

Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования

04/2025
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ
В СФЕРЕ
СЕРТИФИКАЦИИ
В ЛЕСНОЙ ОТРАСЛИ

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ
ПОДДЕРЖКА
ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
В ПРОЕКТНЫХ КОМАНДАХ

УПРАВЛЕНИЕ УСТОЙЧИВЫМ
РАЗВИТИЕМ РЕГИОНОВ РФ
В КОНТЕКСТЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ



iea.gostinfo.ru

ИНФОРМАЦИОННО- ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

4/2025 (85)

УЧРЕДИТЕЛЬ

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

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

Свидетельство о регистрации СМИ

Эл № ФС77-85390.

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

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

РЕДАКЦИЯ

Руководитель К.В. Костылева
Редакторы С.П. Арянина, О.В. Сергеева
Дизайнер А.В. Хорошилова
Корректор М.И. Першина

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 05.08.2025.
Дата опубликования на сайте журнала iea.gostinfo.ru 08.08.2025.

Формат 60 × 90 1/8.
Усл. печ. л. 14,13.

© ФГБУ «Институт стандартизации», 2025

СВЕДЕНИЯ О РЕЦЕНЗИРУЕМОМ НАУЧНОМ ИЗДАНИИ

ДАТА СОЗДАНИЯ 11.05.2011

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

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

МЕЖДУНАРОДНЫЙ СТАНДАРТНЫЙ
НОМЕР СЕРИАЛЬНОГО ИЗДАНИЯ
(ISSN) 2311-1348

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

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

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

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

БУДКИН Ю.В.

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

БУРЫЙ А.С.

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

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ

БЕТАНОВ В.В.

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

ГЕРАСИМОВА Е.Б.

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

ЖУРАВЛЕВА Т.Б.

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

ЗВОРЫКИНА Т.А.

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

ЛЫСЕНКО И.В.

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

МИСТРОВ Л.Е.

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

СТРЕХА А.А.

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

СУХОВ А.В.

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

ХАЧАТУРЯН А.А.

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

Содержание 4/2025 (85)

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТАНДАРТИЗАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ В СФЕРЕ СЕРТИФИКАЦИИ В ЛЕСНОЙ ОТРАСЛИ

Лебединская Е.В., Данилочкина Е.Д., Аронов И.З.

4

ОПЫТ И АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ МЕЖДУНАРОДНЫХ СТАНДАРТОВ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ГЕОЛОГИИ УЗБЕКИСТАНА

Хабибуллаев С.С., Умаров Ш.А., Утаев К.О., Искандаров М.Х.

8

СТАНДАРТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ И УСЛУГ

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ И СТАНДАРТИЗАЦИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОЦЕССОВ МОБИЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ

Тихомирова В.Д.

20

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ПРАКТИКА ПО ПОВЫШЕНИЮ УСТОЙЧИВОСТИ СТАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИХ ПРОЧНОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА

Антипова Т.Н., Тихонов В.А.

25

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ПРОЦЕССЫ

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПРОЕКТНЫХ КОМАНДАХ

Бурый А.С., Цаплина О.С.

31

АНАЛИЗ БОЛЬШИХ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ФАКТОРОВ УСПЕШНОЙ АДАПТАЦИИ ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ

Погодин И.М., Садыхбеков А.Д.

39

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ DGA-УГРОЗАМ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ

Королев И.А., Кобелев Е.А., Булгакова Е.В., Кубанков А.Н.

46

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА BIM-МОДЕЛЕЙ В АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФОРМАТА IFC

Криони И.Н.

56

ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ В РЕЛЯЦИОННОЙ БАЗЕ ДАННЫХ

Франтасов Д.Н., Лёшин Н.С., Прокопов А.В.

64

ЭКОНОМИКА ИННОВАЦИЙ

УПРАВЛЕНИЕ УСТОЙЧИВЫМ РАЗВИТИЕМ РЕГИОНОВ РФ В КОНТЕКСТЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Воронина Н.Ф., Анопоченко Т.Ю.

76

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗОПРЕНОВОГО КАУЧУКА (СКИ-3) В УСЛОВИЯХ ЭКОНОМИКИ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА

Мешалкин В.П., Кудрявцева С.С., Минулина О.В.

86

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ФАКТОРОВ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ СОПУТСТВУЮЩИХ ПРОЦЕССОВ «ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИНЖИНИРИНГ» НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Кудрявцева С.С., Халиулин Р.А.

91

ДИССЕРТАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

РАЗРАБОТКА ТРЕБОВАНИЙ К СИСТЕМАМ КЛАССИФИКАЦИИ ТУРИСТИЧЕСКИХ ТРОП В РОССИИ

Коробейников Э.Е., Рахманов М.Л.

95

МЕТОДИКА СКОРИНГА ИСТОЧНИКОВ И ИНЦИДЕНТОВ В МНОГОУРОВНЕВЫХ СИСТЕМАХ КАЧЕСТВА ДАННЫХ

Лопатин И.Н.

101

КОНЦЕПЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Шишкин А.В.

108



ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ В СФЕРЕ СЕРТИФИКАЦИИ В ЛЕСНОЙ ОТРАСЛИ

Лебединская Е.В., зам. генерального директора, Российский институт стандартизации, г. Москва
Данилочкина Е.Д., магистр 2 курса ИМТУР ФГАОУ ВО «Московский государственный институт международных отношений (университет) Министерства иностранных дел Российской Федерации»
Аронов И.З., д-р техн. наук, профессор ФГАОУ ВО «Московский государственный институт международных отношений (университет) Министерства иностранных дел Российской Федерации», советник генерального директора, Российский институт стандартизации, г. Москва

В статье рассматриваются актуальные вопросы, обусловленные уходом из страны международной системы сертификации FSC (Лесной попечительский совет) лесного комплекса и деятельностью Национальной системы лесной сертификации, которая успешно заменила FSC. Статистический анализ полученных результатов подтверждает эффективность разработанного отечественного инструментария импортозамещения в сфере лесной сертификации.

Ключевые слова: импортозамещение, лесной комплекс, FSC, национальная система лесной сертификации.

Цитирование: Лебединская Е.В., Данилочкина Е.Д., Аронов И.З. Импортозамещение в сфере сертификации в лесной отрасли // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2025. № 4(85). С. 4–7.

ВВЕДЕНИЕ И ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Рост несырьевого неэнергетического экспорта (ННЭ) России в условиях санкционного давления приобретает особое значение для сохранения конкурентоспособной экономики государства. Развитие ННЭ обеспечивает целый ряд позитивных результатов для российской экономики, в частности, напрямую увеличивает доходы российского бизнеса и госбюджета, уменьшает зависимость экономики от высокой волатильности цен на мировых рынках сырья, стимулирует инвестиционную активность, обеспечивает технологический суверенитет страны [1, 2].

В структуре российского несырьевого экспорта важное место занимают поставки продукции лесопромышленного комплекса (ЛПК). Следует отметить, что особенностью экспорта многих видов товаров, в том числе российского производства, является необходимость проведения сертификации товаров в международных системах сертификации, например, для оборудования для нефтедобычи в системе сертификации API Monogram¹, для ЛПК – в системе сертификации FSC², которые служили своего рода «пуском» для российского экспорта. Санкционная политика недружественных стран затронула и эту сферу, что

привело к уходу из страны международных систем сертификации, в том числе FSC.

Этот новый фактор экспортной политики очевидным образом повлиял на российский экспорт продукции ЛПК, однако степень его влияния на экспорт и эффективность инструментов парирования последствий ухода FSC не исследовались. Это предопределяет цель настоящей статьи.

РОЛЬ ЛЕСНОЙ СЕРТИФИКАЦИИ ДЛЯ РОССИЙСКОГО ЭКСПОРТА

Как отмечено ранее, российский ННЭ – важный аспект устойчивости экономики, на него приходится свыше 7,5% ВВП³. Сегодня развитие ННЭ сопряжено с рядом сложностей и рисков. Один из новых рисков применительно к сфере ЛПК, – уход с российского рынка международных систем сертификации.

Коротко рассмотрим отрасль ЛПК через призму сертификации.

Требование к наличию FSC-сертификата предъявляют многие зарубежные компании, закупающие продукцию из древесины. Во многих действующих контрактах на поставку продукции ЛПК наличие сертификата FSC является обязательным условием.

¹ API-Monogram – система (программа) добровольной сертификации продукции для нефтегазовой отрасли на соответствие требованиям Американского института нефти (API)

² FSC-сертификация – система добровольной сертификации лесного комплекса на соответствие требованиям Лесного попечительского совета (ForestStewardshipcouncil)

³ https://www.exportcenter.ru/press_center/rets-predstavil-aktualnye-vyzovy-i-zadachi-razvitiya-nesyrevevogo-neenergeticheskogo-eksporta-na-zased/

Поэтому аннулирование сертификатов FSC наиболее болезненно ударило по возможностям экспорта товаров отечественного производства – древесины, мебели, фанеры, пиломатериалов и др. (см. рис. 1).

Лесная сертификация построена на добровольном участии предприятий ЛПК и дает потребителю возможность распознать продукцию лесной промышленности, которая произведена из ответственно управляемых лесов с соблюдением экологических, социальных и экономических требований.

В настоящее время все больше лесных массивов вовлекается в процесс сертификации в целях обеспечения качества и безопасности товаров, а также повышения доверия потребителей к производителям.

Требования к сертификации древесины и изделий из нее обусловлены тем, что бизнес становится все более экологичным. Многими странами ратифицировано Парижское соглашение, в соответствии с которым лес признан основным очистителем воздуха, поглотителем и накопителем парниковых газов, поэтому с каждым годом требования по эксплуатации лесов только ужесточаются.

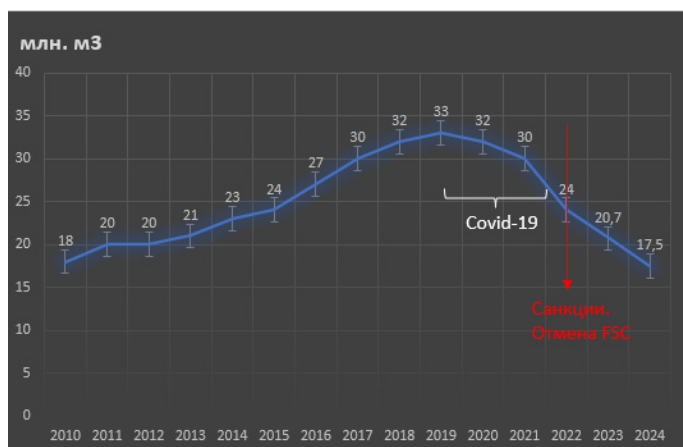


Рис. 1. Динамика изменения экспорта пиломатериалов из РФ 2010–2024 гг.

Ведущую роль в контроле ответственного лесопользования играет независимая, некоммерческая, негосударственная организация The Forest Stewardship Council (FSC) или Лесной попечительский совет, основанная в 1993 г. для поддержки экологически приемлемого, социально выгодного и экономически жизнеспособного управления мировыми лесами.

При сертификации по требованиям FSC осуществляется проверка выполнения десяти принципов, около шести-десяти критериев и в среднем двухсот показателей [3]. Маркировка FSC на продукции свидетельствует о том, что товары изготовлены из материалов, полученных из ответственных источников.

К концу 2024 года в мире насчитывалось около 80 стран с более 160 млн гектаров лесов, сертифицированных по стандартам FSC, и порядка 58 тыс. компаний, имеющих соответствующий сертификат цепочки поставок⁴. Текущее региональное распределение FSC-сертифицированных лесов в мире представлено на рис. 2. Лидирующие позиции в начале 2025 года занимает Европа и Северная Америка, которые в совокупности имеют более 119 млн га леса, обладающего маркировкой FSC. Это объясняется прежде всего тем, что на продукцию с логотипом FSC существует устойчивый спрос на экологически чувствительных западных рынках.

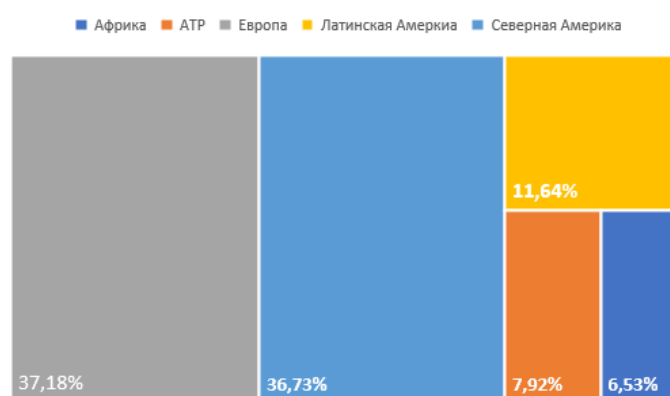


Рис. 2. Распределение по регионам мира FSC-сертифицированной площади лесов, га⁵

Исторически сложилось так, что продукция отечественной деревоперерабатывающей промышленности всегда пользовалась популярностью в мире. Поэтому, когда сертификация стала неотъемлемой частью договорных обязательств с иностранными партнерами, российские компании ЛПК стали учитывать сложившиеся требования рынка. В марте 2022 года международное правление системы FSC приняло решение о приостановлении действия всех российских сертификатов FSC на неопределенное время. Это сопровождалось сокращением доли ЛПК в общем объеме экспорта страны: с 8,6% до 4,7%, потеря в денежном эквиваленте составляла почти 8 млрд долларов⁶.

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ В ЛЕСНОЙ СЕРТИФИКАЦИИ

Перед отечественными производителями продукции ЛПК остро встал вопрос стратегического развития, связанного в том числе с сертификацией по типу FSC, что стимулировало заинтересованные стороны лесной отрасли на поиски соответствующего решения проблемы. Стало совершенно очевидно, что назрело создание такой системы сертификации, которая будет поддерживать внутреннего производителя и отечественную лесную отрасль, сможет учесть

⁴ <https://uk.fsc.org/what-is-fsc/facts-and-figures#:~:text=More%20than%3A,FSC%20chain%20of%20custody%20certification>

⁵ На основе данных <https://connect.fsc.org/impact/facts-figures>

⁶ <https://www.interfax.ru/business/890776>

баланс всех интересов и действовать в соответствии с законодательством страны.

После «ухода» FSC из России были разработаны и зарегистрированы в установленном порядке несколько систем добровольной лесной сертификации, в том числе «Национальная система лесной сертификации» (НСЛС). Это система, которая обеспечивает сертификацию лесопроизводства, цепочки поставок, а также оценку соответствия продукции из древесины.

По истечении более двух лет после ухода FSC из России наибольший интерес для исследования представляют результаты политики импортозамещения и промежуточная оценка эффективности деятельности лесной сертификации, в том числе НСЛС.

Анализ соответствующей статистики позволяет выделить две гипотезы:

1. За последние пять лет деятельности FSC на территории страны (с 2017 по 2021 г.) доля экспорта ЛПК в общем объеме ННЭ не изменялась (см. табл. 1).

Для проверки этой гипотезы рассчитаем коэффициент вариации доли экспорта ЛПК в общем объеме экспорта:

$$v = \frac{\sigma}{\mu} = (0,579/8,30) \cdot 100\% = 6,97\%, \quad (1)$$

где μ – среднее значение доли экспорта ЛПК;

σ – среднее квадратичное отклонение доли ЛПК.

Кроме того, учтем, что оценка (1) для малой выборки является смещенной, поэтому введем поправку, позволяющую вычислить несмещенную оценку v_H коэффициента вариации:

$$v_H = v(1+1/4n) = 6,97 \cdot (1+0,05) = 7,32\%.$$

Низкие значения коэффициента вариации (менее 10%) характеризуют невысокую вариабельность ряда 8,5; 9,0; 7,7; 7,7; 8,6 (первые пять значений в четвертой строке табл. 1). Это свидетельствует о том, что колебания доли ЛПК в общем объеме экспорта за время 2017–2021 гг. носят случайный характер, т.е. деятельность FSC не изменяла структуру экспорта ЛПК в этот период.

Такой же вывод следует из результатов теста на отсутствие тренда для этого ряда по критерию кумулятивной суммы при уровне значимости $0,01 \leq \alpha \leq 0,1$ [4].

2. Деятельность добровольных систем лесной сертификации, в том числе НСЛС, положительно сказалась на росте экспорта российского ЛПК в течение 2022–2024 гг.

С этой целью рассмотрим ряд 4,7; 6,8; 7,0 (последние три значения четвертой строки табл. 1). К сожалению, в силу небольшого объема выборки корректное использование статистических тестов для проверки этой гипотезы невозможно.

Поэтому для подтверждения гипотезы построим столбчатую диаграмму с показателями экспорта 2017–2024 гг. (рис. 2), а также спрогнозируем будущий уровень доли ЛПК в ННЭ при помощи метода наименьших квадратов. Легко видеть, что коэффициент линейной регрессии за период 2022–2024 гг. равен 1,15.

Таким образом, можно полагать, что в каждом последующем году (2025–2030 гг.) доля ЛПК в общем объеме ННЭ будет увеличиваться в 1,15 раза на фоне прогнозируемого общего роста ННЭ согласно нацпроекту «Международная кооперация и экспорт».

Таблица 1

Динамика развития российского ННЭ и доли в нем ЛПК⁷

ЭКСПОРТ	ГОД							
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Объем ННЭ, \$ млрд	133,9	150,0	155,1	160,0	194,2	190,4	146,3	145,0
Объем экспорта ЛПК, \$ млрд	11,34	13,50	11,90	12,30	16,70	8,90	9,90	10,10
Доля ЛПК в общем объеме экспорта, %	8,5	9,0	7,7	7,7	8,6	4,7	6,8	7,0

⁷ На основе данных Федеральной таможенной службы.

Анализ полученных результатов подтверждает эффективность разработанного отечественного инструментария импортозамещения в сфере «лесной» сертификации. Это, безусловно, в первую очередь, говорит о высокой ответственности отрасли ЛПК в части устойчивого лесопользования, а также об успешном опыте уменьшения зависимости от международных схем сертификации.

Таким образом, НСЛС на текущий момент выступает положительной практикой выстраивания альтернативных решений преодоления санкционных последствий в области технических мер. Для отечественных ЛПК-компаний – это важный механизм поддержки конкурентоспособности и наращивания экспортного потенциала в рамках достигнутых целей по увеличению ННЭ России.

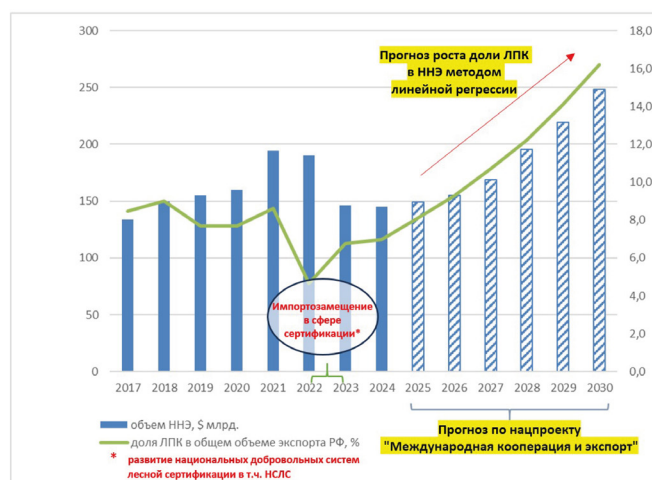


Рис. 2. Динамика доли ЛПК в ННЭ России 2025–2030 гг.
(составлено авторами)

Список использованных источников и литературы / References

1. Спартак А.Н. Оценка несырьевого экспортного потенциала России в условиях санкций // Российский внешнеэкономический вестник. 2022. № 12, с. 30–44. <https://doi.org/10.24412/2072-8042-2022-12-30-44>. / Spartak A.N. Otsenka nesyrievogo eksportnogo potentsiala Rossii v usloviakh sanktsiy. Rossiyskiy vneshneekonomicheskyy vestnik. 2022. № 12. S. 30–44. <https://doi.org/10.24412/2072-8042-2022-12-30-44>.
2. Батурина Э.А., Цветых А.В. Экспортный потенциал России: сущность и оценка // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2010. № 6. С. 136–138. / Baturina E.A., Tsvettich A.V. Eksportnyy potentsial Rossii: suschnost i otsenka // Aktualnie problem aviatcii i kosmonavtiki. 2010. № 6. – S. 136–138.
3. Филимонов Е.А. Добровольная лесная сертификация FSC, ее проблемы и перспективы // Молодые ученые России. Сборник статей XI Всероссийской научно-практической конференции. Пенза, 2022. – С. 17–19. / Filimonov E.A. Dobrovol'naya lesnaya sertifikatsiya FSC, yeye problemy i perspektivy // Molodyye uchonyye Rossii. Sbornik statey XI Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Penza, 2022. – S. 17–19.
4. Лемешко Б.Ю., Веретельникова И.В. Критерии проверки гипотез о случайности и отсутствии тренда. Руководство по применению. – Новосибирск, 2021. – 215 с. / Lemeshko B.Yu., Veretel'nikova I.V. Kriterii proverki gipotez o sluchaynosti i otsutstvii trenda. Rukovodstvo po primeneniyu. Novosibirsk. 2021. – 215 s.

IMPORT SUBSTITUTION IN THE SPHERE OF CERTIFICATION IN THE FORESTRY INDUSTRY

Lebedinskaya E.V., Deputy Director General of the Russian Standardization Institute, Moscow

Danilochkina E.D., master's student of IMTUR MGIMO (U), Moscow

Aronov I.Z., Doctor of Technical Sciences, Professor of the IMTUR MGIMO (U), Advisor to the Director General of the Russian Standardization Institute, Moscow

The article examines current issues caused by the departure of the international certification system FSC (Forest Stewardship Council) of the forest complex from the country and the activities of the National Forest Certification System, which successfully replaced FSC. Statistical analysis of the obtained results confirms the effectiveness of the developed domestic import substitution toolkit in the field of forest certification.

Keywords: import substitution, forestry complex, FSC, national forest certification system.

For citation: Lebedinskaya E.V., Danilochkina E.D., Aronov I.Z. Import Substitution in the Sphere of Certification in the Forestry Industry. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2025; 4(85): 4–7. (In Russ.).

ОПЫТ И АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ МЕЖДУНАРОДНЫХ СТАНДАРТОВ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ГЕОЛОГИИ УЗБЕКИСТАНА

Хабибуллаев С.С., главный специалист Министерства горной промышленности и геологии Республики Узбекистан, Ташкент, Узбекистан

Умаров Ш.А., канд. техн. наук, ученый секретарь ГУ «Узбекский институт стандартов», Ташкент, Узбекистан

Утаев К.О., канд. техн. наук, ученый секретарь ГУ «Узбекский институт стандартов», Ташкент, Узбекистан

Искандаров М.Х., старший научный сотрудник комплексной лаборатории петрофизических исследований АО «УзЛИТИнефтьгаз», Ташкент, Узбекистан

Мировое бизнес-сообщество в третьем десятилетии XXI века ведет политику определения привлекательности бизнеса, т.е. куда будут направлены инвестиции. Этот индикатор оценки приводит в замешательство рынок углеводородного сырья (УВ-сырья) и ее продукции, которые одновременно требуют вложения больших инвестиций, имеют большой потенциал и перспективы по доходности. Поэтому в мировом рейтинге «майнинг» деятельности, добыча нефти и газа являются одними из приоритетных направлений, хотя в финансовом мире многие специалисты давно передали пальму лидерства цифровой валюте. На самом деле в мировом рейтинге «майнинг» доходности УВ-сырья занимает одно из ведущих мест при выпуске продукции.

Настоящая статья посвящена опыту и анализу применения международных стандартов с целью определения и оценки бизнес-привлекательности в Узбекистане. В настоящее время страна в своем стремлении быть полноправным участником мирового рынка с учетом вовлечения в мировые финансовые институты и систему Всемирной торговой организации (ВТО) уделяет недостаточное внимание применению мировых стандартных решений (стандартов) и их гармонизации с республиканскими, которые признаны бизнес-сообществом в качестве индикаторов. Среди указанных стандартов используются такие, которые основаны на оценке финансовых показателей качества продукции. В частности, один из таких стандартов определяет комплексную оценку качества продукции и дает возможность в комплексе решать многоплановые задачи. Это Международный стандарт ESG, который в последнее время становится обязательным для вхождения в мир обоснованного вложения инвестиций и оперативного управления бизнес-структурой.

На основании Государственной Программы и нормативно-правовых документов геологическая отрасль Республики Узбекистан в период до 2030 года определила в качестве приоритетного направления – достижение определенного понижения «углеводородного следа» в промышленности, а также реализацию проектов по внедрению требований ВТО и устранению технических барьеров при выпуске продукции. При такой постановке задач среди производителей нефтегазовой продукции в стране имеется общая цель – достижение требований по декарбонизации путем внедрения международных стандартов по ведению бизнеса и управленческой деятельности производства.

Ключевые слова: углеводородное сырье, геология, декарбонизация, международные стандарты качества, управленческая деятельность, финансовые показатели качества продукции, оценка соответствия, углеводородный след, Индустрия 4.0, ранкинг, зеленая энергетика.

Цитирование: Хабибуллаев С.С., Умаров Ш.А., Утаев К.О., Искандаров М.Х. Опыт и анализ применения международных стандартов в нефтегазовой геологии Узбекистана // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2025. № 4(85). С. 8–19.

ВВЕДЕНИЕ

Стратегия пути развития мирового бизнес-сообщества основана на выпуске **ESG-эталонов**, которые могут быть переведены или представлены в виде индикаторных или даже рейтинговых единиц, соответствие которым может

стать определяющим при оценке лидерства или доходности того или другого вида бизнес-деятельности.

Мировое сообщество все активнее продвигается в сторону формирования инвестиционного пула, которое через определенное время перерастет в отрасль **ESG-метрики**

заемщиков. Геологическая отрасль Узбекистана, в особенности нефтегазовая геология, являясь в роли догоняющего на этом этапе развития, вынуждена одновременно достигать и обязана получать дополнительный опыт и другие навыки по обоснованию своих показателей-индикаторов. Среди таких показателей немало и тех, которые в свое время были инициированы как индикаторы оценки соответствия качественным показателям Стратегии цифровой индустрии «Индустрия 4.0».

