTICS OF MEASURING THE PROPERTIES OF FORENSIC EXAMINATION OBJECTS

Мистров Л.Е., д-р техн. наук, профессор; профессор кафедры правовой информатики, информационного права и естественнонаучных дисциплин Центрального филиала Российского государственного университета правосудия им. В.М. Лебедева (Воронеж, Россия)

Алферова П.А., студентка юридического факультета: судебная экспертиза Центрального филиала Российского государственного университета правосудия им. В.М. Лебедева (Воронеж, Россия)

Кащенко Т.А., студентка юридического факультета: судебная экспертиза Центрального филиала Российского государственного университета правосудия им. В.М. Лебедева (Воронеж, Россия)

Толчеева А.Ю., студентка юридического факультета: судебная экспертиза Центрального филиала Российского государственного университета правосудия им. В.М. Лебедева (Воронеж, Россия)

Mistrov L.E., Doctor of Technical Sciences, Professor; Professor of the Department of Legal Informatics, Information Law and Natural Sciences of the Central Branch of the Russian State University of Justice named after V.M. Lebedev (Voronezh, Russia)

Alferova P.A., law student: forensic examination, Central Branch of the Russian State University of Justice named after V.M. Lebedev (Voronezh, Russia)

Kashchenko T.A., law student: forensic examination, Central Branch of the Russian State University of Justice named after V.M. Lebedev (Voronezh, Russia)

Tolcheeva A.Yu., law student: forensic examination, Central Branch of the Russian State University of Justice named after V.M. Lebedev (Voronezh, Russia)

Предлагается методический подход к определению и обоснованию достоверности и точностных характеристик объектов (составных частей) судебной экспертизы, заданной представителями суда или следственного комитета и осуществляемой экспертами с помощью специальной измерительной аппаратуры в различных физических полях. В основу подхода положен поиск оптимального решения экспертом путем проведения измерения существенных свойств объектов, обработки результатов, определения точностных характеристик при заданных значениях среднеквадратического отклонения их случайных величин. При оценивании же многомерного случайного вектора характеристик объекта используется распределение Хоттенлинга, обеспечивающее нахождение в доверительной области гарантированных оценок их значений. Для упрощения расчетов используется метод Лагранжа, применение которого позволяет разработать вычислительный алгоритм решения поставленной задачи.

Ключевые слова: объект, судебная экспертиза, достоверность, точность, эксперт, измерение, метод, оптимизация, доверительный интервал, гарантированная оценка, алгоритм.

Для цитирования: Мистров Л.Е., Алферова П.А., Кащенко Т.А., Толчеева А.Ю. К обоснованию точностных характеристик измерения свойств объектов судебной экспертизы // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2026. № 2(89). С. 16–21.

A methodological approach is proposed for determining and substantiating the reliability and accuracy of forensic examination objects (components) commissioned by court or investigative committee representatives and performed by experts using specialized measuring equipment in various physical fields. The approach is based on the expert's search for an optimal solution by measuring the essential properties of the objects, processing the results, and determining the accuracy characteristics for given values of the standard deviation of their random variables. When estimating a multidimensional random vector of object characteristics, the Hottenling distribution is used, ensuring that guaranteed estimates of their values are located within the confidence region. To simplify calculations, the Lagrange method is used, enabling the development of a computational algorithm for solving the problem.

Keywords: object, forensic examination, reliability, accuracy, expert, measurement, method, optimization, confidence interval, guaranteed estimate, algorithm.

For citation: Mistrov L.E., Alferova P.A., Kashchenko T.A., Tolcheeva A.Yu. Towards the justification of the accuracy characteristics of measuring the properties of forensic examination objects. Information and economic aspects of standardization and technical regulation. 2026;2(89):16–21. (In Russ.).

ВВЕДЕНИЕ

Судебная экспертиза выступает в роли одной из форм целенаправленного применения научно-технических достижений, средств и способов интеграции специальных знаний в различных видах судопроизводства¹. Благодаря ее научно-техническим возможностям устанавливаются те или другие данные, являющиеся определяющими для принятия решений судьями при разрешении уголовных, гражданских, арбитражных и административных конфликтов. Она проводится на основании определения суда или постановления следователя с параллельной детерминацией существенных вопросов экспертами различных ведомств, таких как МВД РФ, Министерство обороны, МЧС, Минюст России, СК, ФСБ РФ, а также экспертами Федеральной таможенной службы. Обязательным условием ее проведения является предоставление экспертам всех требуемых материалов наряду с установлением процессуальных сроков для оформления и сдачи экспертного заключения. Основу принятия решений экспертами по установлению существенных свойств (характеристик) объектов судебной экспертизы составляют требования достоверности и точности измерения их характеристик, сопоставимости по временным параметрам, полноты информационного наполнения и актуальности представленных материалов². Понятие достоверности информации в контексте судопроизводства охватывает ее количественные и качественные свойства, отражающие свойства данных, характеризующихся точностью, правдивостью и соответствием реальной действительности. Особое внимание уделяется выявлению коррелирующих свойств и их взаимозависимости для более точного определения особенностей и вариационности характеристик объекта [1].

На основе анализа нормативно-правовой документации и научных источников для применяемых в судебной экспертизе методик определены ключевые параметры оценки, направленные на улучшение возможностей метрологических характеристик применяемых методик (специфичность, линейность, чувствительность, диапазон определяемых величин, предел обнаружения и предел количественного определения) и формирование показателей качества методики, охватывающих прецизионность, правильность, точность результата анализа. При этом экспертами уделяется большое внимание не только установлению тех или иных свойств объекта, но и объяснению причин их изменения, оценке устойчивости выявленных характеристик

к множеству внешних и внутренних условий функционирования объекта, а также их идентификационной значимости. Акцентируется внимание на комплексной оценке двух критически важных аспектов: надежности применяемой методики и уровня компетентности привлекаемого эксперта. Результаты измерения свойств объекта формулируются на основе комплексной оценки всех выявленных признаков (существенных характеристик) с учетом их значимости и достоверности, их систематизации и логического обоснования, которые представляются в форме заключения эксперта.

Определяющей при измерении свойств объектов в судебной экспертизе является информация, получение которой экспертами сопряжено со значительными трудностями. Это связано в первую очередь с большим числом разнотипных элементов в структуре объекта экспертизы [2, 3] и измеряемых их существенных характеристик (например, отдельные волокна, пыльца, микрочастицы стекла или металла для объектов с размерами менее 0,1 мм, ультрамикрочастицы или до 2 мм микрообъекты сложно фиксировать и анализировать), влияющих на процессы принятия решений [4] как экспертами, так и обеспечиваемыми ими представителями суда и следственного комитета. Также одной из проблем является необходимость анализа качества изображений, которые могут быть искажены или повреждены, что требует от экспертов высокой квалификации и опыта для работы со специализированными программами для обработки и улучшения качества изображений [5]. Кроме того, химический анализ образцов может столкнуться с трудностями, связанными с изменением свойств материалов в процессе их хранения и транспортировки. При проведении почерковедческой экспертизы эксперты сталкиваются с разнообразием стилей письма и индивидуальными особенностями, что усложняет процесс идентификации. В медицинских и анатомических заключениях важным аспектом является точность измерений, которая зависит от технических возможностей используемого измерительного оборудования [6]. Также стоит отметить, что современные технологии, такие как геолокация мобильных телефонов, предоставляют дополнительные данные для экспертизы, однако их использование может вызвать юридические и этические вопросы. В целом, несмотря на важность достаточности информации, в реальной практике суды часто сталкиваются с проблемами неточности и недостаточности данных по делу. Поэтому ключевую роль в обеспечении отправления справедливого правосудия играет наличие достоверной информации, которая позволяет судье объективно оценить все аспекты дела [1]. Это актуализирует для экспертов задачу поиска и разработки новых подходов, методов и измерительных устройств для осуществления анализа и обработки данных. Обоснование точностных характеристик измерения свойств объектов экспертизы, направленных на повышение достоверности представляемой информации

¹ Федеральный закон от 31.05.2001 № 73 (ред. от 22.07.2024) «О государственной судебно-экспертной деятельности в Российской Федерации», ст. 8 «Объективность, всесторонность и полнота исследований».

² Гражданский процессуальный кодекс Российской Федерации: федер. закон: [принят Гос. Думой 23 октября 2002 г.: одобр. Советом Федерации 30 октября 2002 г.: ред. от 1 июля 2021 г.], ст. 84 «Порядок проведения экспертизы».

в интересах улучшения качества отправляемого правосудия при одновременном снижении сроков рассмотрения дел, определило цель и содержание предлагаемой статьи.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Определим методы и средства, используемые экспертами при проведении исследований в виде информационно-измерительной системы (ИИС) сбора и обработки информации, где устройства сбора информации обеспечивают решение задачи измерения свойств объектов (составных частей) экспертизы с помощью некоторых измерительных устройств. При этом в качестве измерительных устройств могут рассматриваться имеющие различное назначение отдельные устройства специальной контрольно-проверочной аппаратуры, работающие в различных физических полях (в том числе и перекрывающихся). Результаты измерений могут носить как количественный, так и качественный характер, например качественное определение количества вещества вблизи предела обнаружения (limit of detection – LoD) или полуколичественное вблизи LoQ (limit of quantitation) [7]. К качественным свойствам относят категориальные данные, характеризующиеся присвоением каждой единице наблюдения определенной номинальной категории исходя из присущего ей специфического качества. Особой разновидностью таких данных выступают порядковые показатели, которые предоставляют возможность ранжирования объектов – установления их последовательности по степени выраженности исследуемого признака. При этом порядковые данные позволяют лишь констатировать относительное преобладание или недостаток качества у сравниваемых объектов, но не дают возможности количественно измерить разницу между ними. Информация об измеренных характеристиках объектов в виде детерминированных величин (оценок) используется экспертами для анализа, обобщения, проведения частной и комплексной оценки и принятия экспертного решения (заключения), оптимизирующего целевую функцию работы эксперта, а также представителей заказчика экспертизы.

До настоящего времени требования, предъявляемые к точности и достоверности определения свойств – существенных характеристик объектов (составных частей) экспертизы специальными измерительными устройствами, выбираются исходя из оценок, формируемых экспертами или внешними условиями, определяемыми наличием у них требуемой специальной контрольно-проверочной аппаратуры.

В общем случае точность полученных оценок характеристик объектов с помощью измерительных устройств (в частности, их среднеквадратического отклонения) существенно влияет на качество и устойчивость принятия решения экспертом. Это обуславливает осуществление поиска решения задачи в следующей постановке: требуется

определить с помощью имеющегося R ресурса измерительных устройств специальной контрольно-проверочной аппаратуры показатели качества x характеристик объекта экспертизы, изоморфные его установленным ϖ реальным свойствам, то есть принятие решения экспертом должно заключаться в выборе решения, удовлетворяющего условию

$$F(x^*, r^*) = \underset{r \in R}{\text{opt}} F(x, r^*) \Leftrightarrow O(\varpi); \quad R = \text{const}, \quad (1)$$

где F – функция, описывающая зависимость между оценкой качества характеристик объекта (x) и ресурсом измерительных устройств (r);

O – это оператор соответствия (или отображение) реальных свойств объекта; значения с $(*)$ – оптимальные значения;

x^* – оценка математического ожидания качества измеряемых реальных характеристик объекта;

$r \in R$ – ресурс измерительных устройств специальной контрольно-проверочной аппаратуры, используемый экспертом.

В соответствии с теорией принятия решений [8] решение задачи оптимизации функционала вида (1) осуществляется на основе вычисления $M_i[x_i]$ математического ожидания значения случайных i -х величин x_i в виде

$$M[F(r, x)] = \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} f(x_1, \dots, x_n) F(r, x) dx_1 \dots dx_n, \quad (2)$$

при подстановке которых в функционал (1), преобразуя его к решению уже детерминированной задачи.

Проведение расчетов в соответствии с выражением (2) гарантирует получение в среднем наилучших оценок в предположении многократного решения задачи оптимизации для различных вероятных значений случайных величин. Решение в этом случае оказывается единственным, так как вероятностная модель в этом случае сведена к детерминированной путем замены случайных величин их математическими ожиданиями, или случайного целевого функционала его математическим ожиданием. Важный аспект подтверждения соответствия всех применяемых судебно-экспертных методик измерений сводится к эмпирическому подтверждению воспроизводимости полученных результатов.

2. МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Как правило, измерение характеристик объектов производится в течение сравнительно короткой продолжительности, так что как бы получается мгновенный «срез» существенных свойств объекта в проводимом эксперименте в предположении высоких требований к точности и достоверности определения характеристик. Следующий цикл из-

мерения (уточнения) экспертом обеспечивает получение другого временного среза эксперимента, то есть характеристики объекта за время измерения практически не изменяются, и точность их определения зависит только от точности используемых экспертом измерительных устройств. Исходя из этого задача измерения характеристик объекта (его составных частей) экспертизы в этом случае будет состоять в построении экспертом оценки, наилучшим образом приближающейся к истинному значению той или иной измеряемой характеристики. Известно [9], что наилучшей оценкой в этом случае является среднеарифметическое выборки, определяемой в виде

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (3)$$

где n – количество произведенных измерений.

Вследствие незнания экспертом точного значения вектора характеристик x^0 объекта (его составных частей), на основе которого принимается решение, использование экспертом вместо него значения \bar{x} может привести к отклонению полученного решения от потенциального, полученного в предположении наличия точной информации о векторе x^0 .

В [9, 10], направленных на решение задач структурно-параметрического синтеза различного типа измерительных устройств, исследуется вопрос об устойчивости принятых решений на основе анализа малых вариаций характеристик, не приводящих к изменению самого решения. При решении же задач разработки экспертного решения важным является не получение значения вектора оптимальных решений, а сохранение значения целевого функционала в заданных (допустимых) пределах. Действительно, два разных решения, r_1^0 и r_2^0 , можно считать эквивалентными, если

$$| \underset{r \in R}{\text{opt}} F(r, \bar{x}_1) - \underset{r \in R}{\text{opt}} F(r, \bar{x}_2) | \leq \Delta, \quad (4)$$

где Δ – заданная величина отклонения целевого функционала.

Таким образом, если разрабатываемые решения эксперта позволяют получить значения целевой функции, отличающиеся друг от друга не более чем на некоторую заданную величину Δ , то в этом случае, эти решения можно считать эквивалентными.

Значения Δ , имеющие смысл допустимого отклонения качества решения эксперта, могут задаваться заказчиками экспертизы исходя из требований реализации ими эффективных решений по разрешению или установлению инициаторов конфликта. Фактически значение Δ имеет смысл потерь реального качества решения от потенциального качества, которое могло бы быть достигнуто при $n = \infty$.

Вследствие проведения экспертом для измерения характеристик объекта n -го количества измерений для решения данной задачи возможно использовать методы статистического анализа [9, 11]. Из закона больших чисел [9] следует, что при количестве наблюдений $n = \infty$ случайные значения характеристик \bar{x} объекта стремятся к их математическим ожиданиям $\bar{x} \rightarrow M[x]$, то есть при $n = \infty$ оценки \bar{x} совпадают с точными значениями x^0 . В этом случае будет иметь место только одно оптимальное решение

$$F(r^0, x^0) = \underset{r \in R}{\text{opt}} F(r, x^0). \quad (5)$$

Но в реальных случаях n всегда конечно, поэтому вместо оценки x^0 реально получается оценка \bar{x} . Учитывая, что в подавляющем большинстве случаев при измерениях распределение случайной величины является нормальным, то доверительные интервалы для значения x_i^0 возможно представить в виде

$$\bar{x}_i - t_\beta \frac{S_i}{\sqrt{n}} \leq x_i^0 \leq \bar{x}_i + t_\beta \frac{S_i}{\sqrt{n}}, \quad (6)$$

где \bar{x}_i – среднее значение n измерений случайной величины x_i ;

S_i – оценка среднеквадратического отклонения измерения случайной величины x_i ;

t_β – параметр распределения Стьюдента с β % уровнем значимости.

Сущность данного интервального оценивания экспертом характеристик объекта (его составных частей) применительно к задаче определения точностных параметров измерительных устройств специальной контрольно-поверочной аппаратуры состоит в том, что при задании определенного β , равного 0,05 или 0,01 и т.д., можно утверждать с надежностью $1-\beta$, что данный интервал накроет истинное значение математического ожидания величины x_i . Так как неизвестно нахождение точного значения x^0 внутри доверительной области, то для получения гарантированной оценки вариации целевого функционала воспользуемся понятием вариации в ее статистическом смысле на основе разности между максимальным и минимальным его значениями в выборке [9, 12]

$$| \max_{x \in L} \underset{r \in R}{\text{opt}} F(r, x) - \min_{x \in L} \underset{r \in R}{\text{opt}} F(r, x) | \leq \Delta. \quad (7)$$

В случае оценивания экспертом многомерного случайного вектора характеристик объекта \bar{x} экспертизы с помощью измерительных устройств вместо распределения Стьюдента ему для определения доверительных областей, возможно использовать распределение T^2 – Хоттелинга. Тогда доверительная область представится выражением [13]

$$\sum_{ij=1}^k x_{ij} (\bar{x}_i - \mu_i) (\bar{x}_j - \mu_j) \leq T_p^2 \quad (4)$$

где x_{ij} – элементы матрицы S^1 ; $T_p^2 - p\%$ – значение распределения Хоттелинга.

Вычисление функционала (7) связано со значительными математическими трудностями и предполагает для упрощения расчетов проведение более детального анализа происходящих при оценивании характеристик объекта измерительных процессов.

При измерении характеристик x_i объекта с помощью \bar{r} за действованных экспертом измерительных устройств формируется оценка \bar{x}_i . При принятии решения экспертом по значению \bar{x}_i

$$\bar{r} = \arg \operatorname{opt}_{r \in R} F(\bar{x}_i, r) \quad (8)$$

значение целевого функционала будет равно $F_{x_i} = F(x_i, \bar{r})$.

Если неизвестно истинное значение характеристик x_i объекта, но есть μ_p , то истинное значение целевого функционала возможно определить как $F_{\mu_i} = F(\mu_i, \bar{r})$, а истинное значение, которое возможно было бы получить при условии точного знания параметров μ_i , представляется в виде

$$F_0 = \operatorname{opt}_{r \in R} F(\mu_i, r).$$

С практической точки зрения вместо значения абсолютных потерь (риска) Δ целесообразно устанавливать заранее уровень относительных потерь (относительный риск) δ . Исходя из этого относительные потери от потенциального качества работы измерительных устройств можно определить как

$$\max_{\mu_i \in Q} \left| \frac{F_0 - F_{\mu_i}}{F_0} \right| \leq \delta, \quad (9)$$

где Q – доверительная область нахождения μ_i , или для задачи максимизации целевого функционала

$$\max_{\mu_i \in Q} \left[1 - \frac{F\{\mu_i, \arg \max_{r \in R} F(\bar{x}_i, r)\}}{\max_{r \in R} F(\mu_i, r)} \right] \leq \delta. \quad (10)$$

Выражение (10) путем несложных преобразований возможно привести к виду

$$\min_{\mu_i \in Q} \left[\frac{F\{\mu_i, \arg \max_{r \in R} F(\bar{x}_i, r)\}}{\max_{r \in R} F(\mu_i, r)} \right] \geq 1 - \delta, \quad (11)$$

из которого, легко сформировать вычислительный алгоритм для нахождения экспертом требуемого числа изме-

рений n , при котором выполняется (11) для конкретно заданных целевых функционалов.

Рассмотрим пример вычисления распределения ресурсов значений характеристик по N заказчика экспертизы. Допустим, что значения параметров x_i измеряются с известной σ . Тогда, пользуясь методом множителей Лагранжа [4], можно найти значение $r_{j \text{opt}} = \bar{x}_j^2 / \sum_j x_j^2$.

После подстановки значения $r_{j \text{opt}}$ в уравнение (11) получим

$$\min_{\mu_i \in Q} \frac{\sum_j \mu_j \left(\sum_j \frac{\bar{x}_j^2}{x_j^2} \right)^{\frac{1}{2}}}{\sum_j \mu_j \left(\sum_j \mu_j^2 \right)^{\frac{1}{2}}} \geq 1 - \delta, \quad (12)$$

которое путем несложных преобразований можно представить в виде

$$\min \frac{\sum_{j=1}^N \mu_j \bar{x}_j}{\sqrt{\sum_j \mu_j^2}} \geq 1 - \delta \quad (13)$$

Анализ выражения (13) показывает, что в числителе стоит скалярное произведение векторов μ и \bar{x} , а в знаменателе – длина вектора μ . Тогда

$$\min_{\mu \in Q} \frac{|\mu| |\bar{x}| \cos \varphi}{|\mu|} = \min_{\mu \in Q} |\bar{x}| \cos \varphi \geq 1 - \delta. \quad (14)$$

Из формулы (14) следует, что при фиксированном значении x характеристик объекта (его составных частей) экспертизы минимальное значение левой части неравенства будет достигаться при условии $\varphi \rightarrow \max$, то есть находиться на границе области. Это позволяет легко реализовать вычислительный алгоритм, так как если область ограничений Q определена в виде n -го гиперэллипсоида, то необходимо найти точки касания данного гиперэллипсоида с гиперплоскостями, проходящими через начало координат, и проверить выполнение условия (14) для этих точек.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современное судопроизводство, опирающееся на фундаментальные правовые принципы обоснованности и справедливости принимаемых решений, фактически немислимо без детального анализа представляемой в ходе судебного разбирательства информации. Принятие решений основывается на информации и ее фактическом подтвержде-

нии – доказательствах, которые представляются представителями судебной экспертизы. Качество информации определяется определяющим свойством – достоверностью, отражающей точность и соответствие условиям конфликта, относимостью к рассматриваемому делу. Отсутствие, ошибки, целенаправленное искажение и неточность доказательной информации приводят к проведению различного рода проверок достоверности представленных доказательств. Они обеспечивают получение новых и наиболее точных фактических данных о свойствах и признаках доказательной информации, которые не могут быть установлены или проверены иными способами. Предложенный в статье методический подход позволяет существенно разрешить данное противоречие и повысить объективность

судебных экспертиз на основе математического аппарата обоснования точностных характеристик проводимых экспертами измерений.

При усложнении же количества измеряемых свойств объектов экспертизы возможно осуществлять оценивание многомерного случайного вектора характеристик на основе распределения Хоттенлинга, обеспечивающего нахождение в доверительной области гарантированных оценок их значений. Его вычисление связано со значительными математическими трудностями, и для упрощения предложено использовать метод Лагранжа, применение которого позволяет разработать вычислительный алгоритм решения поставленной задачи.

Список литературы

1. Сорокотягин И.Н., Сорокотягина Д.А. Судебная экспертиза: учебник и практикум для вузов. – М.: Издательство Юрайт, 2026. – 288 с.
2. Мистров Л.Е., Зятиков А.В. Системотехнические основы синтеза решений судебно-почерковедческой экспертизы // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2020. № 1. (53). С. 90–99.
3. Мистров Л.Е., Дубинцова Л.Г. Критерий эффективности и постановка решения задачи синтеза решений судебно-почерковедческой экспертизы // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2024. № 5(80). С. 35–49.
4. Колдин В.Я. Идентификация при производстве криминалистических экспертиз: учеб. пособие. – М.: Госюриздат, 1957. – 287 с.
5. Аскерова Л.Ф. Значимость применения методов анализа изображений при производстве судебных экспертиз // Наука, образование и культура. 2017. № 6 (21). С. 48–51.
6. Гришин А.В., Селютин О.Г. Современные тенденции усовершенствования и ключевые особенности проведения судебных экспертиз отдельных видов. – 2024. – С. 224–227.
7. Усов А.И., Омелянюк Г.Г., Бебешко Г.И., Любецкая И.П., Афанасьев И.Б. Методологические особенности валидации судебно-экспертных методик // Теория и практика судебной экспертизы. 2023. Т. 18, № 1. С. 76–96.
8. Раскин Л.Г. Анализ сложных систем и элементы теории оптимального управления. – М.: Сов. радио, 1976. – 344 с.
9. Конторов Д.С., Голубев-Новожилов Ю.С. Введение в радиолокационную системотехнику. – М.: Сов. радио, 1971. – 368 с.
10. Вагнер Г. Основы исследования операций. Т.3. – М.: Мир, 1973. – 501 с.
11. Бешелев С.Д., Ф.Г. Гурвич. Математико-статистические методы экспертных оценок. – М.: Статистика, 1980. – 263 с.
12. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие для вузов. 12-е изд. – М.: Юрайт, 2026. – 479 с.
13. Андерсон Т. Введение в многомерный статистический анализ. – М.: ГИФМЛ, 1963. – 500 с.

References

1. Sorokotyagin, I.N., and Sorokotyagina, D.A. Forensic Examination: Textbook and Practical Guide for Universities. Moscow: Yurait Publishing House, 2026, 288 p.
2. Mistrov L.E., Zyatikov A.V. Systemic Foundations of Forensic Handwriting Analysis Solutions Synthesis // Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation, 2020, no. 1(53), pp. 90–99.
3. Mistrov L.E., Dubintsova L.G. Kriterij effektivnosti i postanovka resheniya zadachi sinteza reshenij sudebno-pocherkovedcheskoj ekspertizy. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation, 2024, no. 5(80), pp. 35–49.
4. Koldin V.Ya. Identification in Forensic Examinations: Textbook. Moscow: Gosyurizdat, 1957, 287 p.
5. Askerova L.F. The Importance of Applying Image Analysis Methods in Forensic Examinations. Science, Education and Culture, 2017, no. 6(21), pp. 48–51.
6. Grishin A.V., Selyutina O.G. Modern Trends of Improvement and Key Features of Conducting Certain Types of Forensic Examinations, 2024, pp. 224–227.
7. Usov A.I., Omelyanuk G.G., Bebeshko G.I., et. al. Methodological Features of Validation of Forensic Methods. Theory and Practice of Forensic Examination, 2023, vol. 18, no. 1, pp. 76–96.
8. Raskin L.G. Analysis of Complex Systems and Elements of Optimal Control Theory. Moscow: Sov. Radio Publ., 1976, 344 p.
9. Kontorov D.S., Golubev-Novozhilov Yu.S. Introduction to Radar Systems Engineering. Moscow: Sov. Radio Publ., 1971, 368 p.
10. Wagner G. Fundamentals of Operations Research. Vol. 3. Moscow: Mir Publ., 1973, 501 p.
11. Beshelev S.D., F.G. Gurvich. Mathematical and statistical methods of expert assessments. Moscow: Statistika Publ., 1980, 263 p.
12. Gmurman V.E. Probability Theory and Mathematical Statistics: a textbook for universities. 12th ed. Moscow: Yurait Publ., 2026, 479 p.
13. Anderson T. Introduction to multivariate statistical analysis. Moscow: GIFML Publ., 1963, 500 p.

ИНЖЕНЕРИЯ НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ ДЛЯ ДИССЕРТАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ. ПРЕДМЕТНАЯ ОБЛАСТЬ «ИНФОРМАТИКА»

THE ENGINEERING OF SCIENTIFIC KNOWLEDGE FOR DISSERTATION RESEARCHES.
THE SUBJECT AREA IS «COMPUTER SCIENCE»

Бурый А.С., д-р техн. наук, Российский институт стандартизации (Москва, Россия)

Омельченко В.В., д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации, государственный советник Российской Федерации 1-го класса, советник секретариата научно-технического совета АО «ВПК «НПО машиностроения» (Москва, Россия)

Цель работы – методическое обоснование выбора научного направления, объекта и предмета исследования в ходе работы над диссертацией на основе существующих систем классификации научных специальностей, направлений, номенклатур.

Методы: комплексные аналитические и экспертные методы систематизации и общей теории классификации, структурно-логический анализ, концептуальное проектирование.

Результаты: с системных позиций проведена экспертиза существующей «Номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени» с точки зрения выполнения базовых требований к классификации и систематизации объектов, процессов или явлений реальности, в том числе проведен структурно-логический анализ основных изменений в новой Номенклатуре, оценка качества основных классификационных схем, а также смысловой анализ систематизации предложенных научных специальностей.

Ключевые слова: информатика, научное направление, научная специальность, систематизация, номенклатура, классификация, информационные процессы, технологические процессы переработки информации.

Для цитирования: Бурый А.С., Омельченко В.В. Инженерия научных знаний для диссертационных исследований. Предметная область «Информатика» // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2026. № 2(89). С. 22–30.

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

Omelchenko V.V., Doctor of Science in Technology, Professor, Meritorious Figure of Science and Technology of the Russian Federation, State Councillor of the 1st Class of the Russian Federation, Advisor to the Secretariat of the Board for Science and Technology of the AO [JSC] «VPK «NPO Mashinostroeniia» (Moscow, Russia)

Purpose of the work: providing a methodological justification for choosing a scientific direction, object and subject of research during the work on a dissertation based on existing classification systems for scientific specialties, directions, and nomenclatures.

Method used: complex analytical and expert methods of systematization and general classification theory, structural and logical analysis, conceptual design.

Results obtained: from the standpoint of a systematic approach, an examination of the existing «Nomenclature of scientific specialties in which academic degrees are awarded» was carried out in terms of meeting the basic requirements for classifying and systematizing objects, processes or phenomena of reality, including a structural and logical analysis of the main changes in the new Nomenclature, an assessment of the quality of the main classification schemes, as well as semantic analysis of the systematization of the proposed scientific specialties.

Keywords: computer science, scientific direction, scientific specialty, systematization, nomenclature, classification, information processes, technological processes of information processing.

For citation: Buryi A.S., Omelchenko V.V. The Engineering of Scientific Knowledge for Dissertation Researches. The Subject Area is «Computer Science». Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2026; 2(89): 22–30. (In Russ.).

ВВЕДЕНИЕ

Термином «информатика» сегодня в России обозначается и компьютерная наука, и информационная наука, и вся область, связанная с использованием информационной техники и информационных технологий для социальных коммуникаций, проведения научных исследований, развития образования, экономики и культуры, а также вся информационная сфера деятельности, включая отрасль промышленного производства средств информатики.

Важная особенность информатики заключается также в том, что ее методы востребованы практически во всех предметных областях науки и могут использоваться во многих сферах научного познания, привнося в них принципиально новые качества. Таким образом, информатика как фундаментальная наука сегодня становится той междисциплинарной областью, которая может многократно повысить эффективность исследований практически во всех других направлениях фундаментальной и прикладной науки. Однако эта универсальность представляет не только достоинство, но и самое уязвимое место самой информатики. Ведь другие научные дисциплины могут использовать ее средства и методы, но при этом ни одна из них не ставит перед собой задачи их дальнейшего развития. Именно поэтому и необходимы специальные меры для развития информатики как стратегически важного междисциплинарного научного направления [1].

Информатика (computer science)¹ – общее название для группы дисциплин, занимающихся различными аспектами применения и разработки вычислительной техники (ВТ): программирование, прикладная математика, искусственный интеллект, архитектура ВТ. Одновременно существует и понятие «informatics» (информатика), которое используется в основном в европейских странах и в большей степени относится к теоретической дисциплине².

Отрадно, что в целях усиления роли науки и технологий в решении важнейших задач развития общества и страны текущее десятилетие – 2022–2031 годы – объявлено Десятилетием науки и технологий³ в Российской Федерации. Информационно-телекоммуникационные технологии (ИКТ) входят в состав приоритетных направлений развития науки, технологий и техники России, а сбор, обработка, генерация, хранение и поиск данных и информации составляют ключевые функции ИКТ.

Понятие «информация» многозначно, от наиболее общего, что информация есть свойство объектов (процессов) окружающего материального мира порождать разнообразие состояний, до частного прикладного: информация есть новые сведения, являющиеся объектом переработки данных [2].

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

АИС – автоматизированная информационная система
 АСУ – автоматизированная система управления
 ИАД – интеллектуальный анализ данных
 ИКТ – информационно-коммуникационная технология
 ИМО – информационно-математическое обеспечение
 ИС – информационная система
 ННС – номенклатура научных специальностей
 ОК – общероссийский классификатор
 ОЭСР – Организация экономического сотрудничества и развития
 ПНС – паспорт научной специальности
 ПрО – предметная область
 СППР – система поддержки принятия решений
 ТППИ – технологический процесс переработки информации

Информатика стала восприниматься как научная дисциплина, которая исследует структуру и свойства (а не конкретное содержание) научной информации, а также закономерности научно-информационной деятельности, ее теорию, историю, методологию и организацию. Исходя из этого будем понимать под информатикой «научную дисциплину, которая фокусируется на изучении доступа, сбора, организации, обработки, хранения, поиска и распространения информации, которая исследует структуру и свойства информации, ее компьютерную обработку, взаимодействие человека с машинными данными, закономерности информационной деятельности, а также соответствующие теории и методологии» [3].

На примере направлений исследований в рамках специальности 2.3.8 «Информатика и информационные процессы» можно выделить укрупненные направления, связанные:

- с видами обеспечения информационных систем (ИС) – техническим, лингвистическим, информационным, программным, методическим, организационным;
- с информационными технологиями в контурах управления различного уровня на основе информационных подсистем в составе автоматизированных информационных систем (АИС) [4, 5], систем поддержки принятия решений (СППР);
- с оптимизацией информационных процессов, ресурсов и технологий переработки данных и информации

¹ Борковский А.Б. Англо-русский словарь по программированию и информатике (с толкованиями). – М.: Рус. яз., 1987. – 335 с.

² Там же, с. 132.

³ Указ Президента Российской Федерации от 25 апреля 2022 года № 231 «Об объявлении в Российской Федерации Десятилетия науки и технологий». – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/47771> (дата обращения: 22.01.2026).

(в ходе поиска, распознавания, хранения, передачи, обработки) [2, 6];

- с разработкой ИКТ цифровой трансформации – новых интернет-технологий, включая поиск, интеллектуальный анализ данных (ИАД), облачные вычисления, а также систем управления базами данных и знаний (БДЗ) [7].

Объект информатики составляют абстрактные информационные объекты, процессы и отношения, а также методика их формирования, исследования и реализации [8]. Цели информатики: 1) определение инвариантных (универсальных в определенной среде) свойств и форм информации методами формализации и абстрактного представления; 2) определение универсальных методов анализа и синтеза информации, методов ее переработки, моделей оценивания и представления; 3) разработка методов, моделей и алгоритмов информационных процессов с целью достижения их рациональности и эффективности [9].

С позиций системного подхода для любой ИС целевой фактор является ключевым, которому подчинен весь функционал решаемых задач, структура и состав системы, которые во многом определяются предметной областью (ПрО), где планируется применение ИС.

Получаемая информация не остается «вещью в себе», она трансформируется в знания, а затем, согласно известной «пирамиде знаний» Р. Акоффа⁴, в опыт, мудрость, определяющие качество принимаемых решений, и в конечном счете – достижение целевого эффекта. Процесс формирования знаний должен соотноситься и с предметной областью, в которой они получены и используются, и с научными направлениями, в частности информационных наук. Известно, что примером структуризации знаний являются онтологии [10], дифференциации и интеграции научных направлений, а вместе с тем и ПрО исследования. Концептуальную структуризацию представления новых объектов исследования, методов переработки информации и методов исследования обеспечивает система классификации, логика построения которой может во многом определить и логику развития отдельного научного направления [11].

Целью настоящего исследования является методическое обоснование выбора научного направления, объекта и предмета исследования в ходе работы над диссертацией на основе существующих систем классификации научных специальностей, направлений, номенклатур.

МОДЕЛИ, МЕТОДЫ, МЕТОДОЛОГИИ

Автоматизированные информационные системы представляют собой формат целенаправленных иерархических интегрированных систем, обеспечивающих сбор и переработку

информации с заданным уровнем качества, в соответствии с функциональным предназначением системы. Эффективность АИС определяется разработанным информационно-математическим обеспечением (ИМО) технологических процессов переработки информации (ТППИ).

Основными методологическими принципами при разработке ИМО, внедрении и сопровождении в ходе применения информационной базы АИС являются следующие:

1. Принцип проблемной ориентации, когда АИС (АСУ, ИС) рассматривается как система конечного числа взаимосвязанных автоматизированных информационных процессов или ТППИ – предметных областей, видов деятельности по переработке информации, представленных системой понятий (начальных, промежуточных, целевых) и функций перехода между ними, отражающих сущность переработки информации в данном виде деятельности.
2. Принцип информационной ценности (рациональности переработки информации) в целенаправленных ИС, подразумевающий способность системы использовать информацию для принятия решений, управления, анализа, отображения и др., исходя из предназначения ИС [6].

На рис. 1 представлена структура развития направлений исследований в рамках паспорта научной специальности (ПНС) 2.3.8 «Информатика и информационные системы». На примере предметной области – автоматизированные информационные системы – рассматриваются автоматизированные системы управления информационными процессами, развитие которых осуществляется в рамках межвузовской многопрофильной научно-педагогической школы «Системная информатизация управления сложноорганизованными объектами» [12].

Среди теоретических исследований в данном направлении выделим следующие работы, составившие основу докторских диссертаций указанных авторов:

- информационная теория: АСУ отработкой качества новой техники (ОКНТ) (Д.А. Ловцов) [2, 6];
- теоретические основы (ТО) решения обобщенных некорректных навигационно-баллистических задач в АСУ ОКНТ (В.В. Бетанов) [4];
- теоретические основы классификации нечетких диагностических ситуаций при испытании объектов новой техники (В.В. Омельченко) [13];
- теоретические основы синтеза устойчивых многозвенных систем (ТО СУМС) переработки навигационно-баллистической информации (А.С. Бурый) [14];
- теоретические основы обеспечения информационного противодействия (ОИП) при принятии решений в ходе отработки объектов новой техники (А.В. Сухов)⁵;

⁴ Ackoff R.L. From data to wisdom // Journal of Applied Systems Analysis. 1989. Vol. 16. Pp. 3–9.

⁵ Сухов А.В. Методы и технологии выработки управленческих решений: учеб. пособие. – М.: ВА РВСН им. Петра Великого, 2003. – 282 с.

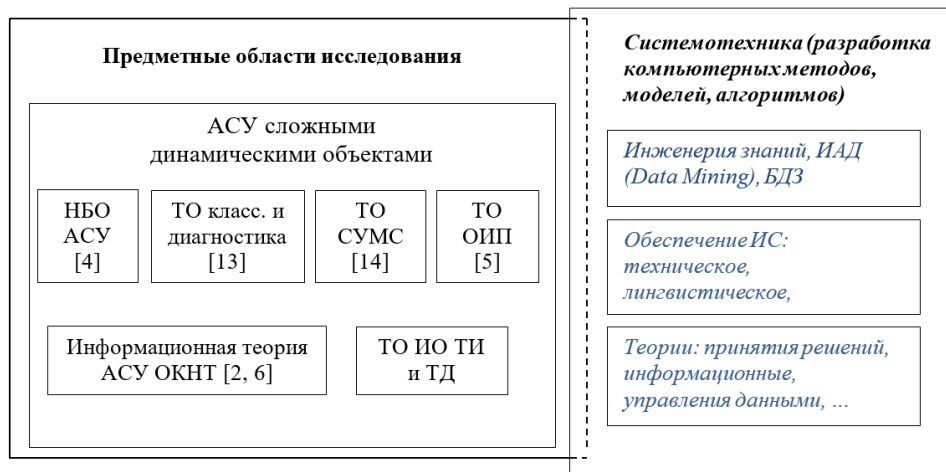


Рис. 1. Пример методологии развития ПрО информатики

— теоретические основы информационного обеспечения телеизмерений и теледиагностики (ИО ТИ и ТД) в информационных системах здравоохранения (Г.С. Лебедев)⁶.

Оптимизация реальных процессов управления сложными объектами, а также обоснованное внедрение и рациональное использование современных ИКТ в человеко-машинных системах базируются на реализации действующей парадигмы объектно-ориентированного программирования⁷ («от структур данных, описывающих систему понятий ПрО, к программированию функций перехода между ними»), отражающей сущность соответствующего ТППИ, основанной на принципе «автоформализации» профессиональных знаний операторов [6].

Рассмотрим фундаментальные свойства сложных систем – существование, развитие, познаваемость, определяемые совокупностью частных свойств, ряд из которых методически может быть связан с пунктами ПНС 2.3.8. (см. табл. 1). Существование сложных систем конкретизируется в таких частных свойствах [15], как:

- устойчивость (в широком смысле) – свойство системы возвращаться в исходный или близкий ему установившийся режим из различных начальных состояний;
- инвариантность – свойство сохранять свои конструктивные элементы, структуры, параметры, характеристики при определенных преобразованиях;
- сохраняемость – свойство не менять значений некоторых переменных, характеристик или функций от них;
- синергетичность – свойство системы обладать свойствами, отличными от свойств составляющих ее частей;
- реализуемость – свойство, заключающееся в возможности осуществления, создания системы в целом, ее частей и элементов, взаимосвязей, тех или иных видов поведения;

⁶ Лебедев Г.С. Оптимизация информационного ресурса системы здравоохранения территории (ведомства): специальность 05.25.05 «Информационные системы и процессы»: автореф. дисс. на соискание ученой степени доктора технических наук. – Москва, 2009. – 49 с.

⁷ Бадд Т. Объектно-ориентированное программирование в действии. – СПб.: Питер, 1997. – 464 с.

Таблица 1

Анализ свойств сложных систем в пунктах ПНС 2.3.8

	Свойства сложных систем	Сопоставление с пунктами ПНС 2.3.8 «Информатика и информационные процессы»
1	Устойчивость	п. 17. Разработка методов обеспечения надежной обработки информации и обеспечения помехоустойчивости информационных коммуникаций для целей передачи, хранения и защиты информации ...
2	Инвариантность	п. 16. Автоматизированные информационные системы, ресурсы и технологии по областям применения (инвариантность к типу информации и этапам ее переработки)
3	Синергетичность	Ряд пунктов, связанных с масштабированием функций, свойств, технологий – п.п. 6, 11, 14–17
4	Реализуемость	п. 10. Исследования и разработка требований к программно-техническим средствам современных телекоммуникационных систем на базе вычислительной техники
5	Уникальность	Обоснование новизны для практически любого пункта специальности
6	Слабая предсказуемость	Системы СППР в новых предметных областях – п.п. 7, 8, 12, 17.
7	Нетривиальность поведения	Коррелируется со свойством синергетичности; п. 12, п. 14

— уникальность – свойство существовать в немногих экземплярах, даже в единственном экземпляре, или проявлять поведение единственным образом;

— слабая предсказуемость – свойство, заключающееся в невозможности описать траекторию движения системы на достаточно большом интервале времени;

- нетривиальность поведения – свойство системы иметь собственное поведение, не тождественное поведению внешней среды.

РОЛЬ И МЕСТО ИНФОРМАТИКИ В СОВРЕМЕННЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ КЛАССИФИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ НАУК

В основе всех известных систем наук лежит соответствующая структурно-логическая схема, которая отражает те или иные принципы систематизации и классификации знаний. Эту схему традиционно называют классификацией или классификатором. Среди отечественных систем наук можно выделить класс общероссийских классификаторов (ОК) знаний, включающий более 30 ОК, за каждым из которых закреплены федеральные органы исполнительной власти (ответственные за их формирование) и организации, принимающие участие в формировании проектов изменений (см. ГОСТ Р 1.20–2025)⁸.

Общероссийские классификаторы, являясь частью статистической инфраструктуры, обеспечивают систематизацию, структурирование, группирование и идентификацию социально-экономических объектов и явлений, что позволяет пользователям проводить качественный анализ и применение информации в информационных фондах, информационных продуктах и услугах [16].

На рис. 2 представлено подмножество классификаторов, которые, по мнению авторов, наиболее тесно связаны с предметом исследования – информатикой. Это действующая система библиотечно-библиографической классификации (ББК); Государственный рубрикатор научно-технической информации (ГРНТИ), на основании которого построена система локальных (отраслевых, тематических, проблемных) рубрикаторов в органах НТИ; Общероссий-

ский классификатор специальностей высшей научной квалификации (ОКСВНК⁹); международный классификатор науки ОЭСР (Организации экономического сотрудничества и развития).

При рассмотрении роли и места информатики в современных отечественных и зарубежных классификационных системах наук прежде всего нужно осознать ее общенаучный и междисциплинарный характер. К сожалению, далеко не все разработчики классификаторов понимают этот момент, поэтому и включают информатику в тот или иной предметно-ориентированный класс, что и определяет в такой классификации системные недостатки и противоречия (см. табл. 2).

Классификатор научных направлений ОЭСР используется в российских научных институтах и вузах для сопоставления с международными базами данных, в информационных картах (ГИС Наука) для классификации прикладных исследований и необходим для международного обмена данными, формирования статистики и соответствия международным стандартам.

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ЗНАНИЙ ПРЕДМЕТНОЙ СФЕРЫ ИНФОРМАТИКИ В ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ КЛАССИФИКАТОРАХ

Рассмотрим подробнее приведенные в табл. 2 классификаторы и классификационные системы.

Зарубежные классификаторы. Систематизация знаний, представленных в международном классификаторе научных направлений (МКНН) ОЭСР, представлена на рис. 3. Как видим из приведенной классификации, на первом ее уровне выделены шесть предметно-ориентированных классов знаний. Отсутствие класса универсальных (об-

⁸ ГОСТ Р 1.20–2025 Стандартизация в Российской Федерации. Классификаторы общероссийские. Основные положения и порядок проведения работ по разработке, ведению, изменению и применению. – М.: Российский институт стандартизации, 2025. – 49 с.

⁹ Общероссийский классификатор специальностей высшей научной квалификации ОК 017–2024. – М.: Российский институт стандартизации, 2024.



Рис. 2. Выбранные для анализа классификаторы и классификации, включающие систематизацию сферы информатики

щенаучных, междисциплинарных) знаний привело к тому, что такое универсальное знание, как информатика, отнесено к классам № 01.00.00 «Естественные и точные науки» и № 02.00.00 «Техника и технологии».

Следствием такой неправильной (неадекватной) классификации является наличие в действующем международном классификаторе системных недостатков и противоречий представления знаний [17].

Как видим из приведенной классификации, междисциплинарное знание сферы «Информатика» представлено в разных предметно-ориентированных дисциплинарных знаниях, что является системным недостатком, наличие которого в классификационной структуре ведет к противоречиям.

Таким образом, классификационная структура общенаучного и междисциплинарного знания «Информатика» в МКНН ОЭСР представлена как противоречивая и не соответствующая истинному (тождественному, адекватному) положению дел по систематизации знаний предметной сферы информатики.

Систематизация 2-го и 3-го уровней междисциплинарного знания – «Информатика» классов 01.02.00 «Естественные и точные науки» и 02.00.00 «Техника и технологии» для международного «Расширенного классификатора OECD – ОЭСР» представлена на рис. 4.

Отечественные классификаторы. Номенклатура научных специальностей (НС), по которым присуждаются ученые степени, – верхний уровень систематизации знаний, представлен на рис. 5. Как видно из приведенной системати-

Таблица 2

Результаты анализа и оценки правильности классификации отечественных и зарубежных классификаторов и классификационных систем

№ п/п	Наименование классификатора или классификационной системы	Наличие классов общесистемных и междисциплинарных знаний	Наличие противоречий и системных недостатков
1	Международный «Классификатор научных направлений» ОЭСР	Отсутствует Предметная сфера информатики представлена в дисциплинарных классах	Да
2	Международный расширенный классификатор OECD – ОЭСР	Отсутствует Предметная сфера информатики представлена в дисциплинарных классах	Да
3	ОКСВНК – номенклатура научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени	Отсутствует Предметная сфера информатики представлена в дисциплинарных классах	Да
4	Государственный рубрикатор научно-технической информации (ГРНТИ)	Да	Да
5	ББК – Национальная классификационная система Российской Федерации	Да	Да



Рис. 3. Систематизация знаний, представленных в МКНН ОЭСР

зации, на рисунке наблюдается аналогичная ситуация, как и в международных классификаторах (см. рис. 4).

Отсюда следует вывод, что классификационная структура общенаучного и междисциплинарного знания «Информатика» в ОКСВНК представлена как противоречивая и не соответствующая истинному (тождественному, адекватному) положению дел по систематизации знаний предметной сферы информатики.

Более подробно системные недостатки и противоречия важного документа в науке и образовании Российской Федерации – действующей ННС, по которым присуждаются ученые степени, приведены в научных статьях [11, 17–19].

Действительно, системный анализ, лежащий в основе любой систематизации и классификации как методология (наука) познания и как метод (инструмент) классификации (систематизации), обеспечивает универсальность и всеобщность данных сущностей, которые стоят над различными предметно-ориентированными сферами и научными специальностями.

Если номенклатура научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, является просто «совокупностью или перечнем названий, терминов...», то какие могут быть вопросы к качеству систематизации или классификации научных специальностей? Проведенный анализ показывает,

что разработанная классификационная система с соответствующими кодами, названная номенклатурой, по существу номенклатурой не является [19]. Даже поверхностное знакомство человека – не специалиста в области системного анализа и государственного управления с действующей в России ННС – ему позволяет понять, что это не просто «совокупность или перечень названий, терминов...». Перед нами определенная классификационная система научных специальностей (рис. 5), а это уже совсем другой уровень описания и представления знаний.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Одной из задач, которые призваны решать существующие научные системы классификаций, онтологий, тезаурусов, словарей, является систематизация научных знаний. Она помогает начинающему исследователю выбрать направление исследований в соответствующей отрасли наук. Особенностью направления «Информатика и информационные системы» является то, что по мере расширения области применения информационных систем данное направление приобретает характер междисциплинарной науки, когда ТППИ, методы переработки данных, процессы принятия решений во многих областях строятся, развиваются и получают весомые результаты, основываясь на компьютерных методах.

В этой связи требуется организовать работу по созданию единой и непротиворечивой классификационной



Рис. 4. Систематизация междисциплинарного знания – «Информатика», представленного в классах 01.02.00 «Естественные и точные науки и 02.02.00 «Техника и технологии» МКНН ОЭСР

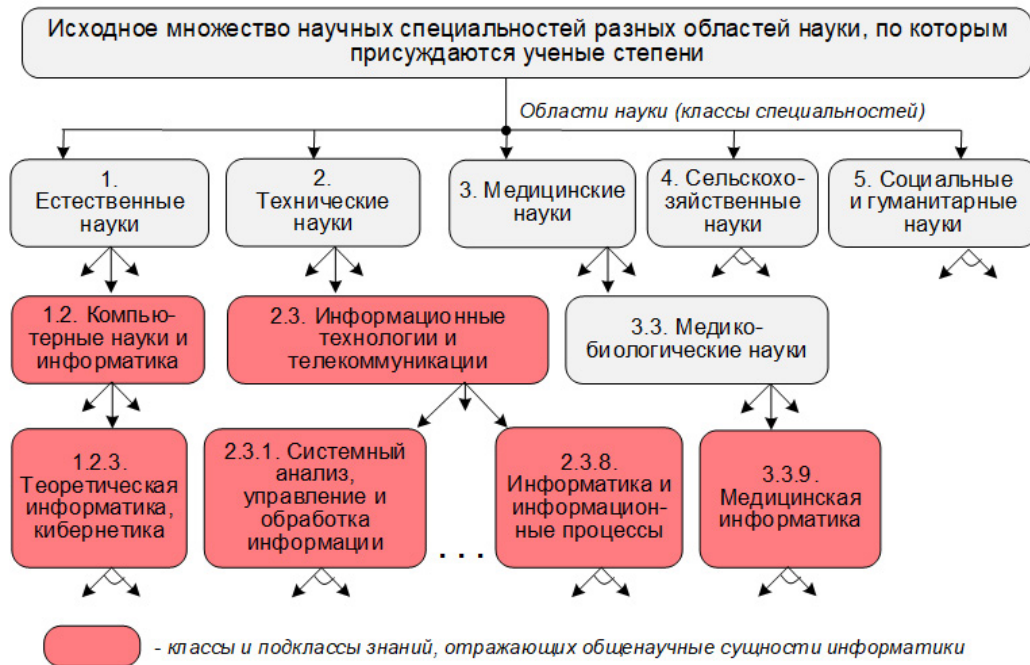


Рис. 5. Систематизация знаний в ННС, по которым присуждаются ученые степени

системы научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени. При разработке новой редакции «Номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени» следует осуществлять:

- безусловную реализацию требований научной классификации и систематизации исходного множества научных специальностей на предметно-ориентиро-

ванные группы и подгруппы, с отдельным выделением групп универсальных (междисциплинарных) научных специальностей;

- учет и своевременное устранение выявленных недостатков и противоречий в классификации научных специальностей позволит готовить специалистов высокого уровня.

Список литературы / References

1. Колин К.К. Информатика как наука: история и перспективы развития // Открытое образование. 2011. № 6. С. 77–88. / Kolin K.K. Informatics as a Science: the History and Development Perspektivy. Open Education. 2011; 6:77–88. (In Russ.).
2. Ловцов Д.А. Теория защищенности информации в эргасистемах: Монография. – М.: РГУП, 2022. – 276 с. / Lovtsov D.A. Informatsionnaia teoriia ergasistem. Moscow: RGUP Publ., 2021, 314 p. (In Russ.).
3. Mukundan R. Informatics: A dynamic discipline with impact on all spheres of human activity // Informatics Studies. 2016. Vol. 3, no. 2.
4. Байрамов К.Р., Бетанов В.В., Ступак Г.Г., Урличич Ю.М. Управление космическими объектами. Методы, модели и алгоритмы решения некорректных задач навигационно-баллистического обеспечения. Монография. – М.: Радиотехника, 2012. – 360 с. / Bajramov K.R., Betanov V.V., Stupak G.G., Urlichich Yu.M. Upravlenie kosmicheskimi objektami. Metody, modeli i algoritmy resheniya nekorrektnykh zadach navigacionno-ballisticheskogo obespecheniya. Monografiya. Moscow: Radiotekhnika Publ., 2012, 360 p. (In Russ.).
5. Бурый А.С., Сухов А.В. Оптимальное управление сложными техническими комплексами в автоматизированном информационном пространстве // Автоматика и телемеханика. 2003. № 8. С. 145–162. / Buryi A.S., Sukhov A.V. Optimal control of complicated technical complexes in an automatic information space. Automation and Remote Control. 2003; 64(8): 1329–1345.
6. Ловцов Д.А. Информационная теория эргасистем: основные положения // Правовая информатика. 2019. № 3. С. 4–20. Lovtsov D.A. The Information Theory of Ergasystems: Basic Propositions. Legal Informatics. 2019; 3: 4–20. (In Russ.).
7. Омельченко В.В. Структурно-логический метод обобщения и анализа данных и знаний // Известия РАН. Теория и системы управления. 1998. № 5. С. 96–105. / Omelchenko V.V. Strukturno-logicheskij metod obobshcheniya i analiza dannyh i znanij. Izvestiya RAN. Teoriya i sistemy upravleniya. 1998; 5: 96–105. (In Russ.).
8. Бурый А.С. Фролов В.А. Структурирование информационного поля диссертационного исследования // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2025. № 2(83). С. 75–81. / Buryi A.S., Frolov V.A. Structuring the Information Field of the Dissertation Research. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2025; 2(83): 75–81. (In Russ.).
9. Кузнецов А.А., Бешенков С.А., Захарова Т.Б. [и др.] Об информатике, ее подходах и предмете (Философия информатики) // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2005. Т. 10, № 3. С. 236–249. / Kuznetsov A.A., Beshenkov S.A., Zakharova T.B., et al. On Computer Science, its Approaches and Subject (The Philosophy of Computer Science). Tambov University Reports. Series: Natural and Technical Sciences. 2005; 10(3): 1355–1358. (In Russ.).
10. Боргест Н.М. Системный и онтологический анализы: схожесть и различие понятий // Онтология проектирования. 2024. Т.14, №1(51). С.9–28; <https://doi.org/10.18287/2223-9537-2024-14-1-9-28>. / Borgest N.M. Systems and ontological analyses: similarities and differences between the concepts. Ontology of designing. 2024; 14(1): 9–28. (In Russ.).
11. Омельченко В.В. Качество систематизации научных специальностей в Российской номенклатуре 2021 года // Правовая информатика. 2021. № 3. С. 4–13. / Omelchenko V.V. The Quality of Systematisation of Scientific Specialties in the 2021 Russian Nomenclature. Legal Informatics. 2019; 3: 4–20. (In Russ.).
12. Пинчук А.В. 30 лет межвузовской научной школе «Системная информатизация управления сложноорганизованными объектами» // Правовая информатика. 2021. №1. С. 70–79. / Pinchuk A.V. Thirty Years of the Inter-university School of thought “System Informatization of Control of Complex Objects”. Legal Informatics. 2021; 1: 70–79. (In Russ.).
13. Омельченко В. В. Теоретические основы классификации нечетких ситуаций при испытаниях сложных технических комплексов. – М.: ВА им. Петра Великого, 1999. – 434 с. / Omelchenko V.V. Teoreticheskie osnovy klassifikacii nechyotkikh situacij pri ispytaniyah slozhnykh tekhnicheskikh kompleksov. Moscow: VA imeni Petra Velikogo Publ., 1999, 434 p. (In Russ.).
14. Бурый А.С. Отказоустойчивые распределенные системы переработки информации. – М.: Горячая линия-Телеком, 2016. – 128 с. / Buryi A.S. Otkazoustojchivye raspredelennye sistemy pererabotki informacii. Moscow: Goryachaya liniya-Telekom Publ., 2016, 128 p. (In Russ.).
15. Гуревич И.М. Законы информатики в проблеме познания сложных систем // Системы и средства информатики. 2006. Т. 16, № 3. С. 325–380. / Gurevich I.M. Laws of Informatics in the Problem of Knowledge of Complex Systems. Systems and Means of Informatics. 2006; 16(3): 325–380. (In Russ.).
16. Бурый А.С., Григорьев А.В., Слепынцева Л.И. Классификация продукции: управление, экономика, мониторинг // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2022. № 6(70). С. 9–17. / Buryi A.S., Grigoriev A.V., Slepynceva L.I. Klassifikaciya produkcii: upravlenie, ekonomika, monitoring. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2022; 6(70): 9–17. (In Russ.).
17. Омельченко В.В. Сравнительный анализ Российской и международной систем классификации научных направлений (специальностей) // Правовая информатика. 2020. № 1. С. 55–63. / Omelchenko V.V. Sravnitelnyj analiz Rossijskoj i mezhdunarodnoj sistem klassifikacii nauchnykh napravlenij (special'nostej). Legal Informatics. 2020; 1: 55–63. (In Russ.).
18. Омельченко В.В. Общая теория классификации. Книга I. Методологические основы классификации объектов, процессов или явлений реальности. – М.: КнигИздат, 2024. – 770 с. / Omelchenko V.V. Obshchaya teoriya klassifikacii. Kniga I. Metodologicheskie osnovy klassifikacii objektov, processov ili yavlenij realnosti. Moscow: KnigIzdat Publ., 2024, 770 p. (In Russ.).
19. Наука и инновации: проблемы и тенденции развития – 2025 / А.А. Вартанян, В.В. Ворожихин, А.Ю. Губанов, В.В. Омельченко [и др.]. – М.: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем развития науки Российской академии наук», 2025. – 344 с. <https://doi.org/10.37437/9785912942037-25-m1> / Nauka i innovacii: problemy i tendencii razvitiya – 2025: A.A. Vartanyan, V.V. Vorozhihin, A.Yu. Gubanov, V.V. Omelchenko, et al. Moscow: Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethnoe uchrezhdenie nauki Institut problem razvitiya nauki Rossijskoj akademii nauk, 2025, 344 p. (In Russ.).

ОСНОВЫ МЕТОДА СИНТЕЗА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ НА НАЧАЛЬНОЙ СТАДИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

BASICS OF THE METHOD OF SYNTHESIS OF INTELLIGENT TRAINING SYSTEMS AT THE INITIAL STAGE OF THE LIFE CYCLE

Мистров Л.Е., д-р техн. наук, профессор; профессор кафедры правовой информатики, информационного права и естественнонаучных дисциплин Центрального филиала Российского государственного университета правосудия им. В.М. Лебедева (Воронеж, Россия)

Исаев В.В., канд. техн. наук, профессор, главный конструктор–заместитель генерального директора акционерного научно-внедренческого предприятия «ПРОТЕК» (Воронеж, Россия)

Mistrov L.E., Doctor of Technical Sciences, Professor; Professor of the Department of Legal Informatics, Information Law and Natural Sciences of the Federal State Budget-Funded Educational Institution of Higher Education «Russian State University of Justice named after V.M. Lebedev» (Voronezh, Russia)

Isaev V.V., PhD in Engineering, Professor, Chief Designer and Deputy General Director of the Joint-Stock Research and Implementation Enterprise PROTEK (Voronezh, Russia)

Предлагаются основы аналитического метода синтеза интеллектуальных тренажных систем в виде взаимообусловленной совокупности целевого, функционального, морфологического, структурного и параметрического аспектов исследований и доказательства сходимости предлагаемого метода. Целью исследования является разработка методических основ метода синтеза интеллектуальных тренажных систем в условиях неопределенности внешней среды. В основу метода положено использование положений теорий иерархических многоуровневых систем, принятия решений в условиях неопределенности, исследования операций и группового учета аргументов.

Ключевые слова: подготовка специалистов, интеллектуальная тренажная система, синтез систем, аспекты рассмотрения, сходимость метода.

Для цитирования: Мистров Л.Е., Исаев В.В. Основы метода синтеза интеллектуальных тренажных систем на начальной стадии жизненного цикла // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2026. № 2(89). С. 31–37.

The article presents the fundamentals of an analytical method for synthesizing intelligent training systems as an interdependent set of target, functional, morphological, structural, and parametric research aspects, along with evidence of the proposed method's convergence. The purpose of the research is to develop methodological foundations for the synthesis of intelligent training systems in an uncertain environment. The method is based on the use of theories of hierarchical multilevel systems, decision-making in conditions of uncertainty, operations research and group consideration of arguments.

Keywords: training of specialists, intelligent training system, synthesis, aspects of consideration, convergence of the method.

For citation: Mistrov L.E., Isaev V.V. Basics of the method of synthesis of intelligent training systems at the initial stage of the life cycle. Information and economic aspects of standardization and technical regulation. 2026; 2(89):31–37. (In Russ.)

ВВЕДЕНИЕ

Современный уровень развития образовательной среды, вычислительной техники и информационно-коммуникационных технологий позволяет моделировать практически любой вид деятельности человека, связанный с обработкой информации на основе разработки различного типа информационных систем (ИС), к которым можно отнести и интеллектуальные тренажные системы (ИТС) [1]. Под понятие «ИТС» подпадает широкий круг ИС, предназначенных для реализации задач планирования и управления ресурсом аппаратных и программных средств (АПС)

при решении учебно-тренажных задач (УТЗ) в интересах подготовки специалистов по управлению сложными радиоэлектронными объектами (РЭО). ИТС характеризуются наличием большого количества технологических операций по анализу и обработке информации, многообразием типов АПС, множеством вариантов их использования и специфичностью условий протекания информационных процессов при решении УТЗ. Основу их разработки составляет задача многокритериального обоснования оптимальных решений по облику (составу элементов, алгоритмов функционирования и технических характеристик) ИТС, возникающая с целью: а) модернизации / реконфигурации

морально устаревших информационных тренажеров при использовании их АПС в структуре ИТС для выполнения множества, в том числе и вновь возникающих УТЗ; б) анализа и согласования иерархичной системы показателей качества ИТС на множестве УТЗ для формирования «индивидуального» вектора критериев эффективности решения каждой задачи исходя из требований по качеству (эффективности), ресурсоемкости и оперативности решения задач; в) преодоления «проклятой» размерности задачи, обусловленной расширяемой многозадачностью решаемых ИТС разноплановых УТЗ; циркуляцией в исполнительных и управляющих контурах принятия решений при моделировании УТЗ разноуровневой качественно-количественной информации; сетевой структурой и иерархичностью протекающих в структуре ИТС информационных процессов, включающих конечное множество элементарных технологических циклов и операций сбора, обобщения, обработки, анализа и иерархического поуровневого преобразования информации, повторения и разветвления при их последующем интегральном объединении в программные компоненты в характерных узлах траекторий выполнения обучаемыми каждой уникальной в своем роде УТЗ; оптимального распределения ресурса АПС по этапам выполнения УТЗ, а также различного типа технологических потерь при переходе от одной операции к другой в процессе функционирования. Основу ее решения на начальном этапе жизненного цикла ИТС составляет задача концептуального синтеза ее облика, которая, с одной стороны, позволяла бы с инвариантных позиций решать эту задачу независимо от качества АПС, устаревших типов информационных тренажеров, а с другой – обеспечила бы возможность их модернизации и использования для решения УТЗ в структуре ИТС. Наиболее экономичным путем создания ИТС является совершенствование в ее структуре интеграционных процессов обработки информации об УТЗ за счет разработки и оптимизации характеристик и алгоритмов функционирования аппаратно-программного обеспечения с учетом возможности использования (модернизации) устаревшего аппаратного оборудования.