Еще одна особенность данной Стратегии состоит в стремлении быть в лидерах мировой индустрии [1], т.е. многие вновь создаваемые компании рейтинговых оценок вводят понятие «рэнкинг». Рэнкинг, по своей сути почти повторяет свойство рейтинга и обособленно опирается на банк данных. Вот тут и возникает потребность в реализации большого объема работ по созданию банка данных в соответствии с внедренными международными стандартами.

Мировой рэнкинг на сегодняшний день выдает информацию по итогам деятельности мировой горнодобывающей индустрии 2022 года. Особенность такого подхода в том, что он охватывает всех производителей сырья полезных ископаемых. Следует отметить, что нефтегазовая отрасль долгое время имела свою котировку на биржевых торгах.

Все вышеизложенное определяет актуальность поднимаемых проблем и указывает мировые тренды развития отраслей мировых экономик. Авторы данной статьи считают целесообразным подчеркнуть необходимость проведения подобного исследования мировой индустрии, которая в едином ключе в комплексе формирует большой объем количественной информации по всем видам полезных ископаемых, имеющихся на территории страны. Узбекистан в стремлении быть полноправным участником мирового рынка производителей выбирает свой путь, который основывается на укреплении статуса продукции и ее качества, статус опирается на мировые стандарты.

Согласно Стратегии «Узбекистан – 2030» промышленность страны стремится к объему ВВП до 160 млрд долларов США и доходов на душу населения 4 тыс. долларов.



Второе приоритетное направление Стратегии «Узбекистан – 2030»

В Стратегии предусматривается осуществление геолого-разведочных работ (ГРП) на 60 тыс. м² площадей нефтегазоносных регионов республики. В эти параметры входит и нефтегазовая геология, отличительными свойствами которой являются научные исследования и бурение скважин на больших глубинах [2–6].

В последние годы с учетом развития и возможностей информационно-коммуникационных технологий фундаментальные научные исследования ведущих ученых Узбекистана направлены на создание цифровых геологических моделей не только на открытых территориях, но и на погребенных территориях. Геологические экспедиции, компании и организации Министерства горнодобывающей промышленности и геологии (Министерство геологии) и Министерства энергетики (Минэнерго) ведут активные работы по созданию геолого-геофизических, тектонофизических, гидродинамических, флюидомиграционных моделей недр на нефтегазоперспективных глубинах и территориях недр страны [7–12].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В настоящее время на мировом рынке УВ-сырья происходят большие изменения. Авторы статьи не акцентируют свое внимание, на те направления, которые определяют рынок цен на фьючерсные контракты. В статье рассмотрены опыт и анализ основополагающих составляющих индустрии УВ-сырья и в большей степени нефтегазовой геологии¹. На фоне таких изменений развиваются фундаментальные и финансово-экономические инструменты по оценке соответствия привлекательности компаний при проведении ГРП, поиске, разведке, освоении, разработке и эксплуатации месторождений нефти и газа, добыче и даже переработке УВ-сырья.

Весьма актуальным является задача разработки теоретических и методологических основ, связанных с эффективным использованием прямых инвестиций для ускоренного развития нефтегазового сектора, а также с повышением эффективности влияния как стимулирующего фактора нефтегазового экспорта на темпы социально-экономического развития страны.

Поэтому в условиях неустойчивого нестабильного развития экономик мировых держав и развивающихся стран поиск решений проблемы повышения инвестиционной привлекательности предприятий нефтегазового комплекса (для иностранных инвесторов) является чрезвычайно важной и актуальной задачей современной нефтегазогеологической науки.

С другой стороны, страны, имеющие опыт по управлению финансовыми стратегическими запасами, взамен получения уникального, а может даже эксклюзивного, операционного

¹ Под термином «нефтегазовая геология» понимается вся отрасль, включающая исследовательские работы, поиск, разведку, освоение, разработку и эксплуатацию месторождений, добычу и реализацию потребителю УВ-сырья.

управления запасами сырья в недрах все больше намекают об открытости информации, описывающей деятельность компаний, которые сосредоточились на поиске УВ-сырья.

С третьей стороны – компании, призывая к уменьшению «углеродного следа» или используя еще более звучные лозунги по «декарбонизации отраслей, которые наносят вред экологии», активно внедряют свои стандарты.

Все это в конечном итоге приводит к необходимости навестывания упущенного и проведения инновационных методов исследований и бурения, стремясь к позиции, в которой необходимо стать частью мирового рынка при реализации продукции нефти и газа.

Республика Узбекистан является одной из таких стран, которая имеет свое место на рынке мировой торговли УВ-сырья и ее продукции. На пути стремления нашей страны к достижению глубокой переработки сырья специалисты стараются соответствовать уровню стандартов мирового рынка. Учитывая именно этот фактор, страна должна полностью реализовать свой накопленный опыт по поиску и добыче УВ-сырья, а также диверсифицировать отрасль посредством поиска и разведки нефти, газа и конденсата новых видов УВ-сырья с применением инновационных методов исследований и бурения [6, 13–15] и международных стандартов [13–17].

Одним из таких трендовых стандартов на сегодняшний день является стандарт **ESG**.

Его основы были разработаны относительно недавно. Во многом потребности всех заинтересованных сторон (игроков рынка) связаны с целями и задачами устойчивого развития, провозглашенными Целями устойчивого развития (ЦУР), которые были изложены на Саммите Организации Объединенных Наций (ООН) по устойчивому развитию до 2015 года, в контексте усилий Генеральной Ассамблеи ООН в области устойчивого развития всех трех компонентов устойчивого развития: экономического, социального, экологического. Документом сделан акцент на экологические аспекты ЦУР и их роль, как в утверждении концепции устойчивого развития и предпосылок с целью наполнения ее конкретным нормативным содержанием, так и на их значении для развития **ESG²-принципов**.

На самом деле и по своей сути **ESG-принципы** основаны на концепции устойчивого развития, которые не являются правовыми. В особенности со стороны заинтересованных частных лиц и государств внимание уделяется оказанию значительного влияния на развитие правовых инструментов.

Для обеспечения своего долгосрочного и планомерного использования углеводородных ресурсов добывающим предприятиям и геологоразведочным службам приходится учи-

тывать потребности заинтересованных сторон, в качестве которых помимо потребителей выступают местные сообщества, государственные и муниципальные органы власти, финансовые организации и инвесторы. Для последнего весьма абстрактная научная концепция устойчивого развития в настоящее время предстала в виде прикладной повестки **ESG-стандарта**.

Хотя в последние годы национальная экономика Узбекистана фиксирует снижение добычи, переработки УВ-сырья, все же на основе оптимизированного государственного управления страной углеводородная отрасль напрямую управляется Минэнерго РУз.

Министерство геологии проводит активную работу по приросту углеводородного потенциала на основании прогнозов нефтегазовой геологии. Работа в tandemе двух государственных управляющих министерств над углеводородной отраслью должна привести к эффективному, диверсифицированному, рентабельному использованию богатств недр. В этой отрасли заняты порядка 1% трудоспособного населения страны. Роль отрасли в структуре производства промышленной продукции и привлечения инвестиций невозможно переоценить.

Именно углеводородная отрасль обладает большим потенциалом и позволит повысить темпы роста экономики, комфортного проживания населения, создать условия для функционирования приоритетных отраслей экономики. При этом необходимо поддерживать на высоком уровне невероятно разветвленную нефтегазовую инфраструктуру. При динамичном наращивании объемов добычи УВ-сырья становится невозможным подготовить и сформировать условия по переходу на цифровую модель и без масштабной систематизации всех этапов технологического процесса производства, которое включает в себя:

- геологоразведочные исследования недр на обнаружение углеводородного скопления;
- геолого-геофизическое картирование недр и исследовательские работы;
- нефтегазовая ловушка;
- геолого-геофизическая структура;
- поисковая геолого-геофизическая модель;
- параметрическое бурение;
- тектонико-гидродинамическая модель структуры;
- геолого-геофизическая оценочная модель;
- геолого-техническая поисково-эксплуатационная модель;
- производственная эксплуатационная модель структуры, места скопления и месторождения УВ-сырья;
- эксплуатационное, поисковое бурение;
- первая линия обработки нефтегазового ресурса;
- перерабатывающие пункты и комплексы;

² В аббревиатуре **ESG**: Environmental – окружающая среда, Social – социальное (корпоративное), Governance – управление.

- инфраструктура по транспортировке углеводородного сырья потребителям и т.д.

Развитие нефтегазовой отрасли привело к объединению поисков, исследований, добычи, переработки, доставки ценного ресурса потребителям. Главной причиной подобной трансформации специалисты указывают на недостаточную гибкость и неэффективность прежних структур обслуживания УВ-сырья.

Авторы настоящей статьи не согласны с подобным утверждением.

Основываясь на поэтапную систематизацию инфраструктуры с координированным подходом к оцифровыванию всех частей топливно-энергетического комплекса можно достичь положительного результата этой невероятно сложной задачи. Настоящую цель планируется достигнуть в рамках целевых программно-технологических, отраслевых, государственных программ. Отраслевое оцифровывание имеет ценность как основной способ повышения конкурентоспособности и доходности бизнеса.

Применение цифровых решений опирается на государственные, отраслевые стандарты и технико-технологические регламентирующие документации (документальная верификация всех элементов цифрового хозяйства – это и есть основной элемент создания гигантского хранилища метаданных). Далее необходимо гармонизировать национальные, государственные стандарты с международными [14, 15].

В целях внедрения современных информационно-коммуникационных технологий и обеспечения автоматизации процессов Минэнерго совместно с компанией «ИКС Холдинг» разработана и усовершенствуется «Концепция комплексного и планомерного развития автоматизации и цифровизации топливно-энергетического комплекса Республики Узбекистан», с учетом текущих и долгосрочных бизнес-целей отрасли.

Развитие нефтегазовой отрасли на основе законов рыночной экономики создаст условия для конкуренции, позволяющие повысить эффективность производства, транспортировки, переработки, и самое главное – обеспечить бесперебойную поставку природного газа потребителям. Также позволит привлекать к реализации проектов инвесторов, обладающих не только финансовыми, техническими и программными средствами космического мониторинга, но и современными технологиями и опытом.

В рамках реализации реформ в отрасли из состава АО «Узбекнефтегаз» выведено АО «Узтрансгаз» как единый оператор приобретения природного газа у организаций, которые заняты газоперерабатывающей деятельностью и переработкой нефти. Данная организация реализует и транспортировку, в том числе, экспортирует, импортирует, реализует

потребителям по магистральным газопроводам. На базе территориальных филиалов газоснабжения АО «Узтрансгаз» создано АО «Худудгазтаъминот», которое по направлению деятельности охватывает оперативное управление и эксплуатацию газораспределительных сетей, поставки природного и сжиженного газа, обслуживания систем обеспечения населения и социальную сферу.

В рамках «Концепции обеспечения Республики Узбекистан нефтегазовой продукцией на 2020–2030 годы», разработанной Минэнерго совместно с соответствующими министерствами, ведомствами, а также международными консультантами ведутся активные работы по интеграции международных стандартов в деятельность топливно-энергетической отрасли экономики страны.

Главной задачей нефтегазовой отрасли является обеспечение нефтегазовой продукцией населения страны, без ранжирования их на территориальную принадлежность. То есть создание условий, которые предусматривают в целом бесперебойное снабжение природным газом и нефтепродуктами. Все это требует обеспечения стабильной добычи, модернизации газотранспортной системы, совершенствования учетной политики потребления. Данные задачи сложно организуемы и выполнимы, но есть возможность их поэтапной реализации.

В Узбекистане к 2030 году по добыче природного газа планируется достичь объема 66,1 млрд м³, при этом есть тенденция достижения потребления 56,5 млрд м³, поставленные параметры требуют перехода в первую очередь удовлетворения спроса со стороны внутренних потребителей и глубокой переработки природного газа в качестве сырья.

Минэнерго для достижения вышеуказанных целей поэтапно реализует масштабные проекты по глубокой переработке УВ-сырья и природного газа, координации процессов реформирования отрасли с учетом требований по повышению эффективности деятельности, также перевода экономико-производственных циклов на рыночные отношения.

Среди реализуемых мероприятий особое место занимает моделирование процессов, которое реализуется путем оцифровывания каждого элемента производственного цикла и всей системы функционирования. Именно в этот момент включаются в процесс республиканские и международные стандарты, которые в конечном итоге соответствуют политике **ESG-повестки**, и в свою очередь повышают бизнес-привлекательность отрасли в целом [14, 15].

Практически все технологические процессы можно моделировать, выбрать наиболее целесообразные варианты, а не действовать на месте методом проб, испытаний, исследований, а также ошибок. Эффективность данного процесса можно рассмотреть на примере бурения скважины, а также решений по испытанию или эксплуатации продуктивного

пласта. Многочасовое моделирование может заменить месяцы испытаний, давая при этом более точные представления и результаты о свойствах достигнутых или даже достигаемых пластов.

В результате применения технико-технологических, цифровых и электронных решений экономятся годы трудовых ресурсов и финансовых средств, а также существенно повышается нефте- и газоотдача горных пород.

В соответствии с Постановлением Президента №ПП-4388 от 9 июля 2019 года «О мерах по стабильному обеспечению экономики и населения энергоресурсами, финансовому оздоровлению и совершенствованию системы управления нефтегазовой отраслью» при Минэнерго создан Проектный офис. В рамках деятельности этой организации предусматривается работа с международными финансовыми институтами. В процесс деятельности Проектного офиса привлечены международные эксперты, имеющие большой опыт реформирования нефтегазовых отраслей различных стран. Наряду с вышеуказанным процессом реформирования отрасли продолжается работа по совершенствованию нормативно-правовой базы нефтегазовой отрасли.

Также ведется реформирование по деятельности буровых работ. Одним из реализованных мероприятий можно указать повышение эффективности бурения при участии «RLG International Inc.» (Канада) в АО «Узбекнефтегаз», где реализован первый этап проекта «Повышение операционной эффективности бурения и капитального ремонта скважин».

1. Первым этапом реализуемого проекта является раздел «Диагностика». В рамках этого этапа критически проанализирована деятельность АО «Узнефтегаз уду таъмирлаш» и ООО «Узнефтегаз бур илаш ишлари», даны оценка и анализ деятельности по организации работ и проведению мероприятий по бурению, капитальному ремонту скважин на участках поисков, обоснования запасов, а также по оценке и подсчету запасов месторождений.

Итоговым результатом этапа «Диагностика» являются разработанные рекомендации по оптимизации производственных затрат, применению стандартов, регламентирующих мероприятия по улучшению финансовой отчетности с внедрением решений по получению показателей качества процесса, услуги.

2. Следующим этапом проекта является «Внедрение новой системы».

Наименование этапа кажется простым понятием, на самом деле этот этап превзошел по сложности многие другие, которые были предложены ранее. Сложившаяся ситуация требовала от сторон по совместному сотрудничеству договоренности об организации проектной группы по бурению скважин и капитальному ремонту скважин. Реализация данного этапа

также требует разработки собственного свода документации по технико-технологическому регламентированию.

Сложность этого этапа заключается в потребности обучения высококвалифицированных специалистов, которые в последующем должны поддерживать внедряемую систему управления деятельностью по организации и проведению буровых работ.

В настоящее время продолжается реализация проекта в разрезе не только указанных предприятий, но и по всей отрасли, производители стараются приблизиться к поставленным стандартам, регламентам и технико-технологическим требованиям. При этом в углеводородной отрасли проходит период адаптации современным шкалам оценки и рейтингов существующих производственных циклов.

Следует остановиться еще на одном важном проекте «Сокращение выбросов метана в Мубарекском нефтегазодобывающем управлении», который реализуется в АО «Узбекнефтегаз» с целью привлечения инвестиций в инновации и проекты. Данная система работы утверждает идею о том, что эти проекты совместимы с критериями программы **ESG-повестки**.

Швейцарская компания Vema Carbon была выбрана партнером АО «Узбекнефтегаз» путем подписания Соглашения по снижению выбросов метана. Контракт преследует цели реализации мер по устранению недостатков, возникающих на объектах, принадлежащих Управлению добычи нефти и газа ТПП «Мубарек».

Данный проект является еще одним из ярких примеров проекта по сотрудничеству с международными экспертами. Проектом предусматривается использование передовых методов по проверке наличия:

- угроз или повреждений устройств;
- резервуаров и трубопроводов;
- мониторинга инфраструктуры нефтегазовых промыслов;
- обеспечения быстрого и надежного мониторинга операций.

Весь этот комплекс инструментов включает в себя использование дронов, а также камер оптической визуализации газа для идентификации значительных источников выбросов.

Для достижения еще более значимых результатов предусматривается внедрение точного измерения источников выбросов, где возможно использование передовых технологий количественного определения утечек газа. Именно эти методы приближают отрасль к **ESG-повестке**, которая имеет еще другую ценность, которая отражается в рейтинг-привлекательности для инвестиций и финансовых средств.

Эффективным использованием беспилотных летающих аппаратов (дронов) для мониторинга газопроводов предусма-

тривается заблаговременное обнаружение утечки, неполадок на трубопроводах с безопасного расстояния днем и ночью, которая приведет к ускорению принятия решения по устранению проблем за счет предотвращения негативного воздействия выбросов метана на окружающую среду. Данный метод позволит выстроить политику вложения в приобретение и обслуживание технологических средств оперативного выявления, модернизации и реконструкции устаревших устройств.

Одной из главных целей внедрения **ESG-повестки** в Минэнерго, в частности в нефтегазовой отрасли, является такой важный аспект, который включает в себя достижение международного кредитного рейтинга. Это достигается путем выхода на IPO, разработки долгосрочной и среднесрочной стратегии. В частности, именно в этом направлении и требуется достижение и получение рейтинга устойчивого развития (ныне данное направление является основополагающим фундаментом **ESG-повестки**), а также сертификации международными рейтинговыми агентствами.

Консалтинговая компания «PwC» совместно с АО «Узбекнефтегаз» впервые подготовили и опубликовали материал «Отчет об устойчивом развитии за 2021 год».

Мы проанализировали лишь некоторые проекты, которые реализуются в Минэнерго, в частности в нефтегазовой отрасли. В рамках одной статьи или даже монографии трудно отобразить всю деятельность большой отрасли на пути трансформации, но с большой уверенностью отмечаем факт того, что внедрение систем **ESG-повестки** стремительным образом достигает все структуры деятельности, так как без достаточной трансформации самой отрасли невозможно писать об оценке соответствия современным требованиям производства.

Следует отметить еще одно из направлений, по которому научный мир Узбекистана имеет свой исторический опыт, а также внедренные результаты по работе с водородной энергетикой.

На основании вышеизложенного можно высказать мнение, что под руководством Минэнерго меняется структура потребности в энергетических ресурсах, в частности при переходе от углеводородных ресурсов к возобновляемым источникам энергии, где актуальным становится вопрос развития водородной энергетики.

Основой водородной энергетики является элемент водород – идеальный источник энергии, во всем мире общепризнано то, что это топливо – экологически чистое, приемлемое топливо. Известно, что теплота сгорания водорода (1,17 ГДж/кг) в разы выше, чем у нефти, в четыре раза больше каменного угля, а также природного газа.

Обеспечение перехода Узбекистана на «зеленую экономику» требует повышения результативности научных, практических изысканий в сфере возобновляемой, водородной энергетике.

Для выполнения поставленных целей и задач и их реализации на правовой основе принято Постановление Президента №ПП-5063 от 9 апреля 2021 года «О мерах по развитию возобновляемой и водородной энергетики в Республике Узбекистан».

В настоящее время проводится большая работа по поиску путей синтеза и добычи этого топлива из разных источников, составляются цифровые модели технологического процесса получения «синего» водорода. Всемирный банк, международные консультанты и Минэнерго совместно в 2022 году провели оценку технического потенциала Республики Узбекистан по производству «синего» водорода. В работе учитывались сравнительные преимущества и недостатки этого топлива. Также эксперты обратили внимание на ожидаемое развитие регионального и глобального спроса на низкоуглеродный водород. Проект на сегодняшний день имеет свою «дорожную карту», реализуемые статьи этого документа также совершенствуются с целью развития «синего» и «зеленого» водорода в Узбекистане.

С целью развития водородной индустрии в 2022 и последующие годы предусматривалось достижение определенных договоренностей с зарубежными компаниями «Air Products», «Acwa Power» и «Siemens Energy». Предусмотрены к реализации, а также на сегодняшний день частично началась реализация некоторых пилотных проектов на территории республики, проводятся работы на основании краткосрочных и долгосрочных программ подготовки кадров с практической стажировкой в ведущих зарубежных технологических объектах водородной энергетики.

Этот вид энергетики изначально имеет хороший шанс по структурированию, согласно международным стандартам, которая должна отвечать всем основам **ESG-повестки**.

Выход на международные финансовые рынки является актуальным не только с возможностью получения доступа к относительно недорогим финансовым ресурсам, а также необходимостью внедрения современных систем корпоративного управления с обеспечением прозрачности и эффективности управления.

В рамках подготовки к первичному публичному размещению акций АО «Узбекнефтегаз» на международном фондовом рынке (IPO) с целью привлечения консалтинговой компании для внедрения современной системы корпоративного управления продолжают работы с международной консалтинговой компанией «PwC».

Налажена деятельность комплаенс-инспекторов в управлениях, на предприятиях, заводах, нефтебазах. По международному стандарту ISO 37001:2016 проводятся сертификационные процессы внедрения систем управления по противодействию коррупции.

ОБСУЖДЕНИЕ ВОПРОСА

Категория «инвестиционная привлекательность» имеет в литературе с экономической терминологией несколько похожих выражений, среди которых можно отдельно выделить термины «инвестиционный климат» и «инвестиционный имидж». Эти термины по своей сути не тождественны.

Понятие «инвестиционного климата» – это совокупность экономических, политических, финансовых условий, оказывающих влияние на приток внутренних и внешних инвестиций в экономику страны.

Понятие «инвестиционный имидж» представляет собой описание комплексного отражения различных аспектов инвестиционного климата в представлениях инвесторов и их требований.

Следовательно, можно сделать вывод, что инвестиционная привлекательность – это комплексная экономическая категория. Она может рассматриваться на уровне страны, отрасли, региона или предприятия, и на ней сосредоточено внимание всех участников (субъектов) инвестиционного процесса, где каждый субъект имеет свой интерес. Привлекательность бизнеса пока не позволяет останавливаться или основываться на единственном стандарте.

Но **ESG-стандарты** помогают определить критерии оценки деятельности инвесторов, где накапливаются целые массивы данных, которые собраны путем оценки соответствия подлежащих внедрению стандартов.

В перспективе в ближайшие годы мировая индустрия договорится о каком-либо едином регламенте, который позволит оценивать анализируемую область. Но в период трансформаций целых отраслей Республика Узбекистан не имеет возможности разработать и предложить конкретный путь или индикаторы оценки надежности, соответствия или стабильности бизнес-процессов. Судя по результатам аналитических работ, Узбекистан имеет потенциал к росту привлекательности нефтегазовой отрасли, которая динамично развивается, в некоторых случаях увеличивает темпы роста, иногда добыча уменьшается.

Поэтому сейчас уместно рассмотреть исторически пути развития деятельности организаций, предприятий и субъектов нефтегазовой геологии. В целях внедрения передовых технологий, прогрессивных инновационных идей на предприятиях необходимо разработать инновационную стратегию с определением основных целей, задач и прогнозируемых результатов.

Обеспечение устойчивого развития предприятий нефтегазовой отрасли требует четкого определения приоритетных направлений деятельности, которые основаны на соответствующих финансовых ресурсах, позволяющих привлечь

современные технологии поиска, разведки, обнаружения, добычи и переработки УВ-сырья.

Описание объема инвестиций, анализ их структуры по горизонтали и вертикали применяется для определения инвестиционной привлекательности и позволяет сформулировать вывод о благоприятной (неблагоприятной) ситуации в отрасли. Основным недостаток этого подхода – поверхностное рассмотрение инвестиционного прогресса. Отдельно взятые характеристики инвестиций еще не свидетельствуют о реальном состоянии инвестиционной сферы, не отражают внутренние возможности и перспективы отрасли.

На сегодняшний день инвестиционное законодательство Республики Узбекистан является одним из передовых в системе законодательства стран СНГ. Оно включает в себя основные положения международного инвестиционного права, в частности положения о гарантиях прав иностранных инвесторов, предоставлении значительных преференций для инвесторов и другие. Закон Республики Узбекистан «О гарантиях и мерах защиты прав иностранных инвесторов» обеспечивает неприкосновенность и защиту прав собственности иностранных инвесторов.

В настоящее время в отрасли уделяется внимание привлечению прямых иностранных инвестиций и реализации проектов по производству продукции с высокой добавленной стоимостью, такие как: полипропилен, поливинилхлорид, полиуретан, полиэтилен и т.д.

По результатам исследования Экспертного центра «Евразийское развитие» по Узбекистану были сформулированы следующие выводы по совокупному ранкингу стран:

- по инвестиционному, кредитному рейтингу – 6 место;
- по макроэкономическим показателям – 2 место;
- по реализации Программ экономического развития и реформированию – 2 место;
- по политической стабильности – 1 место.

Нефтегазовая отрасль является наиболее емкой по освоению инвестиций, как иностранной, так и локальной. Доля отрасли в инвестициях в основной капитал составляет около 10% от общего объема в стране.

За период с 2015 по 2022 год размер внешнеторгового оборота АО «Узбекнефтегаз» увеличился почти в 5,7 раза и составил 5 088,2 млрд долларов США.

Инвестиционная привлекательность нефтегазовой промышленности базируется на следующих факторах:

1. Ежегодно в республике добывается около 60,7 млрд м³ газа (восьмое место в мире), 2,5 млн тонн жидких углеводородов.

2. На переработку поступает только 15 % добываемых сырьевых ресурсов, производится более 600 тыс. тонн сжиженного газа, 500 тыс. тонн полиэтилена и 80 тыс. тонн полипропилена.
3. Экспортный потенциал всего добываемого газа сегодня составляет 2,1 млрд долларов США, организация же его переработки в готовую продукцию (полиэтилен, полипропилен и другие продукты нефтехимии) позволит увеличить стоимость производимой готовой продукции в 10 раз.

Как отмечалось выше, Минэнерго предпринимает существенные шаги по поднятию инвестиционной привлекательности отрасли путем применения международных и национальных, местных, отраслевых стандартов в рамках **ESG-повестки**.