В общем случае под ИТС понимается совокупность объединенных единством цели обучения элементов управления, информационного обеспечения и исполнения (на основе АПС), предназначенных для моделирования (решения) определенного множества УТЗ в интересах подготовки специалистов по управлению применением различного типа РЭО за директивное время. Основу облика ИТС составляют допустимые варианты требований по составу и структуре, порядку (алгоритмам) функционирования и основным техническим характеристикам, определяющим ее эффективность ее применения. Допустимость вариантов облика ИТС характеризуется внешне- и внутрисистемными условиями, ограничивающими их реализацию при формировании технического задания на создание и применение. Такими ограничивающими условиями являются стоимост-

ные, энергетические, вычислительные, технологические и эксплуатационные ресурсы, выделяемые на создание АПС и пространственно-временные ограничения на применение (реализацию основного предназначения) ИТС.

ИТС относится к классу многофакторных систем с обратной связью, определение обликовых параметров в которых зависит от сложного взаимодействия временных распределений различных процессов и событий, а также от наличия множества взаимообусловленных ограничений. В соответствии с теорией исследования операций ее разработка основывается на:

- системе методов и моделей обоснования оптимального облика;
- системе математических моделей для решения УТЗ обучаемыми и сводится к последовательному решению совокупности задач, относящихся к классу задач синтеза.

Основу синтеза ИТС составляет решение двух взаимосвязанных задач: а) определение функционального предназначения, структуры и состава информации, необходимой для решения УТЗ на основе метода функционального синтеза, и б) обоснование структуры, состава, технических характеристик и принципов работы АПС, определяющих метод ее структурного и параметрического синтеза.

Разнообразие и сложность подлежащих решению ИТС множества УТЗ предопределили актуальность задачи обоснования их структурно-функционального облика на множестве задач. Их решение предполагает формализацию задачи и разработку соответствующего методического обеспечения исходя из предметной области ИТС. В настоящее время разработчики информационных тренажеров сталкиваются с рядом факторов, связанных с неточностью формулировки требований к их существенным свойствам в техническом задании заказчика, и множеством различных типов неопределенностей относительно имитируемых объектов, а также исходных данных о статических и динамических (в первую очередь способах применения объектов) свойствах объекта. Это усложняет их задачу, предполагающую детерминизацию требований заказчика в техническом задании и разработку способов парирования разработчиком неопределенностей, составляющих в общем случае их коммерческую тайну, что усложняет процесс эксплуатации информационных тренажеров – приводит к возникновению объективного противоречия между применяемыми коммерческими способами разрешения неопределенностей и усложнением эксплуатации информационных тренажеров. В общем случае их обоснование базируется на широком использовании методов обоснования облика ИТС на основе оптимизации разнородного информационного ресурса и множества взаимосвязей АПС. Это предопределило цель и содержание статьи, направленной

на разработку методических основ метода синтеза ИТС для разрешения различных типов неопределенностей и проверки их сходимости для решения множества УТЗ в интересах подготовки специалистов по управлению применением РЭО на основе развития существующих методов синтеза систем с учетом особенностей начальной стадии жизненного цикла системы.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ СИНТЕЗА ОБЛИКА ИТС

Для решения прикладных задач подготовки специалистов по управлению применением РЭО используется объединенная единством цели совокупность АПС, составляющая основу структуры ИТС. Исследования по обоснованию облика ИТС есть синтез, который на начальной стадии ее жизненного цикла направлен на обоснование целей создания, определение основных характеристик (параметров), состава и структуры, уточнение (при необходимости) облика включаемых в ее состав АПС, в том числе и морально устаревших информационных тренажеров. С теоретической точки зрения, синтез – это сжатое отображение исторического, настоящего и прогнозируемого развития ИТС на всех этапах жизненного цикла. С практической же точки зрения синтезом ИТС в широком смысле является формирование представлений о ее существенных свойствах и способах применения, в узком – совокупность ее структурных и технических параметров.

Синтез ИТС на начальной стадии жизненного цикла (далее, – синтез ИТС) имеет особенности, обусловленные объективно присущей этой стадии неполнотой и расплывчатостью представлений о решаемых ею задачах, условиях применения, границах, эффективности использования, объема выделенного ресурса, исходных данных о способах применения РЭО и др. Поскольку известные методы синтеза предполагают более или менее четкие исходные представления об облике системы, сформулированные заказчиком, замыслом или концепцией создания системы, то их применение в целях синтеза ИТС наталкивается на ряд трудностей. Вместе с тем принятые в этих методах подходы к решению задач синтеза систем являются достаточно общими и конструктивными, что позволяет распространять их на задачу синтеза ИТС.

Моделирование задачи синтеза ИТС исходит из необходимости решения ею определенного множества УТЗ, что позволяет ее синтез рассматривать как процесс обоснования задач (функций, их реализующих в виде множества однородного, выделенного по определенному признаку, виду деятельности) целевого применения, направленный на решение множества УТЗ в форме оптимально-временного распределения разнородного ресурса АПС. Он предполагает установление причинно-следственных взаимосвязей (отношений) между разнородным ресурсом АПС, в том числе и динамики таких взаимосвязей (временного

ресурса) на основе реализации определенной системы функций, процедур и операций.

Содержательно задачу синтеза ИТС можно сформулировать в общем виде следующим образом.

Пусть определена цель создания ИТС применительно к определенному классу / типу РЭО, условия применения и ограничения, применительно к которым она будет создаваться. Требуется определить такую совокупность задач (функций) ИТС, различного типа и взаимосвязей АПС и порядок (алгоритмы) их функционирования, которые обеспечивают решение определенного числа УТЗ. Также для ИТС могут быть разработаны новые и использованы ранее разработанные информационные тренажеры АПС. Требуется определить облик такой ИТС, которая обеспечивала бы рациональное решение поставленной задачи (комплекса УТЗ) применительно к заданным условиям ее применения и ограничениям.

Такая концептуальная постановка задачи позволяет ее представить задачей оптимизации разнородного ресурса АПС на разработку облика (типа и взаимосвязей программных и аппаратных средств) ИТС и функций принятия и исполнения решений, т.е. такой организации ее программной реализации, которая обеспечивала бы решение определенной номенклатуры УТЗ на множестве условий применения РЭО.

Для математической постановки задачи синтеза ИТС введем следующие обозначения.

Под обликом ИТС O будем понимать кортеж $\langle Z, D, M, S, X \rangle$, включающий назначение (перечень решаемых задач Z), принципы функционирования D , состав M и структуру S и множество характеристик (параметров) X , определяющих назначение и применение ИТС.

Для создания ИТС необходимо выделение определенных ресурсов $C(O, U)$ и задание U условий ее применения. В денежном выражении на создание ИТС затраты равны $C(O, U)$, которые на практике всегда ограничены некоторым предельным уровнем C_0 , то есть $C(O, U) \leq C_0$.

Важнейшими показателями, характеризующими основную функцию или назначение ИТС и позволяющими принимать решение о предпочтительности того или иного ее варианта, являются показатели эффективности $W_i, i = \overline{1, I}$. В зависимости от O облика ИТС и условий ее применения U показатели эффективности могут принимать разные значения, $W_i = W_i(O, U)$.

Полнота решения ИТС поставленной практической задачи (комплекса УТЗ) характеризуется целевой функцией $F(O, U)$. Рациональным (оптимальным) считается такое решение задачи, при котором целевая функция имеет экстремальное значение в заданных ограничениях. ИТС, обеспечивающая

рациональное решение поставленной практической задачи (комплекса УТЗ), является предпочтительной – обозначим ее облик в виде $O^* = \langle Z^*, D^*, M^*, S^*, X^* \rangle$.

Тогда в общем виде математическая постановка задачи синтеза ИТС может быть представлена в виде:

$$O^* = \underset{O \in \{O_d\}}{\text{Arg extr}} (F(O, U)),$$

$$\{O_d\} = \{O: R(O, U) \subseteq R\}, \quad (1)$$

где $\{O_d\}$ – подмножество допустимых вариантов, принадлежащих множеству возможных вариантов ИТС, $O_d \in \{O\}$; R – множество ограничений на создание ИТС, включающих ограничения по решаемым УТЗ $R(Z) \subseteq R_Z$, принципам функционирования $R(D) \subseteq R_D$, составу элементов $R(M) \subseteq R_M$, структуре $R(S) \subseteq R_S$ и характеристикам (параметрам) ИТС $R(X) \subseteq R_X, R = R_Z \cup R_D \cup R_M \cup R_S \cup R_X$.

В зависимости от системы предпочтений заказчика ИТС в качестве целевой функции $F(O, U)$ могут быть приняты затраты $C(O, U)$ или интегральный показатель эффективности ее применения $W = (W_1, \dots, W_l)$. Исходя из этого задача синтеза ИТС в виде (1) может быть сформулирована в варианте задачи минимизации затрат:

$$O^* = \underset{O \in \{O_o\}}{\text{Arg min}} C(O, U),$$

$$\{O_o\} = \{O: W(O, U) \geq W_o, R(O, U) \subseteq R\}, \quad (2)$$

или в варианте задачи максимизации эффективности:

$$O^* = \underset{O \in \{O_o\}}{\text{Arg max}} W(O, U),$$

$$\{O_o\} = \{O: C(O, U) \leq C_o, R(O, U) \subseteq R\}. \quad (3)$$

ИТС, как правило, являются крупномасштабными, структурно сложными и дорогостоящими (ресурсоемкими) системами. Поэтому при синтезе ИТС более предпочтительной является постановка задачи (2).

При любом варианте постановки задачи основная методологическая трудность в решении задачи синтеза ИТС состоит в определении допустимого множества вариантов O_d , поскольку поиск экстремума целевой функции $F(O, U)$ при наличии современных вычислительных средств не представляет существенных проблем. В этом смысле метод синтеза допустимого варианта ИТС совпадает с методом ее синтеза.

ОСНОВЫ МЕТОДА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ СИНТЕЗА ОБЛИКА ИТС

Допустимый вариант облика ИТС представляет ее ментальный объект (идеал). Генезис допустимого варианта ИТС

от момента зарождения до момента его материализации повторяет в общих чертах, но в обратном порядке последовательность физического процесса построения системы (материального возникновения). То есть вначале необходимость создания ИТС обуславливает возникновение способа ее удовлетворения по подготовке специалистов по управлению применением РЭО, соответственно функцией, реализующей этот способ, затем формируется материальный носитель функции с соответствующей структурной организацией. Нежизнеспособные направления процесса генезиса отсекаются условиями применения ИТС и ресурсными ограничениями. При тупиковом направлении происходит возврат в предыдущие состояния облика ИТС. То есть синтез ИТС осуществляется поэтапно и, при необходимости, циклично, с последовательным наращиванием объема представлений об облике системы и степени их детализации. Цикличность исследований характеризуется законченностью рассматриваемого процесса исследований определенным результатом; повторяемостью и возможностью возврата к предыдущим процессам исследований; передачей системогенетической информации от одного цикла результатов к другому; логической упорядоченностью и относительной замкнутостью составных частей (стадий, циклов и этапов) исследований с наращиванием представлений, использованием категорий «аспекты» и «уровни синтеза». Каждый временной цикл обоснований облика ИТС по сути есть синтез, но с определенной точки зрения на систему и глубину поуровневого раскрытия.

В общем случае основу метода синтеза ИТС составляет решение задачи обоснования ее облика через формирование иерархической системы целей в форме целенаправленной функциональной деятельности, связанной с поэтапным процессом принятия решений. Вследствие возможности представления ИТС на начальном этапе исследований в виде «черного ящика» на основе формирования множества отношений типа «вход-выход», цель ее синтеза может быть определена через иерархическую систему решаемых УТЗ, поэтому цель считается достигнутой, если определено их решение. То есть из соотношения между целями и результатами решения УТЗ следует, что процесс последовательной иерархической детализации задачи синтеза ИТС представляется деревом декомпозиции цели исследований в виде взаимообусловленной и взаимозависимой поаспектной и поуровневой оптимизации ее облика [2] (см. рисунок).

В соответствии с общей структурой метода синтеза ИТС задача синтеза разделяется на ряд частных функциональных задач. При невозможности решения соответствующей частной функциональной задачи в заданных условиях и ограничениях возникает обратная связь, обуславливающая необходимость уточнения решения предыдущих частных функциональных задач синтеза ИТС, а также условий применения и ограничений. Во времени частные функции

ональные задачи синтеза ИТС могут решаться последовательно и параллельно в различной комбинации, не нарушая общей логики взаимосвязей (см. рисунок).

Для одного цикла частные функциональные задачи синтеза ИТС математически можно записать в следующем виде:

а) задача целевого синтеза ИТС

$$Z^* = \mathop{\text{Arg min}}_Z C_z(Z, U),$$

$$Z \in O_z = \langle Z, \tilde{D}, \tilde{M}, \tilde{S}, \tilde{X} \rangle, W_z(O_z, U) \geq W_o, R(O_z, U) \subseteq R, \quad (4)$$

б) задача функционального синтеза ИТС

$$D^* = \mathop{\text{Arg min}}_D C_D(D, U),$$

$$O_D = \langle Z^*, D, \tilde{M}, \tilde{S}, \tilde{X} \rangle, W_D(O_D, U) \geq W_o, R(O_D, U) \subseteq R, \quad (5)$$

в) задача морфологического синтеза ИТС

$$M^* = \mathop{\text{Arg min}}_M C_M(M, U),$$

$$O_M = \langle Z^*, D^*, M, \tilde{S}, \tilde{X} \rangle, W_M(O_M, U) \geq W_o, R(O_M, U) \subseteq R, \quad (6)$$

г) задача структурного синтеза ИТС

$$S^* = \mathop{\text{Arg min}}_S C_S(S, U),$$

$$O_S = \langle Z^*, D^*, M^*, S, \tilde{X} \rangle, W_S(O_S, U) \geq W_o, R(O_S, U) \subseteq R, \quad (7)$$

д) задача параметрического синтеза ИТС

$$X^* = \mathop{\text{Arg min}}_X C_X(X, U),$$

$$X \in O_X = \langle Z^*, D^*, M^*, S^*, X \rangle, W_X(O_X, U) \geq W_o, R(O_X, U) \subseteq R. \quad (8)$$

Очевидно, что метод синтеза ИТС представляет метод последовательных приближений, обуславливая правомерность вопроса о сходимости последовательности синтезируемых вариантов ИТС.

СХОДИМОСТЬ СИНТЕЗИРУЕМЫХ ВАРИАНТОВ ИТС

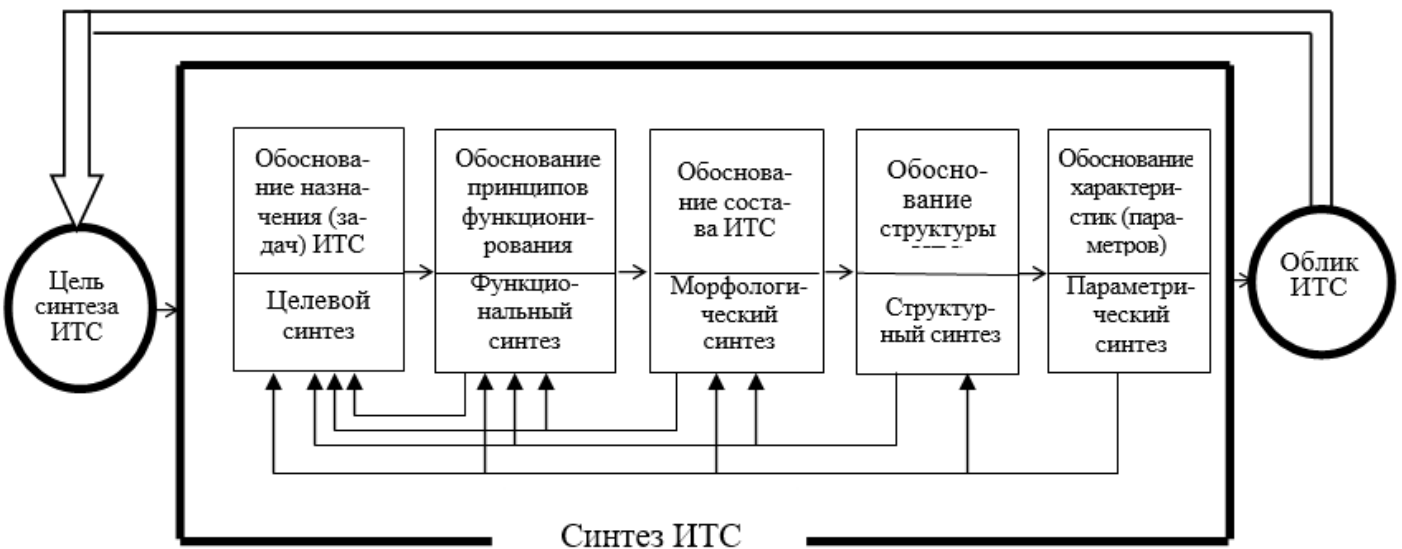
Для обоснования сходимости результатов синтеза по аспектам ИТС представим выражение (2) в виде отображения

$$P : \{O_o\} \rightarrow O^*, \quad O^* \in \{O_o\}, \quad (9)$$

где $\{O_o\}$ – множество допустимых вариантов ИТС.

При существовании решения задачи синтеза ИТС O^* будет выполняться равенство $PO^* = O^*$ указывающее на то, что предпочтительный вариант ИТС есть неподвижная точка отображения P [3].

Введем метрическое пространство $A = (\{O_o\}, p)$, где p есть расстояние между любыми точками (вариантами) O_o, O_o' , множества $\{O_o\}$. При этом в качестве p могут применяться различные метрики. Положим, например:



Общая структура задачи концептуального синтеза ИТС (символ ~ означает предварительные предложения)

$$\rho(O'_o, O''_o) = \begin{cases} 0, & \text{если } O'_o = O''_o; \\ 1, & \text{если } O'_o \neq O''_o, \end{cases}$$

На практике вследствие ограниченной чувствительности целевой функции $C(O, U)$ и показателя эффективности $W(O, U)$ дополнительно к аргументам наличия неопределенностей и слабо формализуемых факторов существуют неразличимые для отображения P варианты ИТС. Множество этих вариантов образуют класс эквивалентности. Предпочтительный вариант ИТС O^* является общим представителем этого класса. Неразличимость вариантов ИТС означает для метрического пространства A выполнение неравенства $\rho(PO'_o, O''_o) \leq \rho(O'_o, O''_o)$ указывающего на то, что отображение P является сжимающим.

Всякое сжимающее отображение, определенное в полном метрическом пространстве, имеет одну и только одну неподвижную точку (принцип сжимающих отображений [4]). Значит, последовательность синтезируемых вариантов ИТС будет сходиться к предпочтительному варианту O^* .

Структуру синтеза ИТС наглядно можно представить в виде дерева, каждая ветвь которого на нижележащем уровне представляет собой пучок структуризованных допустимых возможных вариантов. В ходе синтеза сжимающее отображение, задаваемое соответствующим выражением из (4) – (8), действует так, что из пучка выбирается ветвь (предпочтительный вариант ИТС), которая на последующем уровне вновь преобразуется в пучок. И так далее.

Таким образом, при переходе от одного этапа синтеза ИТС к другому возникает последовательность вкладываемых друг в друга непустых замкнутых множеств ее вариантов. Сжимающие отображения на каждом этапе синтеза ИТС обеспечивают стремление диаметров множеств допустимых вариантов ИТС к нулю. Поэтому в соответствии с теоремой о вложенных шарах [5] пересечение этих множеств сводится к одной точке, и этой точкой является предпочтительный вариант ИТС O^* .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Основу разработки ИТС составляет задача оптимально-временного распределения разнородного информационного ресурса и множества различных связей АПС на основе использования методов ее синтеза.

2. Эффективность решения ИТС определенного множества УТЗ характеризуется целевой функцией, которая в зависимости от системы предпочтений ее заказчика формулируется в варианте задачи минимизации затрат при условии решения определенного числа задач.

3. Обоснование облика ИТС представляется в виде циклического процесса, характеризующегося в последовательном исследовании ее свойств с наращиванием представлений с использованием категорий синтеза: стадий (циклов), аспектов (целевого (концептуального), функционального, морфологического, структурного, параметрического) и уровней (внешнесистемного, внутрисистемных). При этом оптимизация облика ИТС осуществляется поаспектно и поуровнево, начиная с этапа концептуального синтеза и оканчивая параметрическим синтезом, обеспечивающим последовательное раскрытие и обоснование его назначения, принципов функционирования, состава, структуры и характеристик.

4. Сходимость вариантов ИТС осуществляется по аспектам на основе проверки в метрическом пространстве расстояний между любыми допустимыми вариантами ее облика. Так как метрическое пространство допустимых вариантов является сжимающим и имеет одну и только одну неподвижную точку (принцип сжимающих отображений), то последовательность синтезируемых вариантов ИТС будет сводиться к предпочтительному варианту.

Список литературы

1. Мистров Л.Е., Поляков О.В. Метод синтеза интеллектуальных тренажерных систем подготовки специалистов по применению радиоэлектронных объектов // Информационные системы и технологии. 2021 № 6 (128). С. 78–82.
2. Мистров Л.Е., Головченко Е.В., Перминов Г.В. Системотехнические основы проектирования сложных технических комплексов (систем) // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2022. №5 (69). С. 71–78.
3. Колмогоров А.Н., Фомин С.В. Элементы теории функций и функционального анализ. – М.: Наука, 1981. – 543 с.
4. Канторович Л.В., Акимов Г.П. Функциональный анализ. – М.: Наука, 1977. – 744 с.
5. Натансон И.П. Теория функций вещественной переменной. – М.: ГИТТЛ, 1957. – 552 с.

References

1. Mistrov L.E., Polyakov O.V. Method of synthesis of intelligent training systems for training specialists in the use of radio-electronic objects. Information systems and technologies. 2021. No. 6 (128), pp. 78–82.
2. Mistrov L.E., Golovchenko E.V., Perminov G.V. Systems engineering foundations for designing complex technical complexes (systems). Information and economic aspects of standardization and technical regulation. 2022. No. 5(69), pp. 71–78.
3. Kolmogorov A.N., Fomin S.V. Elements of the theory of functions and functional analysis. Moscow: Nauka Publ., 1981, 543 p.
4. Kantorovich L.V., Akimov G.P. Functional analysis. Moscow: Nauka Publ., 1977, 744 p.
5. Natanson I.P. Theory of functions of a real variable. Moscow: State Publishing House of Technical and Theoretical Literature, 1957, 552 p.

СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЦИФРОВОЙ ФАБРИКИ КАК ОСНОВА ОРГАНИЗАЦИИ АЛЮМИНИЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА

STRUCTURAL-PARAMETRIC MODEL OF A DIGITAL FACTORY AS THE BASIS FOR ALUMINUM PRODUCTION MANAGEMENT

Нугманов Д.И., инженер-исследователь, кафедра систем автоматизации и управления технологическими процессами, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» (Казань, Россия)

Нурғалиев Р.К., заведующий кафедрой, кафедра систем автоматизации и управления технологическими процессами, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» (Казань, Россия)

Nugmanov D.I., Research Engineer, the Department of process automation and control, Kazan National Research Technological University (Kazan, Russia)

Nurgaliev R.K., Head of the Department, the Department of process automation and control, Kazan National Research Technological University (Kazan, Russia)

Эффекты цифровизации производственных систем определяют растущий интерес предприятий к комплексной модернизации процессов. Создание модели цифровой фабрики позволяет реализовать системный подход к цифровой трансформации предприятия, обеспечивая повышение качества процессов и продукции, надежность и эффективность производства. Важное значение имеет учет отраслевой специфики технологических процессов. В центре внимания авторов – проблематика моделирования цифровой фабрики алюминиевого производства. Цель исследования – разработка структурно-параметрической модели цифровой фабрики, адаптированной для предприятий алюминиевой промышленности. В ходе исследования путем систематизации проблемного поля, характеристик, нормативной базы построен концептуальный каркас моделирования алюминиевого производства, обеспечивающий теоретическую основу для создания модели цифровой фабрики; предложена структурно-параметрическая модель цифровой фабрики алюминиевого производства (на примере системы управления качеством), интегрирующая современные цифровые инструменты и иерархическую систему управления потоками; обоснована роль цифровых двойников в модели цифровой фабрики. Моделирование цифровой фабрики алюминиевого производства позволяет решить задачу импортозамещения и обеспечения технологического суверенитета.

Ключевые слова: алюминиевое производство, производственная система, цифровая фабрика, цифровой двойник, управление качеством.

Для цитирования: Нугманов Д.И., Нурғалиев Р.К. Структурно-параметрическая модель цифровой фабрики как основа организации алюминиевого производства // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2026. № 2(89). С. 38–43.

Effects of digitalization of production systems determine the growing interest of enterprises in comprehensive process modernization. Creating a digital factory model enables the implementation of a systematic approach to the digital transformation of an enterprise, ensuring improved quality of processes and products, reliability, and production efficiency. Consideration of the industry-specific nature of technological processes is of great importance. The authors focus on the problems of modeling a digital factory for aluminum production. The purpose of the study is to develop a structural-parametric model of a digital factory adapted for enterprises in the aluminum industry. In the course of the study, by systematizing the problem field, characteristics, regulatory framework, and principles, a conceptual framework for modeling aluminum production was constructed, providing a theoretical basis for creating a digital factory model; a structural-parametric model of a digital factory for aluminum production (using the example of a quality management system) was proposed, integrating modern digital tools and a hierarchical flow management system; the role of digital twins in the digital factory model was substantiated. Modeling a digital factory for aluminum production makes it possible to solve the problem of import substitution and ensure technological sovereignty.

Keywords: aluminum production, production system, digital factory, digital twin, quality management.

For citation: Nugmanov D.I., Nurgaliev R.K. Structural-Parametric Model of a Digital Factory as the Basis for Aluminum Production Management. Information-economic aspects of standardisation and technical regulation. 2026; 2(89): 38–43. (In Russ.).

ВВЕДЕНИЕ

Интеграция цифровых технологий в производственные системы становится неотъемлемым элементом их стратегии развития, действенным инструментом повышения эффективности, качества и экологичности технологических процессов. Однако фрагментарной цифровой трансформации становится недостаточно, требуется системный подход, адекватный условиям Четвертой промышленной революции.

Потенциал цифровизации весьма высок, охватывает широкий инструментальный спектр, от сбора первичных данных на полевом уровне до автоматизированного проектирования, имитационного моделирования, предиктивной аналитики и интеллектуальной системы поддержки принятия решений. В масштабах производственной системы актуальным инструментом выступает «цифровая фабрика». Ее базовая структура регламентирована стандартами ГОСТ Р 70265.1–2022 «Измерение, управление и автоматизация промышленного процесса. Структура цифровой фабрики. Часть 1. Основные положения» [1] и ГОСТ Р 70265.2–2024 «Измерение, управление и автоматизация промышленного процесса. Структура цифровой фабрики. Часть 2. Элементы модели» [2]. Однако для применения в конкретной отрасли требуется адаптация данных положений.

В России цифровая трансформация совмещена с целями политики импортозамещения. На фоне ухода зарубежных поставщиков программных продуктов (Siemens, SAP и др.) крупные предприятия усилили фокус на разработке корпоративных информационных систем с учетом специфики технологических процессов или обоснованном выборе готовых отечественных решений. Данная проблема также затронула алюминиевые производства, в технологические цепочки которых активно внедряются умные устройства, автоматизированные системы, роботы [3].

Вышесказанное определяет важность разработки такой модели цифровой фабрики, которая учитывает специфику сырья, оборудования, технологических процессов алюминиевого производства.

Концептуально модель цифровой фабрики описывает производственную систему в цифровом формате [1]. Структурно цифровая фабрика рассматривается как элемент умной фабрики и более масштабно как блок виртуальной фабрики; базируется на цифровых двойниках изделия и материала и формирует модель изделия, материала, производственного участка [4]. С позиции жизненного цикла изделия цифровая фабрика представляет собой систему технологий проектирования и производства конкурентоспособной продукции на этапах планирования изделия, проектирования изделия, планирования производства; «умная» фабрика дополнительно включает этапы пусконаладочных работ и серийного производства; виртуальная фабрика охватывает

все этапы жизненного цикла изделия [5]. Таким образом, неотъемлемым элементом модели цифровой фабрики является цифровой двойник, умные модели продуктов. Если разработке цифровых двойников в отрасли посвящен обширный массив научных исследований [6, 7], то проблематика моделирования цифровой фабрики алюминиевого производства исследована слабо.

Цель исследования – разработка структурно-параметрической модели цифровой фабрики, адаптированной для предприятий алюминиевой промышленности.

Достижение цели исследования предполагает решение ряда задач:

- 1) построить концептуальную структуру моделирования алюминиевого производства;
- 2) разработать структурно-параметрическую модель цифровой фабрики алюминиевого производства.

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ КАРКАС МОДЕЛИРОВАНИЯ АЛЮМИНИЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Алюминиевое производство представляет собой сложную технологическую систему, определяющую жесткие требования к разрабатываемым математическим моделям и, как следствие, необходимость формирования концептуального каркаса, интегрирующего структурные, параметрические и функциональные аспекты моделирования (см. рис. 1).

Потребность формирования цифровой инфраструктуры предприятия обусловлена рядом причин, наиболее острыми из которых являются необратимый переход к интеллектуальным технологиям организации производства, технологическая политика государства и принципы устойчивого развития. Это определяет объект, предмет и цель моделирования производственной системы.

Нормативно-правовую основу создания модели цифровой фабрики образуют национальные стандарты (включая ГОСТ Р МЭК 62264-2–2016 «Интеграция систем управления предприятием. Часть 2. Объекты и атрибуты» [8], ГОСТ Р ИСО 9001–2015 «Системы менеджмента качества. Требования» [9]), информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 11-2022 «Производство алюминия» [10] и другие документы.

Среди принципов моделирования выделим принципы иерархичности и полноты данных. В первом случае речь идет о четырехуровневой структуре модели, где:

- полевой уровень объединяет контрольно-измерительные приборы, датчики, камеры;



Рис. 1. Концептуальный каркас моделирования алюминиевого производства

- уровень АСУТП обеспечивает автоматическое регулирование технологических параметров, первичную обработку данных (АСУТП именникового оборудования, операторские системы управления основным и вспомогательным производством, система хранения данных и др.);
- уровень управления производством обеспечивает календарное и оперативное планирование, управление качеством и материалами, обслуживание активов;
- уровень управления предприятием обеспечивает стратегическое планирование, управление материальными потоками, активами, финансами, продажами, персоналом и др.

- 2) технологические – параметры процессов (рецептуры, температура, скорость литья, давление, расход воды и др.);
- 3) выходные – характеристики готовой продукции, включая коэффициент годного продукта;
- 4) параметры состояния – износ оборудования, отклонения процесса производства от состояния статистической управляемости, индексы пригодности и воспроизводимости процесса и др.;
- 5) ресурсные – потребление энергетических, водных ресурсов.

Совокупность знаний о производственных процессах позволяет сформулировать обобщенную модель цифровой фабрики алюминиевого производства (1):

$$M = f(E, R, P, F, C), \tag{1}$$

где $E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$ – множество элементов моделируемой системы (машины, оборудование, цеха и др.);

$R_{inf} = \{r_{inf_1}, r_{inf_2}, \dots, r_{inf_n}\}$ и $R_{mat} = \{r_{mat_1}, r_{mat_2}, \dots, r_{mat_n}\}$ – множество информационных и материальных потоков, связывающих элементы системы между собой;

Принцип полноты данных предполагает включение в модель цифровой фабрики всех значимых параметров, определяющих качество выпускаемой продукции и техническую эффективность производства. Исходя из этого массив параметров объединяет:

1) входные – характеристики сырья и материалов (пек каменноугольный, кокс нефтяной сырой и др.), складские остатки запасов, численность персонала;

$P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ – множество параметров, характеризующих состояние элементов системы;

$F = \{f_1, f_2, \dots, f_n\}$ – множество функций, описывающих изменение параметров, связи между элементами;

$C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ – множество ограничений производственной системы (ресурсные, технологические, предельные / пороговые значения).

Предложенный концептуальный каркас моделирования служит методологической основой для разработки структурно-параметрической модели цифровой фабрики и инструментария управления производством.

СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЦИФРОВОЙ ФАБРИКИ

Содержательно модель связывает в единую систему физическую, цифровую и управляющую подсистемы (рис. 2). Согласно стандарту ГОСТ Р 70265.1–2022 базовая структура цифровой фабрики определяет [1]:

- модель активов производственной системы (детали, устройства, оборудование, программное обеспечение и т.п., т.е. объекты в составе производственной системы);

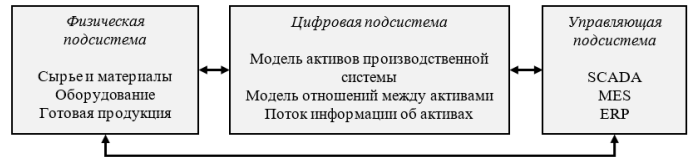


Рис. 2. Подсистемы модели цифровой фабрики

- модель отношений между активами (взаимосвязи между двумя и более элементами);
- поток информации об активах (идентификационная, о статусе актива, серийный номер, роль, ссылки и др.).

Структурно-параметрическая модель представляет собой формализованное описание сложной системы, которое отражает структурный и параметрический аспект. В контексте моделирования производственных процессов под структурой понимается иерархия уровней управления и совокупность параметров, характеризующих тот или иной элемент моделируемой системы.

Далее представлен фрагмент модели, сфокусированный на блоке управления качеством (рис. 3). Блок объединяет 3 подблока: автоматизированную систему аналитического контроля (АСАК), автоматизированную систему управления рецептурами (АСУР) и систему контроля качества про-

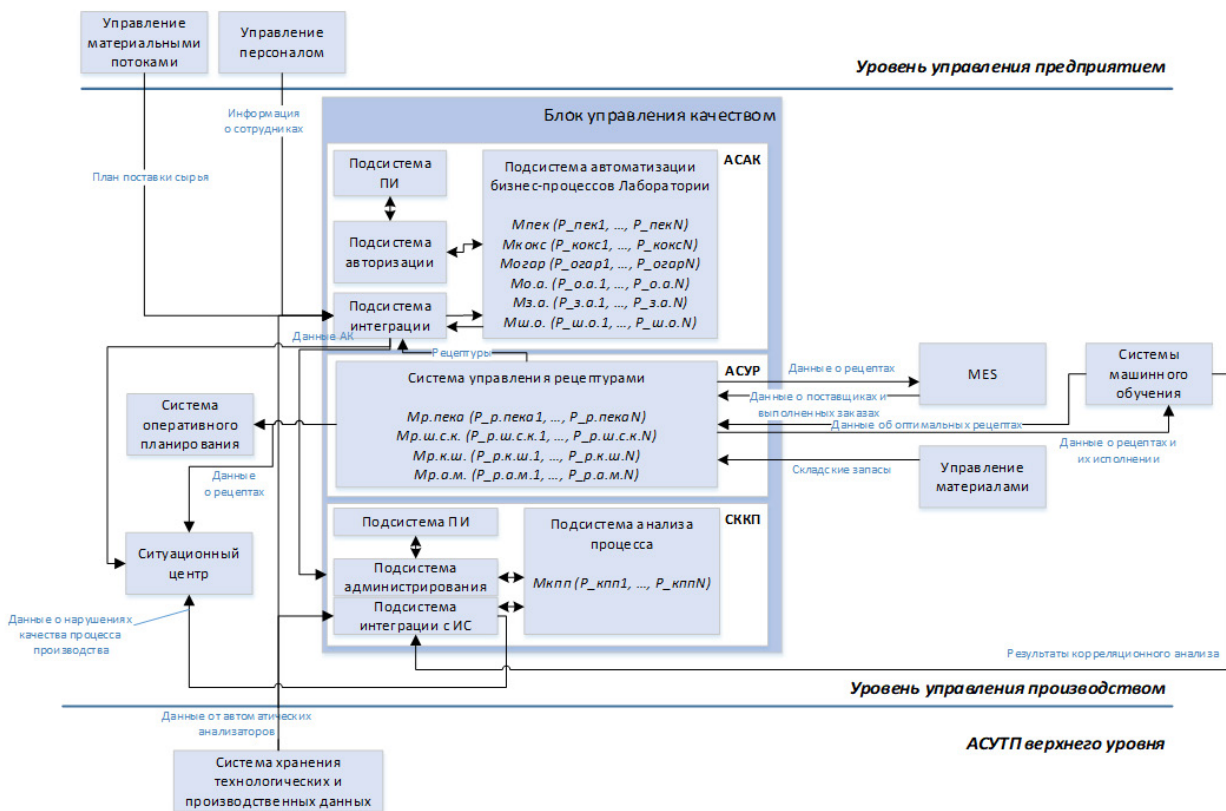


Рис. 3. Фрагмент структурно-параметрической модели цифровой фабрики

цесса (СККП). Каждый подблок включает подсистемы (пользовательский интерфейс (ПИ), авторизация, интеграция с информационными системами (ИС) и др.).

1) АСАК. Модель подсистемы автоматизации бизнес-процессов лаборатории, обслуживающей производство анодов, учитывает следующую совокупность параметров:

а) Мпек (параметры входного контроля пека каменноугольного) – массовая доля воды в твердом пеке, температура размягчения, коксовое число, вязкость, зольность и др.;

б) Мкокс (параметры кокса нефтяного сырого) – массовая доля общей влаги, зольность, массовая доля летучих веществ, примеси и др.;

в) Могар (огарки обожженных анодов) – действительная плотность, зольность, влага, вибрационная объемная плотность, удельное электрическое сопротивление и др.;

г) Мо.а. (обожженные аноды) – действительная плотность, кажущаяся плотность, зольность, удельное электрическое сопротивление, предел прочности на сжатие и др.;

д) Мз.а. (зеленые аноды) – действительная плотность, кажущаяся плотность, зольность, примеси, прочность на сжатие;

е) Мш.о. (шихта огарков) – действительная плотность, вибрационная объемная плотность, влага, удельное электрическое сопротивление и др.

2) АСУР. Модель подсистемы управления рецептурами опирается на ингредиентный состав рецептур:

а) технологического пека (Мр.пека);

б) шихты сырого кокса (Мр.ш.с.к.);

в) коксовой шихты (Мр.к.ш.);

г) анодной массы (Мр.а.м.).

3) СККП. Модель подсистемы анализа процесса учитывает следующие показатели качества: количество обнаружений признаков отклонения процесса производства от состояния статистической управляемости, количество пропущенных фактов отклонений, коэффициент достоверности идентифицированного признака отклонения, коэффициент годной продукции и др.

Блок управления качеством интегрируется с блоками верхнего уровня управления (управление персоналом, управление материальными потоками), третьего уровня (АСУР, СККП, управление заказами-нарядами в блоке MES, система управления складом сырья в блоке управления материалами, ситуационный центр), второго уровня (система хранения данных), а также системой машинного обучения в части обмена данными о рецептах.

Цифровой двойник позволяет усовершенствовать производственные процессы путем реализации рекомендательных моделей, сократить брак, простои оборудования, повысить скорость принятия наилучшего решения за счет консолидации информационных потоков, поступающих от:

- операторских систем управления производством, автоматизированной системы оперативно-диспетчерского управления (оперативные данные);
- системы оперативного планирования производства (третий уровень);
- системы управления основными данными (верхний четвертый уровень).

В концепции цифровой фабрики построенная структурно-параметрическая модель учитывает специфические параметры алюминиевого производства, обеспечивает синхронизацию между физическими и цифровыми объектами, интеграцию разнородных данных в едином цифровом пространстве, служит базой для имитационного моделирования производственных процессов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Преимущества моделирования цифровой фабрики заключаются в возможности повысить качество процессов и готовой продукции, обеспечить надежность и эффективность функционирования производства. Сформулированный подход к моделированию цифровой фабрики позволяет решить проблему ограничения доступа к зарубежным решениям Siemens, SAP в сфере алюминиевого производства.

К научным результатам, полученным в ходе исследования, относятся следующие:

1) построен концептуальный каркас моделирования алюминиевого производства, ориентированный на внедрение отечественных программных решений, отличающийся интеграцией проблемно-ориентированного подхода, иерархической структуры управления, параметрической классификации и математической формализации, что обеспечивает теоретическую основу для создания модели цифровой фабрики алюминиевого производства;

2) предложена структурно-параметрическая модель цифровой фабрики алюминиевого производства (на примере системы управления качеством), учитывающая специфические отраслевые параметры, интегрирующая современные цифровые инструменты и иерархическую систему управления потоками, обеспечивающая сквозное управление, возможность проектирования новых и модернизации действующих производств.

Список литературы

1. ГОСТ Р 70265.1–2022 Измерение, управление и автоматизация промышленного процесса. Структура цифровой фабрики. Часть 1. Основные положения. Издание официальное. – М.: Российский институт стандартизации, 2022. 36 с.
2. ГОСТ Р 70265.2–2024 Измерение, управление и автоматизация промышленного процесса. Структура цифровой фабрики. Часть 2. Элементы модели. Издание официальное. – М.: Российский институт стандартизации, 2024. 40 с.
3. Цифровая эра: как «Индустрия 4.0» пришла в алюминиевую отрасль. URL: https://up-pro.ru/library/information_systems/automation_management/cifrovaya-era/ (дата обращения: 24.02.2026). Текст: электронный.
4. Ткаченко И.С., Антипов Д.В., Куприянов А.В., Смелов В.Г., Кокарева В.В. Концептуальная модель цифрового завода производственного предприятия аэрокосмической отрасли // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2023. Т. 25. № 3(113). С. 90–106.
5. Фабрики будущего. URL: <https://technet.spbstu.ru/article/fabriki-buducshego> (дата обращения: 24.02.2026). Текст: электронный.
6. Чистяков Д.Г., Голубев В.О., Александров А.В. Цифровой двойник глиноземного производства на примере АО «РУСАЛ Ачинск» // Вестник Технологического университета. 2023. Т. 26. № 10. С. 159–165.
7. Бажин В.Ю., Чан Д.Х. Технологии литья и прокатки алюминиевых сплавов: цифровизация и перспективы применения // Инженерный вестник Дона. 2025. № 2(122). С. 860–874.
8. ГОСТ Р МЭК 62264-2–2016 Интеграция систем управления предприятием. Часть 2. Объекты и атрибуты. Издание официальное. – М.: Стандартинформ, 2016. 170 с.
9. ГОСТ Р ИСО 9001–2015 Системы менеджмента качества. Требования. Издание официальное. – М.: Стандартинформ, 2020. 32 с.
10. ИТС 11-2022 Производство алюминия. Утвержден приказом Росстандарта от 16.12.2022 г. № 3197. URL: <https://burondt.ru/its> (дата обращения: 24.02.2026). Текст: электронный.

References

1. GOST R 70265.1–2022 Izmerenie, upravlenie i avtomatizaciya promyshlennogo processa. Struktura cifrovoj fabriki. Chast' 1. Osnovnye polozheniya [Industrial-process measurement, control and automation. Digital factory framework. Part 1. General provisions]. Izdanie oficial'noe. M.: Rossijskij institut standartizacii, 2022. 36 p.
2. GOST R 70265.2–2024 Izmerenie, upravlenie i avtomatizaciya promyshlennogo processa. Struktura cifrovoj fabriki. Chast' 2. Elementy modeli [Industrial-process measurement, control and automation. Digital factory framework. Part 2. Model elements]. Izdanie oficial'noe. M.: Rossijskij institut standartizacii, 2024. 40 p.
3. The Digital Era: How Industry 4.0 Came to the Aluminum Industry. Available at: https://up-pro.ru/library/information_systems/automation_management/cifrovaya-era/ (accessed: 24.02.2026).
4. Tkachenko, I.S., Antipov, D.V., Kupriyanov, A.V., Smelov, V.G., Kokareva, V.V. Konceptual'naya model' cifrovogo zavoda proizvodstvennogo predpriyatiya aerokosmicheskoy otrasli [Conceptual model of the digital plant of manufacturing enterprises in the aerospace industry]. Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. 2023, vol. 25, no. 3(113), pp. 90–106.
5. Factories of the Future. Available at: <https://technet.spbstu.ru/article/fabriki-buducshego> (accessed: 24.02.2026).
6. Chistyakov, D.G., Golubev, V.O., Aleksandrov, A.V. Cifrovoy dvojn timer glynozernogo proizvodstva na primere AO «RUSAL Achinsk» [Digital twin of alumina refinery: case study of JSC “RUSAL Achinsk”]. Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta. 2023, vol. 26, no. 10, pp. 159–165.
7. Bazhin, V.Yu., Chan, D.H. Tekhnologii lit'ya i prokatki alyuminiyevyh splavov: cifrovizaciya i perspektivy primeneniya [Aluminum alloy casting and rolling technologies: digitalization and application prospects]. Inzhenernyj vestnik Dona. 2025, no. 2(122), pp. 860–874.
8. GOST R MEK 62264-2–2016 Integraciya sistem upravleniya predpriyatiem. Chast' 2. Ob»ekty i atributy [Enterprise control system integration. Part 2. Objects and attributes]. Izdanie oficial'noe. M.: Standartinform, 2016. 170 p.
9. GOST R ISO 9001–2015 Sistemy menedzhmenta kachestva. Trebovaniya [Quality management systems. Requirements]. Izdanie oficial'noe. M.: Standartinform, 2020. 32 p.
10. ITS 11-2022 Proizvodstvo alyuminiya [ITS 11-2022 Aluminum production]. Approved by Order of Rosstandart No. 3197 dated 16.12.2022. Available at: <https://burondt.ru/its> (accessed: 24.02.2026).

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ КЛАССИФИКАЦИИ И КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРИ ПРИМЕНЕНИИ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ACTUAL ASPECTS OF CLASSIFICATION AND QUALITY CONTROL OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEMS AND TECHNOLOGIES IN THE FOOD INDUSTRY

Савенкова Т.В., д-р техн. наук, профессор, Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова (Москва, Россия)

Замула В.С., канд. техн. наук, ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им В.М. Горбатова» РАН (Москва, Россия)

Savenkova T.V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Plekhanov Russian University of Economics (Moscow, Russia)

Zamula V.S., Candidate of Technical Sciences, V.M. Gorbatov Federal Scientific Center of Food Systems of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia)

В современных условиях роль и значение внедрения искусственного интеллекта в деятельность предприятий пищевой промышленности существенно возрастают. В статье рассмотрено применение базовых технологий искусственного интеллекта на основных стадиях и этапах процесса производства пищевой продукции, трансформирующегося с учетом преобладающих тенденций развития рынка пищевой продукции. Предложен методический подход к формированию классификатора систем искусственного интеллекта в пищевой промышленности. В заключении обоснована роль искусственного интеллекта как действенного инструмента повышения эффективности функционирования предприятий пищевой промышленности.

Ключевые слова: автоматизация, искусственный интеллект, контроль качества, оптимизация, пищевая промышленность, потребительские предпочтения, продовольственная безопасность, производственный процесс, система, технология.

Для цитирования: Савенкова Т.В., Замула В.С. Актуальные вопросы классификации и контроля качества при применении систем и технологий искусственного интеллекта в производстве пищевой продукции // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2026. № 2(89). С. 44–49.

The role and significance of artificial intelligence implementation in the activities of food industry enterprises are significantly increasing at the modern stage of development. The article considers the application of basic artificial intelligence technologies at the main stages and phases of the food production process, which is currently in a state of transformation due to the prevailing trends in the development of the food market. A methodical approach to the formation of the classifier of artificial intelligence systems in the food industry is proposed. In conclusion, the role of artificial intelligence as an effective tool for improving the efficiency of functioning of food industry enterprises is substantiated.

Keywords: automation, artificial intelligence, quality control, optimisation, food industry, consumer preferences, food safety, production process, system, technology.

For citation: Savenkova T.M., Zamula V.S. Actual aspects of classification and quality control of artificial intelligence systems and technologies in the food industry. Information-economic aspects of standardisation and technical regulation. 2026; 2(89): 44–49. (In Russ.).

ВВЕДЕНИЕ

Перманентное усиление санкционного давления на экономику России со стороны стран т. н. «коллективного Запада», имеющего своей стратегической целью путем дезорганизации выпуска потребительских товаров и услуг, существенного сокращения их экономической доступности вызвать недовольство широких слоев населения, повысило внимание к развитию пищевой промышленности в Российской Федерации.

Пищевая промышленность – это стратегически важная отрасль экономики России, обеспечивающая ее население

широким ассортиментом продуктов питания и полуфабрикатов – от хлебобулочных изделий и молочной продукции до консервов, напитков и мясных изделий. Она напрямую связана с сельским хозяйством, использует его сырье для переработки и играет важную роль в обеспечении продовольственной безопасности, которая, в свою очередь, является одним из главных направлений обеспечения национальной безопасности страны в долгосрочном периоде, фактором сохранения ее государственности и суверенитета, важнейшей составляющей социально-экономической политики, а также необходимым условием реализации стратегического национального приоритета – повышения ка-

чества жизни российских граждан путем гарантирования высоких стандартов жизнеобеспечения¹.

Пищевая промышленность включает в свой состав более чем 30 подотраслей и видов производства и объединяет примерно 22 тысячи предприятий различных форм собственности и мощности [1]. Доля пищевой промышленности в ВВП России составляет 3–4% в год [2].

В целом в третьем десятилетии XXI века пищевая промышленность России демонстрирует достаточно стабильные темпы роста, при этом объемы производства пищевой продукции позволяют обеспечить население основными продуктами питания. В стране успешно решается проблема импортозамещения. Так, в настоящее время наша страна полностью обеспечивает себя зерном – на 149,4%, мясом и мясопродуктами – на 102%, рыбой и рыбопродуктами – на 138,4%, сахаром – на 109,6%, растительным маслом – на 251,8% (см. рис. 1)².



Рис. 1. Уровень самообеспечения страны основными продуктами питания (%; 2024 г.)

Еще по пяти видам продукции Россия близка к границе самообеспечения – это молоко и молочные продукты, овощи, фрукты и ягоды, картофель, а также семена отечественной селекции. По данным официальной статистики, доля отечественных продуктов питания в розничной торговле составляет от 80% до 99% в зависимости от категории товаров [1].

Вместе с тем следует иметь в виду, что современный российский рынок пищевой продукции находится на этапе глубокой трансформации, которая характеризуется следующими преобладающими тенденциями:

– высокие темпы роста сегмента готовой еды (в настоящее время – 1 триллион рублей в год (примерно 6% от общего объема продаж продуктов питания), прогноз – 3 триллиона рублей в год к 2030 г.);

– растущая ориентация граждан России на здоровый образ жизни и, соответственно, на потребление продуктов здорового питания;

– устойчивый рост объема потребления растительных белков, функциональных напитков, волокон, натуральных экстрактов и ингредиентов clean label;

– высокий спрос на функциональные комплексы с антиоксидантными, иммуностимулирующими и сенсорными свойствами, особенно в сегментах здорового, детского и спортивного питания;

– рост интереса к натуральным вкусовым решениям;

– активное развитие инноваций в сфере мясопереработки, производства кондитерских изделий и напитков – от натуральных заменителей жира до белковых обогатителей и структурообразователей на растительной основе.

Данная трансформация осуществляется в условиях воздействия на деятельность предприятий пищевой промышленности ряда негативных факторов, основными из которых являются следующие:

- 1) сохраняющаяся критическая зависимость от импортного технологического оборудования. Производство пищевой продукции базируется на зарубежном оборудовании примерно на 2/3 [1];
- 2) высокий уровень износа производственного оборудования в ряде подотраслей;
- 3) сырьевая зависимость и логистические ограничения;
- 4) дефицит квалифицированных кадров.

В этой связи решение ключевой задачи создания «безопасных и качественных, в том числе функциональных, продуктов питания», поставленной Президентом Российской Федерации В.В. Путиным, в значительной степени может быть обеспечено посредством повсеместного внедрения искусственного интеллекта (ИИ).

СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В научной литературе в настоящее время имеется достаточно большое количество определений данного понятия, раскрывающих те или иные его аспекты [3–7]. Не вдаваясь в подробный анализ этих определений, для целей настоящей статьи автор полагает целесообразным воспользоваться легальным определением, согласно которому искусственный интеллект (artificial intelligence) (ИИ) – комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение, поиск решений без заранее заданного алгоритма и достижение инсайта) и получать при выполнении конкретных практически значимых задач обработки данных результаты, сопо-

¹ Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации. Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 21.01.2020 № 20.

² Российская газета – Спецвыпуск: Устойчивое развитие № 147(9686) [Электронный ресурс]. URL: <https://rg.ru/2025/07/08/vyrastili-na-zdorove.html> (дата обращения 02.02.2026).

ставимые, как минимум, с результатами интеллектуальной деятельности человека³.

При этом следует иметь в виду, что данный комплекс технологических решений включает в себя информационно-коммуникационную инфраструктуру, программное обеспечение (в том числе такое, в котором используются методы машинного обучения), процессы и сервисы по обработке данных, анализу и синтезу решений.

Соответственно, под системой ИИ (artificial intelligence system) будем понимать техническую систему, в которой используются технологии ИИ, а под технологией ИИ – комплекс технологических решений, направленных на создание систем ИИ.

В настоящее время наиболее распространенными технологиями ИИ в пищевой промышленности являются следующие:

- 1) анализ больших данных (Big Data);
- 2) машинное обучение;
- 3) компьютерное зрение;
- 4) роботизация;
- 5) Интернет вещей (IoT);
- 6) алгоритмы глубокого обучения;
- 7) нейронные сети.

Рассмотрим наиболее важные аспекты применения технологий ИИ более подробно.

В современных условиях глубокой трансформации рынка пищевой продукции процесс ее производства укрупненно может быть представлен в виде трех последовательно реализуемых стадий, каждая из которых, в свою очередь, состоит из ряда этапов (см. рис. 2):

а) стадия анализа рынка и подготовки производства:

- 1) анализ потребительских предпочтений (ориентация на применение клиентоориентированного подхода с учетом перспективы перехода к персонализированному питанию);
- 2) проектирование и разработка продукции;
- 3) проведение маркетинговых исследований;
- 4) подготовка производства;
- 5) формирование системы управления запасами;

б) стадия производства продукции:

- 6) входной контроль сырья и полуфабрикатов;
- 7) хранение сырья и полуфабрикатов;
- 8) производство продукции;
- 9) упаковка продукции;
- 10) управление запасами;
- 11) выходной контроль готовой продукции;

в) стадия реализации продукции:

- 12) хранение готовой продукции;
- 13) поставка готовой продукции потребителям.

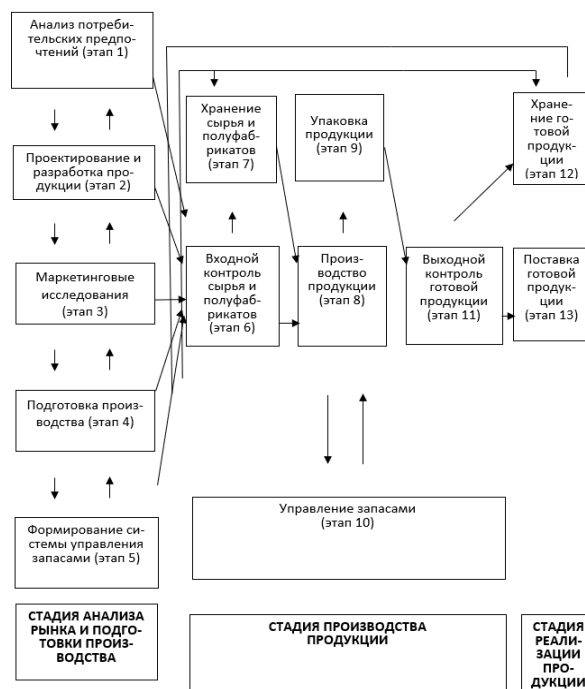


Рис. 2. Процесс производства пищевой продукции в современных условиях глубокой трансформации рынка

На стадии анализа рынка и подготовки производства последовательно решаются две ключевые задачи.

Задача 1 – прогнозирование спроса (этапы 1–3), поскольку ошибки при ее решении могут повлечь за собой последствия следующего характера:

- перепроизводство, влекущее за собой неоправданные издержки (затраты сырья, полуфабрикатов и энергии, затоваривание складов готовой продукцией и в значительной части ее порча и т.д.);
- недопроизводство, которое может повлечь за собой в ряде случаев значительные издержки и репутационные потери вследствие невозможности исполнения своих договорных (контрактных) обязательств.

Анализ показывает, что традиционные методы прогнозирования, основанные на статистических моделях, часто оказываются не достаточно точными. ИИ благодаря способности анализировать большие объемы данных и выявлять сложные зависимости позволяет значительно повысить точность прогнозов. Так, исследование, проведенное компанией PwC (2023), показало, что 67% компаний пищевой промышленности, использующих технологии ИИ для прогнозирования спроса, отмечают повышение точности прогнозов на 25% и более [8].

³ ГОСТ Р 59277–2020. Системы искусственного интеллекта. Классификация систем искусственного интеллекта; (п. 3.18). (Дата введения: 2021-03-01).

В данном случае широкое применение может найти такие технологии ИИ, как анализ больших данных (Big Data), машинное обучение и алгоритмы глубокого обучения, применение которых позволяет с высокой точностью предсказывать потребности рынка, учитывая:

- сезонные колебания спроса;
- региональные особенности спроса;
- данные о продажах конкурентов и макроэкономические тренды и др.

Например, компания Nestlé использует ИИ для прогнозирования спроса на продукцию в разных странах, что позволяет минимизировать излишки на складах и сократить логистические издержки.

Особое место в рамках данной стадии занимает этап проектирования и разработки продукции (этап 2), представляющий собой сложный и дорогостоящий процесс, который требует учета множества факторов, таких как вкусовые предпочтения потребителей, пищевая ценность и себестоимость. Алгоритмы глубокого обучения позволяют ускорить этот процесс, предлагая оптимальные комбинации ингредиентов и прогнозируя динамику изменения потребительских предпочтений (этап 1). Например, алгоритмы машинного обучения могут анализировать данные о покупках и отзывах потребителей для того, чтобы определить, какие вкусы и текстуры наиболее популярны, что позволяет создавать продукты, которые с большей вероятностью будут успешными на рынке.

Кроме того, технологии ИИ могут использоваться для оптимизации рецептов с точки зрения пищевой ценности и себестоимости. Одним из примеров успешного применения ИИ в разработке новых продуктов является компания Coca-Cola, которая использует алгоритмы машинного обучения для создания новых вкусов напитков, что позволяет ей быстро адаптироваться к изменяющимся предпочтениям потребителей и поддерживать конкурентоспособность на рынке.

Задача 2 – подготовка производства и формирование системы управления запасами (этапы 4–5), в общем случае, помимо прочего, включающая:

- закупку основного и вспомогательного оборудования, необходимых запасных частей, инструментов и приборов, изготовление оснастки и пр.;
- формирование цепочек поставок сырья и полуфабрикатов.

Решение данной задачи также базируется на применении технологий больших данных (Big Data) и машинного обучения, а также алгоритмов глубокого обучения, позволяющих своевременно обеспечить потребности производственного процесса в полном объеме.

Так, например, алгоритмы глубокого обучения могут автоматически рассчитывать оптимальные уровни запасов сырья, полуфабрикатов (этап 5) и готовой продукции (этап 10), учитывая сроки хранения, логистические ограничения и прогнозируемый спрос. Это особенно важно для скоропортящихся продуктов, где ошибки в управлении запасами могут привести к значительным потерям. Так, согласно исследованию McKinsey, внедрение ИИ в управление запасами позволяет снизить логистические издержки на 10–15% и сократить потери продукции на 20–30% [8].

Важными этапами стадии производства продукции являются этап входного контроля сырья и полуфабрикатов (этап 6) и этап выходного контроля готовой продукции (этап 11). На данных этапах все более широкое применение находят такие технологии ИИ, как компьютерное зрение, роботизация и алгоритмы глубокого обучения, позволяющие обеспечить минимизацию потерь за счет:

- предотвращения порчи сырья, полуфабрикатов и готовой продукции на основе прогноза сроков их хранения;
- автоматизации сортировки и переработки брака.

Применение ИИ на этапе хранения сырья и полуфабрикатов (этап 7) и готовой продукции (этап 11) позволяет автоматизировать процесс хранения путем роботизации, а также оперативно реагировать на обнаруженные аномалии или потенциальные проблемы посредством автоматического регулирования температуры, влажности или других параметров в соответствии с оптимальными значениями. Например, компания Danone использует системы ИИ для контроля сырья, предотвращая порчу молочных продуктов, что позволило ей сократить потери сырья на 30%.

Внедрение технологий ИИ на этапе производства продукции (этап 8) является ключевым для оптимизации производственных процессов. На данном этапе широко используются технологии роботизации и применения алгоритмов машинного обучения, которые анализируют данные с датчиков, установленных на производственном оборудовании, и выявляют закономерности, которые не всегда очевидны для человека. Например, ИИ может предсказать оптимальные параметры работы оборудования (температура, давление, скорость) для минимизации энергопотребления и снижения производственных издержек. Кроме того, системы ИИ могут динамически перераспределять ресурсы между различными этапами производства в зависимости от текущей загрузки оборудования и наличия сырья. Это особенно важно в условиях многопродуктового производства, где необходимо быстро адаптироваться к изменениям спроса.

Важнейшим для конкурентоспособности продукции является обеспечение ее качества, в связи с чем компьютерное зрение и нейронные сети, применяемые на этапах входного и выходного контроля, получили широкое рас-

пространение при производстве продукции (этап 8) и ее упаковке (этап 9). Данные технологии ИИ позволяют анализировать изображения продукции на предмет дефектов (повреждение упаковки, ее неправильная форма или цвет и т.д.), что особенно важно в условиях массового производства, где ручной труд становится все в большей степени экономически неэффективным.

В рамках стадии реализации продукции, помимо уже рассмотренного этапа хранения готовой продукции (этап 12), технологии ИИ могут найти широкое применение на этапе ее поставки потребителям (этап 13). На данном этапе ИИ помогает оптимизировать цепочки поставок, сокращая время доставки и снижая издержки за счет прогнозов спроса, погодных условий, транспортных расходов, а также возможных форс-мажорных обстоятельств. Так, например, использование компанией Unilever технологий ИИ для управления глобальными поставками позволило сократить транспортные расходы на 15% [9].

Таким образом, внедрение технологий ИИ в пищевой промышленности позволяет значительно повысить эффективность производства за счет снижения издержек, повышения качества продукции, минимизации потерь, а также повышения прозрачности производственного процесса на основе широкого применения технологии Интернета вещей (IoT), позволяющей в режиме реального времени отслеживать каждый этап производства, цепочек поставок сырья, полуфабрикатов и готовой продукции.

В этой связи в рамках системного подхода к процессу внедрения технологий ИИ объективно необходимой и востребованной становится разработка классификатора систем ИИ пищевой промышленности (КСИИ ПП), который позволил бы сравнивать качество доступных решений при разработке систем ИИ и осуществлять выбор надлежащего решения.

Методический подход в данном случае состоит в том, что формирование КСИИ ПП может быть осуществлено путем детализации класса 4.4, установленного в ГОСТ Р 59277–2020 для систем ИИ, применяемых в промышленности, за счет дополнения специализированной классификацией для пищевой промышленности, установленной в Общероссийском классификаторе видов экономической деятельности ОК 029–2014 (КДЕС Ред 2)⁴. В частности, структура классификации, установленная в ОК 029–2014, имеет следующий вид:

– раздел, обозначаемый буквенными кодами латинского алфавита А–U, которые не используются при построении кодовых обозначений;

⁴ Общероссийский классификатор видов экономической деятельности ОК 029–2014 (КДЕС Ред 2). Утвержден приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 31.01.2014 № 14-ст.

XX – класс;
XX.X – подкласс;
XX.XX – группа;
XX.XX.X – подгруппа;
XX.XX.XX – вид.

Соответственно, в ОК 029–2014 (КДЕС Ред 2) для производства пищевых продуктов установлен класс 10, в рамках которого КСИИ ПП, детализированный до подклассов, будет иметь вид, представленный в таблице.

Классификатор систем искусственного интеллекта в пищевой промышленности (применительно к подклассам по ОК 029–2014 (КДЕС Ред 2))

Область применения системы ИИ	Код системы ИИ по КСИИ ПП
Пищевая промышленность в целом	4.4–10
Переработка и консервирование мяса и мясной пищевой продукции	4.4–10.1
Производство и консервирование рыбы, ракообразных и моллюсков	4.4–10.2
Переработка и консервирование фруктов и овощей	4.4–10.3
Производство растительных и животных масел и жиров	4.4–10.4
Производство молочной продукции	4.4–10.5
Производство продуктов мукомольной и крупяной промышленности, крахмала и крахмалосодержащих продуктов	4.4–10.6
Производство хлебобулочных и мучных кондитерских изделий	4.4–10.7
Производство прочих пищевых продуктов	4.4–10.8
Производство готовых кормов для животных	4.4–10.9

На основе данного методического подхода может быть произведена дальнейшая детализация по подклассам, группам, подгруппам и видам деятельности, обеспечивая одновременно гармонизацию объектов классификации как с международной системой классификации, так и с общероссийскими классификаторами, например ОКВЭД 2 [10]. Так, например, коды систем ИИ, детализированные до групп, в рамках кода 4.4–10.7 будут иметь вид:

– 4.4–10.71 – система ИИ, предназначенная для применения при производстве хлеба и мучных кондитерских изделий, тортов и пирожных недлительного хранения;

– 4.4–10.72 – система ИИ, предназначенная для производства сухарей, печенья и прочих сухарных хлебобулочных

изделий, производства мучных кондитерских изделий, тортов, пирожных, пирогов и бисквитов для длительного хранения и др.