По состоянию на 01.01.2024 года в 5 нефтегазоносных регионах Республики Узбекистан открыто 284 месторождения нефти и газа, в т.ч. 4 открыто в 2023 году. Из них на 221 имеются залежи газа (свободного), на 141 нефти и 182 конденсата. Из общего числа в разработке числятся 110, подготовлены к разработке 94, разведываются 64 и законсервированы 9 месторождений.

Авторами настоящей статьи подчеркивается тот факт, что разрабатываемые инновационные системы нефтегазовой отрасли должны моделироваться с применением вариационных модулей, которые должны учитывать следующие основы:

- функционирование отрасли должно иметь направление на решение конкретных задач, которые не подчинены общей цели инновационного развития;
- отсутствие единой целенаправленной инновационной политики, разработанная в виде программного документа на среднесрочную и долгосрочную перспективу. Однако эти программы не предусматривают мер по стимулированию развития местного научного потенциала, по подготовке и переподготовке кадров, созданию структур поддержки и внедрению нововведений в научно-практическую часть производства;
- крайне низкое финансирование ресурсов, а также запуск цикла методов по возвратному финансированию ГРП от полученных средств за продажу УВ-сырья, а также товаров ее переработки.

Возвращаясь к составным элементам **ESG-повестки** необходимо моделировать вариационные сценарии, прежде чем их сделать обязательным на основе административных документов, а также мер по повышению эффективности использования инновационного потенциала. Следует использовать модельные схемы моделирования эффективности его использования на предприятиях топливно-энергетического комплекса, в частности и в нефтегазовой геологии страны.

Реализация всех указанных мер в дальнейшем может помочь в применении международных и республиканских

стандартов, ISO-сертификатов, позволит получить следующие результаты:

- создание нормативно-правовой базы;
- разработка регламентов систематического проведения аттестации научных и научно-производственных кадров и на этой основе активизация процесса омоложения кадров;
- стимулирование внедрения инновационных разработок, переход от управления затратами к управлению результатами инновационной деятельности, формирование фондов и увеличение финансирования инновационных исследований.

Значительная роль в системе управления предприятием отводится управлению основными фондами, что в свою очередь приводится в порядок применением систем учета ресурсов **ERP**. Управление ими пропорционально отражается на увеличении прибыли путем эффективного использования основных фондов, а также за счет увеличения выпуска продукции и снижения затрат.

Процесс управления основными фондами через применение **ERP** систем предусматривает:

- оценку движения основных фондов;
- оценку структуры основных фондов;
- оценку состояния основных фондов;
- оценку эффективности использования основных фондов;
- выявление узких мест;
- разработку оперативных мер по устранению выявленных проблем.

В целях дальнейшего повышения экономической эффективности инвестиций, бизнес привлекательности в нефтегазовую отрасль Узбекистана, в частности, совершенствование системы оперативного управления основными фондами, применяя составные части, основы, модули, сеть систем стандартов ESG-повестки в нефтегазодобывающих предприятиях предлагается реализация следующих направлений:

- в целях дальнейшего обеспечения прироста запасов и объемов добычи УВ-сырья довести объемы ГРП до размеров, адекватных потребностям отрасли;
- ежемесячно рассчитывать коэффициент влияния по каждой группе основных фондов с низким коэффициентом и принимать оперативные неотложные решения по их активному вовлечению в производственный процесс.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В целях получения корпоративного кредитного рейтинга организацией Минэнерго, в частности в АО «Узбекнефтегаз», совместно с международными рейтинговыми агентствами «Fitch», «Moody's» и «Standard&Poor's» и инвестицион-

ными банками предусматривается реализация стратегических программ.

АО «Узбекнефтегаз» впервые получило международный корпоративный кредитный рейтинг на уровне «BB-» оцененный со стороны международных кредитных агентств.

Также, необходимо форсировать реализацию работ по внедрению в нефтегазовую геологию международных и национальных, отраслевых стандартов, которые определяют индексы привлекательности бизнеса, облигаций и ценных бумаг организаций, предприятий и партнеров Минэнерго. В дальнейшем выход на IPO нельзя обосновывать без успешного внедрения **ESG-повестки**.

Реформы в нефтегазовой сфере должны быть направлены на результат, который обеспечит удовлетворение растущих потребностей потребителей в продукции нефтегазовой отрасли с соблюдением баланса экономических интересов поставщиков и потребителей.

Основной задачей Минэнерго является принятие комплекса мер по удовлетворению растущего спроса, а также поэтапной реализации долгосрочных стратегических программ и «Концепции обеспечения Республики Узбекистан нефтегазовой продукцией на 2020–2030 годы», предусматривается выполнение следующих мер:

- повышение энергоэффективности экономики путем стимулирования использования энергоэффективных технологий, машин и оборудования;
- дальнейшее развитие внедрения рыночных механизмов и создание равных условий ведения бизнеса для всех участников рынка вне зависимости от форм собственности;
- повышение эффективности работ в сферах ГРП, поиска, разведки, освоения, разработки и эксплуатации месторождений, добычи, транспортировки, переработки и реализации углеводородов, путем внедрения инновационных методов исследований, технологий, бурения скважин, современных принципов корпоративного управления;
- развитие углеводородной сырьевой базы предприятий отрасли за счет проведения ГРП в нефтегазоносных регионах страны;
- поддержание необходимых объемов добычи углеводородов, посредством ввода новых разведываемых и ранее законсервированных месторождений;
- увеличения объемов добычи УВ-сырья на месторождениях с длительно разрабатываемыми запасами, с привлечением признанных международных компаний на условиях риск-сервис контракта.

Расширение переработки природного газа позволит в разы увеличить прибыльность, будет способствовать внедрению современных технологий и созданию новых рабочих мест.

На основе глубокого анализа составлена информация по другим воздействиям на окружающую среду, потреблению водных ресурсов и сбросу сточных вод, образованию и размещению отходов, а также тенденция снижения общего воздействия на окружающую среду за счет мероприятий по охране окружающей среды и рационального использования природных ресурсов.

Также разработаны меры по устранению выявленных несоответствий по охране окружающей среды, обеспечению безопасности труда, по предотвращению получения травм, профессиональных заболеваний, а ответственным лицам были даны поручения по их исполнению.

Следует подчеркнуть, что для нефтегазовой геологии требуется особая методика, основанная на оценке соответствия следующим направлениям:

- экономическое и географическое положение;
- природный и ресурсный потенциал;
- отслеживание трудового потенциала;
- экономический потенциал и финансово-экономическое состояние отрасли.

При этом необходима реальная оценка:

- емкости потребительского рынка;
- инфраструктурного потенциала;
- научно-технического потенциала;
- инвестиционных рисков;
- условий инвестирования;
- степени развития законодательной базы, наличие механизмов гарантий и защиты инвестиций и уровень их охвата;
- политических, социальных, экономических и экологических рисков.

Применение **ESG-повестки** не является панацеей, при всей ее привлекательности нельзя забывать о развитии самой нефтегазовой геологии. Необходимо обеспечить переход на современные формы и механизмы финансирования науки и поддержки инновационной деятельности, которые должны предусматривать реализацию следующих мер с целью инновационного развития:

- поэтапное увеличение объемов бюджетного финансирования расходов на фундаментальные и прикладные научные исследования, поддержку инноваций с учетом введения критериев их эффективного использования;
- концентрация средств финансирования на особо важных фундаментальных и прикладных исследованиях, осуществляемых научными коллективами;
- в сфере отраслевого высшего образования необходимо обеспечить концентрацию грантовых ресурсов для реализации образовательных программ в рамках приоритетных направлений развития науки, техники и технологий,

необходимых отрасли; осуществлять грантовое финансирование физических лиц (исследователей) по новым важным направлениям развития науки, а также оформлять патенты на результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

На основании вышеизложенного предлагаем:

1. Всем заинтересованным сторонам деятельности нефтегазовой геологии (Мингеологии, Минэнерго, Министерства высшего образования, НИИ и др.) разработать специализированную отраслевую стратегическую программу по развитию конкуренции и созданию условий для расширения емкости рынка отраслевого финансового, инновационного капитала.
2. Стратегическая программа должна охватывать вопросы создания необходимой нормативно-правовой базы по новаторской, инновационной, трансформационной деятельности.
3. Стратегическая программа должна предусматривать решение актуальных вопросов стимулирования производства в вопросах коммерциализации и внедрения новой техники и технологий, выпуска современной на-

укоемкой конкурентоспособной продукции, развития экспорта, применения регламентов, модулей, стандартов, технических условий **ESG-повестки**.

4. Формировать базу данных по перспективным разработкам для достижения целей и задач **ESG** во всех областях нефтегазовой геологии и экологии.
5. Продолжить реализацию проектов по глубокой переработке УВ-сырья.
6. Продолжить развитие зеленой и водородной энергетики.
7. Способствовать привлечению зарубежных инвестиций в нефтегазовую отрасль путем разработки научно-практических рекомендаций и бурения скважин на открытых и погребенных площадях нефтегазоносных регионов Республики Узбекистан.

Рецензент: Жабборов Хамдам Шаймардонович, доктор философии по техническим наукам, доцент, главный специалист Центра переподготовки и повышения квалификации при ГУ «Узбекском институте стандартов», г. Ташкент, Республика Узбекистан

Список использованных источников и литературы

1. Садковская Н.Е., Назаренко М.А., Кубрин В.И., Садковская Р.Н. Исследование изменений организационной структуры управления организацией при переходе на модель устойчивого развития // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2024. № 6(81). С. 215–223.
2. Закиров А.А., Отто О.Э., Хамроева И.Н., Каримов М.К. Управление нефтегазовыми ресурсами Республики Узбекистан: монография. – Ташкент: «Fan va texnologiya», 2019. – 268 с.
3. Хабибуллаев С.С., Умаров Ш.А., Мирзаев А.У., Хакимзянов И.Н. Потенциал получения бессернистого газа из продуктивных горизонтов меловых отложений Узбекистана // Нефтяная провинция. 2023. № 2(34). С. 21–46. <https://doi.org/10.25689/NP.2023.2.21-46>
4. Хабибуллаев С.С., Умаров Ш.А., Нестерова Л.И., Урманов А.Х. Применение модуля «Интегральная геология» при геологическом моделировании и его место в процессе формирования критического мышления (анализа) специалиста геологической отрасли Республики Узбекистан // Международная научно-практическая конференция «Решение Европейского союза о декарбонизации. Год спустя». – Казань: ТГРУ ПАО «Татнефть», 2022. – С.49–52.
5. Хамроева И.Н., Сафаров Г.А. Устойчивое развитие нефтегазовой отрасли узбекистана и внедрение передовых технологий – основа ее инвестиционной привлекательности // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2017. № 7. С. 37–42.
6. Хамроева И.Н., Худайкулиев Х.Р. Повышение роли маркетинга в инвестиционных проектах промышленных предприятий // Энергоресурсоэффективные экологические безопасные технологии и оборудование: сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума «Вторые Международные Косыгинские чтения, приуроченные к 100-летию РГУ имени А.Н. Косыгина». Том 2. 2019. С. 162–166.
7. Искандаров М.Х., Умаров Ш.А., Кабилов Н.М. [и др.]. Сравнительный анализ особенностей (различий) среднеюрских и нижнеюрских газов с целью рассмотрения теории глубинного происхождения нефти и газа на территории Бердакского вала Устюртского нефтегазоносного региона // Нефтяная провинция. 2024. № 3 (39). С. 1–17.
8. Iskandarov M.Kh., Umarov Sh. A., Khabibullaev S.S. Basics of analysis of the localization of hydrocarbon raw materials in the Aral-Ustyurt region // LAP LAMBERT Academic Publishing www.lap-publishing.com. Germany. 2024. – 73 p.
9. Искандаров М.Х., Абдуллаев Г.С., Мирзаев А.У., Хакимзянов И.Н., Умаров Ш.А. Научно-инновационные исследования процессов образования нефти и газа в Устюртском нефтегазоносном регионе // Нефтяная провинция. 2022. № 3 (31). С. 23–55.
10. Iskandarov M.Kh., Jalilov G.G., Khudayberganov B.I. Biostratigraphic division of Jurassic deposits in the Aral-Ustyurt region // LAP LAMBERT Academic Publishing www.lap-publishing.com. Germany. 2023. – 105 p.

11. Искандаров М.Х., Умаров Ш.А., Хакимзянов И.Н. [и др.]. Разработка инновационной методики по поискам залежей углеводородов в юрских и палеозойских отложениях Шагырлык-Шегеинской группы месторождений (Республика Каракалпакстан) // Нефтяная провинция. 2022. №1 (29). С. 165–181.
12. Искандаров М.Х., Турсунова Т.М., Умаров Ш.А. Как образовалась нефть и газ в Арало-Устюртском регионе // LAP LAMBERT. Academic Publishing. www.lapublishing.com Германия. 2023. 111 с.
13. Умаров Ш.А. Методы анализа качества продукции с применением математических моделей: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Москва. 1988.
14. Касимов Б.И., Умаров Ш.А. Сотрудничество во имя достижения качества // Журнал «Стандарт». Ташкент. 2011. № 2. С. 44–47.
15. Нуриев М.Н., Умаров Ш.А., Касимов Б.И., Алимов Н.М. Институциональное обеспечение технического регулирования и стандартизации в Европейском Союзе // Журнал «Стандарт». Ташкент. 2011. № 4. С. 8–10.
16. Отчеты о НИР по теме «Исследование и совершенствование нормативной и методической базы в области эффективного менеджмента в Республике Узбекистан» за 2015–2017 гг. // НИИСМС. Грант № АЗ-061 Агентства по науке и технологиям РУз.
17. Искандаров М.Х., Суннатов М.С., Умаров Ш.А. [и др.]. Изучение закономерностей и анализа формирования месторождений углеводородного сырья, как эффективный метод доказательной базы в исторический период (на примере группы месторождений Устюртского нефтегазоносного региона) // Нефтяная провинция. 2024. № 4 (40). С. 23–46.

PRACTICE AND ANALYSIS OF THE APPLICATION OF INTERNATIONAL STANDARDS IN THE OIL AND GAS GEOLOGY OF UZBEKISTAN

Khabibullaev S.S., Chief specialist of the Ministry of Geology of the Republic of Uzbekistan, Tashkent

Umarov Sh.A., candidate of technical sciences. Scientific secretary Uzbek Institute of standards. Uzbekistan, Tashkent

Utayev K.O., candidate of technical sciences. Scientific secretary Uzbek Institute of standards. Uzbekistan, Tashkent

Iskandarov M.Kh., senior researcher at the Integrated Laboratories for Petrophysical Research of JSC "O'ZLITINEFTGAZ". Uzbekistan, Tashkent

The global business community in the second decade of the 21st century is pursuing a policy of determining the attractiveness of a business, i.e. where investments will be directed. This assessment indicator confuses the market for hydrocarbon raw materials (HC raw materials) and its products, which at the same time require large investments and have great potential and prospects for profitability. Therefore, in the world ranking of "mining" activities, oil and gas production is one of the priority areas and retains its leading position, although in the financial world many experts have long handed over the leadership palm to digital currency. In fact, in the world ranking of "mining" profitability, hydrocarbon raw materials still remain undeniable and occupy one of the leading places in product output.

This article is devoted to the experience and analysis of the use of international standards in order to determine and assess business attractiveness in Uzbekistan. Currently, the country, in its desire to be a full participant in the world market, taking into account its involvement in global financial institutions and the World Trade Organization (WTO) system, pays insufficient attention to the use of world standard solutions (standards) and their harmonization with the republican ones, which are recognized by the business community as indicators. Among these standards, those based on the assessment of financial indicators of product quality are used. In particular, one of these standards defines a comprehensive assessment of product quality and makes it possible to solve multifaceted problems in a comprehensive manner. This is the International ESG Standard, which has recently become mandatory for entering the world of sound investment and operational management of a business structure on the threshold of the third decade of the 21st century.

Based on the State Program and regulatory documents, the geological industry of the Republic of Uzbekistan in the period up to 2030 has identified as a priority the achievement of a certain reduction in the "hydrocarbon footprint" in industry, as well as

the implementation of projects to implement WTO requirements and eliminate technical barriers to production. With this set of objectives, there is a common goal among the producers of oil and gas products in the country – to achieve the requirements for “decarbonization” through the introduction of international standards for business and production management activities.

Keywords: hydrocarbon raw materials, geology, decarbonization, international quality standards, management activities, financial indicators of product quality, conformity assessment, investments, hydrocarbon footprint, Industry 4.0, ranking, green energy.

For citation: Khabibullaev S.S., Umarov Sh.A., Utayev K.O., Iskandarov M.Kh. Practice and analysis of the application of international standards in the oil and gas geology of Uzbekistan. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2025; 4(85): 8–19. (In Russ.).

References

1. Sadkovskaya N.E., Nazarenko M.A., Kubrin V.I., Sadkovskaya R.N. Issledovanie izmenenij organizacionnoj struktury upravleniya organizaciej pri perekhode na model' ustojchivogo razvitiya. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2024, no. 6(81), pp. 215–223.
2. Zakirov A.A., Otto O.E., Khamroeva I.N., Karimov M.K. Management of oil and gas resources of the Republic of Uzbekistan: monograph. Tashkent: “Fan va texnologiya” Publ., 2019, 268 p.
3. Khabibullaev S.S., Umarov Sh.A., Mirzaev A.U., Khakimzyanov I.N. Potential for obtaining sulfur-free gas from productive horizons of Cretaceous deposits in Uzbekistan. Oil province. 2023, no. 2(34) pp. 21–46. <https://doi.org/10.25689/NP.2023.2.21-46> EDN EBMKSG.
4. Khabibullaev S.S., Umarov Sh.A., Nesterova L.I., Urmanov A.Kh. Application of the module “Integral Geology” in geological modeling and its place in the process of developing critical thinking (analysis) of a specialist in the geological industry of the Republic of Uzbekistan. International scientific and practical conference “Decision of the European Union on decarbonization. One year later». Kazan: TGRU PJSC Tatneft Publ., 2022, pp. 49–52.
5. Khamroeva I.N., Safarov G.A. Ustojchivoe razvitie neftegazovoj otrasli uzbekistana i vnedrenie peredovyh tekhnologij – osnova eyo investicionnoj privlekatel'nosti. Problems of economics and management of the oil and gas complex. 2017, no. 7, pp. 37–42.
6. Khamroeva I.N., Khudaykuliev Kh.R. Increasing the role of marketing in investment projects of industrial enterprises. Energy and resource efficient environmentally safe technologies and equipment. Collection of scientific papers of the International Scientific and Technical Symposium “Second International Kosygin Readings, dedicated to the 100th anniversary of the A.N. Kosygin Russian State University.” Vol. 2. 2019, pp. 162–166.
7. Iskandarov M.Kh., Umarov Sh.A., Kabilov N.M., et al. Sravnitel'nyj analiz osobennostej (razlichij) credneyurskih i nizhneyurskih gazov s cel'yu rassmotreniya teorii glubinnogo proiskhozhdeniya nefti i gaza na territorii Berdahskogo vala Ustyurtskogo neftegazonosnogo regiona. Oil province. 2024, no. 3(39), pp. 1–17.
8. Iskandarov M.Kh., Umarov Sh.A., Khabibullaev S.S., Basics of analysis of the localization of hydrocarbon raw materials in the Aral-Ustyurt region. LAP LAMBERT Academic Publishing www.lap-publishing.com Germany. 2024. 73 p.
9. Iskandarov M.Kh., Abdullaev G.S., Mirzaev A.U., Khakimzyanov I.N., Umarov Sh.A. Scientific and innovative research into the processes of oil and gas formation in the Ustyurt oil and gas region. Oil province. 2022, no. 3(31), pp. 23–55. <https://doi.org/10.25689/NP.2022.3.23-55>
10. Iskandarov M.Kh., Jalilov G.G., Khudayberganov B.I. Biostratigraphic division of Jurassic deposits in the Aral-Ustyurt region. LAP LAMBERT Academic Publishing www.lap-publishing.com. Germany. 2023, 105 p.
11. Iskandarov M.Kh., Umarov Sh.A., Khakimzyanov I.N., et al. Development of an innovative methodology for searching for hydrocarbon deposits in Jurassic and Paleozoic deposits of the Shagrylyk-Shegein group of fields (Republic of Karakalpakstan). Oil Province. 2022, no. 1(29), pp. 165–181. <https://doi.org/10.25689/NP.2022.1.165-181>.
12. Iskandarov M.Kh., Tursunova T.M., Umarov Sh.A. How oil and gas were formed in Aral-Ustyurt region. LAP LAMBERT Academic Publishing www.lap-publishing.com. Germany. 2023, 111 p.
13. Umarov Sh.A. Methods for analyzing product quality using mathematical models. Abstract of the dissertation for the degree of candidate of technical sciences. Moscow. 1988. Speciality 08.00.20 – Standardization and product quality management.
14. Kasimov B.I., Umarov Sh.A. Collaboration to achieve quality. Magazine «Standard». Tashkent. 2011, no. 2, pp. 44–47.
15. Nuriev M.N., Umarov Sh.A., Kasimov B.I., Alimov N.M. Institutional support for technical regulation and standardization in the European Union. Magazine «Standard». Tashkent. 2011, no. 4. pp. 8–10.
16. Reports on research work on the topic “Research and improvement of the regulatory and methodological framework in the field of effective management in the Republic of Uzbekistan” for 2015–2017. NIISMS. Grant No. A3-061, Agency for Science and Technology of the Republic of Uzbekistan.
17. Iskandarov M.Kh., Sunnatov M.S., Umarov Sh.A., et al. Izuchenie zakonornostej i analiza formirovaniya mestorozhdenij uglevodorodnogo syr'ya, kak effektivnyj metod dokazatel'noj bazy v istoricheskij period (na primere gruppy mestorozhdenij Ustyurtskogo neftegazonosnogo regiona). Oil Province. 2024, no. 4(40), pp. 23–46.

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ И СТАНДАРТИЗАЦИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОЦЕССОВ МОБИЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ

Тихомирова В.Д., старший преподаватель ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», г. Москва

Применение и разработка национальных стандартов в области цифровизации систем управления мобильным обучением является перспективным инструментом для формирования критериев оценки цифровой зрелости образовательной организации. Представлена модель мобильного обучаемого, позволяющая оценить степень адаптации цифровой среды университетов к основным потребностям обучающихся и требованиям производственной сферы. Рассмотрены направления стандартизации в области информационно-коммуникационных технологий в образовании для обеспечения интероперабельности систем управления мобильным обучением с системами цифрового университета на семантическом уровне. Применение профиля стандартов позволит сформулировать комплекс требований к технологиям, обеспечивающим формирование цифровой научно-образовательной среды для обеспечения процесса цифровой трансформации университета по таким ключевым направлениям, как развитие цифровых услуг и управление кадровым потенциалом для нужд промышленной и социально-экономической сферы.

Ключевые слова: мобильное обучение, цифровой университет, интероперабельность систем, стандартизация.

Цитирование: Тихомирова В.Д. Цифровая трансформация и стандартизация для обеспечения качества процессов мобильного обучения // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2025. № 4(85). С. 20–24.

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с Указом президента Российской Федерации от 07.05.2024 № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» одной из ключевых задач является достижение к 2030 году «цифровой зрелости» ключевых отраслей экономики и социальной сферы, в том числе образования. Согласно «Стратегии цифровой трансформации отрасли науки и высшего образования», утвержденной Министерством науки и высшего образования Российской Федерации, одним из направлений развития является применение пользовательцентричного подхода при разработке, внедрении и технической поддержке цифровых сервисов в научно-образовательной среде. Одним из направлений развития системы подготовки кадров для нужд промышленной и социально-экономической сфер является внедрение и совершенствование систем мобильного обучения. При разработке механизмов сетевого взаимодействия цифровой научно-образовательной среды с системами мобильного обучения в части интеграции своих сервисов возникла задача создания комплекса национальных стандартов в области систем мобильного обучения для формирования требований и критериев для оценки качества внедренных сервисов [1, 2].

ОСНОВНАЯ ПРОБЛЕМАТИКА СТАТЬИ

При подготовке проектов стандартов был проведен терминологический анализ стандартов в области информационно-коммуникационных технологий в образовании (ИКТО) для формирования актуальной и унифицированной терминологической базы. Для исследования и построения терминологических взаимосвязей был проведен семантический анализ документации, который является важным инструментом для обработки данных, представленных естественным языком. Также при формировании онтологий использовались данные, полученные при обработке данных с помощью технологий машинного обучения, применения больших языковых моделей и векторного анализа [3–5]. В результате проведенного анализа была построена предметная онтология как база для формирования концептуальной модели взаимодействия процессов при интеграции систем мобильного обучения в уже существующие системы. Фрагмент семантической сети представлен на рис. 1.

Согласно ГОСТ Р 52653–2006 «Информационно-коммуникационные технологии в образовании. Термины и определения» мобильное обучение представляет собой разновидность электронного обучения с помощью мобильных

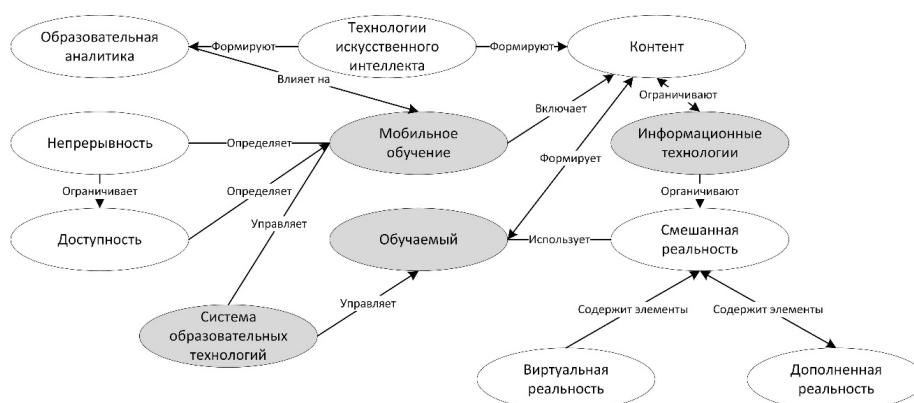


Рис. 1. Фрагмент построения системы взаимосвязей компонентов и процессов мобильного обучения

устройств, не ограниченное местоположением или изменением местоположения учащегося. Однако мобильные системы, используемые в других отраслях экономики, показали, что технологии мобильного взаимодействия можно рассматривать с разных точек зрения, включая местоположение и мобильность обучаемого, а также его включенность в реальную среду или контекст. При электронном обучении с использованием настольных компьютеров или ноутбуков такие показатели, как мобильность и вовлеченность, обучаемых непосредственно в процесс обучения, имеют низкие значения [6–8]. В мобильном обучении показатели мобильности и интегрированности обучаемых достигают более высоких значений. Чтобы поддерживать вовлеченность обучаемых в мобильном обучении, информационные системы должны учитывать такие аспекты, как уровень мобильности, степень включенности в процесс обучения, предпочтения обучаемого, образовательный контент, возможности устройства, возможности сетевого подключения и координацию процесса обучения. Развитие систем мобильного обучения является одним из основных механизмов реализации основных образовательных программ с построением индивидуальных образовательных траекторий обучающихся. На рис. 2 представлена информаци-

онная модель взаимосвязи обучаемого и системы поддержки мобильного обучения. Модель построена вокруг требований к обучаемому и включает четыре укрупненных блока, отражающих различные критерии для оценки качества системы мобильного обучения как модуля архитектурного компонента модели цифрового университета [9, 10]. Элементы, входящие в каждый критерий информационной модели обучаемого, рассматриваются как измерения, которые при целостном рассмотрении могут помочь в обеспечении и прогнозе оптимального уровня образовательной деятельности.