Применение данного методического подхода позволяет сформировать КСИИ ПП с учетом детализации по подклассам, группам, подгруппам и видам деятельности, на основе которого имеется возможность классификации применяемых в пищевой промышленности систем ИИ, что, в свою очередь, обеспечит повышение эффективности их использования для решения прикладных задач.

Список литературы

1. Винницкая Т. Стоит ли инвестировать в пищевую промышленность [Электронный ресурс]. URL: <https://companies.rbc.ru/news/DJ1HOgl2VV/stoit-li-investirovat-v-pischevuyu-promyishlennost/> (дата обращения: 02.02.2026).
2. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 44-2017. Производство продуктов питания [Электронный ресурс] URL: https://marsbbz.ru/wp-content/uploads/2020/10/its-44-2017-proizvodstvo-produktov-pitanija_tekst.pdf (дата обращения: 02.02.2026).
3. Баланов А.Н. Искусственный интеллект. Понимание, применение и перспективы. – М.: Лань, 2025. – 312 с.
4. Ватьян А.С., Гусарова Н.Ф., Добренко Н.В. Системы искусственного интеллекта. – СПб.: Университет ИТМО, 2022. – 186 с.
5. Петросян Л.Э. Искусственный интеллект в цифровой образовательной среде. – М.: Лань, 2025. – 108 с.
6. Уминская А. Искусственный интеллект – что это и на что он способен [Электронный ресурс]. URL: <https://journal.sovcombank.ru/tehnologii/iskusstvennii-intellekt--chto-eto-i-na-chto-on-sposoben> (дата обращения: 02.02.2026).
7. Фисун В.В. Искусственный интеллект управления информационной безопасностью объектов критической информационной инфраструктуры. – М.: РУСАЙНС, 2023. – 360 с.
8. Назарова В.А., Назаров А.Ю. Искусственный интеллект в пищевой промышленности: современные вызовы и перспективы // Молодой ученый. 2025. № 7(558). С. 7–10. (Дата обращения: 02.02.2026).
9. Искусственный интеллект в управлении пищевыми производствами [Электронный ресурс]. URL: osstip.ru/news/3972-iskusstvennyj-intellekt-v-upravlenii-pishchevymi-proizvodstvami (дата обращения: 02.02.2026).
10. Бурый А.С., Григорьев А.В., Слепынцева Л.И. Классификация продукции: управление, экономика, мониторинг // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2022. № 6(70). С. 9–17.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, технологии и системы ИИ находят все большее применение на предприятиях пищевой промышленности. От прогноза спроса до контроля качества и оптимизации поставок технологии ИИ помогают производителям пищевой продукции адаптироваться к вызовам трансформирующегося рынка, повышая рентабельность предприятий и удовлетворенность потребителей, что делает ИИ действенным инструментом повышения эффективности функционирования предприятий пищевой промышленности.

References

1. Vinnitskaya T. Is it worth investing in the food industry [Electronic resource]. URL: <https://companies.rbc.ru/news/DJ1HOgl2VV/stoit-li-investirovat-v-pischevuyu-promyishlennost/> (Accessed 02 February 2026).
2. Information and technical reference book on the best available technologies ITS 44-2017. Food production [Electronic resource] URL: https://marsbbz.ru/wp-content/uploads/2020/10/its-44-2017-proizvodstvo-produktov-pitanija_tekst.pdf (Accessed 02 February 2026).
3. Balanov A.N. Artificial Intelligence. Understanding, application and perspectives. Moscow: Lan Publ., 2025, 312 p.
4. Vatyanyan A.S., Gusarova N.F., Dobrenko N.V. Systems of Artificial Intelligence. Saint Petersburg: ITMO University Publ., 2022, 186 p. (In Russ.).
5. Petrosyan L.E. Artificial Intelligence in Digital Educational Environment. Moscow: Lan Publ., 2025, 108 p. (In Russ.).
6. Uminskaya A. Artificial intelligence – what it is and what it is capable of [Electronic resource]. URL: <https://journal.sovcombank.ru/tehnologii/iskusstvennii-intellekt--chto-eto-i-na-chto-on-sposoben> (Accessed 02 February 2026).
7. Fisun V.V. Artificial intelligence of information security management of critical information infrastructure objects. Moscow: RUSAINS Publ., 2023, 360 p. (In Russ.).
8. Nazarova V.A., Nazarov A.Yu. Artificial intelligence in the food industry: current challenges and prospects. Young Scientist, 2025;7(558): 7–10. (In Russ.).
9. Artificial intelligence in food production management [Electronic resource]. URL: osstip.ru/news/3972-iskusstvennyj-intellekt-v-upravlenii-pishchevymi-proizvodstvami (Accessed 02 February 2026).
10. Buryi A.S., Grigoriev A.V., Slepintseva L.I. Product classification: management, economics, monitoring. Information-economic aspects of standardisation and technical regulation. 2022; 6(70): 9–17. (In Russ.).

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ КЛИЕНТООРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА К УПРАВЛЕНИЮ РИСКАМИ

IMPROVEMENT OF THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM OF INDUSTRIAL ENTERPRISES BASED ON A CUSTOMER-ORIENTED APPROACH TO RISK MANAGEMENT

Кондратова А.И., аспирант, ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» (Тула, Россия)

Плахотникова Е.В., д-р техн. наук, доцент, профессор, ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» (Тула, Россия)

Соловьев С.И., канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», Россия (Тула, Россия)

Kondratova A.I., postgraduate student, Tula State University (Tula, Russia)

Plakhotnikova E.V., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor, Tula State University (Tula, Russia)

Soloviev S.I., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Tula State University (Tula, Russia)

В статье представлен новый клиентоориентированный подход к управлению рисками в цепи поставок промышленного предприятия. Суть предлагаемого подхода заключается в комплексной оценке рисков по общей причине, тяжесть которых связана не только с экономическими потерями производителя, но и с потерями удовлетворенности потребителя. Основными элементами подхода являются: идентификация источников и типов неопределенностей, построение графологической модели рисков, разработка математической модели для оценки рисков с учетом общей причины их возникновения и комплексного средневзвешенного показателя их тяжести, дифференциация мероприятий по снижению рисков с учетом клиентоориентированности предприятия. Для упрощения реализации подхода в рамках промышленного предприятия предложен альтернативный вариант ранжирования рисков по общей причине с использованием графической модели отображения рейтинга значимости риска. Представлены дополнительные рекомендации для принятия решений по управлению рисками в условиях их равнозначности. Предложенный подход и рекомендации могут быть использованы для совершенствования системы менеджмента промышленных предприятий.

Ключевые слова: система менеджмента качества, риск-ориентированный подход, клиентоориентированность, удовлетворенность потребителя.

Для цитирования: Кондратова А.И., Плахотникова Е.В., Соловьев С.И. Совершенствование системы менеджмента качества промышленных предприятий на основе клиентоориентированного подхода к управлению рисками // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2026. № 2(89). С. 50–56.

The article presents a new customer-oriented approach to risk management in the supply chain of an industrial enterprise. The essence of the proposed approach is a comprehensive assessment of risks for a common reason, the severity of which is associated not only with the economic losses of the manufacturer, but also with the loss of consumer satisfaction. Risks for a common reason are risks due to a single event. The main elements of the approach are: identification of sources and types of uncertainties, construction of a graphological risk model, development of a mathematical model for risk assessment taking into account the general cause of their occurrence and a complex weighted average indicator of their severity, differentiation of risk mitigation measures taking into account the customer orientation of the enterprise. To simplify the implementation of the approach within an industrial enterprise, an alternative option for ranking risks for a common reason is proposed using a graphical model for displaying a risk significance rating. Additional recommendations are presented for making decisions on risk management in conditions of their equivalence. The proposed approach and recommendations can be used to improve the management system of industrial enterprises. It provides a more accurate assessment of risks and allows for more flexible and adaptive mitigation measures.

Keywords: quality management system, risk-oriented approach, customer orientation, customer satisfaction.

For citation: Kondratova A.I., Plakhotnikova E.V., Soloviev S.I. Improvement of the quality management system of industrial enterprises based on a customer-oriented approach to risk management. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2026; 2(89): 50–56. (In Russ.).

ВВЕДЕНИЕ

Риск-ориентированный подход и клиентоориентированность являются основными элементами в достижении успеха

при создании системы управления качеством, направленной на обеспечение и улучшение качества продукции и процессов в организации.

При разработке и внедрении риск-ориентированного подхода, необходимого для функционирования системы менеджмента качества и подтверждения ее соответствия требованиям стандартов, большинство производителей фокусируют свое внимание на рисках, связанных с неблагоприятными экономическими последствиями (далее – экономические риски R_3). Причинами возникновения таких рисков являются: брак, ожидание, ненужные перемещения, переделки и т.д.

При разработке стратегии клиентоориентированности акцент производителей направлен на создание ценности для потребителя и повышение его удовлетворенности, которую можно оценить степенью соответствия ожидаемой потребителем ценности продукции ее фактической ценности, которую, как ему кажется, он получает.

Качество, сроки поставки, стоимость – вот базовая совокупность показателей, непосредственно оказывающих влияние на снижение удовлетворенности потребителя¹.

Мониторинг удовлетворенности потребителей, как один из основных элементов системы менеджмента качества, также включает оценку рисков (далее рисков, снижающих степень удовлетворенность потребителя R_y). Причинами указанных рисков также являются: брак, ожидание, ненужные перемещения и переделки.

Таким образом, большинство экономических рисков (R_3) и рисков, снижающих степень удовлетворенности потребителя (R_y), можно отнести к рискам по общим причинам и для их устранения использовать единые предупреждающие мероприятия в рамках клиентоориентированного подхода к управлению рисками R_3 и R_y . Такой подход обеспечит более точную оценку рисков и позволит разрабатывать более гибкие и адаптивные меры по их снижению.

ОСНОВНАЯ ПРОБЛЕМАТИКА СТАТЬИ

Для понимания предлагаемого авторами термина «риск по общей причине», рассмотрим ряд определений теории рисков и теории надежности.

В общем случае риск – это вероятность причинения вреда чему-либо или кому-либо с учетом тяжести этого вреда. Он определяется как произведение вероятности возникновения неблагоприятного события (отказа, ошибки персонала, внешнего или внутреннего воздействия) вследствие неопределенности² на тяжесть его последствий.

¹ ГОСТ Р 57522–2017 Бережливое производство. Руководство по интегрированной системе менеджмента качества и бережливого производства: национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 2018-01-01 // Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Изд. официальное. – М.: Стандартинформ, 2020. – 16 с.

² ГОСТ Р 58771–2019 Менеджмент риска. Технологии оценки

В соответствии с ГОСТ Р 27.102–2021³ отказы по общей причине – это, отказы, возникающие вследствие одного общего события. Рассуждая аналогично, можно заключить, что «риски по общей причине» – это риски, также возникающие вследствие одного события.

Проиллюстрировать изложенное выше можно следующим образом. Рассмотрим общую модель взаимодействия основных участников процесса в цепи поставок промышленного предприятия (рис. 1), которая построена на основе описаний «цепи поставок», представленных в ГОСТ Р ИСО 28001–2019⁴, а также работах отечественных [1] и зарубежных авторов [2, 3].



Рис. 1. Общая модель взаимодействия основных участников процесса в цепи поставок промышленного предприятия

Общая модель (см. рис.1) включает трех основных участников цепи поставок (потребителя, производителя и поставщика) и потоки их взаимодействия в процессе преобразования требований, информации и сырья в конечный продукт, удовлетворяющий потребителя.

Метки P1–P7 обозначают точки потенциальных разрывов в основных материальных и информационных потоках цепи поставок.

Под разрывом следует понимать несоответствие чего-либо чему-либо, нарушение баланса между кем-либо или чем-либо [4]. Понимание природы разрыва особенно значимо при рассмотрении рисков в цепи поставок. Именно установление разрывов позволяет идентифицировать тип неопределенности для каждого из потоков (информационного или ма-

риска: национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 2020-03-01 // Федеральное агентство по техническому регулированию метрологии. – Изд. официальное. – М.: Стандартинформ, 2020. – 86 с.

³ ГОСТ Р 27.102–2021 Надежность в технике. Надежность объекта. Термины и определения: национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 2022-01-01 // Федеральное агентство по техническому регулированию метрологии. – Изд. официальное. – М.: Стандартинформ, 2020. – 25 с.

⁴ ГОСТ Р ИСО 28001–2019 Системы менеджмента безопасности цепи поставок. Наилучшие практики осуществления безопасности цепи поставок, оценки и планов безопасности. Требования и руководство по применению: национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 2020-07-01 // Федеральное агентство по техническому регулированию метрологии. – Изд. официальное. – М.: Стандартинформ, 2020. – 25 с.

териального) в цепи поставок и заложить основу для анализа источников рисков R_z и R_y .

Для пояснения в табл. 1 представлен фрагмент возможных типов неопределенностей для разрывов P1 и P5 описанной выше модели (см. рис. 1).

Таблица 1

Возможности, предоставляемые платформами данных

Условное обозначение разрыва	Вид потока	Типы неопределенностей	Характер влияния	
P1	И	Неопределенность формулировки требований	Сложность в процессе уточнения и согласования требований к продукции	
		Неопределенность решений	Противоречия целей на разных уровнях управления	
P5	P5 _И	И	Неопределенность нормативного обеспечения	Противоречие различных используемых нормативных материалов друг другу
			Неопределенность длительности цикла	Несоответствие длительности производственного процесса календарному плану
	P5 _М	М	Технологическая неопределенность	Повышение variability параметров производственного процесса и рост затрат на адаптацию технологии
		Неопределенность качества сырья	Нестабильный уровень качества и необходимость дополнительных операций контроля и доработки	

Как видно из табл. 1 на этапе поставки комплектующих деталей и изделий между поставщиком и производителем (см. рис.1) в цепи поставок возможны разрывы в двух потоках – информационном (И) и материальном (М). Для учета многообразия возможных потоков, формируемых между участниками цепи поставок, в таблице 1 для разрыва P5 введены дополнительные индексы (P5_И, P5_М – потенциальные разрывы в информационном и материальном потоках соответственно). Следует понимать, что перечень разрывов, указанных в первом столбце, и ти-

пов неопределенностей (см. табл. 1) для каждой конкретной цепи поставок предприятия будет индивидуальным. Не исключено, что в процессе анализа цепи поставок будут идентифицированы и другие потоки, например финансовые, где возникновение разрывов приведет к формированию новых неопределенностей как потенциальных источников рисков R_z и R_y .

Тяжесть рисков R_z и R_y можно определить путем анализа характера влияния неопределенности (см. табл.1). Так, разрыв P1 приводит к неопределенности формулировок требований на этапе планирования продукта, что усложняет процесс уточнения и согласования требований к продукции и увеличивает время выполнения заказа. Тяжесть R_z будет определяться дополнительными затратами производителя на заработную плату в период согласования требований, тяжесть R_y – снижением удовлетворенности из-за увеличения сроков выполнения заказа.

На рис. 2 представлена причинно-следственная взаимосвязь влияния неопределенностей на несовпадение ожидаемых и фактических затрат, как основного индикатора риска R_z , и ожидаемой и фактической ценности, как основного индикатора риска R_y .

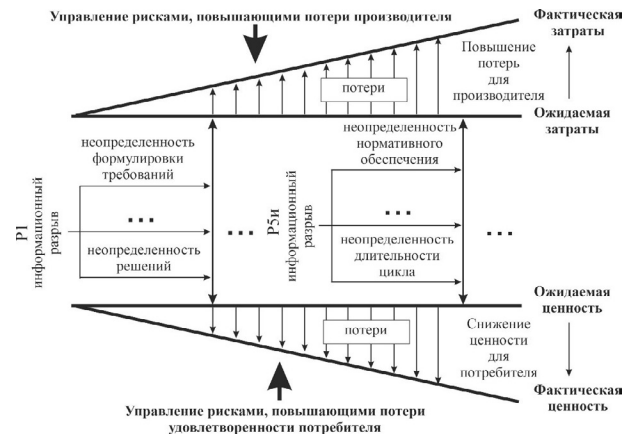


Рис. 2. Модель причинно-следственной связи влияния неопределенности на несовпадения ожидаемых и фактических характеристик в цепи поставок

Модель (см. рис. 2) позволяет пояснить общность причин возникновения рисков R_z и R_y и обосновать необходимость их комплексного рассмотрения, что и было заложено в представленный ниже клиентоориентированный подход к управлению рискам.

Суть предлагаемого подхода заключается в идентификации и управлении рисками по общей причине и принятии решений по целесообразности снижения рисков с учетом интересов производителя в части его клиентоориентированности.

Для пояснения предлагаемого подхода рассмотрим графологическую модель рисков цепи поставок, представленную в виде древовидной диаграммы (рис. 3).

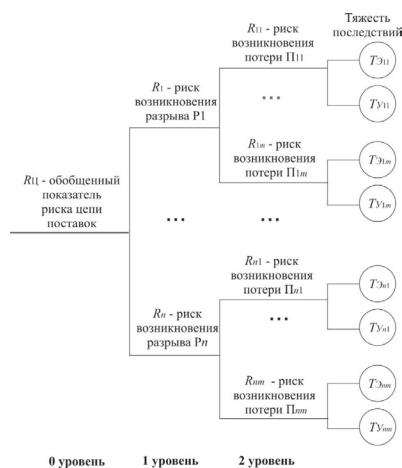


Рис. 3. Графологическая модель рисков цепи поставок

Представленная модель (см. рис. 3) позволяет условно выделить три уровня декомпозиции рисков.

0 уровень – характеризуется обобщенным показателем риска ($R_{Ц}$) – риск цепи поставок в целом.

1 уровень – характеризуется множеством дифференциальных показателей рисков (R_1, \dots, R_n), связанных с возникновением множества возможных разрывов в потоках цепи поставок (P_1, \dots, P_n). Каждый дифференциальный показатель риска на данном уровне является обобщенным показателем рисков третьего уровня, причиной возникновения которых является отдельно взятый разрыв.

2 уровень – характеризуется множеством дифференциальных показателей рисков (R_{11}, \dots, R_{nm}) возникновения потерь ($\Pi_{11}, \dots, \Pi_{nm}$) из-за отдельно взятого разрыва (P_1, \dots, P_n) в цепи поставок.

Справа на графологической модели условно изображено многообразие последствий возникновения потерь ($\Pi_{11}, \dots, \Pi_{nm}$). Множество ($T_{Э11}, \dots, T_{Эnm}$) условно обозначает тяжесть экономических потерь производителя, а множество ($T_{У11}, \dots, T_{Уnm}$) – тяжесть потерь удовлетворенности потребителя.

Модель (см. рис. 3) позволяет идентифицировать риски по общей причине и провести уточнение математической модели, используемой для расчета рисков.

Для пояснения представим математические зависимости для расчета рисков в обратном порядке – от 2-го к 0-му уровню.

Так, риск возникновения потери (Π_{11}) можно описать зависимостью:

$$R_{\Pi_{11}} = Q_{11} \cdot f(T_{Э11}; T_{У11}), \quad (1)$$

где Q_{11} – вероятность возникновения риска, $f(T_{Э11}; T_{У11})$ – комплексный показатель тяжести риска с учетом возможного экономического ущерба и снижения удовлетворенности потребителя, f – функция, связывающая между собой тяжести $T_{Э11}$ и $T_{У11}$.

Риск возникновения первого разрыва (P1) можно описать зависимостью:

$$R_{P1} = Q_1 \cdot \prod_{q=1}^m Q_{1q} \cdot \sum_{q=1}^m f(T_{Э1q}; T_{У1q}), \quad (2)$$

где Q_1 – вероятность возникновения разрыва P1; Q_{1q} – вероятности возникновения потерь из-за разрыва P1; q – порядковый номер потери в рамках разрыва, который (порядковый номер) может принимать значения от 1 до m ; $f(T_{Э1q}; T_{У1q})$ – комплексный показатель тяжести риска с учетом множества возможных экономических потерь и потерь, снижающих степень удовлетворенности потребителя в рамках разрыва.

Обобщенный показатель риска цепи поставок ($R_{Ц}$) на 0-м уровне графологической модели можно рассчитать по формуле:

$$R_{Ц} = \prod_{k=1}^n Q_k \cdot \prod_{q=1}^m Q_{kq} \cdot \sum_{q=1}^m f(T_{Эkq}; T_{Уkq}), \quad (3)$$

где Q_k – вероятность возникновения разрыва P_k ; k – порядковый номер разрыва, который может принимать значения от 1 до n ; $f(T_{Эkq}; T_{Уkq})$ – комплексный показатель тяжести риска с учетом множества возможных экономических потерь и потерь, снижающих степень удовлетворенности потребителя в рамках всей цепи поставок.

Зависимости (1), (2), (3) можно использовать и для расчета рисков в прямом порядке, что позволит путем установления допустимого риска в рамках цепи поставки назначить при проектировании допустимые значения рисков на каждом последующем уровне [5].

Вероятность возникновения рисков на каждом уровне графологической модели можно определить любым из приемлемых для производителя методов. Например, методами имитационного моделирования, экспертными методами, методом аналогий и т.д.

Значения комплексных показателей тяжести рисков с учетом множества возможных экономических потерь и потерь снижения удовлетворенности потребителя можно установить, используя один из подходов средних взвешенных комплексных оценок [6].

Так, например, формула для расчета среднего взвешенного арифметического комплексного показателя тяжести рисков может иметь вид:

$$T_{\text{эу}} = \sum_{q=1}^m T'_{\text{экq}} \cdot m_{\text{э}} + \sum_{q=1}^m T'_{\text{уqk}} \cdot m_{\text{у}}, \quad (4)$$

где $T'_{\text{экq}}$ – относительные значения тяжести риска $R_{\text{экq}}$; $T'_{\text{уqk}}$ – относительные значения тяжести риска $R_{\text{уqk}}$; $m_{\text{э}}$ – значение коэффициента весомости для тяжести экономических потерь; $m_{\text{у}}$ – значение коэффициента весомости для тяжести потерь удовлетворенности потребителя.

Относительные значения тяжести рисков можно задать отношением тяжести риска в натуральном выражении (например, в руб., времени ожидания и т.д.) к базовому значению. В качестве базового значения можно выбрать допустимое значение тяжести, наибольшее или наименьшее значение данного параметра, либо априори известное идеальное значение.

Значение коэффициента весомости можно определить экспертным методом при соблюдении основных положений квалиметрии [7]:

1. Сумма коэффициентов весомости должна равняться 1;
2. Значение коэффициента весомости не должно быть меньше 0.

В зависимости от целей производителей распределение весовой значимости может иметь три варианта, каждый из которых будет определять степень клиентоориентированности предприятий:

1. $m_{\text{э}} = m_{\text{у}}$ – равнозначность коэффициентов весомости, т.е. производитель в равной степени оценивает важность как экономических потерь, так и потерь удовлетворенности потребителей;
2. $m_{\text{э}} > m_{\text{у}}$ – значимость экономических потерь для производителя выше;
3. $m_{\text{э}} < m_{\text{у}}$ – значимость потерь снижения удовлетворенности потребителей для производителя выше.

Управление весовой значимостью коэффициентов позволит производителям осуществлять адаптацию системы оценки рисков под существующие интересы, распределяя усилия по предупреждению рисков в соответствии с выбранной политикой, стратегическими целями предприятия, актуальными направлениями развития на данный момент времени либо в долгосрочной перспективе.

Предложенный выше подход к оценке комплексного показателя тяжести рисков связан с трудностью выбора единой шкалы оценивания тяжести экономических потерь и тяжести потерь удовлетворенности потребителей. Следует понимать, что использование в формуле (4) относительных значений тяжести хотя и дает возможность пере-

вода показателей в абсолютную интервальную шкалу [0; 1], на которой выполнимы все математические операции, необходимые для агрегирования показателей, но на практике является очень сложной задачей. Дело в том, что тяжесть экономических показателей выражается в денежном эквиваленте, а тяжесть потери удовлетворенности потребителя в большинстве случаев выражается балльной оценкой. И, несмотря на существование сильной связи между удовлетворенностью потребителя и финансовым благополучием предприятия, переход к единой «денежной» шкале является трудной экономической задачей, так как эта связь является асимметричной и нелинейной [8].

В качестве альтернативного варианта не менее эффективно, по мнению авторов, будет стратификация тяжести на две отдельные группы и оценка двух дифференциальных показателей риска: $R_{\text{э}}$ и $R_{\text{у}}$.

Тогда на 0-м уровне расчетные формулы будут иметь вид:

$$R_{\text{Цэ}} = \prod_{k=1}^n Q_k \cdot \prod_{q=1}^m Q_q \cdot \sum_{q=1}^m T_{\text{эq}}, \quad (5)$$

$$R_{\text{Цу}} = \prod_{k=1}^n Q_k \cdot \prod_{q=1}^m Q_q \cdot \sum_{q=1}^m T_{\text{уq}}. \quad (6)$$

Для расчета рисков на 1-м уровне формулы примут вид:

$$R_{\text{Рэk}} = Q_k \cdot \prod_{q=1}^m Q_q \cdot \sum_{q=1}^m T_{\text{эq}}, \quad (7)$$

$$R_{\text{Руk}} = Q_k \cdot \prod_{q=1}^m Q_q \cdot \sum_{q=1}^m T_{\text{уq}}, \quad (8)$$

Расчет рисков на 2-м уровне можно осуществить по формулам:

$$R_{\text{Пэkq}} = Q_{kq} \cdot T_{\text{экq}}, \quad (9)$$

$$R_{\text{Пуkq}} = Q_{kq} \cdot T_{\text{уqk}}, \quad (10)$$

При таком подходе осуществлять управление рисками в соответствии с клиентоориентированностью предприятия возможно путем назначения различных границ для оценки рисков $R_{\text{э}}$ и $R_{\text{у}}$ и принятия решений по снижению рисков с учетом комплексного рассмотрения проблемы.

Возможно, что в процессе анализа цепи поставок будут иметь место и независимые риски, когда в результате возникновения разрыва будут присутствовать либо риски $R_{\text{э}}$, либо риски $R_{\text{у}}$, что возможно учесть при составлении математической модели оценки рисков, например, назначением нулевого коэффициента значимости на отсутствующий риск.

Ранжирование рисков по их значимости можно осуществлять путем анализа количественных оценок риска или использования графической модели отображения рейтинга значимости разрыва (или потери) в соответствии с количественными оценками рисков $R_{\text{э}}$ и $R_{\text{у}}$ (рис. 4). Горизонтальная ось является шкалой значимости экономических ри-

сков (R_z), а вертикальная – шкалой значимости рисков (R_y). Обе шкалы имеют индивидуальные реперные точки, позволяющие разделить риски на три категории:

1-я категория рисков – зона особого внимания, в которой находятся значения рисков, превышающие критический уровень: $R_z > R_{zкр.}$ и $R_y > R_{yкр.}$; $R_z > R_{zкр.}$ или $R_y > R_{yкр.}$;

2-я категория рисков – зона повышенного внимания, в которой значения рисков находятся между критическим и допустимым уровнями: $R_{zкр.} > R_z > R_{zдоп.}$, $R_{yкр.} > R_y > R_{yдоп.}$;

3-я категория рисков – зона допустимых рисков, в которой находятся риски, не превышающие допустимого уровня, принятого производителем: $R_z < R_{zдоп.}$, $R_y < R_{yдоп.}$.

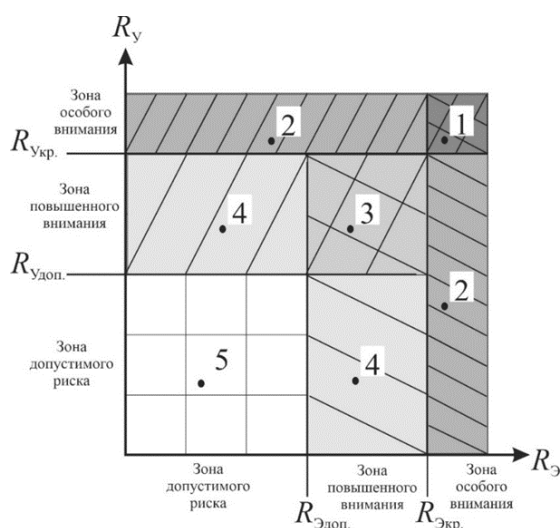


Рис.4. Графическая интерпретация подхода к оценке рисков в цепи поставок

Предложенная графическая интерпретация подхода (см. рис. 4) позволяет провести ранжирование рисков по пяти уровням приоритетности:

1-й уровень приоритетности (область точки 1, см. рис. 4) находится на пересечении зон особого внимания и относится к первой категории рисков R_z и R_y .

2-й уровень приоритетности (область точки 2, см. рис. 4) находится в зоне особого внимания рисков R_z или R_y и тоже относится к первой категории рисков.

3-й уровень приоритетности (область точки 3, см. рис. 4) находится в области пересечения зон повышенного внимания рисков R_z и R_y и относится ко второй категории рисков.

4-й уровень приоритетности (область точки 4, см. рис. 4) находится в зоне повышенного внимания рисков R_z или R_y и тоже относится ко второй категории рисков.

5-й уровень приоритетности (область точки 5, см. рис. 4) – риски соответствуют допустимым значениям и относятся к третьей категории рисков.

Ранжирование рисков возникновения разрывов на 1-м уровне графологической модели (см. рис. 3) или рисков возникновения потерь на 2-м уровне (см. рис. 3) позволит обосновать необходимость требуемых мероприятий по снижению рисков и с учетом возможных ограничений (времени, стоимости и других требуемых ресурсов) принять соответствующие управленческие решения.

Принятия решений для рисков 2-го и 4-го уровней приоритетности будет зависеть от клиентоориентированности производителя. Здесь аналогично уже описанной выше ситуации с назначением коэффициентов весомости производителя, более заинтересованные в повышении удовлетворенности потребителей, отдадут предпочтение мероприятиям, направленным на устранение разрывов (потерь), имеющих наибольшую оценку риска R_y .

Дополнительным критерием при определении приоритетности будет являться принадлежность рассматриваемого риска к разрыву. При равнозначности рисков приоритетность необходимо отдавать тем из них, которые относятся к разрывам, возникающим на более ранних стадиях цепи поставок. В основу такого предложения заложено правило десятикратных затрат. В призме рассматриваемой задачи его можно представить в следующем виде: потери при неустранении причин разрыва на этапе их возникновения при переходе от одного этапа цепи поставок к следующему возрастают.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По мнению авторов, применение клиентоориентированного подхода к оценке рисков позволит:

1. Снизить потери предприятия и повысить его конкурентоспособность путем уменьшения затрат на мероприятия по устранению рисков по общей причине.
2. Более корректно оценивать риски предприятия с учетом его клиентоориентированности.
3. Прогнозировать и планировать риски предприятия на основе предложенной математической и графологической моделей.

Предложенный подход и рекомендации могут быть использованы для совершенствования системы менеджмента качества предприятий различного направления деятельности.

Список литературы

1. Лукинский В.С. Логистика и управление цепями поставок: учебник и практикум для вузов / В.С. Лукинский, В.В. Лукинский, Н.Г. Плетнева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2025. – 434 с.
2. Chen, I.J., Paulraj, A. Towards a theory of supply chain management: the constructs and measurements // *Journal of Operations Management*. 2004. 22 (2). P. 122
3. Mentzer J.T., DeWitt W., Keebler J.S. и др. Defining Supply Chain Management // *Journal of Business Logistics*. 2001. 22 (2). 1–25.
4. Толковый словарь русского языка: около 7000 словарных статей: свыше 35 000 значений: более 70 000 иллюстративных примеров / под ред. Д. В. Дмитриева. – М.: Астрель: АСТ, 2003. – 1582 с.
5. Елисеева Т.А. Снижение риска производителя технических систем на этапе проектирования совершенствованием оценки надежности / Т.А. Елисеева, Е.В. Плахотникова, В.Б. Протасьев. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2019. – 136 с.
6. Шишкин И.Ф., Станякин В.М. Квалиметрия и управление качеством: учеб. для студентов вузов, обучающихся по спец. «Метрология, стандартизация и упр. качеством». – М.: Изд-во ВЗПИ, 1992. С. 254–255
7. Будкин Ю.В., Газарян Н.В. Методика квалиметрической оценки эффективности деятельности Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации // *Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования*. 2023. № 6 (75). С. 23–30.
8. Казарян А.А. Влияние уровня удовлетворенности клиентов на финансовые показатели компании // *Экономические науки*. – 2014. – № 9 (118). – С. 85.