Информация об обучаемом используется для определения способов представления, разработки и предоставления учебных материалов для среды мобильного обучения. Существует определенный минимальный набор рекомендуемых элементов данных об обучаемом, который должен учитываться проектировщиками, разработчиками и создателями контента [11]. Помимо начального уровня владения цифровой грамотностью, академического уровня обучающегося необходимо учитывать такие критерии как текущее местоположение обучающегося, предпочтения в восприятии контента и характеристики устройства отображения информации.

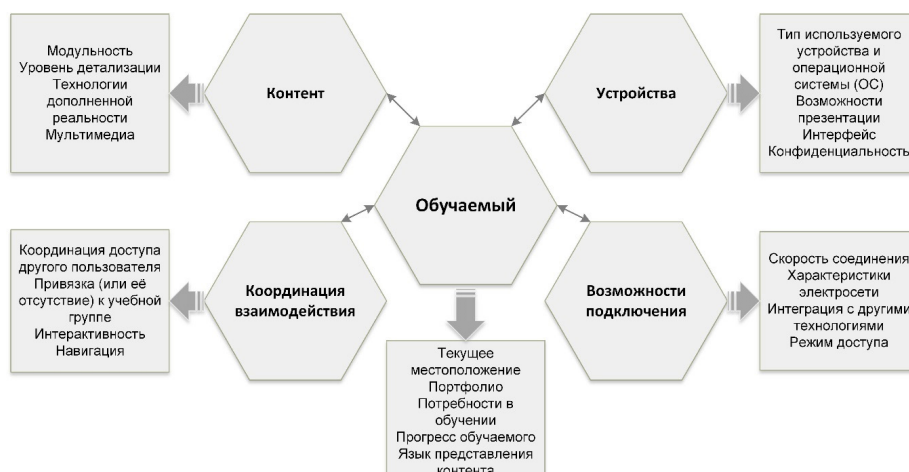


Рис. 2. Информационная модель взаимосвязи обучаемого и системы поддержки мобильного обучения

Аспект контент предполагает, что система должна обладать возможностями для организации и выбора соответствующего контента, а также для предоставления контента в соответствии с образовательной ситуацией. Данный элемент находится в терминологической и практической взаимосвязи с рекомендациями, представленным в ГОСТ 33249–2015 Часть 3. «Описание электронных ресурсов по системе «доступ для всех» и ГОСТ Р 53620–2009 «ИКТО. Электронные образовательные ресурсы». Аспект устройства предполагает, что система должна обладать возможностями для определения и адаптации под некоторые определенные возможности мобильного устройства, такие как операционная система, способы и характеристики отображения и ввода данных. Из-за небольшого количества компонентов ввода и вывода, используемых в мобильных устройствах, визуальное представление образовательного контента для мобильного обучения должно быть изменено по сравнению с контентом для электронного обучения. При реализации нормативной документации по данному аспекту необходимо обратиться к требованиям ГОСТ Р 53626–2009 «ИКТО. Технические средства обучения» и ГОСТ Р 53909–2010 «ИКТО. Учебная техника. Общие положения». Аспект «возможность подключения» предполагает, что для системы осуществим выбор режима работы в условиях текущей мобильной сессии. Обучаемый должен иметь возможность получить доступ к контенту или участвовать в учебных мероприятиях либо в режиме реального времени (синхронно), либо в асинхронном режиме. Также часть контента и элементов взаимодействия с другими пользователями должна поддерживаться в автономном режиме. Частично данные критерии отражены в требованиях следующих стандартов: ГОСТ Р ИСО/МЭК 19778-1–2011 «Информационные технологии. Технология сотрудничества. Общее рабочее пространство», в трех частях:

- Часть 1. «Модель данных общего рабочего пространства»;
- Часть 2. «Модель данных среды взаимодействия»;
- Часть 3. «Модель данных группы взаимодействия».

Аспект «координация взаимодействия» предполагает, что система позволяет обучаемому взаимодействовать и получать обратную связь от других участников образовательного процесса, а также выделяет основные компоненты контента, презентации, навигации и способов передачи данных. Также к данному элементу относятся мобильные контекстно-зависимые гипермедиа-системы, которые смогут предоставлять расширенные возможности для поддержки теоретических форм обучения и практических занятий (информация может передаваться на любое включенное устройство для поддержки взаимодействия обучаемых с различными объектами). Некоторые требования к формированию обучающих систем с учетом данного аспекта представлены в ГОСТ Р 55770–2013 «Информационная технология. Обучение, образование и подготовка. Технология сотрудничества. Взаимодействие при совместном обучении».

Согласно национальному стандарту ГОСТ Р 59871–2021 «Информационно-коммуникационные технологии в образовании. Цифровая научно-образовательная среда. Общие положения» рассматриваются четыре уровня интероперабельности данных: правовой, организационный, семантический и технический [12]. Построение профиля стандартов в области систем мобильного обучения с учетом различных требований по каждому уровню интероперабельности позволит организациям науки и высшего образования выстроить стратегии развития с учетом набора требований. Построение единого кластера «взаимодействие» ставит перед разработчиками и аналитиками задачу реализации взаимодействия данных, процессов и инфраструктуры на различных уровнях интероперабельности, что отражает процессный подход при построении концептуальной модели цифрового университета. И если вопросы технической интероперабельности зависят от технологического прогресса ИТ-компаний и их решений в области трансформации и науки, то задачи организационной, правовой и семантической интероперабельности систем мобильного обучения не смогут быть в полной мере решены без выработки унифицированных стандартов информационного взаимодействия, комплексного подхода к цифровой трансформации в отрасли.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленные в статье объекты стандартизации и модель системы мобильного обучения являются одним из приоритетных направлений в области цифровой трансформации по программам развития цифровых сервисов и управления кадровым потенциалом научно-образовательной среды и социально-экономической сферы в целом.

Для обеспечения качества процессов мобильного обучения и унификации входящих в нее многочисленных компонентов и активов, интеграции различных информационно-коммуникационных сетей и систем необходимо обоснование требований к цифровой среде на уровне нового комплекса национальных стандартов.

В целях обеспечения интеграции и интероперабельности проблемно-ориентированных автоматизированных систем управления образовательными организациями необходимо обоснование профиля стандартов, определяющих требования к эталонной архитектуре и функциональности цифровых сервисов. Построение профиля и разработка требований стандартов должны основываться на анализе лучших отечественных и международных практик.

Рецензент: Федосеев Сергей Витальевич, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры информационного права, информатики и математики Российского государственного университета правосудия, г. Москва, Российская Федерация.

E-mail: fedsergvit@mail.ru

Список использованных источников и литературы

1. Белобрагин В.Я., Будкин Ю.В., Бурый А.С. Через стандарт – к прогрессу. Обучение, просвещение, наука // Стандарты и качество. 2022. № 3. С. 64–68.
2. Будкин Ю.В. Цифровизация в стандартизации // Стандарты и качество. 2024. № 5. С. 38–39.
3. Бурый А.С., Цаплина О.С. Генеративный искусственный интеллект цифрового университета // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2024. № 5 (80). С. 85–91.
4. Волокитин Ю.И., Куприяновский В.П., Жабицкий М.Г. Онтологии и цифровые двойники знаний в высшем технологическом образовании // Образовательные технологии. 2022. № 1. С. 31–40.
5. Жданова Д.Е. Технология реверсивного обучения: сочетание мобильного обучения и активных методов обучения // Наукосфера. 2021. № 7-1. С. 55–58.
6. López-Domínguez E. et al. Mobile learning platform focused on learning monitoring and customization: usability evaluation based on a laboratory study // Труды Института системного программирования РАН. 2022. Т. 34, № 3. С. 89–110.
7. Мерсье С. Мобильное и электронное обучение: сходства и различия // EduTech. Мобильное обучение: как разрабатывать и внедрить? 2021. № 4 (42). С. 3–7.
8. Салова Т.Л. Образовательные модели и технологии в эпоху цифровой трансформации // Вестник Майкопского государственного технологического университета. 2024. Т. 16, № 1. С. 65–72. <https://doi.org/10.47370/2078-1024-2024-16-1-65-72>.
9. Тихомирова В.Д. Развитие и стандартизация новой модели цифрового университета // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2022. № 1 (65). С. 18–24.
10. Тихомирова В.Д. Развитие цифровых экосистем образования на основе стандартов и эталонных моделей // В целях устойчивого развития цивилизации: сотрудничество, наука, образование, технологии: сборник материалов Международной научной конференции студентов и молодых ученых. – М.: РУДН, 2023. Том 1. – С. 138–144.
11. Абдулхаева Л.Б., Безвидная М.М., Леонова О.С. К вопросу о мобильном обучении с применением технологий 1С // Новые информационные технологии в образовании: Сборник научных трудов XXIII Международной научно-практической конференции, Том 1. – М.: ООО «1С-Паблишн» 2023. – С. 421–424.
12. Позднеев Б.М., Тихомирова В.Д. Перспективы развития цифровой научно-образовательной среды на основе унификации и стандартизации // Информатизация образования и науки. 2022. № 3(55). С. 3–16.

DIGITAL TRANSFORMATION AND STANDARDIZATION TO ENSURE THE QUALITY OF MOBILE LEARNING PROCESSES

Tikhomirova V.D., senior lecturer, MSTU «Stankin», Moscow

The application and development of national standards in the field of digitalization of mobile learning management systems is a promising tool for forming criteria for assessing the digital maturity of an educational organization. The article presents a model of a mobile learner, which will allow assessing the degree of adaptation of the digital environment of universities to the basic needs of students and the requirements of the production sector. The directions of standardization in the field of information and communication technologies in education are considered to ensure the interoperability of mobile learning management systems with digital university systems at the semantic level. The application of the standards profile will allow us to formulate a set of requirements for technologies that ensure the formation of a digital scientific and educational environment to support the process of digital transformation of the university in such key areas as the development of digital services and the management of human resources for the needs of the industrial and socio-economic spheres.

Keywords: information protection, link, destruction of an informative signal, acoustoelectric transformations.

For citation: Tikhomirova V.D. Digital transformation and standardization to ensure the quality of mobile learning processes. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2025; 4(85): 20–24. (In Russ.).

References

1. Belobragin V.Ya, Budkin Yu.V., Buryi A.S. Cherez standart - k progressu. Obuchenie, prosveshchenie, nauka [Through the standard – to progress. Education, enlightenment, science]. Standarty i kachestvo. 2022, no. 3, pp. 64–68.
2. Budkin Yu.V. Cifrovizaciya v standartizacii [Digitalization in standardization]. Standarty i kachestvo. 2024, no. 5, pp. 38–39.
3. Buryi A.S., Tsaplina O.S. Generativnyj iskusstvennyj intellekt cifrovogo universiteta [Generative Artificial Intelligence of the Digital University]. Informacionno-ekonomicheskie aspekty standartizacii i tekhnicheskogo regulirovaniya. 2024, no. 5(80), pp. 85–91.
4. Volokitin Yu.I., Kupriyanovskij V.P., Zhabickij M.G. Ontologii i cifrovye dvojniki znanij v vysshem tekhnologicheskom obrazovanii [Ontologies and digital twins of knowledge in higher technological education]. Obrazovatel'nye tekhnologii. 2022, no. 1, pp. 31–40.
5. Zhdanova D.E. Tekhnologiya reversivnogo obucheniya: sochetanie mobil'nogo obucheniya i aktivnyh metodov obucheniya [Reverse Learning Technology: Combining Mobile Learning and Active Learning Methods]. Naukosfera. 2021, no. 7-1, pp. 55–58.
6. López-Domínguez E., Hernández-Velázquez Y., Domínguez-Isidro, et al. Mobile learning platform focused on learning monitoring and customization: usability evaluation based on a laboratory study. Труды Института системного программирования РАН. 2022, no. 34(3), pp. 89–110.
7. Mercier S. Mobil'noe i elektronnoe obuchenie: skhodstva i razlichiya [Mobile and e-learning: similarities and differences]. EduTech informacionno-analiticheskij zhurnal. 2021, no. 4(42), pp. 3–7.
8. Salova T.L. Obrazovatel'nye modeli i tekhnologii v epohu cifrovoj transformacii [Educational Models and Technologies in the Age of Digital Transformation]. Vestnik Majkopskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. 2024 vol. 16, no. 1, pp. 65–72. <https://doi.org/10.47370/2078-1024-2024-16-1-65-72>.
9. Tihomirova V.D. Razvitie i standartizaciya novoj modeli cifrovogo universiteta [Development and standardization of a new model of digital university]. Informacionno-ekonomicheskie aspekty standartizacii i tekhnicheskogo regulirovaniya. 2022, no. № 1(65), pp. 18–24.
10. Tihomirova V.D. Razvitie cifrovyyh ekosistem obrazovaniya na osnove standartov i etalonnnyh modelej. V celyah ustojchivogo razvitiya civilizacii: sotrudnichestvo, nauka, obrazovanie, tekhnologii: sbornik materialov Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii studentov i molodyh uchenyh. Moscow: RUDN Publ., 2023. Vol. 1, pp. 138–144.
11. Abdulhaeva L.B., Bezvidnaya M.M., Leonova O.S. K voprosu o mobil'nom obuchenii s primeneniem tekhnologij 1S [On the issue of mobile learning using 1C technologies]. Novye informacionnye tekhnologii v obrazovanii: Sbornik nauchnyh trudov XXIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Moscow, 31 January, vol. 1. Moscow: ООО «1S-Publishing», 2023, pp. 421–424.
12. Pozdneev B.M., Tihomirova V.D. Perspektivy razvitiya cifrovoj nauchno-obrazovatel'noj sredy na osnove unifikacii i standartizacii [Prospects for the development of a digital scientific and educational environment based on unification and standardization]. Informatizaciya obrazovaniya i nauki. 2022, no. 3(55), pp. 3–16.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ПРАКТИКА ПО ПОВЫШЕНИЮ УСТОЙЧИВОСТИ СТАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИХ ПРОЧНОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА

Антипова Т.Н., д-р техн. наук, профессор кафедры управления качеством и стандартизации Государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Московской области «Технологический университет дважды Героя Советского Союза, летчика-космонавта А.А. Леонова», г. Королев, Московская область

Тихонов В.А., аспирант кафедры управления качеством и стандартизации Государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Московской области «Технологический университет дважды Героя Советского Союза, летчика-космонавта А.А. Леонова», г. Королев, Московская область

Рассмотрена модель универсального переналаживаемого стенда, на котором проводятся статические прочностные испытания. При реализации циклических нагрузок на стенде возникают дестабилизирующие возмущения, которые выражаются в виде отклонений сил от заданных значений, что приводит к снижению достоверности получаемой информации об объекте испытаний при оценке качества испытываемого изделия. Представлен унифицированный алгоритм принятия решений по повышению устойчивости работы стенда. В соответствии с представленным алгоритмом проведен эксперимент со знакопостоянным циклическим нагружением для оценки устойчивости испытательного стенда. Предложен критерий оценки устойчивости испытательного стенда. Обоснованы наиболее значимые факторы, применяемые при реализации циклического нагружения, и даны рекомендации по повышению устойчивости работы испытательного стенда.

Ключевые слова: испытательный стенд, статические испытания, дестабилизирующие факторы, критерий устойчивости, робастное параметрическое проектирование.

Цитирование: Антипова Т.Н., Тихонов В.А. Теоретические положения и практика по повышению устойчивости статических испытаний крупногабаритных изделий для оценки их прочностных показателей качества // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2025. № 4(85). С. 25–30.

ВВЕДЕНИЕ

Испытания крупногабаритных изделий на статическую прочность проводятся на универсальных переналаживаемых стендах, обеспечивающих изменение конфигурации экспериментальных установок для различных испытательных случаев. Экспериментальные установки предлагается рассматривать как модульные системы, которые состоят из объектов испытаний (макетов), силовозбуждающих элементов (сервоклапаны, гидроцилиндры и т.п.), реализующих нагрузку, и средств оснастки. При планировании экспериментов разрабатываются экспериментальные установки, учитывающие геометрические характеристики макетов изделий и необходимость реализации заданных нагрузок в виде сжатия, растяжения, сдвига, кручения и изгиба. На рис. 1 представлена модель универсального переналаживаемого стенда с гидравлической системой автоматизированного управления нагружением для проведения статических испытаний на прочность [1].

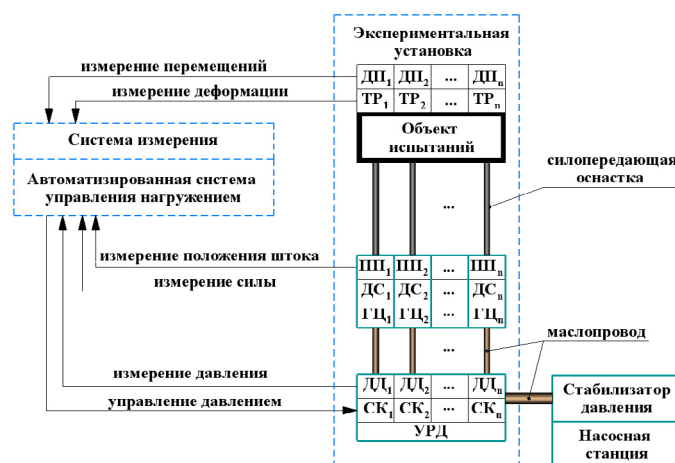


Рис. 1. Модель универсального стенда с гидравлической системой автоматизированного управления нагружением:
ДП – датчик перемещения, ТР – тензорезистор, ПП – датчик измерения положения штока, ДС – датчик силы, ГЦ – гидроцилиндр, УРД – устройства редуцирования давления, ДД – датчик давления, СК – сервоклапан

Испытательный стенд, модель которого представлена на рис. 1, позволяет осуществлять механическое приложение нагрузок в виде поэтапного и циклического нагружения. При поэтапном нагружении объекты испытаний нагружаются последовательно (поэтапно) до заданных расчетных значений или до разрушения. При циклическом нагружении реализуется амплитуда нагрузок с заданным числом циклов и частотой нагружения для определения усталостной прочности объекта испытаний.

Опыт работы на стенде показал, что при реализации циклических нагрузок (сил) возникают дестабилизирующие возмущения, которые выражаются в виде отклонений нагрузок от заданных значений, что снижает достоверность получаемой информации об объекте при оценке качества испытуемого изделия. Дестабилизирующие возмущения возникают в разные моменты времени и имеют различные проявления отклонений сил от заданных значений в процессе испытаний при циклическом нагружении. Причинами возникновения отклонений являются конструкционные особенности экспериментальных установок и испытательных макетов, а также параметры настройки управления автоматизированной системой (частота нагружения, амплитуда нагружения и т.п.), что подтверждается при проведении испытаний в работах [1, 2, 3].

Оценка качества изделия зависит от достоверности полученной информации при испытаниях. Для повышения достоверности информации необходимо минимизировать дестабилизирующие воздействия, которые возникают в процессе нагружения изделия на стенде. Для этого предлагается адаптировать и применить один из универсальных методов робастного параметрического проектирования с целью повышения устойчивости работы испытательного стенда, чтобы гарантировать достоверную оценку соответствия качества изделия требованиям заказчика.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Робастное параметрическое проектирование позволяет получить оценку испытательного процесса на основе критерия робастности. Критерий робастности позволяет оценить устойчивость работы системы при воздействии дестабилизирующих факторов и вычисляется как отношение сигнала к шуму. Где сигнал – это значения управляемых воздействий в системе управления, а шум – это значения факторов, которые приводят к дестабилизации работы системы, например, в процессе испытаний на стенде – это отклонения сил от заданных значений. Робастность системы связана с многочисленными условиями ее эксплуатации, поэтому робастность невозможно оценить простым измерением. С целью выявления дестабилизирующих факторов при оценивании устойчивости используют следующие подходы¹:

1. В условиях, когда известна идеальная функция системы.
2. В условиях, когда известны только факторы шума, дестабилизирующие работу системы.

Исследование работы испытательного стенда проведено в условиях, когда конфигурация экспериментальной установки не изменялась, а управляющие параметры в автоматизированной системе управления (частота нагружения, количество циклов, амплитуда нагрузок и уровень предварительного нагружения) приняты как факторы шума. Выходной характеристикой (откликом) в испытательном стенде принято количество отклонившихся циклов при циклическом нагружении. В таком случае алгоритм принятия решений по повышению устойчивости работы стенда выполняется по универсальной схеме, представленной на рис. 2.

Описание унифицированного алгоритма принятия решений:

- 1) обоснование критерия оценки устойчивости;
- 2) выбор метода измерений выходной характеристики. Для испытательных стендов с механическим приложением силы измерение выполняется косвенно от датчика силы (ДС), который обеспечивает данными по определению силы в силовой цепочке, и преобразователя перемещений (ПП), который обеспечивает данными по изменению положения штока в гидроцилиндре;
- 3) определение факторов шума и разработка стратегии управления ими;
- 4) планирование, подготовка и проведение эксперимента;
- 5) вычисление отношения сигнала к шуму, построение диаграммы эффектов и выбор оптимальной комбинации факторов, обеспечивающих наибольший показатель значения отношения сигнала к шуму;
- 6) проведение проверочного эксперимента;
- 7) оценка результатов;
- 8) в случае, когда при проверочном эксперименте подтверждаются результаты по оптимальным параметрам, алгоритм завершается;
- 9) в случае, когда при проверочном эксперименте не подтверждаются оптимальные параметры, проводится проверка вычислений отношения сигнала к шуму и проводится проверочный эксперимент;
- 10) если при проверочном эксперименте получены аналогичные результаты, то следует начать с п. 1 и пересмотреть всю цепочку алгоритма, если результаты получили расхождение с предыдущим экспериментом и не позволили подтвердить оптимальность параметров, следует вернуться к п. 3 и начать определение других шумовых факторов и их уровней.

В соответствии с алгоритмом, представленным на рис. 2, для оценки устойчивости испытательного стенда при статических испытаниях проведен эксперимент со знакопостоянным циклическим нагружением на примере одного гидроцилиндра, замкнутого в жесткую силовую цепочку

¹ ГОСТ 16336–2020. Статистические методы. Применение к новым технологиям и процессу разработки продукции. Робастное параметрическое проектирование (RPD). – М.: Стандартинформ, 2020. (Введ. в действие: 2021-06-01).

(рис. 3). Циклическое нагружение реализуется по гармоническому синусоидальному закону (рис. 4). Цель эксперимента – обоснование наиболее значимых факторов, которые влияют на устойчивость работы стэнда.

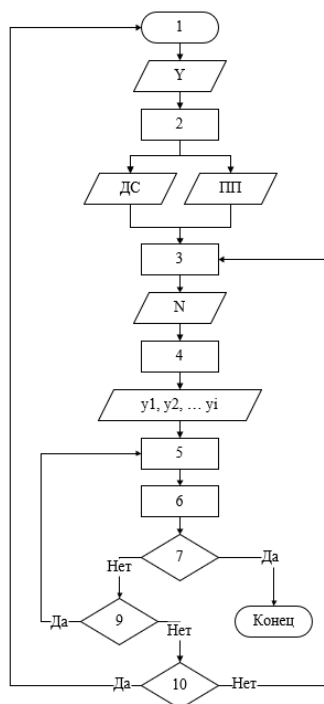


Рис. 2. Унифицированный алгоритм принятия решений по повышению устойчивости работы стэнда

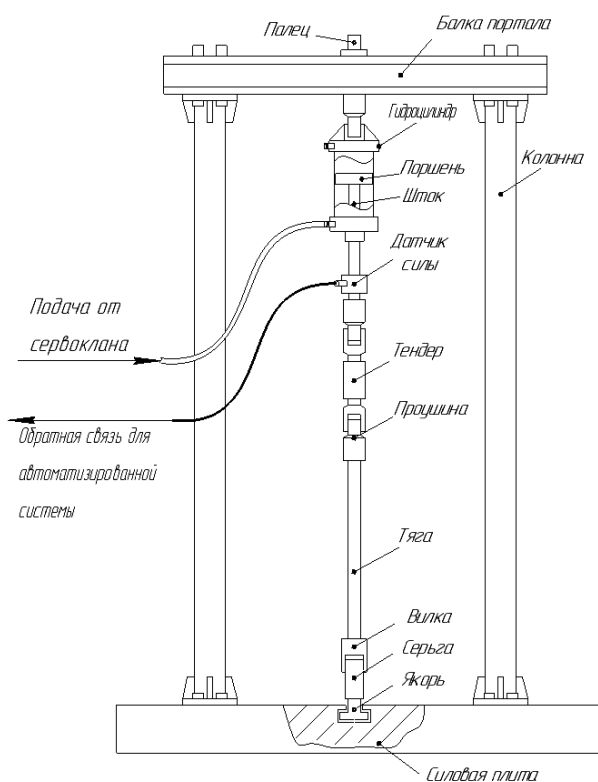


Рис. 3. Схема экспериментальной установки

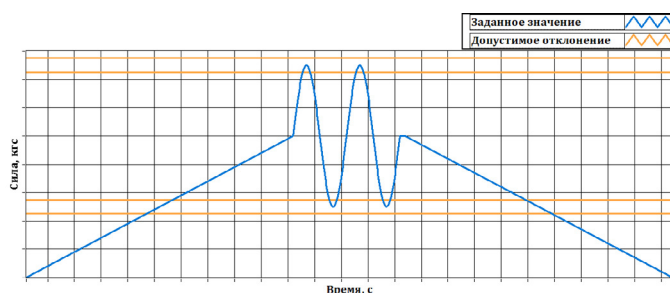


Рис. 4. Форма циклического нагружения

Рассматриваемый силовой гидроцилиндр двухстороннего действия номиналом 20 тс, представленный на рис. 3, имеет односторонний шток с жестко соединенным поршнем и две рабочие полости, которые заполняются рабочей жидкостью для нагнетания давления. При повышении давления в штоковой полости гидроцилиндр начинает растягивать силовую цепочку, в поршневой полости – сжимать. Рассматриваемая схема предусматривает подачу только в одну полость – штоковую, через которую и осуществляется регулирование усилий, управляемых сервоклапаном. Силовые гидроцилиндры имеют широкую номенклатуру, отличаясь конструктивом и номиналом. Рассматриваемый тип гидроцилиндра является самым распространенным для множества испытательно-производственных направлений из-за своей дешевизны и простоты в обслуживании.