References

1. Lukinsky V.S. Logistics and supply chain management: textbook and workshop for universities / V.S. Lukinsky, V.V. Lukinsky, N.G. Pletneva. Moscow, Yurayt, 2025. – 434 p.
2. Chen, I.J., Paulraj, A. Towards a theory of supply chain management: the constructs and measurements // *Journal of Operations Management*. 2004. no. 22 (2). P. 122
3. Mentzer J.T., DeWitt W., Keebler J. S. и др. Defining Supply Chain Management // *Journal of Business Logistics*. 2001. no. 22 (2). Pp. 1–25.
4. An expository dictionary of the Russian language: about 7,000 vocabulary articles: over 35,000 znachenes: more than 70,000 illustrative examples / edited by D.V. Dmitriev. Moscow, AST, 2003. – 1582 p.
5. Eliseeva, T.A. Reducing the Risk of a Technical System Manufacturer at the Design Stage by Improving Reliability Assessment: Monograph/ T.A. Eliseeva, E.V. Plakhotnikova, and V.B. Protasiev. Tula, Tula State University, 2019. – 136 p.
6. Shishkin I.F., Stanyakin V.M. Qualimetry and Quality Management: Textbook for University Students Studying Metrology, Standardization, and Quality Management. Moscow, VZPI, 1992. Pp. 254–255.
7. Budkin Y.V., Gazaryan N.V. Metodika kvalimetriceskoj ocenki effektivnosti deyatel'nosti Mezghosudarstvennogo soveta po standartizacii, metrologii i sertifikacii. Information and Economic aspects of standardization and technical regulation. 2023, no.6(75), pp.23–30
8. Kazaryan A.A. The impact of customer satisfaction on financial performance of the company // *Economic sciences*. – 2014. – no. 9 (118). – 85 p.

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ МНОГОУРОВНЕВЫХ ИЕРАРХИЧЕСКИХ СТРУКТУР

AN INTEGRATED APPROACH TO MODELING MULTILEVEL HIERARCHICAL STRUCTURES

Астафьев Р.У., аспирант ТУАО-01-23, кафедры ИП, ИПТИП, РТУ МИРЭА (Москва, Россия)

В статье представлен комплексный подход к имитационному моделированию сложных иерархических систем, не поддающихся полному аналитическому описанию. Разработана формальная модель иерархии в виде кортежа, включающего множество уровней, элементов, отношений взаимодействия, правил управления, операторов перехода между состояниями и внешних воздействий. Предложен модульный принцип построения имитационных моделей, где каждый уровень представляется как автономная динамическая подсистема с операторами наблюдения, что позволяет учитывать условие частичной наблюдаемости, характерное для реальных систем.

Исследование демонстрирует эффективность комплекса взаимодополняющих парадигм моделирования: системно-динамических моделей для потоков между уровнями, дискретно-событийных для последовательности изменяющихся состояний, агентных для автономных узлов с локальной политикой поведения, стохастических для вероятностных переходов и сетевых для анализа распространения влияния. Особое внимание уделено моделированию нисходящих и восходящих потоков управления через операторы трансформации и обратной связи, учитывающие задержки, искажения сигналов и агрегацию данных. Результаты подтверждают, что сложные иерархии принципиально нередуцируемы к линейным или аналитическим моделям. Выявлены эффекты, компромиссный характер устойчивости и феномен множественности локальных рациональностей. Практическая значимость работы заключается в создании методологической основы для цифровых двойников реальных систем. Перспективы связаны с развитием методов композиции парадигм моделирования и интеграцией машинного обучения для калибровки параметров.

Ключевые слова: имитационное моделирование, иерархические системы, дискретно-событийный подход, оператор перехода состояний, многоуровневые взаимодействия, устойчивость сложных систем.

Для цитирования: Астафьев Р.У. Комплексный подход к моделированию многоуровневых иерархических структур // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2026. № 2(89). С. 57–60.

ВВЕДЕНИЕ

Имитационное моделирование представляет собой базовый вычислительный метод исследования сложных иерархических систем, чья структура и динамика не допускают аналитического решения, а наблюдаемое поведение

Astafiev R.U., Postgraduate student of TUAO-01-23, Department of IP, IPTIP, RTU MIREA (Moscow, Russia)

The article presents a comprehensive approach to the simulation of complex hierarchical systems that cannot be fully analytically described. A formal hierarchy model has been developed in the form of a tuple, which includes many levels, elements, interaction relationships, control rules, transition operators between states and external influences. A modular principle of constructing simulation models is proposed, where each level is represented as an autonomous dynamic subsystem with observation operators, which allows taking into account the condition of partial observability characteristic of real systems.

The study demonstrates the effectiveness of a set of complementary modeling paradigms: system-dynamic models for flows between levels, discrete-event models for a sequence of state-changing events, agent-based models for autonomous nodes with a local behavior policy, stochastic models for probabilistic transitions, and network models for analyzing the spread of influence. Special attention is paid to the modeling of downward and upward control flows through transformation and feedback operators that take into account delays, signal distortion, and data aggregation.

The results confirm that complex hierarchies are fundamentally irreducible to linear or analytical models. The effects, the compromise nature of stability, and the phenomenon of multiple local rationalities are revealed. The practical significance of the work lies in the creation of a methodological basis for digital counterparts of real systems. The prospects are related to the development of methods, modeling paradigms and the integration of machine learning for parameter calibration.

Keywords: simulation modeling, hierarchical systems, discrete event approach, state transition operator, multilevel interactions, stability of complex systems.

For citation: Astafiev R.U. An integrated approach to modeling multilevel hierarchical structures. Information and economic aspects of standardization and technical regulation. 2026;2(89):57–60. (In Russ.).

формируется как результат нелинейных многоуровневых взаимодействий. В отличие от аналитического моделирования, где ключевой целью является получение замкнутого или приближенного математического выражения для состояний или траекторий системы, имитационный подход направлен на создание вычислимого эксперимента, в ко-

тором система разворачивается во времени, демонстрируя свое поведение в различных сценариях развития, управления, адаптации и возмущений [1, 2]. Этот подход особенно востребован при изучении иерархий, поскольку иерархические системы характеризуются вертикальным перераспределением управления, горизонтальной координацией между узлами одного уровня, различиями в скорости протекания процессов на разных этажах организационной структуры, а также неоднозначностью методов принятия решений и задержками в передаче управляющих сигналов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения исследования была разработана комплексная методология имитационного моделирования иерархических систем. В основе исследования лежал формальный аппарат описания иерархий через систему математических моделей и вычислительных алгоритмов.

В качестве теоретической основы использовалась формальная модель иерархической системы, представленная в виде кортежа. Состояние системы в каждый момент времени определялось как объединение состояний всех уровней, а эволюция системы описывалась оператором перехода, учитывающим текущее состояние, управляющие воздействия и внешние возмущения [3].

Для имитационного моделирования применялся модульный принцип, при котором каждый уровень иерархии представлялся в виде автономной динамической подсистемы. Это позволило моделировать условие частичной наблюдаемости, характерное для реальных иерархических систем.

В исследовании использовался комплекс взаимодополняющих подходов к имитационному моделированию. Системно-динамические модели применялись для описания процессов перераспределения потоков между уровнями через системы дифференциальных уравнений. Дискретно-событийные модели использовались для описания эволюции иерархии как последовательности событий, изменяющих состояния узлов. Агентные модели позволяли представить каждый узел как автономный агент с собственной политикой поведения и функцией полезности. Стохастические и марковские модели применялись для описания вероятностных переходов между состояниями уровней, а сетевые модели – для анализа распространения влияния по топологии иерархического графа [4].

Валидация моделей проводилась путем сравнения результатов моделирования с аналитически предсказуемыми случаями и анализа сходимости при многократных прогонах симуляций. Статистический анализ результатов включал расчет доверительных интервалов для ключевых показателей и проверку устойчивости выводов при варьировании параметров моделей.

ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Проведенный анализ методов сравнения иерархических систем позволяет сформулировать ряд обобщающих выводов, раскрывающих как текущее состояние данной области, так и пределы применимости существующих подходов, методологические ограничения и потенциальные направления развития теории и приложений. Сравнение иерархий представляет собой междисциплинарную задачу, находящуюся на стыке теории графов, теории информации, дискретной оптимизации, алгебраической топологии, семантического анализа и методов машинного обучения [5]. Такая многослойная природа предметной области обусловлена тем, что сама иерархия не является исключительно структурным объектом – она одновременно отражает топологию связей, организацию смысла, динамику взаимодействий и возможную адаптацию во времени. Следовательно, никакая универсальная унифицированная мера сходства не может быть адекватной во всех контекстах, поскольку иерархии различаются по цели построения, содержанию, масштабу, уровню наблюдаемости, степени стохастичности и роли семантики [6].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Иерархическая система в общем виде может быть определена кортежем:

$$\mathcal{H} = (L, S_l, R_{l \rightarrow l'}, U_l, \Phi, E, T), \quad (1)$$

где $L = 0, \dots, n$ – множество уровней иерархии; S_l – множество агрегатов или элементов уровня; $R_{l \rightarrow l'}$ – отношение взаимодействия между уровнями; U_l – правила управления на уровне l ; Φ – оператор перехода системы между состояниями; E – множество внешних воздействий и шумов; T – горизонт моделирования. Состояние системы в момент времени определяется объединением состояний всех уровней:

$$X(t) = \bigcup_{l=0}^n X_l(t),$$

а ее эволюция во времени задается выражением:

$$X(t+1) = \Phi(X(t), U(t), E(t)), \quad (2)$$

где $U(t)$ объединяет управляющие воздействия всех уровней, а $E(t)$ включает стохастические или детерминированные возмущения среды. В зависимости от природы процессов $\Phi(\cdot)$ из (2) может быть детерминированным, вероятностным, дискретно-событийным, дифференциальным или гибридным.

В отличие от статического структурного анализа имитационное моделирование воспроизводит причинные цепочки и межуровневые переходы влияния, что особенно

важно при моделировании иерархий, где причина и следствие часто разделены несколькими уровнями управления, временными задержками и фильтрами принятия решений. Например, воздействие на корневой узел может не проявиться немедленно на нижележащих уровнях или полностью изменить форму при прохождении через промежуточные звенья, что моделируется оператором для элементов U_l из (1) [7]:

$$U_{l-1}(t) = G_l(U_l(t), X_l(t), \xi_l), \quad (3)$$

где G_l – трансформация управляющего воздействия при переходе с уровня l на уровень $l-1$, а ξ_l моделирует искажение, задержку или шум управления. Более того, узлы нижнего уровня могут формировать обратное влияние, поднимающееся вверх иерархии:

$$F_{l+1}(t) = B_l(F_l(t), X_l(t), \eta_l),$$

где B_l – оператор обратной связи, а η_l – стохастический компонент измерения или оценки состояния. Совместное наличие нисходящих и восходящих потоков делает иерархию принципиально рекурсивной и динамически нелинейной, что практически исключает корректность линейных или редуцированных моделей.

Имитационные модели иерархий строятся по модульному принципу, где каждый уровень представлен автономной или полуавтономной динамической подсистемой [8]:

$$M_l = (S_l, U_l, \Phi_l, O_l), \quad (4)$$

где O_l – оператор наблюдения, описывающий, какая часть состояния доступна вышестоящему уровню. Частичная наблюдаемость моделируется через отображение:

$$\tilde{X}_l(t) = O_l(X_l(t), v_l),$$

где v_l – шум наблюдения. В реальных иерархиях управляющие центры почти никогда не обладают полной информацией о состояниях подчиненных элементов, что делает необходимым моделирование ограниченной наблюдаемости и принятия решений в условиях неполной информации.

Таким образом, имитационное моделирование не заменяет структурный анализ, теорию управления, системную динамику, теорию графов, машинное обучение или экспертное знание. Оно синтезирует их, создавая пространство вычислительного эксперимента, в котором иерархия не изучается в статике, а раскрывает свои фундаментальные свойства в процессе поведения, взаимодействия, адаптации, деградации, регуляции и самоорганизации.

ОБСУЖДЕНИЕ

Одним из ключевых выводов является то, что структурное сходство и функциональное подобие не являются взаимно выводимыми характеристиками [9]. Методы, опирающиеся на строгую топологическую эквивалентность, такие как изоморфизм деревьев или редакционные метрики, позволяют формализовать различия с высокой точностью, но оказываются непригодными для слабоструктурированных, частично наблюдаемых, шумных или эволюционирующих иерархий [10]. В реальных данных, особенно связанных с социально-экономическими, организационными, когнитивными или киберфизическими системами, полное структурное соответствие практически никогда не встречается, что означает необходимость перехода от строгих критериев эквивалентности к мягким, устойчивым, многокомпонентным и адаптивным метрикам [11]. Отсюда вытекает важное следствие: методы сравнения иерархий должны обеспечивать баланс между чувствительностью к значимым структурным различиям и устойчивостью к несущественным деформациям, перестановкам, пропускам данных и локальным несоответствиям.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование позволило установить фундаментальные принципы имитационного моделирования сложных иерархических систем. Разработанный формальный аппарат, основанный на представлении иерархии в виде кортежа, доказал свою эффективность для описания многоуровневых структур с нелинейными взаимодействиями. Модульный принцип построения имитационных моделей, при котором каждый уровень представляется в виде автономной динамической подсистемы, обеспечил необходимую гибкость и масштабируемость подхода.

Ключевым результатом работы стало подтверждение гипотезы о том, что сложные иерархии принципиально не редуцируемы к аналитическим моделям без потери существенных свойств. Совместное моделирование нисходящих и восходящих потоков управления продемонстрировало эмерджентные эффекты, которые невозможно предсказать в рамках статического анализа. Эксперименты выявили компромиссный характер устойчивости иерархических систем, оптимизация которой требует балансировки между структурной экономией и функциональной избыточностью.

Практическая значимость исследования заключается в разработке комплекса взаимодополняющих методов имитационного моделирования, позволяющих исследовать иерархические системы различной природы. Предложенные подходы к формализации операторов трансформации управляющих воздействий и обратных связей создают основу

для создания цифровых двойников реальных организационных, технических и социально-экономических систем.

Перспективы дальнейших исследований связаны с развитием методов композиции различных парадигм моделиро-

вания, интеграцией машинного обучения для калибровки параметров моделей, а также созданием специализированных вычислительных платформ для распределенного имитационного моделирования масштабируемых иерархических систем.

Список литературы

1. Кукарцева О.И., Куимова О.В. Имитационное моделирование производственных процессов на предприятии // Молодежь. Общество. Современная наука, техника и инновации. 2022. № 21. С. 277–278.
2. Бурый А.С., Шевкунов М.А. Суррогатное моделирование распределенных информационных систем по большим данным // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2019. № 5(51). С. 43–50.
3. Исраилова С.Т., Муханова А.А., Исмаилова А.А. Основные аспекты имитационного моделирования бизнес-процессов предприятия с помощью сетей Петри и агентного моделирования // Новости науки Казахстана. 2021. № 1(148). С. 1–8. – DOI: https://doi.org/10.53939/15605655_2021_1_12.
4. Козлов И.А. Сущность имитационного моделирования и перспективы его развития // Вестник науки. 2024. Т. 1, № 8(77). С. 119–133.
5. Курдюков В.И., Давыдова М.В., Михалев А.М. К вопросу автоматизированного проектирования и имитационного моделирования производственных систем предприятий машиностроения и металлообработки // Естественные и технические науки. 2021. № 2(153). С. 129–135.
6. Применение имитационного моделирования для оценки риска инвестиционного проекта на предприятии / Е.Е. Сумарева, И.В. Бордияну, Е.Е. Мубаракوف, О.Б. Лейман // Вестник Торайгыров университета. Экономическая серия. 2025. № 2. С. 399–415. – DOI: <https://doi.org/10.48081/TTGU3566>.
7. Веремчук Н.С. К исследованию системы обслуживания методами имитационного моделирования // Перспективы науки. 2023. № 5(164). С. 22–25.
8. Нешумов Е.В. Взаимосвязь имитационного моделирования и возможностей языка программирования Python // Образование и наука без границ: социально-гуманитарные науки. 2023. № 19. С. 154–158.
9. Солопов Д.М., Пугач И.С., Колдин М.С. Применение имитационного моделирования // Наука и образование. 2023. Т. 6, № 2. С. 359.
10. Груданов Н.А., Зоричев В.В., Груданова А.А. Имитационное моделирование как средство оптимизации процесса разработки программного обеспечения // Вектор экономики. 2024. № 5(95). С. 16.
11. Низамитдинов А.И. Методы имитационного моделирования в многомерных алгоритмах машинного обучения // Вестник ПИТТУ имени академика М.С. Осими. 2022. № 3(24). С. 15–21.

References

1. Kukartseva O.I., Kuimova O.V. Simulation modeling of production processes at the enterprise. *Molodezh'. Obshchestvo. Sovremennaya nauka, texnika i innovacii.* 2022; 21:277–278.
2. Buryi A.S., Shevkunov M.A. Surrogatnoe modelirovanie raspredelennyh informacionnyh sistem po bol'shim dannym. *Information and economic aspects of standardization and technical regulation.* 2019; 5(51):43–50. (In Russ.)
3. Israilova S.T., Muxanova A.A., Ismailova A.A. Osnovny'e aspekty` imitacionnogo modelirovaniya biznes-processov predpriyatiya s pomoshh`yu setej Petri i agentnogo modelirovaniya. *Novosti nauki Kazaxstana.* 2021; 1(148):1–8. – DOI: [10.53939/15605655_2021_1_12](https://doi.org/10.53939/15605655_2021_1_12). (In Russ.)
4. Kozlov I.A. Sushhnost` imitacionnogo modelirovaniya i perspektivy` ego razvitiya. *Vestnik nauki.* 2024; 1(8):119–133. (In Russ.)
5. Kurdyukov V.I., Davydova M.V., Mikhalev A.M. K voprosu avtomatizirovannogo proektirovaniya i imitacionnogo modelirovaniya proizvodstvenny`x sistem predpriyatij mashinostroeniya i metalloobrabotki. *Estestvenny`e i texnicheskie nauki.* 2021; 2(153):129–135.
6. Sumareva E.E., Bordianu I.V., Mubarakov E.E., Lejman O.B. Primenenie imitacionnogo modelirovaniya dlya ocenki riska investicionnogo proekta na predpriyatii. *Vestnik Torajgyrov universiteta. Ekonomicheskaya seriya.* 2025; 2:399–415. – DOI: <https://doi.org/10.48081/TTGU3566>. (In Russ.)
7. Veremchuk N.S. K issledovaniyu sistemy` obsluzhivaniya metodami imitacionnogo modelirovaniya. *Perspektivy nauki.* 2023; 5(164):22–25. (In Russ.)
8. Neshumov E.V. Vzaimosvyaz` imitacionnogo modelirovaniya i vozmozhnostej yazy`ka programmirovaniya Python. *Obrazovanie i nauka bez granicz: social`no-gumanitarny`e nauki.* 2023; 19:154–158. (In Russ.)
9. Solopov D.M., Pugach I.S., Koldin M.S. Primenenie imitacionnogo modelirovaniya. *Nauka i Obrazovanie.* 2023; 6(2):359. (In Russ.)
10. Grudanov N.A., Zorichev V.V., Grudanova A.A. Imitacionnoe modelirovanie kak sredstvo optimizacii processa razrabotki programmogo obespecheniya. *Vektor ekonomiki.* 2024; 5(95):16. (In Russ.)
11. Nizamitdinov A.I. Metody` imitacionnogo modelirovaniya v mnogomerny`x algoritmax mashinnogo obucheniya. *Vestnik PITTU imeni akademika M.S. Osimi.* 2022; 3(24):15–21. (In Russ.)

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭВОЛЮЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРЕДПРИЯТИЙ

GENERAL CHARACTERISTICS OF THE EVOLUTION OF INFORMATION SYSTEMS OF ENTERPRISES

Злыднев И.М., аспирант, ФГБУ «НИЦИ МИД России»
(Москва, Россия)

В статье рассмотрена общая характеристика эволюции информационных систем предприятий. Современные предприятия решают широкий круг задач в области производственной, коммерческой, финансовой, административной, правовой, социальной, инновационной сфер деятельности. Эффективное решение этих задач немислимо без использования информационных систем. Однако в настоящее время нет единого, общепринятого подхода к определению информационных систем. В статье рассматриваются различные подходы к определению данного понятия: теоретико-множественный, системно-целевой, процессный, структурный; функциональный, нормативно-правовой, технологический, кибернетический, информационный, математический, экономический. Наиболее общим из этих подходов является теоретико-множественный, в котором рассматривают информационную систему как совокупность содержащейся в базах данных информации, а также технологий и технических средств, обеспечивающих ее обработку. Информационные системы предприятий – это, как правило, корпоративные информационные системы; приведена краткая характеристика корпоративных информационных систем, показано, что основной тенденцией развития корпоративных информационных систем предприятий является переход к распределенным, автономным и высокоинтегрированным киберфизическим системам, формирующим интеллектуальные сети и «умные» производства.

Ключевые слова: информация, информационная система, предприятие, технологии, обработка, распределенные информационные системы.

Для цитирования: Злыднев И.М. Общая характеристика эволюции информационных систем предприятий // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2026. № 2(89). С. 61–67.

ВВЕДЕНИЕ

Современное социально-экономическое развитие страны во многом определяется деятельностью основных экономических агентов – предприятий. Роль предприятия в современной рыночной экономике, являющейся ее базовой структурой, является доминирующей и определяющей вектор ценностей деятельности предприятия. Именно на

Zlydnev I.M., PhD student, Federal State Budgetary Institution «Scientific & Research Center of Informatization of the Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation» (Moscow, Russia)

This article examines the general characteristics of the evolution of enterprise information systems. Modern enterprises solve a wide range of problems in the production, commercial, financial, administrative, legal, social, and innovative spheres of activity. Effective solutions to these problems are unthinkable without the use of information systems. However, there is currently no single, generally accepted approach to defining information systems. The article examines various approaches to defining this concept: set-theoretical, system-target, process, structural, functional, normative-legal, and industry-specific, including technological, cybernetic, information, mathematical, and economic. The most general of these approaches is set-theoretical, which views an information system as a collection of information contained in databases, as well as the technologies and technical means that support its processing. Enterprise information systems are typically corporate information systems. A brief description of corporate information systems is provided, demonstrating that the main trend in the development of enterprise information systems is the transition to distributed, autonomous, and highly integrated cyber-physical systems that form intelligent networks and smart manufacturing.

Keywords: information, information system, enterprise, technology, processing, distributed information systems

For citation: Zlydnev I.M. General characteristics of the evolution of information systems of enterprises // Information and economic aspects of standardization and technical regulation. 2026; 2(89):61–67.

уровне предприятий производятся необходимые товары и оказываются требуемые услуги.

Основными функциями предприятия являются следующие: «производственная, коммерческая, финансовая, административная и правовая, социальная, инновационная» [1]. Реализация данных основных функций предприятий

в настоящее время немислима без использования информационных систем (ИС).

Информационные системы играют ключевую роль в деятельности современных предприятий, обеспечивая поддержку, управление и оптимизацию различных бизнес-процессов, к которым можно отнести следующие процессы: управление данными, автоматизацию бизнес-процессов, повышение эффективности и производительности, анализ и планирование, совершенствование взаимодействия внутри и вне предприятия, поддержку и принятие решений, реализацию конкурентных преимуществ, обеспечение безопасности информации, управление различными рисками, инновационное развитие предприятия [2]. В целом роль информационных систем в условиях динамичного рынка и активного развития информационных технологий заключается в том, что они являются обязательным инструментом современных предприятий для решения задач эффективного управления и обеспечения их конкурентоспособности

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

В рамках современных исследований различают несколько подходов к определению понятия «информационная система», каждый из которых подчеркивает различные аспекты структуры, целей и функций системы.

Выделяют следующие подходы к определению понятия «информационная система» [2]: теоретико-множественный, системно-целевой, процессный, структурный; функциональный, нормативно-правовой, технологический, кибернетический, информационный, математический, экономический.

В теоретико-множественном подходе рассматривают информационную систему как совокупность содержащейся в базах данных информации, а также технологий и технических средств, обеспечивающих ее обработку. Данный подход к определению информационной системы базируется на использовании понятий теории множеств: «множество», «элементы множества», «отношения на множествах». Информационная система при этом представляется как совокупность различных множеств элементов (например, пользователей, данных, процессов, программных и технических средств) и отношений между ними, которые формализуются в виде математических структур [3].

Системно-целевой (аксиологический) подход акцентирует внимание на целях, которые реализует система, учитывая структуру целей, соответствующие организационные, производственные и ИТ-структуры, методы, средства и алгоритмы. Этот подход к определению информационной системы основывается на рассмотрении системы как

организованной совокупности компонентов, взаимодействующих для достижения определенных целей организации, предприятия или пользователя, подход подчеркивает приоритет целей и задач организации, структурируя и оптимизируя все компоненты информационной системы для их достижения [4].

Процессный подход базируется на описании ИС через анализ бизнес-процессов, на выделении целей, внутренних и внешних элементов, отношений и взаимодействий, а также функций и закономерностей. Этот подход к определению информационной системы предполагает рассмотрение ИС как совокупности взаимосвязанных процессов, каждый из которых преобразует входные ресурсы (данные, информацию, оборудование, персонал) в конкретные выходные результаты, обладающие ценностью для конечного пользователя или организации. Информационная система описывается через сеть бизнес-процессов, каждый из которых имеет четко обозначенные входы, выходы, ресурсы, ответственность, показатели эффективности и границы процесса. Целью процессного подхода являются оптимизация, стандартизация и повышение прозрачности процессов, их эффективности и управляемости, а также выстраивание интегрированной целостной системы управления [5].

Наряду с сервисным подходом выделяют сервис-ориентированный подход, который используется для описания процессов, протекающих в информационных системах [6].

В рамках структурного подхода информационная система – комплекс подсистем: технической, программной, организационной, правовой, информационной и математической, каждая из которых отвечает за отдельное обеспечение функционирования системы. Этот подход к определению информационной системы основывается на ее декомпозиции – разбиении на функциональные подсистемы и подфункции, которые далее подразделяются на задачи и конкретные процедуры, при этом сохраняется целостное представление системы с взаимосвязанными компонентами. Структурный подход обеспечивает системное, иерархическое представление информационной системы через функции и структуры, что способствует эффективному проектированию, анализу и сопровождению систем, сохраняя их целостность и согласованность [7].

В функциональном подходе ИС определяют как организационно-техническую систему, предназначенную для выполнения информационно-вычислительных работ или предоставления соответствующих услуг пользователям, ориентируясь на потребности систем управления и их пользователей. Этот подход к определению информационной системы основан на рассмотрении информационной системы как совокупности взаимосвязанных функций, которые она выполняет для достижения целей организации или пользователя. Основное внимание при этом уде-

ляется именно функциям системы — сбору, хранению, обработке и выдаче информации, которые используются для поддержки принятия решений и управленческих процессов. Функциональный подход позволяет выделять в составе информационной системы различные подсистемы и компоненты по признаку выполняемых ими функций, что упрощает анализ, проектирование и внедрение ИС. Подход позволяет определить, какие функции должна выполнять информационная система в рамках конкретного бизнеса или организации, обеспечить своевременную выдачу достоверной информации и организовать информационные потоки для поддержки решения управленческих задач и достижения целей организации [8].

Нормативно-правовой подход к определению информационной системы основан на юридической дефиниции и регулировании информационных систем через законы и нормативные акты. Согласно этому подходу информационная система рассматривается как совокупность содержащейся в базах данных информации и обеспечивающих ее обработку информационных технологий и технических средств. В российском законодательстве, например в статье 2 Федерального закона «Об информации, информационных технологиях и о защите информации», информационная система определяется именно так. Суть нормативно-правового подхода заключается в том, что информационные системы рассматриваются как объекты права, на которые распространяются определенные юридические нормы, регулирующие создание, использование, эксплуатацию и защиту таких систем. Этот подход предполагает выделение в структуре информационной системы трех основных компонентов: информационное наполнение (базы данных), технологии обработки информации (программные и технические средства) и субъекты, участвующие в информационных процессах [9].

Можно также выделить отраслевой подход к определению информационной системы, который включает: технологический, кибернетический, информационный и математический и другие, например экономический.

Технологический или технико-технологический подход к определению информационной системы рассматривает ИС как совокупность технических средств и технологических процессов, обеспечивающих сбор, передачу, хранение, обработку и выдачу информации. Основой этого подхода является техническое обеспечение системы, включающее аппаратное оборудование (компьютеры, серверы, коммуникационные устройства, периферийные устройства) и программное обеспечение, обеспечивающее работу ИС [9].

Кибернетический подход к определению информационной системы рассматривает ИС как управляемую динамическую систему, в которой процессы обмена и обработки информации служат обеспечению целенаправленного

управления объектом. В основе этого подхода лежат принципы кибернетики — науки об общих законах управления в живых организмах, машинах и социальных системах. В данном подходе информационная система — это комплекс, обеспечивающий управление объектом с помощью информационных потоков, основанный на принципах обратной связи и алгоритмах принятия решений, что позволяет достигать заданных целей и поддерживать необходимое состояние системы в условиях внешних и внутренних возмущений [10, 11].

Информационный подход к определению информационной системы рассматривает ИС как взаимосвязанную совокупность средств, методов и персонала, предназначенную для сбора, хранения, обработки и выдачи информации с целью поддержки принятия решений и достижения поставленных целей. Этот подход акцентирует внимание на информационных потоках и их управлении, подчеркивая ключевую роль информации как основного объекта в системе.

Согласно информационному подходу информационная система включает не только технические и программные средства, но и организационные, методологические компоненты и человеческий фактор. Важной частью является информационное обеспечение, которое обеспечивает формирование, классификацию, кодирование и своевременную выдачу достоверной информации для решения управленческих и прикладных задач [4].

Математический подход к определению информационной системы базируется на построении формальных моделей, которые описывают структуру, функции и процессы системы с помощью математических методов и алгоритмов. В данном подходе информационная система рассматривается как объект, свойства и поведение которого отображаются с помощью математических моделей, обеспечивающих формальное описание процессов обработки и управления информацией.

Основная цель математического подхода — создание моделей, которые позволяют анализировать, прогнозировать и оптимизировать работу информационных систем. К таким моделям относятся функциональные модели, уравнения, алгоритмы, теории множеств, графы, логические и статистические методы. С помощью этих моделей можно формализовать взаимодействие компонентов ИС, информационные потоки, а также процессы принятия решений и управления [12].

Экономический подход к определению информационной системы предполагает рассмотрение ее как совокупности средств, методов и специалистов, предназначенных для сбора, хранения, обработки и выдачи информации, необходимой для управления экономическим объектом

или процессом, с учетом эффективности и экономических выгод использования [13, 14].

Понятие «информационная система» определено в национальных и межгосударственных, международных стандартах:

- в международном стандарте ISO 2382:2015 «Information Technologies – Vocabulary», в межгосударственном стандарте ГОСТ 33707–2016 «Информационные технологии. Словарь» (модифицирован по отношению к предыдущему международному стандарту) – «система, организующая обработку информации о предметной области и ее хранение»¹.

Все приведенные подходы к определению информационной системы в значительной степени совпадают, однако общепринятого определения понятия «информационная система» не выработано.

Различают понятие информационной системы в узком и в широком смысле.

В широком смысле согласно Федеральному закону от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» «информационная система – совокупность содержащейся в базах данных информации и обеспечивающих ее обработку информационных технологий и технических средств».

В узком смысле под информационной системой понимают «программно-аппаратную систему, предназначенную для автоматизации целенаправленной деятельности конечных пользователей, обеспечивающую в соответствии с заложенной в нее логикой обработки возможность получения, модификации и хранения информации» [15].

В работе [16] отмечается: «Информационной системой, по существу, называют определенное и конкретизированное подмножество компонентов ИС из широкого представления: базы данных, системы управления ими (СУБД), общесистемное и специальное программное обеспечение (ОПО и СПО), техническое обеспечение».

Зачастую в определении информационной системы совмещают ее толкование в узком и одновременном в широком смысле. Например, в работе [17] приводится следующее определение информационной системы: «Информационная система – совокупность информации, экономико-математических методов и моделей, технических, программных, других технологических средств и специалистов, предназначенная для обработки информации и принятия управленческих решений».

Каждая информационная система предприятия является системой управления или информационной системой управления.

Основные задачи информационной системы управления предприятием включают обеспечение сбора, хранения, обработки и предоставления достоверных данных для поддержки управленческих решений, автоматизацию бизнес-процессов, а также повышение эффективности и прозрачности деятельности компании.

КОРПОРАТИВНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Информационные системы предприятий – это, как правило, корпоративные информационные системы (КИС). «КИС – это информационная система, в которой в автоматизированном режиме решается значительная часть как обеспечивающих и вспомогательных задач, так и целевых задач, определяющих основные виды деятельности объекта управления» [18].

Современная КИС включает комплекс программных и аппаратных средств, универсальных и специализированных приложений, а также организационно-нормативные компоненты, которые обеспечивают интеграцию и автоматизацию всех ключевых бизнес-процессов организации.

Основные компоненты современной КИС [19, 20]:

- программные модули для автоматизации управления производством, логистикой, финансами, персоналом, продажами и отношениями с клиентами (ERP, CRM, SCM и другие специализированные системы);
- единое хранилище данных и интегрированные базы (централизованные БД, обработка и синхронизация информации для всех подразделений);
- подсистемы управления документооборотом, включая электронное хранение документов, автоматизированную обработку и защиту информации;
- аппаратно-техническая база: серверы, рабочие станции, периферия, сети передачи данных, облачные и локальные инфраструктуры;
- система поддержки принятия решений: средства аналитики, бизнес-аналитика, генераторы отчетов и показатели эффективности;
- организационно-нормативные элементы: регламенты, правила доступа, инструкции и политики безопасности, кадровые ресурсы для поддержки и развития системы;

¹ ГОСТ 33707–2016 Информационные технологии. Словарь. – М.: Стандартинформ, 2016; (п. 4.452).

- инструменты интеграции с внешними и внутренними системами: встраивание с ERP, CRM, облачными сервисами, обеспечение единого информационного потока;
- система защиты и контроля: обеспечение безопасности информации, контроль пользователей и защита от несанкционированного доступа.

В работах [18, 21–23] утверждается, что «в общем случае процесс функционирования КИС включает в себя ряд этапов: синтез и передача информации и управляющих сигналов средствами КИС; обработка данных, необходимых для выполнения задач, поставленных перед сложным техническим объектом (СТО) и КИС; анализ поставленных перед СТО и КИС задач; оценка обстановки; многовариантное оценивание путей выполнения задач; оценивание возможного ресурсопотребления СТО и КИС; синтез управления СТО соответствующими средствами КИС; планирование использования элементов и подсистем СТО и средств КИС; выбор наиболее предпочтительных программ управления СТО средствами КИС; контроль доведения и выполнения программ по управлению СТО средствами КИС; оперативное управление СТО средствами КИС».

При этом в работах [18, 21] отмечается: одной из главных особенностей процесса функционирования КИС является то, что КИС, ее элементы и подсистемы подвержены физическому и моральному старению, что предполагает модернизацию КИС.

ИС являются сложными техническими системами со всеми присущими сложным системам свойствами: иерархичностью построения, сложностью, динамичностью, функционированием в условиях существенной неопределенности, целостностью и эмерджентностью [18, 21].

Современные информационные системы предприятий прошли путь от классических корпоративных информационных систем к современным киберфизическим системам, которые интегрируют физические процессы с цифровыми технологиями и обеспечивают высокий уровень автоматизации и адаптивности.

Впервые термин «киберфизическая система» (КФС, Cyber-physical system, CPS) был введен сотрудницей Национального научного фонда США (National Science Foundation в США) Эллен Гилл для обозначения распределенной системы, в которой обработка информации происходит непосредственно в ее физических элементах [24, 25].

Основные этапы эволюции корпоративных информационных систем:

- в 1960-70-х гг. появились первые системы планирования ресурсов (MRP, MRP II), ориентированные

на управление производственными процессами и ресурсами предприятия;

- в 1990-х гг. сформировались ERP-системы, которые объединили функции управления ресурсами всего предприятия и интегрировали бизнес-процессы внутренне и внешне;
- в 2000-х гг. внедрение веб-технологий и сервис-ориентированных архитектур позволило расширить функциональность и создать облачные решения, делающие ИС более гибкими и масштабируемыми;
- далее появились CRM-системы для управления взаимоотношениями с клиентами, SCM (управление цепочками поставок) и другие специализированные системы, обеспечивающие более глубокую интеграцию бизнес-процессов.

Киберфизические системы объединяют информационные технологии и физические компоненты, включая датчики, исполнительные устройства, коммуникационные сети и вычислительные ресурсы, что позволяет контролировать и управлять физическими процессами в реальном времени. Информационные системы предприятий развиваются в сторону интеграции физических процессов с цифровыми технологиями, что ведет к повышению конкурентоспособности и устойчивости бизнеса.

Киберфизические системы обеспечивают новые возможности для автоматизации, контроля, прогнозирования и оптимизации, что становится решающим преимуществом в условиях динамичного рынка и цифровой трансформации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей статье рассмотрена общая характеристика эволюции, рассмотрены основные подходы к определению информационных систем: теоретико-множественный, системно-целевой, процессный, структурный, функциональный, нормативно-правовой, технологический, кибернетический, информационный, математический, экономический; представлены особенности каждого подхода. Дана краткая характеристика корпоративных информационных систем, показано, что основной тенденцией развития корпоративных информационных систем предприятий явля-

ется переход к распределённым, автономным и высокоинтегрированным киберфизическим системам, формирующим интеллектуальные сети и «умные» производства.

Рецензент: Ломакин Михаил Иванович, доктор технических наук, доктор экономических наук, профессор, главный научный сотрудник ГНЦ РФ ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), г. Москва, Российская Федерация. E-mail: lomakin@vniigochs.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4191-1348>

Список литературы

1. Экономика предприятия / Под общей редакцией С.П. Кирильчук. – М.: Издательство Юрайт, 2023. – 458 с.
2. Дацун Н.Н. Теоретические основы информационных систем. – Пермь: ПГНИУ, 2019. – 100 с.
3. Антонов В.В., Куликов Г.Г., Антонов Д.В. Теоретические и прикладные аспекты построения моделей информационных систем. – Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co.KG, 2011. – 134 с.
4. Горлушкина Н.Н. Системный анализ и моделирование информационных процессов и систем. – СПб.: Университет ИТМО, 2016. – 120 с.
5. Синева М.Н. Процессная методология оценки эффективности внедрения и использования информационных систем // Российское предпринимательство. 2009. Т. 10, № 4. С. 78–84.
6. Яковлев В.П. Корпоративные информационные системы: конспект лекций. – СПб.: СПбГТУРП, 2015. – 117 с.
7. Золотов С.Ю. Проектирование информационных систем. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2023. – 61 с.
8. Резник В.Г. Проектирование информационных систем. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2022. – 180 с.
9. Метельков А.Н. Понятие информационной системы: технические и нормативно-правовые аспекты Правовая информатика. 2025. № 2. С. 112–118.
10. Информационные системы и технологии / Под ред. Тельнова Ю.Ф. – М.: Юнити, 2017. – 544 с.
11. Boyes H. A security framework for cyber-physical systems, WMG CSC WorkingPaper, Coventry, University of Warwick, 2017.
12. Звягин Л.С. Математические методы системного анализа // Молодой ученый. 2014. № 18 (77). С. 1–5.
13. Информатика для экономистов. Практикум: учеб. пособие для бакалавров / Под ред. В.П. Полякова, В.П. Косарева. – М.: Издательство Юрайт, 2013. – 343 с.
14. Информационные системы в экономике: учебник для вузов / В.Н. Волкова, В.Н. Юрьев, С.В. Широкова, А.В. Логинова; под редакцией В.Н. Волковой, В.Н. Юрьева. – М.: Издательство Юрайт, 2024. – 402 с.
15. Грекул В.И., Коровкина Н.Л., Левочкина Г.А. Проектирование информационных систем. – М.: Издательство Юрайт, 2026. 404 с.

References

1. The economy of the enterprise / Edited by S.P. Kirilchuk. Moscow: Yurait Publishing House, 2023. 458 p.
2. Datsun N.N. Theoretical foundations of information systems. – Perm: PGNIU, 2019. – 100 p.
3. Antonov V.V., Kulikov G.G., Antonov D.V. Theoretical and applied aspects of building models of information systems. – Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co.KG, 2011. – 134 p.
4. Gorkushkina N.N. System analysis and modeling of information processes and systems. St. Petersburg: ITMO University, 2016. 120 p.
5. Sineva M.N. Process methodology for evaluating the effectiveness of the implementation and use of information systems // Russian entrepreneurship. 2009. Vol. 10, No. 4. Pp. 78–84.
6. Yakovlev V.P. Corporate information systems: lecture notes. – St. Petersburg, SPbGTURP. 2015. – 117 p.
7. Zolotov, S.Y. Designing information systems / S.Y. Zolotov. Tomsk: Tomsk State University of Control Systems and Radio Electronics, 2023. 61 p.
8. Reznik V.G. Designing information systems. Tomsk: Tomsk State University of Control Systems and Radio Electronics, 2022, 180 p.
9. Metelkov A.N. The concept of an information system: technical and regulatory aspects of Legal informatics. 2025. No. 2. Pp. 112–118.
10. Information systems and technologies / Edited by Telnova Yu.F. – M.: Unity, 2017. 544 p.
11. Boyes H. A security framework for cyber-physical systems, WMG CSC WorkingPaper, Coventry, University of Warwick, 2017.
12. Zvyagin L.S. Mathematical methods of system analysis // Young Scientist. 2014. No. 18 (77). Pp. 1–5.
13. Computer science for economists. Practicum: study. Bachelor's Manual / Edited by V.P. Polyakov, V.P. Kosarev. Moscow: Yurait Publishing House, 2013. 343 p.
14. Information systems in economics : a textbook for universities / V.N. Volkova, V.N. Yuryev, S.V. Shirokova, A.V. Loginova ; edited by V. N. Volkova, V.N. Yuryev. Moscow: Yurait Publishing House, 2024. 402 p.
15. Grekul V.I., Korovkina N.L., Lyovochkina G.A. Designing information systems. Moscow: Yurait Publishing House, 2026. 404 p.

16. Лебедев Р.В. Метод управления ресурсами в клиент-серверных информационных системах на основе доверия: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.01 / Лебедев Роман Владимирович. – Красноярск, 2021. – 146 с.
17. Кононыхин С.А. Методика обоснования вариантов модернизации составных частей наследуемых прикладных распределенных информационных систем: дис. ... канд. техн. наук: 05.25.05 / Кононыхин Сергей Александрович. – Москва, 2012. – 208 с.
18. Потрясаев С.А. Синтез технологий и комплексных планов управления информационными процессами в промышленном интернете: дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.11 / Потрясаев Семен Алексеевич. – СПб., 2020. – 312 с.
19. Дубенецкий В.А., Советов Б.Я., Цехановский В.В. Проектирование корпоративных информационных систем. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. – 191 с.
20. Лисецкий Ю.М. Модели сопровождения информационных систем предприятия по этапам жизненного цикла // Программные продукты и системы. 2018. №3. С. 455–460.
21. Захаров В.В. Модели и алгоритмы планирования функционирования и модернизации корпоративной информационной системы на основе сервис-ориентированного подхода: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.01 / Захаров Валерий Вячеславович. – СПб., 2021. – 172 с.
22. Асадуллаев Р.Г., Ломакин В.В. Интегрированная модель поддержки жизненного цикла проектов автоматизированных систем // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 2018. № 2. С. 5–9.
23. Иконникова А.В., Петрова И.А., Потрясаев С.А., Соколов Б.В. Динамическая модель комплексного планирования модернизации и функционирования информационной системы // Приборостроение. 2008. №11. С. 62–69.
24. Lee E.A., Seshia S.A. Introduction to embedded systems: A cyber-physical systems approach. London: MIT Press, 2016.
25. Ватаманюк И.В., Яковлев Р.Н. Обобщенные теоретические модели киберфизических систем // Известия Юго-Западного государственного университета. 2019. Т. 23, № 6. С. 161–175.
16. Lebedev R.V. Resource management method in client-server information systems based on trust: dis. ... Candidate of Technical Sciences: 05.13.01 / Lebedev Roman Vladimirovich. – Krasnoyarsk, 2021. – 146 p.
17. Kononikhin S.A. Methodology of substantiation of modernization options for components of inherited applied distributed information systems: dis. ... Candidate of Technical Sciences: 05.25.05 / Kononikhin Sergey Alexandrovich. – Moscow, 2012. – 208 p.
18. Shockaev S.A. Synthesis of technologies and integrated information process management plans in the industrial Internet: dis. ... Doctor of Technical Sciences: 05.13.11 / Shock Semen Alekseevich. – St. Petersburg, 2020. – 312 p.
19. Dubenetsky V.A., Sovetov B.Ya., Tsekhanovsky V.V. Designing corporate information systems. St. Petersburg: Publishing House of SPbSETU «LETI», 2013. 191 p.
20. Lisetsky Yu. M. Models of maintenance of enterprise information systems by stages of the life cycle // Software products and systems. 2018. No. 3. Pp. 455–460.
21. Zakharov V.V. Models and algorithms for planning the functioning and modernization of a corporate information system based on a service-oriented approach: dis. ... Candidate of Technical Sciences: 05.13.01 / Valery V. Zakharov, St. Petersburg, 2021, 172 p.
22. Asadullaev R.G., Lomakin V.V. Integrated life cycle support model for automated systems projects // Scientific Bulletin of Belgorod State University. Series: Economics. Computer science. 2018. No. 2. Pp. 5–9.
23. Ikonnikova A.V., Petrova I.A., Shoshenaev S.A., Sokolov B.V. Dynamic model of integrated planning of modernization and functioning of the information system // Instrument engineering. 2008. No.11. Pp. 62–69.
24. Lee E.A., Seshia S.A. Introduction to embedded systems: A cyber-physical systems approach. London: MIT Press, 2016.
25. Vatamanyuk I.V., Yakovlev R.N. Generalized theoretical models of cyberphysical systems // Proceedings of the Southwestern State University. 2019;23(6):161–175.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОТКАЗОВ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ В ЦИФРОВОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

ORGANIZATIONAL ASPECTS OF PREDICTING EQUIPMENT FAILURES TO ENSURE PRODUCT QUALITY IN DIGITAL MANUFACTURING

Чиж Д.В., аспирант кафедры логистики и управления ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» (Казань, Россия)

Лысенков А.И., аспирант кафедры логистики и управления ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» (Казань, Россия)

В эпоху цифровизации производственных процессов ключевым условием выпуска конкурентоспособной продукции становится не просто контроль качества готовых изделий, а предупреждение возникновения дефектов, что напрямую зависит от возможности прогнозирования технического состояния оборудования. В этой связи развитие подходов к оценке влияния прогнозируемых отказов оборудования на ключевые показатели качества продукции видится как важная научная и практическая задача для современных промышленных предприятий. В статье исследуются методы регрессионного анализа, машинного обучения и байесовского оценивания для преобразования разнородных диагностических данных в прогноз остаточного ресурса и вероятности отказа оборудования для установления статистической зависимости с риском возникновения брака. Предложен порядок процедуры предупреждения брака на основе зависимости между износом оборудования и качеством изделия на примере производства блока цилиндров из алюминия для двигателей внутреннего сгорания, имеющий контур цикла «диагностика – прогноз – обслуживание – контроль». Практической реализацией предложенного подхода является установление зависимости овальности отверстия блока цилиндра от уровня вибрации подшипника по зонам развития дефекта на основе обучения модели регрессии предсказывать остаточный ресурс времени до критического порога изделия с браком.

Ключевые слова: качество продукции, предиктивная аналитика, отказы оборудования, техническое обслуживание и ремонт, производственная система, машинное обучение, цифровое производство.

Для цитирования: Чиж Д.В., Лысенков А.И. Организационные аспекты прогнозирования отказов оборудования для целей обеспечения качества продукции в цифровом производстве // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2026. № 2(89). С. 68–72.

Chizh D.V., graduate student at the Department of Logistics and Management, Kazan National Research Technological University (Kazan, Russia)

Lysenkov A.I., graduate student at the Department of Logistics and Management, Kazan National Research Technological University (Kazan, Russia)

In the era of digitalization of production processes, the key condition for manufacturing competitive products is not just the quality control of finished goods, but the prevention of defects, which directly depends on the ability to predict the technical condition of equipment. In this regard, the development of approaches to assessing the impact of predicted equipment failures on key product quality indicators is seen as an important scientific and practical task for modern industrial enterprises. The article explores methods of regression analysis, machine learning, and Bayesian estimation to transform heterogeneous diagnostic data into a prediction of residual useful life and the probability of equipment failure in order to establish a statistical relationship with the risk of defects. A procedure for defect prevention based on the relationship between equipment wear and product quality is proposed, using the example of the production of aluminum cylinder blocks for internal combustion engines, which follows a closed loop of «diagnostics – prediction – maintenance – quality control». The practical implementation of the proposed approach involves establishing the dependence of the cylinder bore ovality on the bearing vibration level according to the stages of defect development, based on training a regression model to predict the residual time until the critical threshold for a defective product is reached.

Keywords: product quality, predictive analytics, equipment failures, maintenance and repair, production system, machine learning, digital manufacturing.

For citation: Chizh D.V., Lysenkov A.I. Organizational aspects of predicting equipment failures to ensure product quality in digital manufacturing. Information-economic aspects of standardisation and technical regulation. 2026; 2(89): 68–72. (In Russ.).

ВВЕДЕНИЕ

В условиях цифровой трансформации производственных систем проблема обеспечения стабильности качества продукции приобретает новое измерение. Традиционные методы статистического контроля качества, ориентированные на обнаружение брака на выходе, уступают место предиктивным моделям, интегрированным в контур управления технологическими процессами. Одним из критических факторов, дестабилизирующих качество, является техническое состояние оборудования: его деградация, износ и внезапные отказы приводят к сбою настроек, нарушению режимов обработки и, как следствие, к появлению систематических дефектов.

Актуальность данного исследования определяется необходимостью развития научно-методического аппарата, позволяющего количественно оценить влияние прогнозируемых отказов оборудования на ключевые показатели качества продукции и интегрировать эти оценки в общую систему управления качеством на предприятии. Решение данной задачи соответствует вектору развития методов обеспечения качества на всех этапах жизненного цикла изделия и создает основу для построения адаптивных, самонастраивающихся производственных систем.

Исследованиям в области прогнозирования отказов оборудования как фактора обеспечения качества продукции посвящено множество трудов. Вклад в развитие теории надежности оборудования и влияния отказов на качество продукции внесли Гусев Е.В. и Пронкин А.А. [1], Лыкасов П.В. и соавторы исследовали методы прогнозирования состояния оборудования для целей разработки автоматизированной системы технического обслуживания и ремонта (далее – ТОиР [2], в том числе, Андронов А.Н. и Бадокин Т.Е. изучили перспективы использования методов машинного обучения, нейросетевого моделирования [3].

Отдельное направление составляют исследования, посвященные проблемам внедрения предиктивной аналитики в российских реалиях. Брюхова А.А. и Костюнина Т.Н. провели анализ барьеров цифровизации, включая отсутствие системного подхода, трудности с предиктивной технической диагностикой и завышенные ожидания от готовых решений [4], Ершов А.Н. предложил архитектурные решения на основе туманных и граничных вычислений, адаптированные к условиям российских промышленных предприятий [5]. Вопросы совершенствования системы управления качеством продукции на основе математической статистики и цифровых технологий представлены в статьях Малышевой Т.В. [6], применения российских цифровых систем управления качеством с использованием возможностей искусственного интеллекта и их интеграции с CAQ-системами – в публикациях Метревели И.С. [7].

Цель статьи заключается в исследовании и систематизации организационных подходов к интеграции методов прогнозирования технического состояния оборудования в контур управления качеством продукции для своевременного предупреждения дефектов.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ ДЕФЕКТОВ

Прогнозирование отказов оборудования представляет собой процесс перехода от планово-предупредительных ремонтов к ремонту «по состоянию». Это напрямую влияет на качество продукции, так как неисправное оборудование является главным источником брака. В основе такого перехода лежит математический аппарат, преобразующий поток данных с сенсоров в количественные оценки надежности.

Методы регрессионного анализа и теории временных рядов (экспоненциальное сглаживание) позволяют моделировать тренды деградации параметров, в то время как алгоритмы машинного обучения, такие как ансамбли случайного леса или градиентный бустинг, классифицируют предаварийные состояния по спектральным характеристикам вибрации и тепловым сигналам. Байесовские подходы и скрытые марковские модели дают возможность не только детектировать отклонения от параметров работы оборудования, но и вычислять остаточный ресурс с оценкой вероятности отказа на заданном горизонте планирования, превращая разрозненные показания датчиков в математически обоснованный прогноз [8].

На рис. 1 представлена организационная схема количественной оценки данной зависимости на примере производства блока цилиндров из алюминия для двигателей внутреннего сгорания для изделий машиностроения.

Износ подшипников или нарушение его балансировки приводит к биению инструмента, что вызывает овальность при точении или разбивку отверстия при фрезеровании, в результате возникает до 12% брака на высоких вибрациях [9].

Процедура организована в пять последовательных этапов таким образом, чтобы замкнуть «петлю качества»: от сбора данных с подшипника до предотвращения брака блока цилиндров. Ключевая задача первого этапа заключается в установлении математической взаимосвязи уровня вибрации подшипника (X) с ожидаемой величиной овальности (Y) для определения критического параметра мониторинга. Ограничения по уровню вибрации регламентированы ГОСТ 34905.4–2022 [10]. Зависимость между параметрами имеет вид уравнения линейной регрессии: $y=3,5415x-6,7976$ (рис. 2).

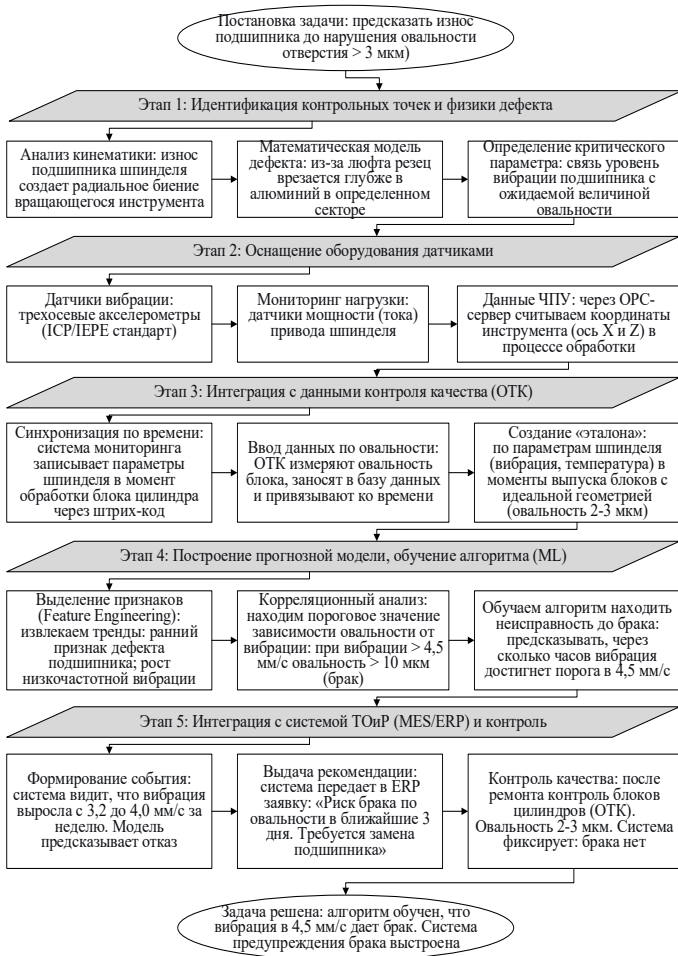


Рис. 1. Последовательность этапов предупреждения брака на примере выстраивания зависимости между износом оборудования и качеством изделия

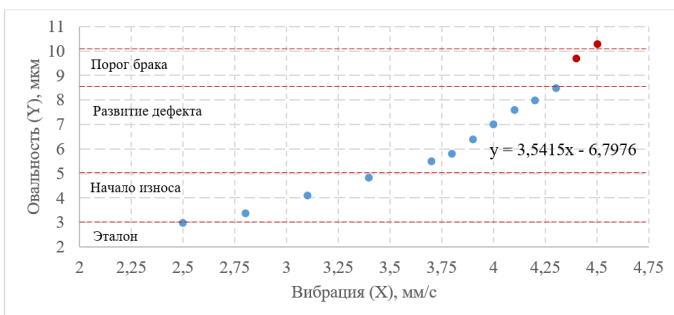


Рис. 2. Зависимость уровня вибрации подшипника (X) и овальности отверстия блока цилиндра (Y)

На втором шаге подшипник оснащается системой мониторинга, выполняется подключение к системе ЧПУ для отслеживания фактических координат инструмента, чтобы визуализировать возможное затягивание резца из-за люфта. Самый важный шаг для привязки прогнозов к качеству – это синхронизация данных мониторинга с результатами измерений ОТК (3 этап). Координатно-измерительная машина заносит в базу фактическую овальность каждого блока цилиндра и привязывает ее к временному штампу производства для создания «эталона» изделия с идеальной геометрией. В таблице представлены замеры по мере износа подшипника и эталонные значения после замены узла.

На втором шаге подшипник оснащается системой мониторинга, выполняется подключение к системе ЧПУ для отслеживания фактических координат инструмента, чтобы визуализировать возможное затягивание резца из-за люфта. Самый важный шаг для привязки прогнозов к качеству – это синхронизация данных мониторинга с результатами измерений ОТК (3 этап). Координатно-измерительная машина заносит в базу фактическую овальность каждого блока цилиндра и привязывает ее к временному штампу производства для создания «эталона» изделия с идеальной геометрией. В таблице представлены замеры по мере износа подшипника и эталонные значения после замены узла.

На четвертом шаге путем выделения признаков из сигнала вибрации извлекаются тренды и строится корреляционная зависимость овальности блока от уровня вибрации. Это позволяет найти пороговое значение; например, при вибрации более 4,5 мм/с овальность стабильно превышает допуск и составляет 10 мкм. Далее, модель регрессии обучается предсказывать остаточный ресурс времени, через которое вибрация достигнет критического порога и допустит выпуск изделия с браком.

Заключительный пятый этап интегрирует прогноз с производственной системой планирования для подачи в ERP-систему заявки на ремонт и предотвращения брака. Процедура завершается интеграцией полученных прогнозных данных с ТОиР оборудования, где после замены подшипника система валидирует его эффективность: вибрация должна снизиться до эталонных значений, а овальность обработанных блоков вернуться в нормативное значение.

Представленный порядок внедрения системы прогнозирования отказов демонстрирует фундаментальный сдвиг парадигмы в организации производства: переход от реактивного обслуживания к проактивному управлению ка-

Этапы состояния оборудования и его влияние на овальность отверстия блока цилиндра

Этап	Состояние оборудования	Вибрация (X), мм/с	Овальность (Y), мкм	Примечание
1	Норма (Эталон)	2,5	3,0	Базовый уровень
2	Начало износа	3,8	5,2	Данные с сенсоров
3	Развитие дефекта	4,0	7,0	Данные с сенсоров
4	Критический уровень	4,2	9,5	Данные с сенсоров
5	Порог брака (расчетный)	4,5	10,0	Требуется останов
6	Норма (Эталон)	2,5	3,0	После ремонта (базовый уровень)

чеством на основе данных. Результаты количественного анализа связи вибрации подшипника (4,5 мм/с) и овальности блока (10 мкм), превращают показания датчиков в измеримый прогноз остаточного ресурса оборудования. Критическим фактором выступает интеграция разнородных информационных потоков – данных мониторинга состояния оборудования в реальном времени и результатов измерений координатно-измерительной машины, что позволяет фиксировать отклонения, определять пороговые значения, при которых технологический процесс выходит за границы поля допуска.

Практическая ценность организации ТОиР раскрывается в интеграции работы производственной системы планирования (ERP/MES) с фактическими результатами ремонта. Система формирует предиктивную заявку на замену подшипника до момента возникновения брака и валидирует эффективность проведенных работ через повторный замер эталонных параметров. Такой подход создает самообучающийся контур управления качеством, где каждый цикл «диагностика – прогноз – обслуживание – контроль» вносит в модель новые данные, повышая точность последующих прогнозов и минимизируя риск выпуска несоответствующей продукции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование позволило получить следующие научно-практические результаты в области прогнозирования отказов оборудования для обеспечения качества продукции:

1. Представлен математический аппарат, объединяющий методы регрессионного анализа, машинного обучения и байесовского оценивания для преобразования разнородных диагностических данных в прогноз остаточного ресурса и вероятности отказа оборудования для установления статистической зависимости с риском возникновения брака.
2. Разработана организационная схема процедуры предупреждения брака на основе зависимости между износом оборудования и качеством изделия на примере производства блока цилиндров из алюминия для двигателей внутреннего сгорания, имеющих контур цикла «диагностика – прогноз – обслуживание – контроль».
3. Практической реализацией предложенного подхода является установление зависимости овальности отверстия блока цилиндра от уровня вибрации подшипника по зонам развития дефекта на основе обучения модели регрессии предсказывать остаточный ресурс времени до критического порога изделия с браком.

Список литературы

1. Гусев Е.В., Пронкин А.А. Оценка надежности аппаратуры с учетом характера отказов // Научно-технический вестник Поволжья. 2025. № 4. С. 43–46.
2. Лыкасов П.В. Лейзгольд К.А., Бочкарев С.В. Анализ методов прогнозирования отказов оборудования // Инновационные технологии: теория, инструменты, практика. 2022. Т. 1. С. 148–154.
3. Андронов А.Н., Бадюкина Т.Е. Методы анализа выживаемости в задаче прогнозирования выхода из строя оборудования промышленных предприятий // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Прикладная математика. 2025. № 2. С. 65–83.
4. Брюхова А.А., Костюнина Т.Н. Проблемы предиктивной диагностики и аналитики // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2023. № 7. С. 335–338.
5. Ершов А.Н. Актуальные проблемы развития предиктивной аналитики в промышленности // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2025. Т. 23. №3. С. 187–194.
6. Малышева Т.В., Лысенков А.И. Развитие системы управления качеством на основе предиктивной аналитики предупреждения рисков несоответствия продукции // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2024. Т. 26, № 2(118). С. 39–47.
7. Метревели И.С. Обзор современного уровня применения российских цифровых систем управления качеством с использованием возможностей искусственного интеллекта // Петербургский экономический журнал. 2025. № 2. С. 18–31.
8. Горохова В.Ф., Магазев А.А., Касенов А.А., Титова Е.К. Непрерывные марковские модели кибератак для оценки времени до отказа безопасности // Динамика систем, механизмов и машин. 2024. Т. 12, № 1. С. 94–100.
9. Колганов К.А. Микрюков И.В., Марков А.С. Разработка технологии изготовления деталей/компонентов двигателя внутреннего сгорания с применением аддитивных методов производства // Силовое и энергетическое оборудование. Автономные системы. 2019. Т. 2, № 3. С. 166–184.
10. ГОСТ 34905.4–2022 Подшипники качения. Методы измерения вибрации. Часть 4. Цилиндрические подшипники. – М.: Российский институт стандартизации, 2023. – 16 с.

References

1. Gusev E.V., Pronkin A.A. Assessment of the reliability of equipment taking into account the nature of failures // Scientific and Technical Bulletin of the Volga Region. 2025. No. 4. Pp. 43–46.
2. Lykasov P.V., Leizgold K.A., Bochkarev S.V. Analysis of methods for predicting equipment failures // Innovative Technologies: Theory, Tools, and Practice. 2022. Vol. 1. Pp. 148–154.
3. Andronov A.N., Badokina T.E. Methods of Survival Analysis in the Problem of Predicting Equipment Failure at Industrial Enterprises // Bulletin of Tver State University. Series: Applied Mathematics. 2025. No. 2. Pp. 65–83.
4. Bryukhova A.A., Kostyunina T.N. Problems of Predictive Diagnostics and Analytics // Izvestiya of Tula State University. Technical Sciences. 2023. No. 7. Pp. 335–338.
5. Ershov A.N. Actual Problems of Predictive Analytics Development in Industry // Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova. 2025. Vol. 23. No. 3. Pp. 187–194.
6. Malysheva T.V., Lysenkov A.I. Development of a Quality Management System Based on Predictive Analytics for Preventing Product Non-Conformity Risks // Izvestiya of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2024. Vol. 26, No. 2(118). Pp. 39–47.
7. Metreveli I.S. Overview of the Current Level of Application of Russian Digital Quality Management Systems Using Artificial Intelligence Capabilities // Petersburg Economic Journal. 2025. No. 2. Pp. 18–31.
8. Gorokhova V.F., Magazev A.A., Kasenov A.A., Titova E.K. Continuous Markov Models of Cyberattacks for Estimating the Time to Security Failure // Dynamics of Systems, Mechanisms, and Machines. 2024. Vol. 12, No. 1. Pp. 94–100.
9. Kolganov K.A., Mikryukov I.V., Markov A.S. Development of the technology for manufacturing parts/components of an internal combustion engine using additive manufacturing methods // Power and Energy Equipment. Autonomous Systems. 2019. Vol. 2, No. 3. Pp. 166–184.
10. GOST 34905.4–2022 Rolling Bearings. Methods for Measuring Vibration. Part 4. Cylindrical Bearings. – M.: Russian Institute of Standardization, 2023. – 16 p.