Сервоклапан служит для подачи и регулирования давления в рабочей полости гидроцилиндра. На схеме, представленной на рис. 3, сервоклапан условно не представлен. Сервоклапан подключается к гидроцилиндру через маслопроводы. Расход, а таким образом и скорость смещения поршня в гидроцилиндре регулируются путем изменения поперечного сечения протока рабочей жидкости в сервоклапане. Это изменение осуществляется линейным двигателем, который напрямую управляет золотником клапана в зависимости от величины поданного на сервоклапан тока от автоматизированной системы управления нагружением.

По условию эксперимента, если в одном рассматриваемом цикле экстремумы амплитуд не находятся в пределах установленных границ, то данный цикл считается отклонившимся. Таким образом, откликом в рассматриваемой системе является количество отклонившихся циклов. Для оценки устойчивости работы стэнда предлагается использовать критерий оценки устойчивости, представляющий собой относительную величину отклонившихся циклов к общему количеству реализованных циклов и вычисляющийся по формуле

$$y = \frac{C_{откл}^n}{C_{зад}}, \quad (1)$$

где $C_{откл}^n$ – количество отклонившихся циклов; $C_{зад}$ – количество заданных циклов.

В робастном параметрическом проектировании, если отклик не принимает отрицательных значений, а его идеальное значение равно нулю, то такая система называется «чем меньше, тем лучше» и относится к статической форме (статическая характеристика). В таком случае отношение сигнала к шуму вычисляется по формуле [4]:

$$\eta = -10 \log \left(\frac{\sum y_i^2}{n} \right), \quad (2)$$

где показатель y_i^2 – оценка циклического нагружения, рассчитанная по (1).

Перед проведением эксперимента устанавливаются наименьшие интервалы границ допустимых отклонений нагрузок, величина которых не ниже класса точности используемого датчика силы и определяется оператором (рис. 4). Выход на циклический режим нагружения выполняется оператором. Завершение циклического режима автоматизированной системой выполняется автоматически после достижения заданного количества циклов нагружения. Результат циклического нагружения одной реализации представлен на рис. 5.

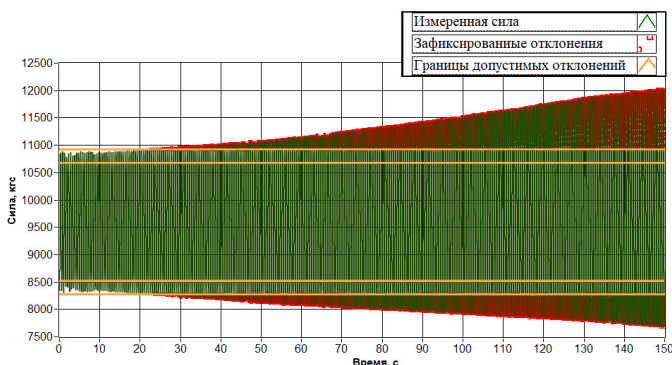


Рис. 5. Результаты одного эксперимента с различным уровнем факторов

На рис. 5 представлен результат экспериментальных исследований, реализующих циклическое нагружение силовой цепочки по схеме, представленной на рис. 2, в котором зафиксированы отклонения нагрузок (сил) от заданных значений.

При проведении эксперимента рассмотрено четыре фактора. При планировании эксперимента применена ортогональная матрица L_9 , в которой предусмотрено 9 реализаций циклического нагружения при различных комбинациях уровней четырех факторов [5]. Каждая реализация выполняется по два раза для получения независимой оценки ошибок в эксперименте, вызванных действием оператора или другими случайными причинами. Результаты эксперимента представлены на диаграмме эффектов устойчивости испытательного процесса (рис. 6). Рассматриваемые факторы являются управляемыми характеристиками при реализации циклического нагружения с использованием автоматизированной системы:

Фактор 1. Частота нагружения – отвечает за скорость выполнения циклического нагружения. Фактор 1 включает три уровня: $H_{z1} = 1$ Гц, $H_{z2} = 1,5$ Гц, $H_{z3} = 2$ Гц.

Фактор 2. Количество циклов нагружения совместно с частотой нагружения определяет время работы стенда. Фактор 2 включает три уровня: $I_1 = 300$ циклов, $I_2 = 600$ циклов, $I_3 = 900$ циклов.

Фактор 3. Амплитуда нагружения – уровень силового воздействия, который необходимо обеспечить при циклическом нагружении. Фактор 3 включает три уровня: $F_1 = 0,4$ тс, $F_2 = 0,8$ тс, $F_3 = 1,2$ тс.

Фактор 4. Уровень предварительного натяжения – начальный уровень приложения силы для натяжения силовой цепочки перед началом циклического нагружения. Фактор 4 включает три уровня: $F_{o1} = 1,6$ тс, $F_{o2} = 9,6$ тс, $F_{o3} = 17,6$ тс.

Диаграмма эффектов, представленная на рис. 6, дает четкое представление о том, какой уровень для каждого управляемого фактора шума является оптимальным. Для робастного параметрического проектирования оптимальным уровнем является тот, в котором отношение сигнала к шуму (2) является максимальным.

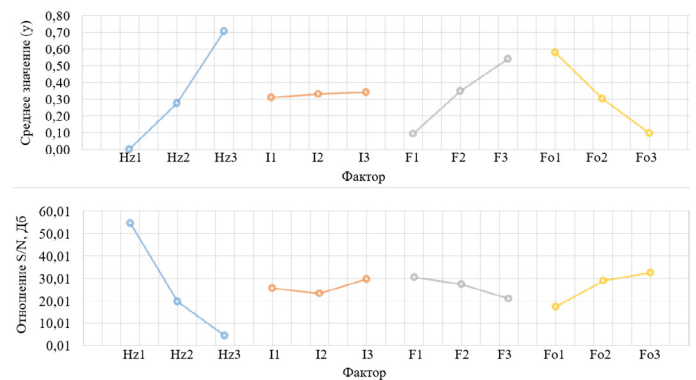


Рис. 6. Диаграмма эффектов устойчивости испытательного процесса (S/N – отношение сигнала к шуму)

Таким образом, в результате проведенных исследований выявлена следующая комбинация уровней управляемых факторов шума, при которых обеспечивается устойчивость работы испытательного стенда при циклическом нагружении: частота нагружения – 1 Гц, количество циклов нагружения – 900, амплитуда нагружения – 0,4 тс, уровень предварительного натяжения – 17,6 тс. При проведении проверочного эксперимента были подтверждены оптимальные значения параметров факторов, обеспечивающих устойчивость стенда при циклическом нагружении.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенных исследований обоснованы наиболее значимые факторы, применяемые при реализации

циклического нагружения, и даны рекомендации по повышению устойчивости работы стенда в собранной экспериментальной установке по схеме, представленной на рис. 2.

Обоснован критерий устойчивости, который позволяет оценить степень устойчивости универсального переналаживаемого

стенда к воздействиям дестабилизирующих факторов, таких как частота нагружения, количество циклов, амплитуда нагрузок и уровень предварительного нагружения. Повышение устойчивости испытательного стенда обеспечит получение качественной информации об испытываемых крупногабаритных объектах при статических испытаниях.

Список использованных источников и литературы

1. Антипова Т.Н., Тихонов В.А. Исследование устойчивости испытательного стенда к возмущающим факторам для повышения качества информации о прочностных показателях крупногабаритных изделий // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2025. № 3 (84). С. 98–104.
2. Белоусов А. И., Присекин В. Л., Расторгуев Г. И., Федотова О. Р. Исследование влияния динамических свойств летательного аппарата на устойчивость канала нагружения // Вестник Московского авиационного института. 2009. Т. 16, № 3. С. 20.
3. Васюков Е.В., Плотникова Ю.Д., Тимошин А.С. и др. Метод компенсации возмущающих сил в гидравлической системе испытательного стенда при реализации знакопеременного циклического нагружения // Космонавтика и ракетостроение. 2024. № 1 (134). С. 76–81.
4. Варжапетян А. Г. Современные инструменты менеджмента качества: робастное проектирование // Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. Часть 1. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, 2008. – 172 с.
5. Леон Р., Шумейкер А., Тагути Г. и др. Управление качеством. Робастное проектирование. Метод Тагути // Пер с англ. – М.: «СЕЙФИ», 2002. – 384 с.

THEORETICAL PROVISIONS AND PRACTICE ON INCREASING THE STABILITY OF STATIC TESTS OF LARGE-SIZED PRODUCTS TO ASSESS THEIR STRENGTH QUALITY INDICATORS

Antipova T.N., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Quality Management and Standardization of the State Budgetary Educational Institution of Higher Education of the Moscow Region «Technological University of Twice Hero of the Soviet Union, Cosmonaut A.A. Leonov», Korolev, Moscow region

Tikhonov V.A., postgraduate student at the Department of Quality Management and Standardization of the State Budgetary Educational Institution of Higher Education of the Moscow Region «Technological University of Twice Hero of the Soviet Union, Cosmonaut A.A. Leonov», Korolev, Moscow region

The model of a universal changeable stand on which static strength tests are carried out is considered. When cyclic loads are implemented on the stand, destabilizing disturbances occur, which are expressed in the form of force deviations from the set values, which leads to a decrease in the reliability of the information received about the test object when evaluating the quality of the product under test. A unified decision-making algorithm for improving the stability of the stand is presented. In accordance with the presented algorithm, an experiment with alternating cyclic loading was carried out to assess the stability of the test bench. A criterion for assessing the stability of the test bench is proposed. The most significant factors used in the implementation of cyclic loading are substantiated, and recommendations are given to increase the stability of the test bench.

Keywords: test bench, static tests, destabilizing factors, stability criterion, robust parametric design.

For citation: Antipova T.N., Tikhonov V.A. Theoretical provisions and practice on increasing the stability of static tests of large-sized products to assess their strength quality indicators. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2025; 4(85): 25–30. (In Russ.).

References

1. Antipova T.N., Tikhonov V.A. A study of the stability of a test bench to a disturbing factor for improving the quality of information on the strength characteristics of large-sized products. Information and economic aspects of standardization and technical regulation. 2025, no. 3 (84), pp. 98–104.
2. Belousov A.I., Priekin V.L., Rastorguyev G.I., Fedotova O.R. Issledovaniye vliyaniya dinamicheskikh svoystv letatel'nogo apparata na ustoychivost' kanala nagruzheniya [Investigation of the effect of dynamic properties of an aircraft on the stability of the loading channel]. Bulletin of the Moscow Aviation Institute. 2009, Vol. 16, no. 3. P. 20.
3. Vasyukov Ye.V., Plotnikova YU.D., Timoshin A.S. i dr. Metod kompensatsii vozmushchayushchikh sil v gidravlicheskoj sisteme ispytatel'nogo stenda pri realizatsii znakoperemennogo tsiklicheskogo nagruzheniya [Method of compensation of disturbing forces in the hydraulic system of the test bench during the implementation of alternating cyclic loading]. Cosmonautics and rocket Engineering. 2024, no. 1 (134), pp. 76–81.
4. Varzhapetyan A.G. Modern quality management tools: robust design. Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation. Volume Part 1. Saint Petersburg: Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, 2008, 172 p.
5. Leon R., Shoemaker A., Taguchi G., et al. Quality management. Robust design. The Taguchi method. Translated from English, Moscow: SAFI Publ., 2002, 384 p.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПРОЕКТНЫХ КОМАНДАХ

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

Цаплина О.С., аспирант, Российский институт стандартизации, г. Москва

Статья посвящена анализу и оценке возможностей коллективного интеллекта для информационной поддержки принятия решений в ходе работы проектных команд на базе разработки инструментария в составе больших языковых моделей и интеллектуальных агентов.

Целью исследования является разработка концептуального подхода в развитии идей интеграции больших языковых моделей (LLM) в контексте обработки естественного языка с моделями интеллектуальных агентов для обеспечения качественного взаимодействия участников проектных команд в ходе решения своих целевых задач.

Методы: компаративный анализ научных публикации в области интеграции больших языковых моделей с многоагентными системами на основе интеллектуальных агентов; исследование коллективного интеллекта с позиций системного подхода в части свойств эмерджентности, самоорганизации и сложности.

Результаты: предложен концептуальный подход применения LLM-агентов в ходе работы проектных команд для повышения обоснованности принимаемых решений, за счет повышения качества мониторинга информационного пространства разнотипными LLM-агентами в соответствии с ролевыми функциями членов проектной команды, а также путем эффективного контроля и планирования взаимодействия LLM-агентов в ходе информационной поддержки работы проектной команды, на основе разработки UML-диаграмм.

Ключевые слова: интеллектуальные агенты, мультиагентное взаимодействие, большие языковые модели, коллективный интеллект, генеративный искусственный интеллект, UML-диаграммы.

Цитирование: Бурый А.С., Цаплина О.С. Интеллектуальная поддержка принятия решений в проектных командах // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2025. № 4(85). С. 31–38.

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

ГЕНИИ – генеративный искусственный интеллект
ДПД – диаграммы последовательностей действий
ИПрО – информационная предметная область
ИИ – искусственный интеллект
ИКТ – информационно-коммуникационные технологии
КИ – коллективный интеллект
ЦУ – целевое управление
LLM – Large Language Model
UML – Unified Modeling Language

ВВЕДЕНИЕ

Работа в составе команд (проектная, аналитическая, изобретательская и др.) приобретает все большее значение в современных организациях из-за ее положительных результатов. Уровень эффективности работы команды определяется сложными взаимодействиями между качествами ее отдельных членов, коммуникационными возможностями. Последние, ввиду активного развития информационно-ком-

муникационных технологий (ИКТ), позволяют привлекать к совместной командной работе участников, распределенных во времени и в пространстве, обеспечивая взаимодействие между участниками, рабочей средой и решаемыми целевыми задачами команды. По мере развития организаций меняется и характер командной работы [1].

Современное производство требует от организации проектирования и разработки более совершенных продуктов во все сокращенные сроки. Для достижения этого формируют многопрофильные интегрированные продуктовые команды (ИПК) [2]. Учитывая, что команды являются социальными системами, коммуникация в целом и ИКТ в частности играют центральную роль в обеспечении высокой производительности из-за роли в обмене информацией и координации усилий членов команды для обеспечения интегрированной работы.

Автор концепции семантической паутины Тим Бернерс-Ли предложил представлять данные в формализованном виде, что позволит машинам понимать смысл информации, а не просто отображать ее как текст (1989 г., разработчик World

Wide Web), чем предопределил развитие технологий совместного создания знаний¹.

Если разработчик «Всемирной паутины» предполагал, что основным потребителем и «анализатором» информации будет человек, то в существующую эпоху интеллектуальных систем выбор информации, ее обработка и переформатирование в знания [3], а также представление результатов все больше перекладываются на нейросетевые роботизированные системы, на основе генеративного искусственного интеллекта (ГенИИ) [4]. Одной из основных отличительных особенностей ГенИИ является объем информации, который необходим для его обучения: триллион гигабайтов мультимодальных данных, которые в большинстве случаев находятся в неструктурированном виде [5].

Активное внедрение в контур управления сложными объектами интеллектуальной составляющей находит отражение в различных технологиях: при решении задач управления цепями поставок [6], в задачах поддержки принятия решений [7], в системах поддержки переговорного процесса [8], включая вопросы достижения консенсуса в ходе принятия групповых решений [9], а также в многочисленных приложениях на базе многоагентных систем [10, 11].

Следующим этапом развития идей ГенИИ, на примере больших языковых моделей – LLM², стало появление мультиагентной платформы LLM-Swarm, используемой в контексте гибкого управления проектами, обеспечивающей всестороннее понимание проектов, за счет интеграции различных точек зрения с помощью взаимосвязанных кластеров (ролей) агентов, представляющих различные роли участников проектной команды, включающей менеджеров, ведущих инженеров, конструкторов пользовательского интерфейса и других³. В этой связи становится актуальным понятие «эмерджентности», как основного принципа самоорганизации, который объясняет развитие сложного из простого и возникновение порядка из хаоса. Эмерджентность наглядно проявляется в ходе коллективной работы, как интегральный результат локальных взаимодействий элементов системы (агентов различного уровня), что учитывается при формировании многоагентных моделей [11].

Интеграция вычислительных возможностей компьютеров с интеллектуальными способностями разработчиков и управленцев привела к понятию «человеко-машинного интеллекта» [12], обеспечивающего конвергенцию коллективного [13] и искусственного интеллекта (ИИ) в ча-

сти сбора информации и оценки альтернатив в ходе принятия решений.

Целью настоящего исследования является разработка концептуального подхода в развитии идей интеграции больших языковых моделей в контексте обработки естественного языка с моделями интеллектуальных агентов для обеспечения качественного взаимодействия и информационной поддержки участников проектных команд при принятии решений.

СТРУКТУРИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Традиционно на основе ИИ чаще решают задачи на базе уже имеющихся данных, правил построения отношений между событиями, процессами рассматриваемой технологии (обработки данных, принятия решений и т. д.). При этом вектор принятия решений направлен от прошлого к настоящему. Естественный интеллект отличается тем, что он способен решать текущие задачи, исходя из необходимости получения прогнозных оценок на заданную глубину прогноза, то есть вектор логики исследования (при существующем представлении на эволюционные процессы) направлен от будущего к настоящему.

Концепция коллективного интеллекта постоянно претерпевает трансформации по мере появления различных исследовательских подходов, интеграции предметных областей и технологического комплексирования [13].

Традиционный мониторинг в информационной среде уже давно считается рутинной операцией, правда, требующей, порой значительных, временных затрат. Представим процесс мониторинга заданной информационной предметной области (ИПрО) Σ в виде алгебраической структурно-функциональной динамической модели взаимодействия по определенным правилам совокупности универсальных алгебр и гомоморфизма φ [14]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Sigma = \langle E_{IT}, e_i^* \in E_{IT}^* \rangle; \\ \varphi: D \rightarrow E^*, \end{array} \right. \quad (1)$$

где $E_{IT} = \langle D, R \rangle$ – интеллектуальная ИТ-среда⁴, например, различные информационные ресурсы заданной ИПрО, выбранные для мониторинга; $D = \{d_i\}$ – множество объектов (документов), составляющих исследовательскую базу для анализа в ходе мониторинга, причем $l = 1, \dots, |D|$; $R = \{r_u\}$, $u = 1, \dots, |R|$, – ресурсы (базы данных и знаний, библиотеки, включая аппаратно-программное, математическое, лингвистическое обеспечение автоматизированных комплексов), доступные для мониторинга; e_i^* – результат мониторинга, объект, удовлетворяющий критериям поиска (в основном по семантике полученной информации);

¹ Berners-Lee T., Hendler J., Lassila O. The Semantic Web: A new form of Web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities // In Linking the World's Information: Essays on Tim Berners-Lee's Invention of the World Wide Web. 2023. С. 91–103.

² Аббревиатура (от англ.) Large Language Model.

³ Hussain T., Ahmed T., et al. Collective Wisdom in Language Models: Harnessing LLM-Swarm for Agile Project Management // In NeurIPS 2024 Workshop on Open-World Agents. URL: <https://openreview.net/pdf?id=Ma3epu3osb> (дата обращения: 31.05.2025).

⁴ Интеллектуальная ИТ-среда – комплекс аппаратных и программных средств, а также сетевых ресурсов, обеспечивающий переработку и защиту информации в организации.

φ – отображение множества документов во множество E^* – результатов мониторинга.

Совокупность ресурсов интеллектуальной IT-среды R представим в виде совокупности фактор-множеств [15]:

$$R = \{r_1, r_2, \dots\} = \{\mathcal{O}, \mathcal{Z}, \mathcal{M}_c, \mathcal{M}_s, \mathcal{A}\}, \quad (2)$$

где $\{\mathcal{O}\}$ – множество онтологий структуры базы знаний; $\{\mathcal{Z}\}$ – множество информационных запросов по текущему проекту; $\{\mathcal{M}_c\}$ – множество когнитивных моделей, обеспечивающих интеллектуальный анализ данных; $\{\mathcal{M}_s\}$ – множество событийных моделей для представления динамики функционирования подсистем, технологических процессов в ходе решения целевых задач; $\{\mathcal{A}\}$ – множество типов агентов (связи, координации, интеллектуального поиска – LLM-агент $\mathcal{A}_{LLM}$).

Взаимодействие указанных фактор-множеств в ходе поддержки принятия решений представим следующей схемой (см. рис. 1). Сплошные линии на рис. 2 соответствуют взаимодействиям типа M2M (машина-машина), а штриховые – M2P (машина-человек). Ресурсы ИПРО в итоге формируют $\{DS_{DB}\}$ – множество в виде баз данных для поддержки принятия решений (DS) для участников (с учетом ролевой нагрузки) проектных команд, из числа которых могут формироваться эксперты (кураторы), формирующие окончательные информационные блоки (разделы) для принятия решений (I_{DS}). $\{I_{DS}\}$ и данные от $\{DS_{DB}\}$ используют для формирования окончательного решения лицом, принимающим решение (ЛПР).

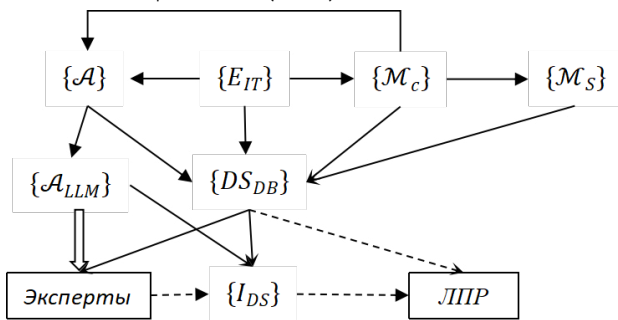


Рис. 1. Схема взаимодействия фактор-множеств в ходе поддержки принятия решений

Динамика многоагентных систем на базе LLM характеризуется сложным взаимодействием, балансируя между автономностью и целевым управлением (ЦУ) (согласованность), под которым понимается нормативные ограничения, требования, рамки технологических задач и другие факторы.

Как показано на рис. 2, эту сложность можно представить в виде триады взаимодействия между пользователем (любой участник проектной команды / основные субъекты, принимающие решения), аппаратно-программными средствами, описанными в выражениях (1), (2), обеспечивающие правила и механизмы управления, интегрированные в си-

стему, и системой агентов $\{\mathcal{A}\}$, из которых, в соответствии с темой исследования, выделены LLM-агенты. Согласованность в этом контексте гарантирует, что действия системы согласуются с человеческими намерениями и ценностями.

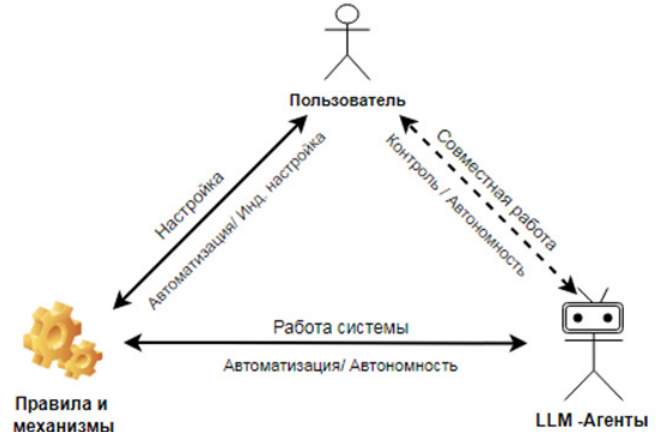


Рис. 2. Триада взаимодействия: пользователь – традиционные вычислители – LLM-агенты

С другой стороны, автономия обозначает присущую агентам способность к самоорганизации, то есть стратегии деятельности, позволяющей им функционировать независимо от заранее определенных правил и механизмов и без контроля со стороны человека [16] (горизонтальная связь на рис. 2). Более того, в системах, управляемых целями, подказанными пользователем, решающее значение приобретает различие между общими аспектами согласования в терминах механизмов ЦУ, заранее определенных системными архитекторами (для ресурсной части системы – R) для информационной поддержки основных функциональных возможностей (согласно рис. 1), и специфическими предпочтениями пользователя, настроенными самими пользователями системы, опираясь на возможности агентов $\mathcal{A}_{LLM}$.

ПРЕИМУЩЕСТВА ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ

Рассмотренные выше LLM-агенты выступают как цифровые помощники на любом рабочем месте, настраиваются под индивидуальные задачи, решаемые участниками проекта. Исследователи все чаще концентрируют внимание на выявлении эмерджентности в совместных действиях LLM-агентов. Эмерджентность проявляется в возможности расширения числа решаемых задач, большим, чем простая сумма выполняемых функций каждым агентом:

$$\begin{aligned} &\text{если } \mathcal{A}_{LLM}^{(1)} \rightarrow \{f_i\}, \mathcal{A}_{LLM}^{(2)} \rightarrow \{f_j\}, \\ &\text{то } \mathcal{A}_{LLM}^{(1)} \cup \mathcal{A}_{LLM}^{(2)} \rightarrow \{f_i, f_j, \tilde{f}\}, \end{aligned} \quad (3)$$

где f_i и f_j – выполняемые функции соответствующим агентом из заданного перечня:

$$f_i: \{f_i^{(1)}, i = \overline{1, I}\}; f_j: \{f_j^{(2)}, j = \overline{1, J}\}.$$

В общем случае $i \neq j$; $\tilde{f}$ – новые функции, свойственные объединенной системе.

На примере системы LLM-Swarm проанализируем особенности коллективного интеллекта⁵ (КИ), отличающие его практики применения LLM моделей. LLM-Swarm платформа предполагает многоролевую работу сотрудников. Каждая роль выделяется в отдельный кластер. Поисковые кластер выполняют поиск в Интернете по запросу аналитического кластера. Кластер коммуникаций обеспечивает обратную связь со всеми кластерами, поддерживая соотношения вида «запрос» – «ответ», возможности дублирования, ведения соответствующих журналов. Кластер генерации вопросов помогает менеджерам (ролевым агентам) в разработка со-

⁵ В качестве синонимов в литературе встречаются понятия «коллективный разум», «коллективное сознание» и др.

ответствующих запросов для других кластеров. Специалисты по обеспечению качества и инноваций помогают аналитикам достичь всестороннего понимания и выработать надежные и заслуживающие доверия решения (см. таблицу).

Традиционный LLM-агент работает изолированно, модель LLM-Swarm использует КИ для интеграции различных точек зрения пользователей, содействия динамичному диалогу и облегчения поддержки совместного принятия решений. Основное внимание уделяется использованию потенциала КИ для комплексного решения запросов и адаптации к меняющимся задачам в среде совместной работы⁶.

⁶ Ahmed T. Collective wisdom in language models: unveiling the power of LLM-swarm. URL: <https://www.researchgate.net/publication/379599457> (дата обращения: 31.05.2025).

Сравнение традиционных LLM-агентов и системы LLM-Swarm

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА И ФАКТОРЫ	ОБЫЧНЫЕ LLM	СИСТЕМА LLM-SWARM
Коллаборативный интеллект	Традиционные модели LLM работают как автономные объекты, генерируя ответы на основе шаблонов, усвоенных во время обучения	В LLM-Swarm несколько пользователей, каждый из которых обладает уникальными личностными качествами и взглядами, взаимодействуют с LLM совместно. КИ различных пользователей увеличивает богатство и разнообразие ответов, обеспечивая более комплексный подход к решению проблем
Разнообразие точек зрения	Генерирует ответы на основе единого набора предварительно изученных шаблонов и данных	Интегрирует входные данные от различных пользователей, включая генераторы вопросов, менеджеров, аналитиков и др. участников проекта. Такое разнообразие точек зрения позволяет системе рассматривать различные точки зрения, способствуя более целостному подходу к решению запросов или проблем
Адаптивность	Работает на основе уже существующих знаний и шаблонов	Адаптируется к меняющимся задачам и разнообразным вводимым ресурсам. КИ позволяет системе реагировать на новую информацию, проблемы или перспективы по мере их возникновения в процессе совместной работы
Ролевая специализация	Не делает различий между ролями пользователей или точками зрения	Включает в себя специализированные роли, такие как составители вопросов, менеджеры, аналитики, новаторы и агенты по обеспечению качества. Каждая роль вносит свой уникальный вклад в процесс совместной работы, добавляя глубину и опыт общему диалогу
Система принятия решений	Обычно используется для генерации ответов или поиска информации	Предназначена для совместного принятия решений. Различные кластеры агентов участвуют в процессе принятия решений, включая управленческую оценку, критический анализ проблем и креативность новаторов. Эта более широкая структура выходит за рамки подготовки ответных мер и охватывает всестороннюю поддержку принятия решений
Синтез информации	Генерирует ответы на основе имеющихся знаний	Синтезирует информацию с различных точек зрения и от различных источников, включая внешние поисковые запросы, для формирования более глубокого понимания предмета исследования

ГРАФИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА LLM НА ЭТАПЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ

С годами появилось несколько технологий и методов, позволяющих более эффективно проектировать, разрабатывать и внедрять разговорные агенты. Основная идея заключается в том, чтобы сократить разрыв между опытным

разработчиком ботов и пользователями различного уровня. Практически каждый знаком с интерфейсом чат-бота под названием ALICE (Artificial Linguistic Internet Computer Entity – искусственная лингвистическая компьютерная сущность Интернета), разработанная на языке разметки AIML⁷.

⁷ AIML (Artificial Intelligent Markup Language) – язык разметки, предназначенный для создания разговорных агентов.

Для управления любой проектной командой необходимо четко представлять структуру (последовательность) технологических операций, взаимодействие определенных участников (отделов и групп). Для этого на предварительном этапе проектирования разрабатываются наглядные схемы, что позволяет управлять процессом проектирования, оперативно, при необходимости, корректировать цепочку операций.

В настоящее время для этих целей широко применяется UML (Unified Modeling Language), унифицированный язык моделирования, который используется, чтобы создавать диаграммы и схемы для визуализации процессов и явлений [17]. Области применения UML весьма обширны: разработка структур интерфейсов в программном обеспечении, проектировании, визуальные модели и схемы для представления бизнес-процессов, документооборота в организациях и др.

Среди UML-диаграмм наиболее распространенным типом являются диаграммы последовательностей действий (ДПД). ДПД показывает взаимодействие объектов друг с другом в порядке их возникновения или в последовательном порядке. Это многоступенчатый визуальный инструмент, который показывает взаимодействие между многими элементами или компонентами во времени.

Для разработки ДПД за основу берутся пользовательские истории – это неформальные, нетехнические описания функций с точки зрения пользователя, которые направляют совместную работу и итеративную разработку в проектах Agile⁸. Однако неоднозначность в пользовательских историях может привести к недопониманию между участниками проектной команды.

Обычно это текстовое описание, составленное либо в произвольной форме, либо по шаблону [18]:

$T_i = \text{Если}(\langle \text{typeofuser} \rangle, \text{я хочу}(\langle \text{goal} \rangle), \text{при условии}(\langle \text{it} > \dots \rangle), (4)$

где $\langle \text{typeofuser} \rangle$ – задает тип пользователя (включая ролевые особенности); $\langle \text{goal} \rangle$ – цель данного действия; условия могут включать преимущества, которые будут достигнуты.

Количество пользовательских историй может быть любое, в том числе это могут быть и уточняющие предыдущие истории.

ДПД относятся к классу визуальных моделей. В отличие от текстовых историй вида (4) ДПД могут улучшить понимание поведения системы, а также автоматизировать оценку поведения на предмет любых неожиданных сбоев. ДПД представляют собой отличный инструмент в начале проекта, поскольку он показывает пользователю, что должно произойти, шаг за шагом.

⁸ Agile – методология управления проектами, отличается гибкостью, адаптивностью, широкими возможностями для командной работы.

UML-диаграммы вида ДПД подробно описывают, как выполняются операции. Они фиксируют взаимодействие между субъектами и другими системными объектами в контексте совместной работы. Следуя [18], под ДПД будем понимать последовательность событий, в составе событий отправления запроса (sn), его получения (rs), а также содержания сообщения (ms):

$$SD = \{s_1, s_2, \dots, s_i, \dots, s_k\}, s_i = (sn_i, rs_i, ms_i), \quad (5)$$

где s_i – представляет i -е событие ($i = 1, \dots, k$) в диаграмме действий SD , а k – общее количество событий на ДПД.

Возможности существующих моделей LLM позволяют эффективно обрабатывать и корректировать текстовые запросы вида (4), а также настраивать взаимодействие процессов, в соответствии с триадой взаимодействия (см. рис. 2). Наличие хорошо подготовленных шаблонов в библиотеке UML-диаграмм используется LLM-агентами при формировании отдельных сценариев (последовательного) выполнения событий из представления (5).

На рис. 3 проиллюстрирован пример работы ГенИИ на базе LLM-агентов для пользовательского запроса в структуре (4) вида: «Как пользователь, потребляющий данные ($\langle \text{typeofuser} \rangle$) ,я хочу иметь возможность искать любой опубликованный и общедоступный набор данных по их названию и метаданным ($\langle \text{goal} \rangle$) , чтобы я мог найти наборы данных, которые меня интересуют» ($\langle \text{it} > \dots \rangle$).

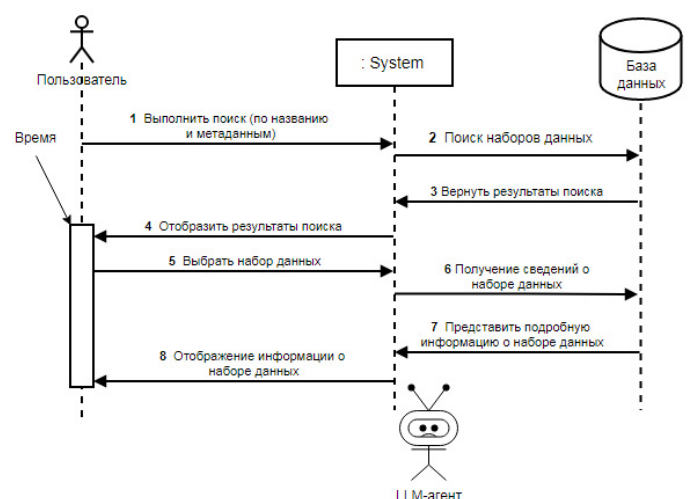


Рис. 3. Пример ДПД формирования запросов на поиск публикаций по названию и метаданным

LLM-агенты формируют и контролируют последовательный во времени событийный поток (в данном примере это восемь последовательных действий). Функционал LLM-агента должен отвечать как за содержательную часть ин-

формационного взаимодействия, так и за результаты поиска публикаций в предлагаемой базе данных.

Как LLM могут навредить CI. В некоторых случаях риски, связанные с тем, что LLM могут навредить CI, идут рука об руку с потенциальными выгодами для CI. Например, LLM могут способствовать координации, формулируя согласованные заявления, но их непрозрачность может создать иллюзию консенсуса или скрыть важные различия во мнениях между группами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проведенный анализ комплексирования больших языковых моделей с возможностями интеллектуальных агентов в контексте поддержки принятия решений в составе проектных команд позволил констатировать расширение функционала решаемых задач при таком объединении.

Модели проектирования, такие как диаграммы последовательностей UML, необходимы для улучшения взаимодействия, прояснения поведения системы и улучшения процесса разработки. В этой статье представлен автоматизированный подход к созданию поведенческих моделей, в частности диаграмм последовательностей на основе требований естественного языка, выраженных в виде пользовательских историй.

Дальнейшим развитием предложенного подхода является исследование синергетического эффекта объединения коллективного интеллекта проектной команды и потенциала LLM-агентов для обеспечения задач функционирования распределенных баз данных и знаний, формирования онтологий знаний для возможности оперативного поиска информации в заданной предметной области.

Представление интегрируемых инструментов исследования на основе методов интеллектуального анализа данных и других известных подходов машинного обучения следует рассматривать как определенные метасистемы, конструктивно связанные с исследовательской предметной областью в составе информационного и технологического пространства. С помощью разрабатываемого на базе LLM-подхода возможно создание межсистемного тезауруса, который будет выступать как единый продуктивный язык для использования в рамках формируемых метасистем.

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 использованных источников и литературы / References

1. Минченков А.К. «Цифровые помощники» как инструмент управления персоналом государственного учреждения // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2023. Т. 13, № 10А. С. 793–799. / Minchenkov A.K. «Cifrovye pomoshchniki» kak instrument upravleniya personalom gosudarstvennogo uchrezhdeniya. Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra. 2023;13(10A):793–799. (In Russ.).
2. Crowder R.M., Robinson M.A., Hughes H.P., Sim Y.W. The development of an agent-based modeling framework for simulating engineering team work. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans. 2012;42(6): 1425–1439.
3. Филатова А.В. Методы и инструменты, используемые в управлении информационно-знаниевыми ресурсами // Вестник Самарского государственного университета. Серия: Экономика и управление. 2012. № 4(95). С. 67–72. / Filatova A.V. Metody i instrumenty, ispol'zuemye v upravlenii informacionno-znaniyevymi resursami. Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika i upravlenie. 2012; 4(95): 67–72. (In Russ.).
4. Бурый А.С., Цаплина О.С. Анализ и оценка возможностей цифровых инструментов для построения процессов информационного взаимодействия // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2025. № 2(83). С. 82–89. <https://doi.org/10.24412/2311-1348-2025-2-82-89> Buryi A.S., Tsaplina O.S. Analiz i ocenka vozmozhnostej cifrovyyh instrumentov dlya postroeniya processov informacionnogo vzaimodejstviya. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2025;2(83): 82–89. (In Russ.).
5. Арифуллин А., Маркин В. Перспективы применения генеративного искусственного интеллекта в нефтегазовой отрасли // Энергетическая политика. 2024. № 5(196). С. 50–59. https://doi.org/10.46920/2409-5516_2024_5196_50 / Arifullin A., Markin V. Perspektivy primeneniya generativnogo iskusstvennogo intellekta v neftegazovoj otrasli. Energeticheskaya politika. 2024;5(196): 50–59. (In Russ.).
6. Иванов Ф.Д. Возможности использования искусственного интеллекта при управлении цепями поставок // Экономика и управление. 2024. Т. 30, № 9. С. 1121–1129. <http://doi.org/10.35854/1998-1627-2024-9-1121-1129> / Ivanov F.D. Opportunities for the use of artificial intelligence in supply chain management. Ekonomika i upravlenie = Economics and Management. 2024; 30(9): 1121–1129. (In Russ.).

7. Кириков И.А., Колесников А.В., Листопад С.В., Румовская С.Б. Виртуальные гетерогенные коллективы, поддерживающие принятие решений // Системы и средства информатики. 2015. Т. 25, № 3. С. 126–149. <https://doi.org/10.14357/08696527150308>. / Kirikov I.A., Kolesnikov A.V., Listopad S.V., Rumovskaya S.B. Virtual'nye geterogennye kollektivy, podderzhivayushchie prinyatie reshenij. Sistemy i sredstva informatiki. 2015; 25(3): 126–149. <https://doi.org/10.14357/08696527150308>. (In Russ.).
8. Трахтенгерц Э.А. Компьютерные системы поддержки принятия управленческих решений // Проблемы управления. 2003. № 1. С. 13–28. Traktengerts E.A. Komp'yuternye sistemy podderzhki prinyatiya upravlencheskih reshenij. Problemy upravleniya. 2003; 1:13–28. (In Russ.).
9. Аронов И.З., Максимова О.В. Теоретическое моделирование достижения консенсуса в условиях коалиций на основе регулярных марковских цепей // Компьютерные исследования и моделирование. 2020. Т. 12, № 5. С. 1247–1256. <https://doi.org/10.20537/2076-7633-2020-12-5-1247-1256>. / Aronov I.Z., Maksimova O.V. Teoreticheskoe modelirovanie dostizheniya konsensusa v usloviyah koalitsij na osnove regul'yarnyh markovskih cepej. Komp'yuternye issledovaniya i modelirovanie. 2020; 12(5): 1247–1256. (In Russ.).
10. Бурый А.С., Цаплина О.С. Агентные модели принятия решений на основе генеративного искусственного интеллекта // Правовая информатика. 2025. № 1. С. 101–109. <http://doi.org/10.24412/1994-1404-2025-1-101-109>. / Buryi A.S., Tsaplina O.S. Agentnye modeli prinyatiya reshenij na osnove generativnogo iskusstvennogo intellekta. Legal informatics. 2025; 1: 101-109. (In Russ.).
11. Городецкий В. И. Самоорганизация и многоагентные системы. I. Модели многоагентной самоорганизации // Известия РАН. Теория и системы управления. 2012. № 2. С. 92–120. / Gorodetsky V.I. Samoorganizatsiya i mnogoagentny'e sistemy. I. Modeli mnogoagentnoj samoorganizatsii. Izvestiya RAN. Teoriya i sistemy upravleniya. 2012; 2: 92–120. (In Russ.).
12. Смирнов А.В., Левашова Т.В., Пономарев А.В. Поддержка принятия решений на основе человеко-машинного коллективного интеллекта: современное состояние и концептуальная модель // Информационно-управляющие системы. 2020. № 2(105). С. 60–70. <https://doi.org/10.31799/1684-8853-2020-2-60-70> Smirnov A.V., Levashova T.V., Ponomarev A.V. Decision support based on human-machine collective intelligence: stateof-the-art and conceptual model. Informatsionno-upravliaiushchie sistemy [Information and Control Systems]. 2020; 2: 60–70. (In Russ.). doi:10.31799/1684-8853-2020-2-60-70
13. Бурый А.С., Костылева К.В. Коллективный интеллект в сетевой когнитивной среде // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2025. № 3(84). С. 39–45. <https://doi.org/10.24412/2311-1348-2025-3-39-45> / Buryi A.S., Kostyleva K.V. Kollektivnyj intellekt v setевой kognitivnoy srede. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2025; 3(84): 39–45. (In Russ.).
14. Бурый А.С. Структуризация систем мониторинга информационных ресурсов // Правовая информатика. 2023. № 1. С. 52–61. <https://doi.org/10.21681/1994-1404-2023-1-52-61> / Buryi A.S. Strukturizatsiya sistem monitoringa informacionnyh resursov. Legal informatics. 2023; 1: 52–61. <https://doi.org/10.21681/1994-1404-2023-1-52-61> (In Russ.).
15. Массель Л.В., Массель А.Г. Интеллектуальные вычисления в исследованиях направлений развития энергетики // Известия Томского политехнического университета. 2012. Т. 321, № 5. С. 135–140. / Massel L.V., Massel A.G. Intellekтуал'nye vychisleniya v issledovaniyah napravlenij razvitiya energetiki. Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. 2012; 321(5): 135–140. (In Russ.).
16. Händler T. Balancing autonomy and alignment: a multi-dimensional taxonomy for autonomous LLM-powered multi-agent architectures. arXiv preprint arXiv:2310.03659. 2023.
17. Бойцов А.К., Колмогорова С.С. Практическое моделирование на UML: монография. – СПб.: Реноме, 2023. – 684 с. / Boytsov A.K., Kolmogorova S.S. Prakticheskoe modelirovanie na UML: monografiya. St. Petersburg: Renome Publ., 2023, 684 p. (In Russ.).
18. Jahan M., et al. Automated derivation of UML sequence diagrams from user stories: Unleashing the power of generative AI vs. a rule-based approach. Proceedings of the ACM/IEEE 27th International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems. 2024, pp. 138–148.

INTELLIGENT DECISION SUPPORT IN PROJECT TEAMS

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

Tsaplina O.S., graduate student of the Russian Standardization Institute

The article is devoted to the analysis and evaluation of the capabilities of collective intelligence for information support of decision-making during the work of project teams based on the development of tools consisting of large language models and intelligent agents.

The aim of the research is to develop a conceptual approach to the development of ideas for integrating large language models (LLM) in the context of natural language processing with intelligent agent models to ensure high-quality interaction between project team members in the course of solving their objectives.

Methods: comparative analysis of scientific publications in the field of integration of large language models with multi-agent systems based on intelligent agents; research of collective intelligence from the perspective of a systematic approach in terms of the properties of emergence, self-organization and complexity.

Results: a conceptual approach is proposed to apply LLM agents during the work of project teams to increase the validity of decisions made by improving the quality of monitoring the information space by different types of LLM agents in accordance with the role functions of project team members, as well as by effectively monitoring and planning the interaction of LLM agents during information support for the work of the project team, based on the development of UML diagrams.

Keywords: intelligent agents, multi-agent interaction, large language models, collective intelligence, generative artificial intelligence, UML diagrams.

For citation: Buryi A.S., Tsaplina O.S. Intelligent decision support in project teams. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2025; 4(85): 31–38. (In Russ.).

АНАЛИЗ БОЛЬШИХ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ФАКТОРОВ УСПЕШНОЙ АДАПТАЦИИ ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ

Погодин И.М., аспирант, Российский институт стандартизации, г. Москва

Садыхбеков А.Д., аспирант, Московский городской педагогический университет, г. Москва

В статье представлена разработка аналитической системы больших данных (АСБД) на основе искусственного интеллекта для раннего выявления иностранных студентов из группы риска академической неуспеваемости. Система использует двухэтапный итеративный подход, включающий методы машинного обучения (ML) и глубокого обучения (DL) для анализа данных о взаимодействии студентов с системой управления обучением (LMS). На первом этапе применяются алгоритмы машинного обучения (J48, Random Forest, OneR, DecisionStump, NBTree) с использованием ансамблевой техники, на втором - алгоритмы глубокого обучения (LSTM, MLP, Sequential Model) после балансировки данных. Модель учитывает различные факторы, включая языковую подготовку, культурную адаптацию и академическую успеваемость студентов. Разработанная система позволяет своевременно выявлять проблемные ситуации в обучении иностранных студентов и предоставлять целенаправленную поддержку для повышения эффективности их образовательного процесса.

Ключевые слова: большие данные, машинное обучение, глубокое обучение, иностранные студенты, академическая успеваемость, прогнозирование, система поддержки принятия решений.

Цитирование: Погодин И.М., Садыхбеков А.Д. Анализ больших данных для прогнозирования факторов успешной адаптации иностранных студентов // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2025. № 4(85). С. 39–45.

ВВЕДЕНИЕ

Раннее прогнозирование успеваемости иностранных студентов имеет жизненно важное значение для образовательных учреждений, поскольку оно позволяет своевременно вмешиваться и оказывать целенаправленную поддержку для преодоления языковых, культурных и академических барьеров. Различные исследования изучали методы интеллектуального анализа данных, направленные на прогнозирование академической успеваемости иностранных студентов на разных уровнях: на уровне степени, года обучения, курса и экзаменов, с учетом их уникальных потребностей и вызовов [1]. Примечательно, что прогнозирование на уровне отдельных экзаменов часто исключается из-за временного характера результатов одного экзамена, хотя для иностранных студентов эти показатели могут быть особенно важны для оценки адаптации [1]. Успех иностранных студентов служит важным показателем качества образовательных учреждений и их способности к интернационализации, включая в себя не только академические достижения, но и культурную адаптацию, языковую компетенцию, социальную интеграцию и результаты после окончания обучения [1].

Ранее авторами исследовалась эффективность применения аналитики больших данных для мониторинга успеваемости и социально-экономической адаптации иностранных сту-

дентов, изучающих русский язык в онлайн-формате. Это исследование показало, что такие данные позволяют не только прогнозировать успеваемость студентов, но и влиять на их адаптацию в новой социальной и культурной среде [2, 3].

Цель данного исследования заключается в разработке модели аналитической системы больших данных (далее – АСБД) на основе искусственного интеллекта для раннего выявления иностранных студентов из группы риска академической неуспеваемости и своевременного принятия мер по повышению показателей их успеваемости и адаптации.

Методы машинного обучения (ML) играют важную роль в прогнозировании академической успеваемости иностранных студентов. Алгоритмы, такие как случайные леса, логистическая регрессия и другие методы ML, особенно эффективны при анализе множества факторов, влияющих на успех иностранных учащихся, включая языковые барьеры, культурную адаптацию и академическую подготовку [4]. Интеграция методов глубокого обучения, включая сверточные нейронные сети (CNN) и рекуррентные нейронные сети (RNN), позволяет точнее выявлять паттерны успеваемости иностранных студентов и учитывать их уникальные потребности в обучении [4]. Эти передовые методы помогают образовательным учреждениям своевременно отслеживать прогресс иностранных студентов и предоставлять целенаправленную поддержку [5].

Прогнозное моделирование в образовании иностранных студентов основывается на выявлении ключевых индикаторов, указывающих на вероятность их академического успеха. Критически важные показатели включают не только стандартные данные о посещаемости, оценках и результатах тестов, но и специфические факторы: уровень владения языком обучения, степень культурной адаптации, социальную интеграцию в новой среде, а также академические привычки, сформированные в родной стране [6]. Анализируя эти факторы, образовательные учреждения могут предоставлять целенаправленную поддержку иностранным студентам, обеспечивая своевременное вмешательство в области языковой подготовки, культурной адаптации и академической интеграции, что в конечном итоге способствует успешному завершению их образовательной программы.

В то время как существующая литература подчеркивает важность выявления значимых атрибутов для прогнозирования успеваемости иностранных студентов, остаются проблемы, связанные с точностью и понятностью моделей, особенно в контексте культурных и языковых различий. Исследования указывают на необходимость усовершенствованных прогностических моделей, которые не только сохраняют баланс между точностью и способностью четко объяснять свои результаты, а также учитывают специфические факторы, влияющие на успеваемость иностранных студентов [7]. Будущие исследования должны сосредоточиться на доработке этих моделей и изучении гибридных подходов, объединяющих статистические методы с методами машинного обучения для улучшения прогностических возможностей при сохранении прозрачности для педагогов и лиц, принимающих решения, с особым вниманием к межкультурным аспектам образования [4, 8].

АРХИТЕКТУРА И КОМПОНЕНТЫ АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ БОЛЬШИХ ДАННЫХ

В основе разработки и обучения модели АСБД для анализа успеваемости иностранных студентов лежит верхнеуровневая структура системы, представленная на рис. 1. Данная модель определяет основные компоненты и принципы функционирования системы АСБД с учетом специфики иностранных учащихся, включая источники данных, алгоритмы обработки и конечные результаты.

Входные данные поступают в систему из двух основных источников:

- **Данные о взаимодействии иностранных студентов с LMS (Learning Management System)¹** включают в себя информацию о времени активности, количестве выполненных упражнений, языковых паттернах взаимодействия, использовании переводчиков и других па-

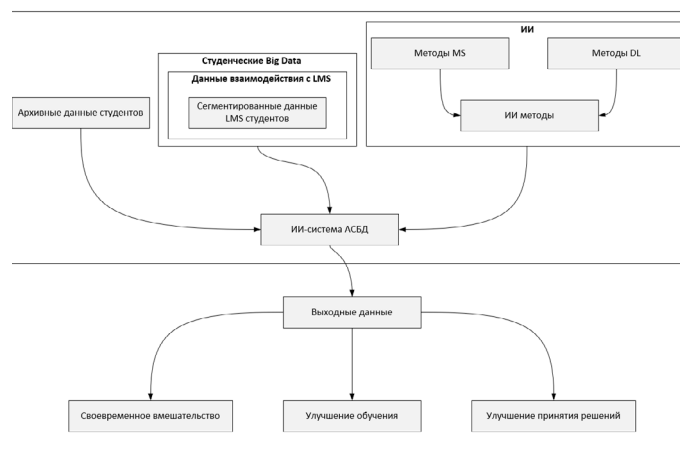


Рис. 1. Верхнеуровневая структура системы АСБД

раметрах поведения студентов в системе. Эти данные подвергаются сегментации и предварительной обработке с учетом языковых и культурных особенностей.