ФИЛОСОФИЯ КАК МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА В ОНТОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

PHILOSOPHY AS A METHODOLOGICAL PLATFORM FOR ONTOLOGICAL RESEARCH

Бурый А.С., д-р техн. наук, Российский институт стандартизации (Москва, Россия)

Ануфриев А.В., аспирант, Российский институт стандартизации (Москва, Россия)

Цель работы: исследование научной и методической базы при разработке концепции структуризации знаний на основе развития онтологического подхода в контексте предмета философии науки к задачам взаимодействия информационных систем в ходе формирования, интеграции, хранения и обмена знаниями.

Методы: комплексный философско-информационный подход к пониманию и осмыслению информационных процессов в ходе поиска и выявления знаний на основе онтологических моделей и логико-семиотической формы представления информационных систем.

Результаты: обоснован философско-информационный подход к построению онтологических структур в междисциплинарных областях исследования, представляющий собой развитие онтологических моделей как основного инструмента выявления новых знаний в формируемых предметных областях при разработке и проектировании современных информационных систем, а также их сопровождении в ходе применения.

Ключевые слова: системный анализ, предметная область, онтология процессов, онтологическая модель, интеграция данных и знаний, базисная формальная онтология.

Для цитирования: Бурый А.С., Ануфриев А.В. Философия как методологическая платформа в онтологических исследованиях // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2026. № 2(89). С. 73–79.

ВВЕДЕНИЕ

Системный подход как способ обработки информационных массивов (данных) в любом представлении (визуальных, текстовых, аудиальных и других) с возможностью их промежуточной оценки становится важным элементом познания и понимания связей, принципов организации, существующих в мире и этим миром управляющих [1].

Любая наука должна иметь свой уникальный метод описания и представления соответствующих фрагментов реальной действительности, независимо от предмета исследования и степени обобщения [2]. Анализ показывает, что правильное применение соответствующих общесистемных

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

Anufriev A.V., graduate student, Russian Standardization Institute (Moscow, Russia)

The purpose of the work: to study the scientific and methodological basis for the development of the concept of knowledge structuring based on the development of an ontological approach in the context of the philosophy of science in the tasks of interaction of information systems during the formation, integration, storage and exchange of knowledge.

Methods used: a comprehensive philosophical and informational approach to understanding and comprehending information processes during the search and identification of knowledge based on ontological models and logical-semiotic forms of representation of information systems.

Results obtained: the philosophical and informational approach to the construction of ontological structures in interdisciplinary fields of research is substantiated, which is the development of ontological models as the main tool for identifying new knowledge in the emerging subject areas in the development and design of modern information systems, as well as their support during application.

Keywords: system analysis, subject area, process ontology, ontological model, integration of data and knowledge, Basic Formal Ontology.

For citation: Buryi A.S., Anufriev A.V. Philosophy as a methodological platform for ontological research. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2026; 2(89): 73–79. (In Russ.).

«Кто владеет информацией, тот владеет миром»

Натан Ротшильд [1]

методов познания в рамках общих философских категорий позволяет получить адекватное описание и представление реальной действительности. При этом следует понимать, что философское начало любого исследования формирует обобщенную систему взглядов на мир, опираясь на которую исследователь применяет эти подходы, развивает их, структурирует свою предметную область, выявляя закономерности, предлагая новые методы, модели и алгоритмы в ходе решения частных вопросов исследования [3]. В этом заключается прикладное философское знание, главной задачей которого являются помощь частным наукам и совершенствование практической деятельности людей. Выдвигая новые идеи, исследователь одновременно совершенствует свою аргументацию, творчески и самостоятельно поднимается до философских обобщений [4].

Разнообразие интересов философии науки во многом определяется тем, что она основывается на эпистемологии, методологии и социологии научного познания. Основными задачами философии науки являются: систематическая философская рефлексия над наукой, вписывание достижений науки в социокультурный контекст науки, осуществление синтеза философского и научно-научного знания [5].

Развивающаяся быстрыми темпами в последние годы инновационная деятельность привела к увеличению темпов роста научного знания, что стимулировало развитие наукоемких отраслей промышленности, способствовало экономическому росту и усилению политического влияния стран, занимающих передовые позиции в сфере науки. Наряду с развитием традиционного знания научное творчество порождает новые отрасли прикладной науки: управляемая реакция термоядерного синтеза, клонирование организма животных и человека, создание искусственного интеллекта и т. д. [6]. Благодаря информационно-коммуникационным технологиям (ИКТ) стали возможны интенсивные кросс-научные исследования, подобные нейросетям, искусственной жизни [7], искусственному интеллекту, разумным средам, веб-приложениям, Интернету вещей. Указанные направления развития ИКТ составляют сегодня основу «конвергентных наук» – НБИКС: нано, био, информационных, когнитивных наук и гуманитарных социальных технологий [5, 8].

Цифровая трансформация промышленности актуализирует проблему семантической интероперабельности – способности различных информационных систем (ИС) обмениваться данными с сохранением исходного смысла [9]. Философия инноваций сегодня претерпевает изменения, в процессе инновационной деятельности организации все чаще обращаются к методам онтологического инжиниринга – процессам проектирования и разработки онтологий [10]. Как отмечается в исследованиях, современные формальные системы требуют явной декларативной спецификации, а также математического обоснования не только самих знаний, но и контекстных условий их применимости, например в интерактивных системах поддержки построения доказательств теорем [11], в сферах образования, здравоохранения, экономики и в ряде других.

Философский подход в научном исследовании в любой предметной области (ПрО) вооружает ученого исходными гносеологическими ориентирами о сущности и закономерностях познавательного процесса, о его формах, уровнях, исходных предпосылках. Переход науки к анализу новых объектов требует перехода и к новой категориальной сетке – понятийному аппарату. В этом процессе большая роль отводится построению онтологий как некоторой структуризации ПрО, представляемой в виде совокупности объектов, их классов, связей между ними (структуры) и правил вывода [12].

Анализ онтологических систем показывает, что онтологии выступают в виде «промежуточных» семантических форм между описаниями на естественном языке и конструктивной теорией [13], обеспечивающей в итоге переход к вычислительной модели, в рамках которой «язык рассматривается не только как средство описания, но и как среда исполнения» [14]. Философия информации становится тем пространством, где эпистемология встречается с инженерией знаний. Более ста лет назад Эдмунд Гуссерль¹ определил развитие философии как теоретико-познавательной науки, опираясь на онтологию, соединяя ее с теорией познания [15].

Эффективность и прагматическая ценность вычислительного подхода не являются единственными основаниями для его дальнейшего развития. Фундаментальные философские проблемы, связанные с пониманием природы вычислений, качественных переходов от физических процессов и каузальных отношений к информационно-технологическим процессам, не позволяют сводить данное направление исключительно к прикладным исследованиям в области вычислительных машин, а требуют междисциплинарного подхода к их разработке и осмыслению [5, 8, 12, 15].

Цель данной статьи – исследование научной и методической базы при разработке концепции структуризации знаний на основе развития онтологического подхода в задачах взаимодействия информационных систем в ходе формирования, интеграции, хранения и обмена знаниями. Данный подход можно использовать в задачах интеграции знаний при построении онтологий междисциплинарных предметных областей.

ОНТОЛОГИЯ – ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ПОДХОД К ФОРМАЛИЗАЦИИ

Информационные системы часто связаны с разнородными источниками данных или информации, которые создаются и управляются различными сторонами. Взаимодействие с другими ИС зачастую неизбежно и имеет решающее значение для принятия эффективных решений. Проблема заключается в том, что взаимодействие между этими системами часто основано на различных концептуальных платформах уже на уровне терминосистем [16], возникающих из-за различий в подходах и опыте разработки или привычках компаний. Формальные онтологии могут предложить решение проблем, связанных с совместимостью.

Онтология дает хорошие примеры того, как философия может пересекаться с информатикой, как философское (метафизическое) мышление о нашей реальности может быть полезно для разработки программных систем, вклю-

¹ Гуссерль Э. Идеи к чистой феноменологии и феноменологической философии. Кн. 1: Общее введение в чистую феноменологию. – М.: Академический Проект, 2009. – 489 с.

чая информационные системы. Исторически философские онтологии использовались для концептуализации. Анализ приведенных выше источников показывает, что онтологии предоставляют хорошо структурированные формальные структуры – словари терминов, которые используются компонентами информационных систем для работы с семантикой этих терминов.

Т. Грубер отмечает, что «Онтология – это явная спецификация концептуализации»². Любая база знаний, система, основанная на знаниях, или агент уровня знаний фиксируют некоторую концептуализацию, явно или неявно [11]. Явность означает, что онтологии должны быть выражены таким образом, чтобы они не были скрыты только в человеческом сознании, но и были доступны для использования другими [17]. Онтологию можно расширять с помощью процедур (например, правил), которые могут отражать динамический характер программных продуктов, с помощью механизма запросов, позволяющего «генерировать контрольные списки – популярный инструмент в гибких командах».

При разработке модели онтологии необходимо выбрать структуру понятийного множества (иерархическую, сетевую и т. д.), задать признаки (характеристики) объектов онтологии в ПрО и определить типы отношений (связей) между понятиями (объектами). Применение декларативно-процедурных интерпретаций позволяет соотносить содержательно-смысловую информацию о явлениях, событиях и свойствах объектов (декларативные знания) с процедурными знаниями (способами, методами решениями задачи), направленными на получение прагматической информации.

Обобщенную формальную модель онтологии представим в виде:

$$O = (U, Im(R), \Phi), \quad (1)$$

где U – множество понятий ПрО, $|U| \neq \emptyset$, $Im(R) = \{w | w: U^n \rightarrow [0,1]\}$ – множество нечетких взвешенных отношений между понятиями ПрО; $\Phi = \{f\}$ – конечное множество интерпретаций (аксиоматизация) [7].

В формализованном виде, в рамках общей теории систем, онтология может быть представлена в логико-семиотической форме, как совокупность следующих взаимосвязанных систем [13, 16]:

$$O \subset S_\Phi \times S_\Pi \times S_{\text{оп}}, \quad (2)$$

где S_Φ – функциональная система (ФС), включающая функциональные объекты и связи, участвующие в исследуемом функциональном процессе: для систем принятия решений это могут быть процедуры формирования решений (правила, сценарии, критерии); S_Π – понятийная (терминологическая) система; $S_{\text{оп}}$ – система операций сопоставления понятий. Соответственно для функциональных систем из выражения (2) различного целевого применения совокупность взаимодействующих объектов представим кортежем вида:

$$S_\Phi = \langle B_j^\Phi, E_j^\Phi, R_j^\Phi, P_j^\Phi \rangle, \quad (3)$$

где B_j^Φ – множество, соответствующее режимам, правилам применения (поведенческая модель) объекта для j -й ФС ($j = \overline{1, M}$); E_j^Φ – множество сущностей; R_j^Φ – множество функциональных отношений, в виде типовых ситуативных связей между сущностями; P_j^Φ – множество характеристических признаков (свойств).

Представление вида (3) относится к области структурирования данных в онтологиях. Указанные множества, а также разрабатываемые методы и алгоритмы для интеграции и сопоставления различных структур данных, таких как поведение (*Behavior*), сущности (*Entities*), отношения (*Relationships*) и свойства (*Properties*), составляющих суть контекста применения (в той или иной предметной области), и образуют комплексы средств для автоматизированного извлечения и обработки информации, улучшения совместимости между различными онтологиями [18].

Понятийную систему из (2) S_Π определим по аналогии с выражением (3):

$$S_\Pi = \langle B_i^\Pi, E_i^\Pi, R_i^\Pi, P_i^\Pi \rangle, \quad (4)$$

где B_i^Π – закон композиции (схема представления, в частности иерархическая таксономия) для i -й ПрО ($i = \overline{1, N}$), а N – возможное число комплексируемых ПрО; E_i^Π – множество понятий ПрО; R_i^Π – множество отношений (прежде всего, парадигматических); P_i^Π – множество признаков (свойств) систематизации понятий [19].

Система операций сопоставления понятий – $S_{\text{оп}}$ – есть объединение возможных математических структур q -го типа из заданного множества:

$$S_{\text{оп}} = \bigcup_q R_q; R_q : b_k^i \leftrightarrow b_{(\cdot)}^i, \quad (5)$$

где R_q – отношения из конечного множества математических структур (знаний, возможных сценариев действий) для типовых ФС рассматриваемой ПрО; b_k^i – k -е понятия, ($k = \overline{1, K}$); обозначение \leftrightarrow соответствует наличию связи между понятием b_k^i и любым другим понятием, связанным с ним и обозначенным индексом (\cdot) .

² Gruber T.R. Towards Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing // In Inter. Journal of Human-Computer Studies. 1994. Vol. 43 (5/6). P. 907–928.

Таким образом, формализация вида (2)–(5) отражает концептуальное представление онтологии заданной ПрО исследования с возможностью ее расширения для задач междисциплинарного исследования систем, основанных на знаниях для их формирования на основе системного подхода. Данное представление в отличие от общего подхода (1) предварительно декомпозирует пространство ПрО по функциональному признаку, определяя области понятий для конкретных функциональных систем, что сочетает как стационарные, так и динамические подходы в представлении сущностей.

ФОРМАЛЬНАЯ ОНТОЛОГИЯ: ОТ ГУССЕРЛЯ К СОВРЕМЕННЫМ СТАНДАРТАМ

Термин «формальная онтология» был введен Эдмундом Гуссерлем в начале XX в. и получил систематическую разработку в его «Идеях к чистой феноменологии и феноменологической философии»³.

Э. Гуссерль различает формальную и материальные онтологии. Формальная онтология имеет дело с «предметностью вообще», «нечто вообще в наиболее пустой всеобщности», которая «допускает неограниченное варьирование любых специально-предметных определений». Ее задача – выявить инвариантные структуры, присущие любому предмету как таковому, независимо от его конкретного содержания [20].

Важнейшим методом формальной онтологии Э. Гуссерля выступает мерология – учение о частях и целых. Э. Гуссерль вводит различие самостоятельных и несамостоятельных частей (фрагментов и моментов), а также понятие фундирования – необходимой связи между частями в составе целого. Это позволяет анализировать структуру любых предметностей, от чувственно воспринимаемых вещей до категориальных образований высших порядков [20].

Базисная формальная онтология и стандартизация. Развитие информационных технологий и необходимость обеспечения семантической интероперабельности между различными информационными системами привели к потребности в стандартизации формально-онтологических представлений. Наиболее распространенной сегодня является Базисная формальная онтология (Basic Formal Ontology – BFO).

BFO представляет собой онтологию верхнего уровня, которая задает наиболее общие категории, применимые в любых предметных областях, и содержит только термины, такие как: объект, качество, процесс, пространственная и временная область, которые относятся ко всем предметным областям реальности. В настоящее время BFO активно используется в областях информатики и устойчивого развития, а также в инженерном деле.

³ Гуссерль Э. Указ. соч.

Важно отметить, что BFO стала основой для международного стандарта ISO/IEC 21838-2:2021. В Российской Федерации этому стандарту соответствует национальный ГОСТ Р 59798-2021 «Информационные технологии. Онтологии высшего уровня (TLO). Часть 2. Базисная формальная онтология (BFO)»⁴.

BFO как онтология верхнего уровня содержит ограниченное количество абстрактных категорий, применимых во всех ПрО. Центральными элементами в BFO являются два типа сущностей (см. рис. 1):

1) континуанты – сущности, которые сохраняются, пребывают или продолжают существовать во времени, сохраняя свою идентичность. К континуантам относятся материальные объекты, их качества, функции, роли и диспозиции;

2) оккуренты – сущности, которые разворачиваются во времени. К оккурентам относятся процессы, их границы, временные и пространственно-временные области.

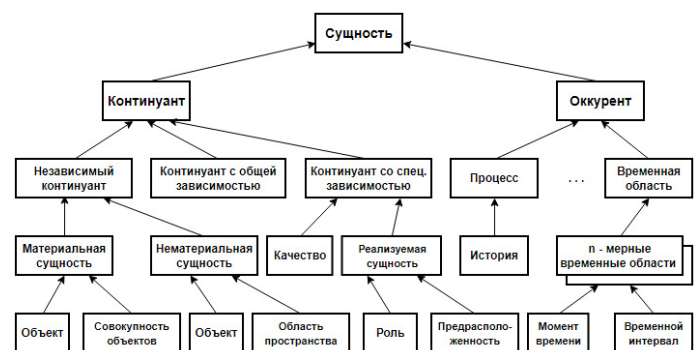


Рис. 1. Иерархия представления сущности (подход ГОСТ Р 59798)

Оккурент может иметь и определенную пространственную форму, зависящую от расположения других оккурентов. Процессуальные контексты являются сущностями, в которых другие оккуренты могут быть размещены или могут происходить. Примеры: хирургическая операция как процессуальный контекст инфекции, клиническое исследование как процессуальный контекст открытия нового метода лечения или медикаментов.

BFO – это фундаментальное отношение, определяющее строгую иерархию классов (типов сущностей). Оно обозначает, что все экземпляры подкласса (дочернего класса) автоматически являются экземплярами суперкласса (родительского класса), обеспечивая транзитивность и строгое наследование свойств.

Для формальной онтологии важны не столько сами понятия, сколько использование их людьми, знания людей о данных понятиях. В связи с этим не встает, например, вопрос, правомерно

⁴ ГОСТ Р 59798–2021 «Информационные технологии. Онтологии высшего уровня (TLO). Часть 2. Базисная формальная онтология (BFO). – М.: Российский институт стандартизации, 2021. (Дата введ.: 2022–04–30).

ли включать в формальные онтологии несуществующие сущности (например, вымышленные существа). Метафизика будет утверждать, что в бытии такого не существует, однако, обратившись к гносеологии⁵, мы обнаружим, что это существует в умах людей и на данном основании может включаться в онтологию. (Пример – предсказанные Д.И. Менделеевым химические элементы на основании Периодического закона, открытые значительно позже).

В работе [21] предложены два метода специализации онтологии процессов, сохраняющих формальную семантику и возможность верификации:

1. Декларативный метод, суть которого заключается в введении новых классов и подклассов, а также аксиом, ограничивающих интерпретацию для классов и отношений, возникающих в онтологии.

2. Конструктивный метод, заключающийся в использовании техники семантической разметки типовых элементов ПрО и сопоставлении с образцом.

Основная цель ВФО – поддерживать разработку онтологий ПрО, способствовать координации работы различных групп специалистов, добиваться непротиворечивости и предотвращать избыточность онтологий. Стандарты разработаны для поддержки функциональной совместимости информационных систем.

РАСШИРЕНИЕ ЗНАНИЙ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЦИИ ОНТОЛОГИЙ

Тенденции развития современных ИС часто обосновываются необходимостью привлечения разнотипных систем как по входным данным, так и реализуемым процедурам переработки информации в процессе ее анализа. Разработка распределенных информационных систем напрямую связана с совершенствованием иерархических структур знаний и данных, представленных в разнообразных базах данных и знаний [22]. Чем сложнее в информационном и конструктивном плане разрабатываемое ИС (платформа), тем большее число понятий, терминов, концепций должно быть задействовано с описанием семантических отношений между ними для реализации возможностей поиска понятий. Большая роль в этом процессе отводится онтологическим моделям, особенно при проектировании сложных систем [19], когда на практике реализуется один из законов диалектики: перехода количества в качество.

Взаимодействие онтологий вида (1), нагруженных на соответствующие понятийные базы, представим в виде моделей, индекс которых отражает применяемую понятийную область:

⁵ *Гносеология* – теория научного познания, одна из основных частей философии; изучает закономерности и возможности познания, исследует формы, методы и средства процесса познания.

$$\begin{aligned} O_U &= (U, R_U, \Phi_U), \\ O_W &= (W, R_W, \Phi_W), \end{aligned} \tag{6}$$

где каждая модель онтологии включает множество понятий, отношений и аксиоматику для построения структуры онтологии.

Преобразование онтологии O_U в онтологию O_W (см. рис. 2) задается отображением вида⁶:

$$M_{UW} := \left\{ \begin{array}{l} U \rightarrow W, \\ \Phi_U \rightarrow \Phi_W \end{array} ; \Phi_W \models M_{UW}(\Phi_U) \right.$$

где символ \models означает семантическое следование, т.е. из верности аксиом в модели U следует их справедливость в новой модели онтологии вида W . Однако если для новой онтологии необходимо ввести новые классы, типы понятий или типы отношений, то следует предусмотреть расширение онтологии для нового объединенного формата вида Z (см. рис. 2). Это наиболее характерно для междисциплинарных исследований.

Глубина интеграции онтологий может быть различной и характеризуется полнотой отображения онтологий:

$$O_U \rightarrow O_W.$$

Слабая интеграция онтологий может использоваться для задач классификации, мониторинга и поиска информации, но не рассчитана на вычислительные процедуры типа сравнения, логического вывода и многих других⁷. Однозначная увязка онтологий при построении унификаций онтологий требует строгих условий при формировании всех составляющих онтологии вида (6), например Z, R_Z, Φ_Z .

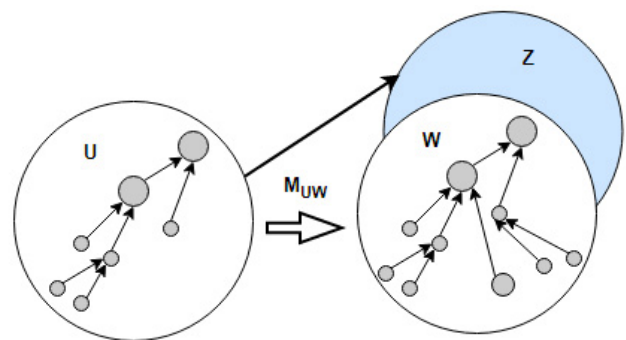


Рис. 2. Согласование онтологий в контексте предметных областей

⁶ Скворцов Н. А. Вопросы согласования неоднородных онтологических моделей и онтологических контекстов. Электронный ресурс. URL: <https://synthesis.frccsc.ru/synthesis/publications/08onto-hetont/08onto-hetont.pdf> (Дата обращения: 15.01.2026).

⁷ Там же.

Согласование контекстов ПрО для ряда неоднородных информационных ресурсов может проводиться без онтологических спецификаций, а на основе результатов экспертного принятия решений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Онтология перестает быть «умозрительной дисциплиной» и выходит за пределы эпистемологии и гносеологии, трансформируясь в эффективный инструмент инженерной деятельности, закрепленный в национальных и международных стандартах.

Проблема интероперабельности ИС решается через призму философского восприятия по средствам создания единых онтологических структур, отражающих не только объекты реальности, но и их характеристики и взаимосвязи.

Модель онтологии каждой ПрО должна содержать как формальные элементы, так и их содержательное толкование в терминах, понятных специалистам этой предметной области. Онтология и ее модель должны быть обозримы даже для сложных ПрО, обладающих большим числом понятий.

Философия онтологии не является беспредметной. Фундаментальная задача философии онтологии – дать эффективный критерий формального выстраивания логики следования одних сущностных явлений из других.

Онтологическое восприятие выступает в качестве одного из основных механизмов получения нового знания, что реализуется с помощью разработки современных методологий специализации формальных систем применительно к кон-

кретным ПрО. Представления знаний в онтологиях должны обеспечивать описание понятий со сложной структурой и разнообразных семантических связей между ними и обладать такими свойствами, как расширяемость и интегрируемость с уже существующими онтологиями.

Следует заключить, что взаимообусловленность между двумя значениями термина «онтология» в философии и в инженерии знаний порой трудно уловить. Связь между ними имеет скорее ассоциативный характер. Предмет описания формальной онтологии соотносится внутри философии, скорее, не с наукой о бытии (онтологией или метафизикой), а с наукой о познании («гносеологией»). При этом несомненно то, что онтология строится, опираясь на фундаментальные принципы бытия, а гносеология задает понятие истинности знаний в границах текущего развития науки. Содержание знаний расширяется по мере познания человеком окружающего нас мира, а следовательно, и расширяются границы онтологий, выступающих фундаментом для построения теорий и методологий в естественных науках и информационных науках. Преимущество онтологий в их формальной структуре, которая упрощает компьютерную обработку знаний.

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. Иванова С.А., Суетин А.Г. Хождения по дебрям информации, или алгоритмы понимания: Познание в эпоху незнания: самоучитель работы с информацией. – М.: ЛЕНАНД, 2025. – 352 с.
2. Омельченко В.В. Основы систематизации: Методология и философские аспекты. Принципы и законы познания реальной действительности. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012. – 480 с.
3. Бурый А.С., Фролов В.А. Структурирование информационного поля диссертационного исследования // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2025. № 2(83). С. 75–81. <https://doi.org/10.24412/2311-1348-2025-2-75-81>
4. Афанасьева О.В. Нужна ли философия современному специалисту? // Социально-гуманитарные знания. 2008. № 5. С. 314–327.
5. Бурый А.С., Костылева К.В. Философия науки: взгляд сквозь призму когнитивности. Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2025. № 1(82). С. 63–69. <https://doi.org/10.24412/2311-1348-2025-1-63-69>

References

1. Ivanova S.A., Suetin A.G. Hozhdeniya po debryam informacii, ili algoritmy ponimaniya: Poznanie v epohu neznaniya: samouchitel' raboty s informaciej. Moscow: LENAND, 2025, 352 p. (In Russ.).
2. Omelchenko V.V. Osnovy sistematizacii: Metodologiya i filosofskie aspekty. Principy i zakony poznaniya realnoj dejstvitel'nosti. Moscow: Knizhnyj dom «LIBROKOM», 2012, 480 p. (In Russ.).
3. Buryi A.S., Frolov V.A. Structuring the information field of the dissertation research. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation, 2025; 2(83): 75–81. (In Russ.).
4. Afanaseva O.V. Nuzhna li filosofiya sovremennomu specialistu? Socialno-gumanitarnye znaniya, 2008; 5:314–327. (In Russ.).
5. Buryi A.S., Kostyleva K.V. Philosophy of science: outlook through the prism of cognition. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation, 2025; 1(82): 63–69. (In Russ.).

6. Павлова Т.П. Философский анализ инновационности науки // Вестник Бурятского государственного университета. 2021. Вып. 4. С. 41–52. <https://doi.org/10.18101/1994-0866-2021-4-41-52>.
7. Тарасов В.Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: философия, психология, информатика. – М.: Эдиториал УРСС, 2002. – 352 с.
8. Новиков Д.А. Кибернетика: Навигатор. История кибернетики, современное состояние, перспективы развития. – М.: Ленанд, 2021. – 160 с.
9. Розенберг И.Н., Дулин С.К., Дулина Н.Г. Интероперабельность как ключевое условие реализации цифровой трансформации // Системы и средства информатики. 2021. Т. 31, № 3. С. 48–59. <https://doi.org/10.14357/08696527210304>.
10. Авдошин С.М., Шатилов М.П. Онтологический инжиниринг // Бизнес-информатика. 2007. № 2(2). С. 3–14.
11. Клещев А.С., Тимченко В.А. Теоретические основы оболочки для интерактивных систем верификации интуитивных математических доказательств // Онтология проектирования. 2018. Т. 8, № 2(28). С. 219–239. <https://doi.org/10.18287/2223-9537-2018-8-2-219-239>
12. Бурый А.С. Структуризация онтологий в междисциплинарных предметных областях // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2023. № 1(71). С. 52–58.
13. Максимов Н.В., Лебедев А.А. Онтологическая система «знание – деятельность» // Онтология проектирования. 2021. Т. 11, № 2(40). С. 185–211. <https://doi.org/10.18287/2223-9537-2021-11-2-185-211>.
14. Ястреб Н.А. Вычислительный поворот в философии // Философские проблемы информационных технологий и киберпространства. 2015. № 1(9). С. 85–95. <https://doi.org/10.17726/philt.2015.9.1.167.7>
15. Паткуль А.Б. Понятие онтологии в «Идеях I» Эдмунда Гуссерля // Известия Уральского федерального университета. Сер. 3: Общественные науки. 2013. № 2(115). С. 5–18.
16. Бурый А.С. Формирование терминосистем на основе онтологий // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2022. № 1(65). С. 4–11.
17. Husáková M., Bureš V. Formal ontologies in information systems development: a systematic review. *Information*, 2020;11(2): 66.
18. Цао Л. Образ мышления в науке о данных: Наступающая научно-техническая и экономическая революция. – СПб.: Издательство Европейского университета в Санкт-Петербурге, 2022. – 552 с.
19. Ануфриев А.В., Бурый А.С. Спецификации материалов в задачах информационной поддержки процессов жизненного цикла изделий // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2026. № 1(88). С. 4–10.
20. Савкин П.Д. Формальная онтология как теория предметов: точки соприкосновения идей Э. Гуссерля и А. Мейнонга // Вестник Московского университета. Серия 7: Философия. 2012. № 2. С. 13–32.
21. Методы специализации онтологии процессов, ориентированной на верификацию / Н.О. Гаранина, И.С. Ануреев, О.И. Боровикова, В.Е. Зюбин // Моделирование и анализ информационных систем. 2019. Т. 26, № 4. С. 534–549.
22. Бова В.В. Онтологическая модель интеграции данных и знаний в интеллектуальных информационных системах // Известия ЮФУ. Технические науки. 2015. № 4(165). С. 225–237.
6. Pavlova T.P. Philosophical Analysis of the Innovativeness of Science. *Bulletin of Buryat State University. Philosophy*, 2021; 4: 41–52. (In Russ.).
7. Tarasov V.B. *Ot mnogoagentnyh sistem k intellektual'nym organizaciyam: filosofiya, psihologiya, informatika*. Moscow: Editorial URSS Publ., 2002. 352 p. (In Russ.).
8. Novikov D.A. *Kibernetika: Navigator. Istoriya kibernetiki, sovremennoe sostoyanie, perspektivy razvitiya*. Moscow: LENAND Publ., 2021, 160 p. (In Russ.).
9. Rozenberg I.N., Dulin S.K., Dulina N.G. Interoperability as a key condition for the implementation of digital transformation. *Systems and Means of Informatics*, 2021;31(3): 48–59. (In Russ.).
10. Avdoshin S.M., Shatilov M.P. *Ontologicheskij inzhiniring*. *Biznes-informatika*, 2007;2(2):3–14. (In Russ.).
11. Kleshev A.S., Timchenko V.A. Theoretical foundations of the shell for interactive systems of intuitive mathematical proofs verification. *Ontology of designing*, 2018;8(2): 219–239. (In Russ.).
12. Buryi A.S. Structuring of ontologies in interdisciplinary subject areas. *Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation*, 2023; 1(71): 52–58. (In Russ.).
13. Maksimov N.V., Lebedev A.A. Ontological system "knowledge-activity". *Ontology of designing*, 2021; 11(2): 185–211. (In Russ.).
14. Yastreb N.A. Computational turn in philosophy. *Philosophical Problems of IT & Cyberspace*, 2015; 1(9): 85–95. (In Russ.).
15. Patkul A.B. The Notion "Ontology" in Edmund Husserl's "Ideas I". *Izvestiya Uralskogo federalnogo universiteta. Ser. 3: Obshchestvennye nauki*, 2013;2(115):5-18. (In Russ.).
16. Buryi A.S. Formation of terminological systems based on ontologies. *Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation*, 2022; 1(65): 4-11. (In Russ.).
17. Husáková M., Bureš V. Formal ontologies in information systems development: a systematic review. *Information*, 2020;11(2): 66.
18. Cao L. *Obraz myshleniya v nauke o dannyh: Nastupayushchaya nauchno-tehnicheskaya i ekonomicheskaya revolyuciya*. Sankt-Peterburg: Izdatel'stvo Evropejskogo universiteta v Sankt-Peterburge Publ., 2022, 552 p. (In Russ.).
19. 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.).
20. Savkin P.D. Formal ontology as a theory of objects: points of contact of ideas of E. Husserl and A. Meinong. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 7. Filosofiya*, 2012;2: 13–32. (In Russ.).
21. Garanina N.O., Anureev I.S., Bоровикова O.I., Zyubin V.E. Methods for domain specialization of verification-oriented process ontologies. *Modeling and Analysis of Information Systems*, 2019;26(4): 534–549. (In Russ.).
22. Bova V.V. Ontological model of data integration and knowledge in intelligent in-formation systems. *Izvestiya SFedU*, 2015;4(165): 225–237. (In Russ.).

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