- **Исторические данные иностранных студентов** содержат накопленную информацию о результатах языковых тестов, академической успеваемости, культурной адаптации и других параметрах, необходимых для построения и настройки моделей прогнозирования.
- **Ядром системы** является блок ИИ-система АСБД, в котором осуществляется анализ и обработка данных с использованием методов машинного обучения (ML) и глубокого обучения (DL) [9]. Эти методы адаптированы для работы с многоязычными данными, что особенно важно для анализа и прогнозирования академической успеваемости иностранных студентов. В качестве алгоритмов машинного обучения используются модели, такие как Random Forest, J48, OneR, DecisionStump и NBTree. Методы глубокого обучения включают в себя многослойные перцептроны (MLP) и сети с долговременной краткосрочной памятью (LSTM)², особенно эффективные при анализе последовательных языковых данных. АСБД применяет ансамблевые методы, технику кросс-валидации и алгоритмы балансировки для повышения точности моделей [10, 11].

Результаты обработки в АСБД предоставляют широкие возможности для повышения эффективности образовательного процесса иностранных студентов. Основные выходные данные включают:

- **Своевременные интервенции** – раннее выявление проблемных ситуаций в обучении иностранных студентов, включая языковые барьеры и трудности культурной адаптации, и предоставление персонализированных рекомендаций по их устранению.
- **Улучшение результатов обучения студентов** – использование прогнозов для персонализации обучения и адап-

¹ Система управления обучением (LMS) – программное приложение, которое помогает организациям администрировать, документировать, отслеживать, составлять отчеты, автоматизировать и поставлять учебные курсы, программы обучения.

² LSTM – сети с долговременной краткосрочной памятью (от англ. Long Short Term Memory).

тации образовательных стратегий под культурные и языковые особенности иностранных студентов.

- **Улучшение принятия решений** – предоставление достоверных данных и аналитических выводов для преподавателей и администрации образовательных учреждений с учетом специфики работы с иностранными студентами.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ

В данном исследовании для разработки прогностической модели АСБД, направленной на выявление студентов с риском академической неуспеваемости, применены два подхода: модели машинного обучения и глубокого обучения. На основе данных о взаимодействии студентов с LMS алгоритмы были реализованы в итеративном режиме, что позволило сравнивать их эффективность с использованием матрицы ошибок. Для оценки качества работы моделей на каждом этапе анализировались метрики точности, чувствительности и специфичности. По итогам циклической проверки наилучший алгоритм будет выбран в качестве основы для финальной версии системы, обеспечивающей непрерывное улучшение ее прогностической способности.

АСБД создается посредством серии задач, состоящих из сбора данных, предварительной обработки данных, анализа данных с помощью алгоритмов ИИ, оценки и успешного принятия решений. Все эти задачи адаптированы для разработки и оценки прогностических моделей на основе машинного и глубокого обучения. Рабочий процесс обучения системы на основе ИИ проиллюстрирован на рис. 2–4.

Описание работы модели:

1. Сбор данных и создание вектора размерности

- **Начало процесса** – Инициализация работы системы.
- **Набор данных студентов** – Получение исходных данных в формате CSV.
- **Агрегация файлов данных** – Объединение наборов для создания единого вектора признаков.
- **Создание и проверка вектора размерности** – Формирование вектора с параметрами (таблица).

2. Предварительная обработка данных

- **Очистка переменных и экземпляров** – Удаление некорректных данных.
- **Проверка и удаление отрицательных значений** – Фильтрация недопустимых показателей.
- **Проверка и удаление пустых значений** – Обработка отсутствующих данных.
- **Масштабирование данных** – Нормализация значений.
- **Преобразование категориальных переменных** – Кодирование нечисловых данных.

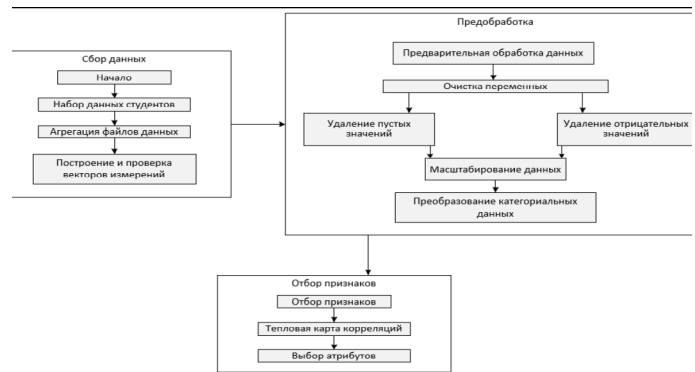


Рис. 2. Подготовка и предварительный анализ данных

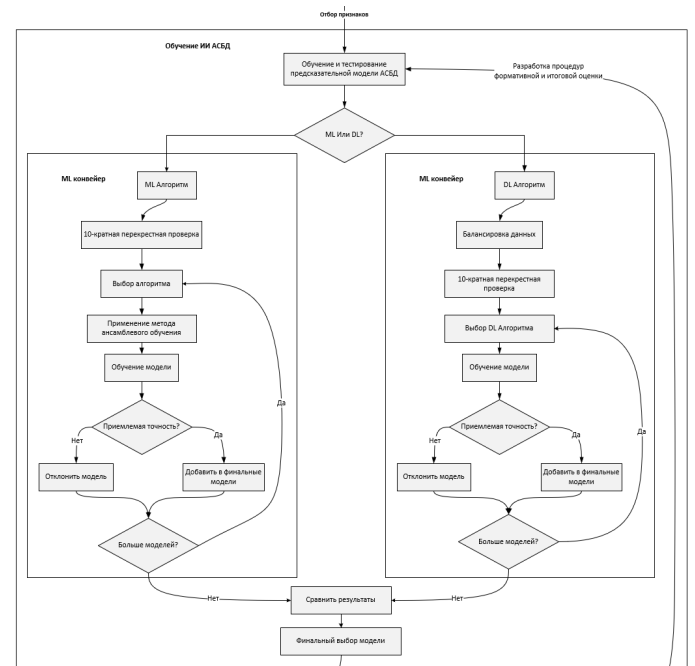


Рис. 3. Обучение ИИ АСБД

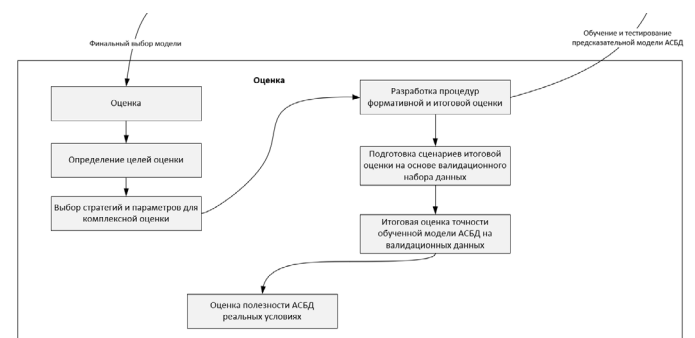


Рис. 4. Оценка и итоговый выбор

Результат: Подготовленный вектор размерности с обработанными данными.

3. Отбор признаков

- **Построение тепловой карты корреляций** – Анализ взаимосвязей между признаками.
- **Выбор значимых атрибутов** – Определение ключевых признаков для модели.

Результат: Оптимизированный вектор признаков.

4. Алгоритмы ИИ – Обучение и тестирование прогностической модели

4.1. Первая итерация (Алгоритмы ML)

1. **Настройка 10-кратной кросс-валидации** – Разделение данных для обучения и проверки.

2. **Формирование списка алгоритмов ML** – Подготовка набора методов машинного обучения.

3. **Выбор алгоритма ML из списка:**

- J48 (Дерево решений)
- Случайный лес
- OneR (Простое правило)
- DecisionStump (Пень решений)
- NBTree (Наивный Байес)

4. **Применение ансамблевого метода** – Усиление результатов обучения.

5. **Обучение модели** – Тренировка на подготовленных данных.

6. **Формативная оценка** – Проверка точности на тестовой выборке.

7. **Приемлемая точность?**

- **Да** → Включение в финальный набор моделей
- **Нет** → Исключение модели

8. **Есть ли другие ML модели?**

- **Да** → Повторить выбор алгоритма
- **Нет** → Перейти к сравнению результатов

4.2. Вторая итерация (Алгоритмы DL)

1. **Балансировка и аугментация данных** – Улучшение качества набора данных.

2. **Настройка 10-кратной кросс-валидации** – Подготовка к обучению.

3. **Формирование списка алгоритмов DL** – Подбор методов глубокого обучения.

4. **Выбор алгоритма DL из списка:**

- Многослойный перцептрон
- LSTM (сети с долговременной краткосрочной памятью)
- Последовательная модель

5. **Обучение модели** – Тренировка на подготовленных данных.

6. **Формативная оценка** – Проверка точности.

7. **Приемлемая точность?**

- **Да** → Включение в финальный набор
- **Нет** → Исключение модели

8. **Есть ли другие DL модели?**

- **Да** → Повторить выбор алгоритма
- **Нет** → Перейти к сравнению

4.3. Сравнение и итоговый выбор

- Анализ результатов всех моделей.
- Выбор оптимальной модели для создания системы поддержки принятия решений.

5. Оценка прогностической модели

1. **Определение целей оценки** – Постановка критериев эффективности.

2. **Выбор стратегий оценки** – Определение методологии тестирования.

3. **Разработка процедур оценки** – Создание методов проверки.

4. **Подготовка валидационных сценариев** – Формирование тестовых случаев.

5. **Итоговая оценка точности** – Проверка на валидационном наборе.

6. Оценка полезности АСБД в реальных условиях.

После применения моделей машинного и глубокого обучения, результаты прогнозирования сравниваются с реальными данными успеваемости студентов, что позволяет точно оценить их предсказательную силу [10]. Также производится финальная проверка точности на валидационном наборе с целью минимизировать количество ложных прогнозов.

Набор данных включает 16 характеристик, из которых наиболее значимыми для анализа адаптации иностранных студентов являются: время бездействия во время активности,

Перечень идентификаторов набора данных

№	ИДЕНТИФИКАТОРЫ НАБОРА ДАННЫХ	КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ
1	session_Id	Числовое значение для номера сессии
2	student_Id	Числовое значение для номера иностранного студента
3	exercise	Числовое значение для номера упражнения в определенной сессии
4	activity	Текстовое значение для сокращения категорий активности
5	start_time	Значение даты для времени начала активности
6	end_time	Значение даты для времени окончания активности
7	idle_time	Числовое значение времени бездействия во время активности (важно для анализа трудностей с языком)
8	mouse_wheel	Числовое значение количества прокруток колесика мыши
9	mouse_wheel_click	Числовое значение количества кликов колесиком мыши
10	mouse_click_left	Числовое значение количества левых кликов мыши
11	mouse_click_right	Числовое значение количества правых кликов мыши
12	keystroke	Числовое значение общего количества нажатий клавиш в определенной активности
13	mouse_movement	Числовое значение расстояния, пройденного движениями мыши
14	final_total	Числовое значение итоговых оценок иностранного студента в конце семестра
15	language_level	Оценка уровня владения языком обучения (от A1 до C2)

количество кликов мышью и нажатий клавиш. Эти показатели позволяют определить, насколько активно студент взаимодействует с материалами курса и насколько эффективно происходит его погружение в учебный процесс. Перечень данных представлен в таблице.

Набор данных предварительно обрабатывается и нормализуется, а признаки отбираются с помощью корреляционного анализа для построения размерного вектора, включающего категоризированные признаки. Набор данных состоит из нескольких документов в формате CSV, содержащих данные о сессиях и студентах. Дополнительный CSV-документ содержит итоговые оценки каждого студента, посещавшего занятия в конце семестра, и показывает результат студента.

В процессе предварительной обработки данных отрицательные, пустые или нулевые значения удаляются из набора данных. Размерный вектор строится путем агрегирования каждого признака для каждого студента и объединения их с итоговыми оценками студентов. Итоговые оценки студентов преобразуются в классификационные категориальные переменные, т.е. «Сдал» или «Не сдал». Соответствующие признаки отбираются из набора данных из 14 признаков и 1 категориальной переменной с использованием тепловой карты корреляции для определения положительной или отрицательной корреляции с итоговым результатом (final total). Например, тепловая карта показывает, что когда количество нажатий клавиш имеет положительную корреляцию с итоговым результатом, т.е. когда значение

«keystroke» высокое, то существует более высокая вероятность того, что итоговый результат (final total) также будет высоким. Этот преобразованный набор данных затем используется для обучения прогностической модели с помощью алгоритмов ML и DL для выявления студентов, находящихся в зоне риска неуспеваемости.

Для повышения точности прогностической классификации модели и разработки оптимальной версии АСБД используется двухэтапный итеративный подход. На первом этапе выполняется обучение модели с применением нескольких алгоритмов машинного обучения, которые затем оптимизируются с помощью ансамблевой техники адаптивного бустинга. На втором этапе происходит балансировка набора данных методом синтетической избыточной выборки меньшинства с последующим применением алгоритмов глубокого обучения для улучшения точности прогнозирования.

В первой итерации используются пять алгоритмов машинного обучения с учителем (J48, Random Forest, OneR, Decision Stump, NBTree), основанных на деревьях решений. Эти алгоритмы применяют последовательность условных операторов для создания точных и интерпретируемых прогнозов. Модель проходит валидацию с помощью 10-кратной перекрестной проверки, после чего выбирается наиболее эффективный вариант для интеграции в систему. Для работы с потоковыми данными в реальном времени планируется использование Apache Spark.

Вторая итерация фокусируется на улучшении качества данных путем корректировки распределения классов и расширения набора данных. Будут применены три алгоритма глубокого обучения (LSTM, MLP и SM), использующие многослойные нейронные сети. Это позволит значительно повысить точность классификации и снизить количество ложных прогнозов, что критически важно для корректного выявления студентов группы риска.

Важно отметить, что выбор алгоритмов был обусловлен особенностями задачи: для ML мы отдаем предпочтение методам, хорошо работающим с табличными данными и деревьями решений, а DL методы, такие как LSTM, идеально подходят для анализа последовательных данных, например, данных о взаимодействии студентов с LMS.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенного исследования была разработана аналитическая система больших данных (АСБД), предназначенная для прогнозирования академической успеваемости и адаптации иностранных студентов. Основной целью работы было создание прогностической модели, использующей методы машинного и глубокого обучения для вы-

явления студентов, находящихся в группе риска, с целью последующего предоставления им своевременной поддержки.

Предложенная модель позволяет учитывать широкий спектр факторов, таких как языковая подготовленность, культурная адаптация и академическая подготовка студентов, что дает возможность более точно прогнозировать их успеваемость и адаптацию в образовательной среде. Модели машинного и глубокого обучения, использованные в этом исследовании, обеспечивают основу для построения прогностических систем, которые могут быть применены в разных образовательных контекстах.

Однако стоит отметить, что дальнейшие исследования должны включать тестирование и валидацию модели на реальных данных для оценки ее точности и эффективности в прогнозировании. Ожидается, что будущие шаги будут направлены на улучшение модели и на ее адаптацию с учетом новых данных и практических условий.

Таким образом, данное исследование предоставляет основу для дальнейших разработок в области использования больших данных для поддержки иностранных студентов.

Список использованных источников и литературы / References

1. Ifenthaler D., Gibson D.C. Implementation and Application of AI in Higher Education: Case Studies and Recommendations // *International Journal of Educational Technology in Higher Education*. 2020. Vol. 17, № 1. <https://doi.org/10.1186/s41239-020-0177-7>
2. Погодин И.М., Садыкбеков А.Д. Применение аналитики больших данных в онлайн-обучении иностранных студентов, изучающих русский язык в целях их адаптации // *Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования*. 2025. № 1(82). С. 76–81. / Pogodin I.M. Sadykhbekov A.D.o. Application of Big Data Analytics in Online Education of Foreign Students Learning Russian for Adaptation Purposes. *Information-Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation*, 2025, no. 1(82), pp. 76–81.
3. Бурый А.С., Погодин И.М. Оценка качества больших данных. Часть 1. Основные понятия и метрики // *Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования*. 2024. № 3(78). С. 49–58 / Buryi A.S., Pogodin I.M. Ocenka kachestva bol'shih dannyh. Part 1. Osnovnye ponyatiya i metriki *Information-Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation*, 2024, no. 3(78), pp. 49–58.
4. Delen D. Predicting Student Attrition with Data Mining Methods // *Journal of College Student Retention: Research // Theory & Practice*. 2011. T. 13, № 1, pp. 17–35.
5. Бурый А.С., Цаплина О.С. Генеративный искусственный интеллект цифрового университета // *Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования*. 2024. № 5(80). С. 85–91. / Buryi A.S., Tsaplina O.S. Generativnyj iskusstvennyj intellekt cifrovogo universiteta. *Information-Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation*, 2024, no. 5(80), pp. 85–91.
6. Borna M-R., Saadat H., Hojjati A.T., Akbari E. Analyzing click data with AI: implications for student performance prediction and learning assessment // *Frontiers in Education*. 2024. T. 9. Art. 1421479. <https://doi.org/10.3389/educ.2024.1421479>
7. AI Agents for Student Success Prediction: Complete Guide // *Rapid Innovation*. 2024. URL: <https://www.rapidinnovation.io/post/ai-agents-for-student-success-prediction> (Дата обращения: 25.03.2025).
8. Guanin-Fajardo J.H., Guaña-Moya J., Casillas J. Predicting Academic Success of College Students Using Machine Learning Techniques // *Data*. 2024. № 9. С. 60. <https://doi.org/10.3390/data9040060>
9. Wang K. Optimized ensemble deep learning for predictive analysis of student achievement // *PLoS ONE*. 2024. № 19(8). С. e0309141. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0309141>
10. 7 Metrics for Tracking Student Success with AI // *Quizcat*. 2024. URL: <https://www.quizcat.ai/blog/7-metrics-for-tracking-student-success-with-ai> (Дата обращения: 25.03.2025).
11. Baig T., Bandalai M.M., Bhutto M.Y., Gul H. The Impact of Artificial Intelligence on Adaptive Learning: A Comparative Study of Traditional and AI-Based Pedagogy // *Dialogue Social Science Review (DSSR)*. 2025. T. 3, № 3. С. 926–941.

BIG DATA ANALYSIS FOR PREDICTING FACTORS OF SUCCESSFUL ADAPTATION OF FOREIGN STUDENTS

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

Sadykhbekov A.D.o., PhD student, Moscow City Pedagogical University, Moscow

The article presents the development of a big data analytics system (BDAS) based on artificial intelligence for early identification of foreign students at risk of academic underperformance. The system employs a two-stage iterative approach, combining machine learning and deep learning methods to analyze data on student interactions with a learning management system (LMS). The first stage uses machine learning algorithms (J48, Random Forest, OneR, DecisionStump, NBTree) with an ensemble technique, while the second stage applies deep learning algorithms (LSTM, MLP, Sequential Model) after data balancing. The model accounts for various factors, including language preparation, cultural adaptation, and student academic performance. The developed system enables timely detection of problematic learning situations among foreign students and provides targeted support to enhance the effectiveness of their educational process.

Keywords: big data, machine learning, deep learning, foreign students, academic performance, forecasting, decision support system

For citation: Pogodin I.M., Sadykhbekov A.D.o. Big data analysis for predicting factors of successful adaptation of foreign students. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2025; 4(85): 39–45. (In Russ.).

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ DGA-УГРОЗАМ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ

Королев И.А., магистр, Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва

Кобелев Е.А., магистр, Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва

Булгакова Е.В., доцент, канд. юрид. наук, доцент Московского университета МВД России имени В.Я. Кикотя, г. Москва

Кубанков А.Н., профессор, д-р воен. наук, главный научный сотрудник, Российский институт стандартизации

В данной статье определяется понятие технологии DGA, проводится анализ существующих решений для распознавания её применения. Формируется набор моделей машинного обучения, подходящих для определения зараженных доменов, на основе сравнения и обучения которых разрабатывается нейронная сеть для автоматической классификации данных. Описаны этапы подготовки данных, построения бинарного классификатора и оценки его эффективности. Проведено сравнение моделей Random Forest, Gradient Boosting и Logistic Regression по метрикам точности, полноты, F1-меры и ROC AUC. Результаты показали высокую эффективность при комбинировании методов машинного обучения внутри нейронной сети, особенно с использованием Gradient Boosting. Разработанный алгоритм применим в реальном времени и может быть интегрирован в информационные системы для защиты сетевой инфраструктуры.

Ключевые слова: DGA, домен, хост, ботнет, машинное обучение, нейронная сеть, бинарная классификация.

Цитирование: Королев И.А., Кобелев Е.А., Булгакова Е.В., Кубанков А.Н. Применение методов машинного обучения для противодействия DGA-угрозам в системе управления качеством информационной безопасности предприятий // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2025. № 4(85). С. 46–55.

1. АКТУАЛЬНОСТЬ, НАУЧНАЯ НОВИЗНА И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Актуальность исследования обусловлена несколькими причинами: увеличение атак с использованием ботнетов, а также участвовавшие случаи появления нового вредоносного ПО, использующего DGA. Создание алгоритма на основе машинного обучения, способного определять вредоносные домены на ранних стадиях атаки, является важной теоретической и практической задачей.

Дополнительно, в контексте современных требований к системам управления качеством информационной безопасности предприятий, разработка подобных решений способствует формированию новой парадигмы цифрового контроля. Такой подход позволяет значительно повысить устойчивость корпоративных ИТ-инфраструктур, автоматизировать процессы мониторинга и повысить точность идентификации угроз, что в совокупности ведет к укреплению системы управления качеством в условиях цифровой трансформации.

Необходимо отметить, что при создании классификатора, способного противостоять DGA, необходимо:

1. Определить оптимальную архитектуру нейронной сети, способной идентифицировать DGA за приемлемый промежуток времени.
2. Обучить нейросеть на подготовленных данных.
3. Проанализировать полученные результаты.

Большинство существующих подходов нацелено на выделение определенных атрибутов у сетевых пакетов (потоков) и формирование на их основе обучающей выборки, которая подается на вход алгоритмам классификации для обучения. Обученные алгоритмы с определенной точностью выявляют тип приложения без использования анализа портов или поиска меток среди полезной нагрузки.

Научная новизна предложенного метода выявления DGA-доменов основывается на том, чтобы помимо проведения сравнительного анализа различных алгоритмов классификации выявить наиболее подходящий под задачи выявления алгоритм DGA и на основе него построить многослойную ней-

ронную сеть (бинарный классификатор). Предполагается, что использование специфичных для бинарной классификации слоев нейросети наравне с выбранной моделью машинного обучения позволит увеличить точность конечного решения.

Задача исследования: разработка с помощью методов машинного обучения алгоритма выявления доменов, сгенерированных алгоритмом DGA, с точностью более 90%. Потери при этом не должны превышать 5% в течение всего процесса обучения алгоритма.

2. ВВЕДЕНИЕ

DGA (Domain Generation Algorithm) – алгоритм, который используется киберпреступниками для генерации большого количества уникальных доменных имен. Чаще всего DGA является временным и применяется для создания ботнетов, а также для распространения вредоносного ПО и прочих злонамеренных действий.

DGA позволяет злоумышленникам обходить бэк-листы и другие системы фильтрации трафика. Помимо этого алгоритм активно используется в качестве командных серверов для управления зараженными устройствами [1].

При управлении ботнетами ключевой проблемой связи между зараженными устройствами и сервером C&C выступает статическая и жесткая IP-адресация, которая может быть легко заблокирована. Таким образом, для целей динамического обновления местоположения C&C сервера были придуманы методы управления ботнетами на основе временных доменных имен.

Кроме этого злоумышленники чаще всего не полагаются на статическое доменное имя из-за угрозы его быстрой блокировки, вместо этого они применяют различные приемы (в том числе и машинного обучения) для быстрой генерации доменных имен.

Д.С. Берман в своей работе [2] указывает, что суть DGA – использование алгоритмов на основе текущего времени или какой-то другой информации по общедоступным хостам. В результате генерируются вредоносные домены, действительные только в течение короткого промежутка времени. Зараженные хосты просматривают все значения-кандидаты, чтобы найти домен, который на самом деле был зарегистрирован владельцем ботнета, что с точки зрения защиты делает этот механизм очень сложным и дорогостоящим для подавления, поскольку изъятие или блокировка тысяч до-

менных имен в день часто являются слишком сложными с административной точки зрения и не масштабируются.

Стоит ожидать, что владельцы ботнетов будут применять новые методы для генерации DGA. Может быть создан новый алгоритм, который специализируется на измерении энтропии или списка слов. Например, создание алгоритма, который использует объединение случайных слов в доменное имя вместо использования случайных букв.

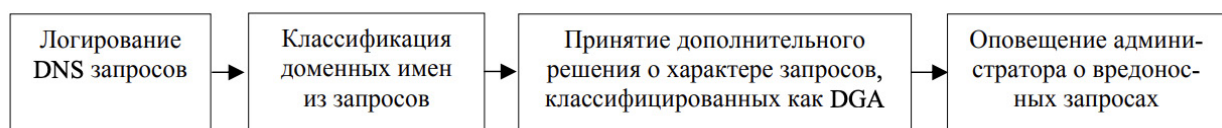
Современные подходы к обеспечению информационной безопасности предприятий все чаще требуют внедрения интеллектуальных инструментов раннего реагирования, что позволяет формировать новую модель системы управления качеством, ориентированную на проактивное противодействие ИБ-угрозам. Одной из таких угроз является DGA, и технологии на базе искусственного интеллекта становятся неотъемлемым компонентом этой модели.

В трудах [3–6], связанных с решением задач классификации трафика, предлагаются методы, которые основаны на машинном обучении, для идентификации DGA и их блокировки для минимизации угроз на сетевую инфраструктуру.

Д.Г. Галиахметов в своей работе рассматривает альтернативное им практическое применение методов машинного обучения на основе Q-обучения для POMDP, в ней показана высокая точность применяемых методов, что доказывает целесообразность применения машинного обучения в задачах идентификации DGA [7].

3. РАЗРАБОТКА НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ДОМЕНОВ, СГЕНЕРИРОВАННЫХ АЛГОРИТМОМ DGA

В качестве инфраструктуры информационной системы рассматривается доменная сеть, под объектом информационной системы понимается любой активный узел сети, способный генерировать запросы от клиента к серверу (далее – DNS-запросы) [8]. Взаимодействие объекта информационной системы с зараженным DGA доменом, заключается, как минимум, в инициировании этим объектом запроса на разрешение домена DGA. Обнаружить взаимодействие объектов информационной системы с DGA доменами возможно путем анализа записей журнала DNS-запросов: локальные записи пересылаются на контроллер домена средствами механизма логирования внутри информационной системы, где и происходит их последующая обработка [9]. Концептуальная схема процесса обнаружения DGA-доменов изображена на схеме:



Классификатору на вход подается множество доменных имен, каждое из которых он должен отнести к одному из двух классов:

- 1) DGA (Domain Generation Algorithm) – клиент-серверный запрос, поступивший с этого домена (имеющий это доменное имя), рассматривается как вредоносный;
- 2) legit/alexa – клиент-серверный запрос, поступивший с этого домена, рассматривается как легитимный.

Технологическую основу классификатора составляет язык программирования Python и набор решений из библиотеки scikit-learn, который позволяет обрабатывать данные, инициализировать и обучать модели машинного обучения и оценивать различные реализации классификатора.

Источником DGA-доменов стал сервис Kaggle, на котором в открытом доступе хранятся первично подготовленные наборы данных для обучения ML-моделей.

Концептуально исследование можно разбить на 6 основных этапов:

1. Подготовка данных (датасетов)
2. Выбор, создание и обучение трех моделей машинного обучения. Для каждой модели проделываем следующие операции:
 - a. Выбор и настройка специфичных для модели параметров, инициализация модели
 - b. Токенизация данных (преобразование значений в числовые)

- с. Обучение модели на обучающей выборке
 - d. Обучение модели на тестовой выборке
 - e. Визуализация результатов обучения на каждой из выборок
3. Сравнение данных, выбор модели на основе результатов обучения в качестве ядра классификатора
 4. Создание и обучение на основе выбранного ядра классификатора двух нейронных сетей с различными слоями. Для каждой нейронной сети выполняем:
 - a. Обучение на обучающей выборке
 - b. Обучение на тестовой выборке
 - с. Визуализация результатов обучения на каждой из выборок
 5. Сравнение данных об изменении точности и потерь, выбор нейронной сети на основе результатов обучения в качестве ядра классификатора
 6. Подведение итогов исследования, обоснование выбора финального технического решения, формулирование выводов.

Основной датасет, используемый для обучения классификатора – выборка из 160 000 доменных имен. Обучающая выборка составляет 80% от набора данных, тестовая – остальные 20%. Для разбивки данных на части была написана функция train_test_split. Все строки с пропущенными значениями подвергаются удалению с целью избежать проблем при обучении модели, так как это значительно повлияет на точность работы на реальных данных.

	isDGA	domain	host	subclass	second_domain	top_domain
0	1	6xxzsw3sokvg1tc752y1a6p0af	6xxzsw3sokvg1tc752y1a6p0af.com	gameoverdga	6xxzsw3sokvg1tc752y1a6p0af	com
1	1	gibtlxwwhbnpxs	gibtlxwwhbnpxs.ru	cryptolocker	gibtlxwwhbnpxs	ru
2	1	xxmamopyipbfpk	xxmamopyipbfpk.ru	cryptolocker	xxmamopyipbfpk	ru
3	1	zfd5szpi18i85wj9uy13i69rg	zfd5szpi18i85wj9uy13i69rg.net	newgoz	zfd5szpi18i85wj9uy13i69rg	net
4	1	jpqftymiuver	jpqftymiuver.ru	cryptolocker	jpqftymiuver	ru
...	...	...	...	...	...	...
159995	0	manhunt	manhunt.net	alexa	manhunt	net
159996	0	yupptv	yupptv.com	alexa	yupptv	com
159997	0	bbcmundo	bbcmundo.com	legit	bbcmundo	com
159998	0	kanogames	kanogames.com	legit	kanogames	com
159999	0	roadrover	roadrover.cn	alexa	roadrover	cn

159998 rows x 6 columns

Рис. 1. Датасет dga_data.csv

Поскольку задача классификации поставлена как бинарная, а в выборке доменных имен сгенерированных и реальные записи представляют множество подклассов с разными технологиями, реализующими DGA, первоочередная обработка данных заключалась в группировке всех подклассов на два бинарных: newgoz (по названию самого распростра-

ненного алгоритма генерации доменов) и legit (легитимный). Метки в столбце isDGA типа преобразуем в числовой формат: значения «dga» заменяются на 1, все остальные – на 0.

Производим группировку данных по классу subclass для доменов, относящихся и не относящихся к DGA, после чего сгруппированные доменные имена разбиваем на от-

дельные столбцы по уровням: первому и второму. Далее ко всем доменным именам в столбце `host` применяем функцию `split_domain` и на основе имен заполняем два новых столбца: `top_domain` и `second_domain`.

Выделяем признаки (X) и целевые переменные (Y): для обеспечения достаточного количества признаков для обучения моделей комбинируем значения столбцов `domain` и `host`. После чего разделяем данные на обучающую и те-

стовую выборки в пропорции, указанной в начале практической части исследования [10, 11].

Для преобразования текстовых данных в числовой формат создаем функцию на основе `TfidfVectorizer` из библиотеки `scikit-learn`. Задаем случайную базовую дату (было выбрано 19.07.2024) и генерируем временные метки в пределах одного дня (86 400 секунд) (см. рис. 2).

Target		Query	Time
0	1	wc5diss2ai2p7rk4qye13u6 wc5diss2ai2p7rk4qye13u...	2024-06-19 00:33:47
1	1	kb5fpy1iumnv71lmcazu2u41o kb5fpy1iumnv71lmca...	2024-06-19 23:28:29
2	1	qlahpubfquwu qlahpubfquwu.ru	2024-06-19 22:30:56
3	1	bp3zn8hy746110x3i5f11ps0l9 bp3zn8hy746110x3i5f...	2024-06-19 19:38:29
4	0	revenda5reais revenda5reais.com	2024-06-19 00:54:17
...	...	...	...
36994	1	r53953.tunnel.tuns.org.	2024-06-19 15:54:01
36995	1	r53954.tunnel.tuns.org.	2024-06-19 03:20:53
36996	1	r53955.tunnel.tuns.org.	2024-06-19 06:41:58
36997	1	r53956.tunnel.tuns.org.	2024-06-19 12:12:10
36998	1	r53957.tunnel.tuns.org.	2024-06-19 19:12:00

36999 rows x 3 columns

Рис. 2. Datasct validatingWithTime.csv

Создаем новый `DataFrame` `df_app` со столбцами `Target`, `Query` и `Time`, каждый из которых содержит следующие данные:

- `Target`: целевая переменная, указывающая на принадлежность домена к алгоритму DGA.
- `Query`: объединенное доменное имя.
- `Time`: сгенерированные временные метки в формате строки.

Полученные наборы данных позволяют перейти ко второму этапу исследования.

Для выбора ядра классификатора мы будем обучать три различные модели, после чего сравним их результаты:

- модель случайного леса (Random Forest)
- модель градиентного бустинга (Gradient Boosting)
- модель логистической регрессии (Logistic Regression)

Для каждой итерации (эпохи) обучения модели или слоя нейронной сети применяется метод кросс-валидации. Он заключается в случайном разбиении обучающей выборки доменных имен на десять блоков одинакового размера. После этого каждый блок поочередно рассматривается как тестовая выборка, а остальные девять – как обучающая. Далее таблица сопряженности рассчитывается как для каждого такого блока, так и средняя по всем 10 блокам.

Для преобразования доменных имен в последовательности чисел используем `Tokenizer` из `scikit-learn`. Токениза-

тор сначала обучается на столбце `domain` из исходного датасета, а потом преобразует доменные имена в числовые последовательности, которые затем приводятся к одинаковой длине с помощью `pad_sequences`.

Вызывается функция `create_dga_detection_model`, которая создает модель нейронной сети для бинарной классификации. Для сохранения лучшей модели на основе точности на валидационных данных настраивается колбэк `ModelCheckpoint`, куда передаются результаты работы модели.

Модели обучаются на обучающих выборках с заданным количеством эпох и размером пакета. Модель делает предсказания на тестовых данных. Результаты работы преобразуются в бинарный формат с использованием порога 0.5. Для визуализации результатов выводим точность, полноту и F1-меру для каждого бинарного класса, а также на основе `scikit-learn classification` выводим матрицу ошибок. Она показывает количество правильных и неправильных предсказаний для каждого класса. Визуализация помогает лучше понять, как каждая модель справляется с той или иной группой доменных имен.

Преобразуем доменные имена и хосты в числовые значения с помощью TF-IDF (Term Frequency-Inverse Document Frequency). Функция `vectorising` возвращает векторизованные данные для обучающей и тестовой выборок, а также сам результат преобразования для дальнейшего использования.

Создаем и обучаем модель `RandomForest`: здесь используется `scikit-learn RandomForestClassifier` со следующим набором

параметров: `nestimators` (количество деревьев), `maxdepth` (максимальная глубина дерева) и `minsamplesplit` (минимальное количество записей). Модель обучается на векторизованных данных `X_train_tfidf` и целевой переменной `y_train`.

Объединим некоторые subclasses доменных имен для обеспечения работы бинарного классификатора: доменные имена, относящиеся к категориям «alexa» и «legit», объединяем в категорию «alexa/legit», а все остальные приводим к значению «newgoz» – это наиболее популярный алгоритм генерации зараженных доменов.

Субклассы также преобразуются в числовые метки с помощью `scikit-learn LabelEncoder`, что позволяет модели взять фиксированное количество образцов из каждой группы и избежать перекоса в данных. Из сбалансированного набора данных `sampled_df` извлекаются признаки и целевая переменная. Здесь `X` содержит доменные имена, а `Y` содержит два столбца: `isDGA` и `subclass` из исходного датасета.

Создаем экземпляр модели `RandomForest` с параметром `nestimators=100` и визуализируем первый реальный результат предсказаний (см. рис. 3, рис. 4).

Сравним предсказанные subclasses доменных имен с их оригинальными значениями. Для этого создаем датафрейм со столбцами `original_subclass` и `predicted_subclass` и группируем записи их по оригинальным и предсказанным subclassам. Таким образом строки в датафрейме представляют оригинальные subclasses, а столбцы – предсказанные. Каждая ячейка содержит количество предсказаний для каждой комбинации строки и столбца (см. рис. 5).

Accuracy: 0.9346428571428571
Classification Report:

	precision	recall	f1-score	support
0	0.91	0.81	0.86	407
1	1.00	1.00	1.00	398
2	0.85	0.93	0.89	402
3	0.99	0.96	0.98	396
4	0.90	0.89	0.89	418
5	0.98	0.96	0.97	386
6	0.93	1.00	0.96	393
accuracy			0.93	2800
macro avg	0.94	0.94	0.94	2800
weighted avg	0.94	0.93	0.93	2800

Рис. 3. Результат работы модели случайного леса в разрезе точности и потерь

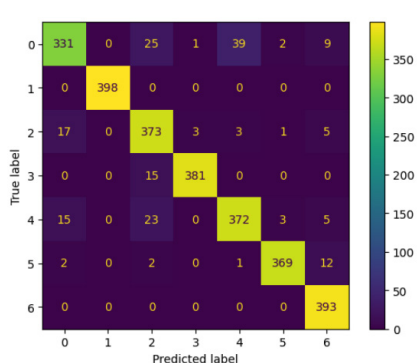


Рис. 4. Результат работы модели RandomForest (визуализация)

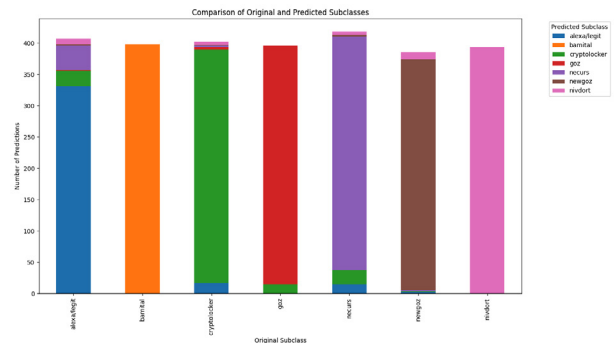


Рис. 5. Корреляция предсказанных и изначальных подклассов модели RandomForest с учетом их количества

Аналогичным образом создаем и обучаем модель `GradientBoosting`, которая последовательно строит множество слабых моделей, каждая из которых исправляет ошибки предыдущей. Аналогично `RandomForest` параметром `n_estimators=100` ограничиваем количество экземпляров. Визуализируем предсказания на тестовых данных (см. рис. 6, 7):

Accuracy: 0.9296428571428571
Classification Report:

	precision	recall	f1-score	support
0	0.90	0.82	0.86	407
1	1.00	1.00	1.00	398
2	0.85	0.92	0.89	402
3	0.99	0.96	0.97	396
4	0.89	0.89	0.89	418
5	0.99	0.92	0.96	386
6	0.91	0.99	0.95	393
accuracy			0.93	2800
macro avg	0.93	0.93	0.93	2800
weighted avg	0.93	0.93	0.93	2800

Рис. 6. Результат работы модели градиентного бустинга в разрезе точности и потерь

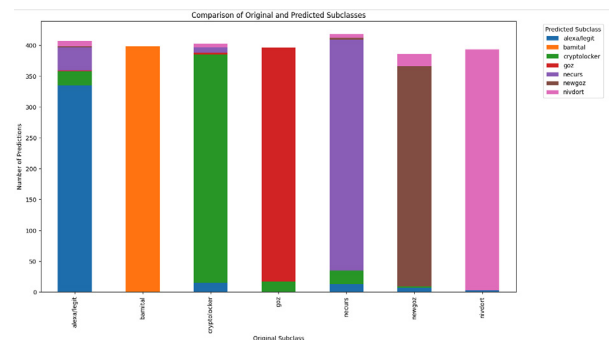


Рис. 7. Корреляция предсказанных и изначальных подклассов модели градиентного бустинга с учетом их количества

Финальный третий шаг в рамках данного этапа – обучение модели `LogisticRegression`. Параметром `max_iter=1000` указываем максимальное количество итераций для сходимости алгоритма. Результаты работы алгоритма представлены на рис. 8, 9, 10.

На этом этапе необходимо сделать несколько важных шагов, связанных с извлечением признаков, обучением моделей, их сохранением и анализом данных. Для этого выбираем случайную выборку из 50 000 строк датафрейма `df`, определяем признаки (`X1`) и целевую переменную (`Y1`) и оцениваем качество предсказаний (см. рис. 11, 12).

Accuracy: 0.9489285714285715
Classification Report:

	precision	recall	f1-score	support
0	0.94	0.85	0.89	407
1	0.99	1.00	1.00	398
2	0.92	0.90	0.91	402
3	0.98	1.00	0.99	396
4	0.91	0.91	0.91	418
5	0.97	0.99	0.98	386
6	0.92	1.00	0.96	393
accuracy			0.95	2800
macro avg	0.95	0.95	0.95	2800
weighted avg	0.95	0.95	0.95	2800

Рис. 8. Результат работы модели логистической регрессии в разрезе точности и потерь

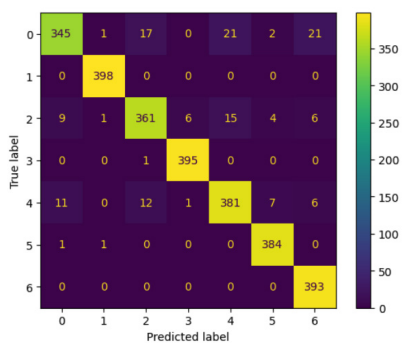


Рис. 9. Результат работы модели логистической регрессии в разрезе точности и потерь

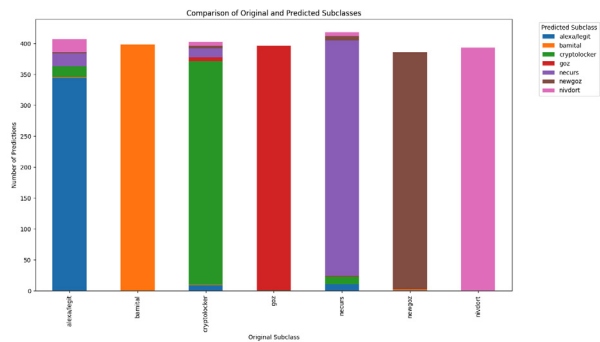


Рис. 10. Корреляция предсказанных и изначальных подклассов модели логистической регрессии с учетом их количества

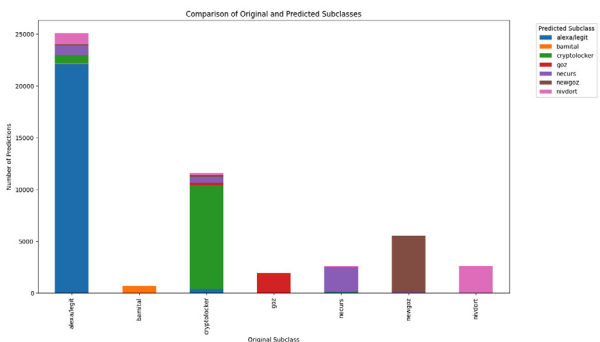


Рис. 11. Корреляция предсказанных и изначальных подклассов модели в случайной выборке

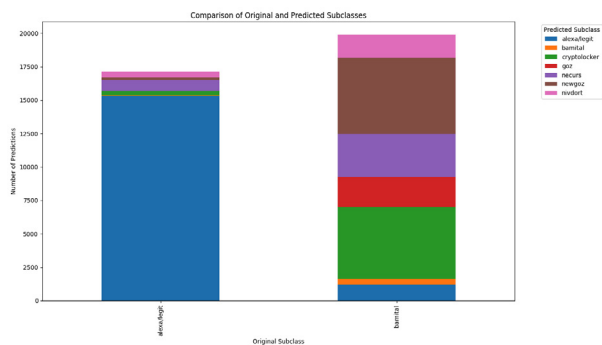


Рис. 12. Корреляция предсказанных и изначальных подклассов модели логистической регрессии после объединения подклассов

Приведем пример визуализации первых 10 строк для каждого из указанных подклассов (см. рис. 13).

```
Subclass: 4
13 rcdqeqmpxgdiuqombhuwcfu.ru
52 jrxrovxkbemgqutopblbbfe.ru
55 dixnzhelzukunftsojfxuivlamadu.ru
84 ydhmbyhgypnkdpczymnnjxcalfm.ru
92 umficyzdvcdpzbaldmkjjvcn.ru
95 ztsclhitkplaemfiuucubozmr.ru
122 hmlzvbopfkgaztrsdexgjbageon.ru
126 pfvttkzllxnvngiobbeybayuolj.ru
134 lrbnqspjuuchnflvovrtolpvy.ru
141 qrcrczfmxcqatfjzcypscxdxts.ru
Name: host, dtype: object

Subclass: 7
3 zfd5szpi18i85wj9uy13l69rg.net
7 mzapiwbcbsbqiynlxalhprx8n.com
17 n3m4txqpb6a415iwrmdzgk6.com
37 wawft814u5se21tmptb51yy47q2.org
38 by86yc1p7f81d1tb5g7h1e18t9k.org
42 jlkoy1mddlu81htl8cu13phhqf.org
44 fnbxw68p8e2l9qeq531wp37f2.com
54 1qkqxw21tgtfmw1bib3b9ccgacn.org
65 1m6kynyott35x196hh0av9i9wp.com
70 116b4hpzzekul1pzbwnit1f6u.com
Name: host, dtype: object
```

Рис. 13. Распределение доменов по подклассам

После преобразования текстовых значений в числовые обновляем файл векторизатора, на его основе извлекаем важные признаки из модели, подготавливаем новый набор данных для проверки и повторно проводим обучение моделей и оценку качества их работы на новых данных (см. рис. 14, 15).

Используем обученную модель LogisticRegression для предсказания меток классов на основе векторизованных данных. Результатом будет массив предсказанных классов (например, категории «dga» или «alexa/legit»). Подсчитываем количество предсказаний каждой метки моделями, для удобства анализа преобразовав полученное распределение в словарь (см. рис. 16, 17).

По итогам обучения и сравнения результатов нами была выбрана модель логистической регрессии как наиболее подходящая: точность по итогам обучения на обучающей и тестовой выборках составила 93%. Именно ее мы будем использовать в качестве ядра будущего классификатора.

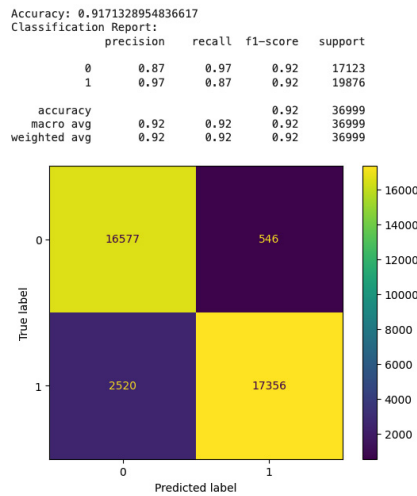


Рис. 14. Визуализация точности работы модели логистической регрессии при определении зараженных доменов на обучающей выборке

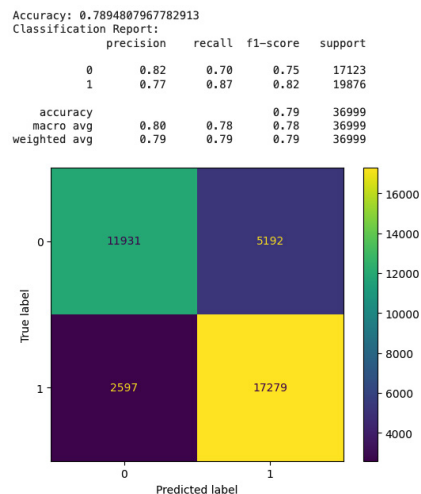


Рис. 15. Визуализация точности работы модели логистической регрессии при определении зараженных доменов на тестовой выборке данных

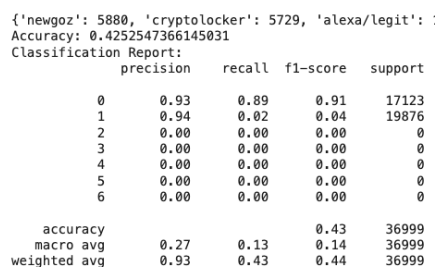


Рис. 16. Результат работы повторно обученной модели логистической регрессии в разрезе точности и потерь

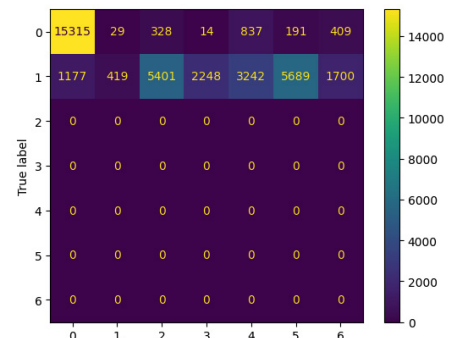


Рис. 17. Результат работы повторно обученной модели логистической регрессии (визуализация)

На финальном этапе исследования создадим и сравним две нейронные сети, впоследствии выберем ту, которая покажет наибольшую точность. Сети назовем последовательной и сигмоидальной.

Последовательная сеть содержит:

- два полносвязных слоя с активацией ReLU;
- слой Dropout для предотвращения переобучения;
- выходной слой с активацией softmax.

Визуализируем изменение точности и потерь на протяжении всех эпох обучения для анализа производительности модели нейронной сети и выявления возможного пере- или недообучения (см. рис. 18).

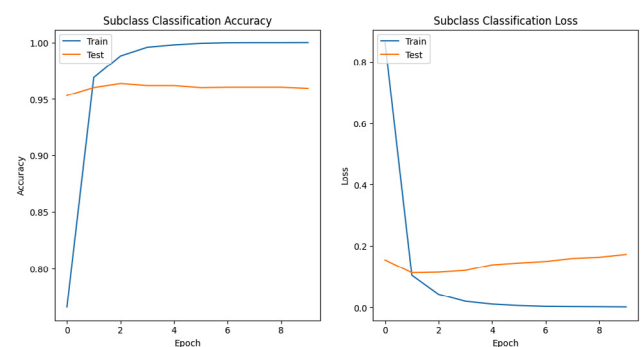


Рис. 18. Динамика точности и потерь модели последовательной нейронной сети на протяжении всех эпох обучения

Сигмоидальная нейронная сеть:

- входной слой, принимающий векторы признаков;
- два полносвязных слоя с активацией ReLU и слоями Dropout;
- выходной слой с сигмоидальной активацией.

Визуализация работы обеих сетей представлена на рис. 19.

Точность последовательной нейронной сети составила более 95,8%, исходя из чего можно сделать вывод о ее максимальной эффективности и об обеспечении безопасности сервера/ЦОД или иного объекта, в котором внедрен описанный алгоритм (рис. 20).

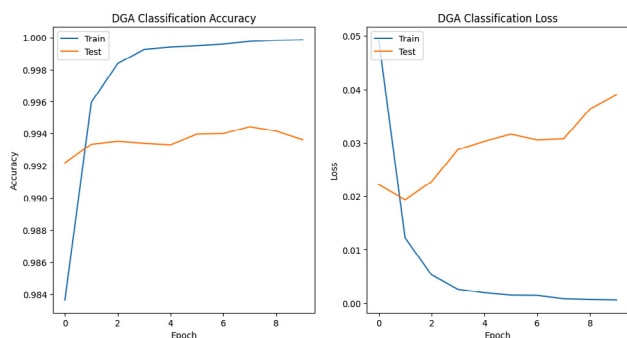


Рис. 19. Динамика точности и потерь модели сигмоидальной нейронной сети на протяжении всех эпох обучения

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в статье представлен алгоритм настройки бинарного классификатора, начиная с подготовки обучающих и тестовых данных и заканчивая преобразованием признаков в бинарные классы. В ходе тестирования было обнаружено взаимодействие объектов информационной системы с вредоносными доменами. Данные о вредоносных DNS-запросах позволяют администратору в реальном времени отслеживать попытки компрометации объекта информационной системы.

По результатам проведенных исследований был разработан и программно реализован двухэтапный алгоритм обнаружения вредоносных DGA-доменов: на базе сравнения моделей Random Forest, Gradient Boosting и Logistic Regression встроенными методами библиотеки scikit-learn

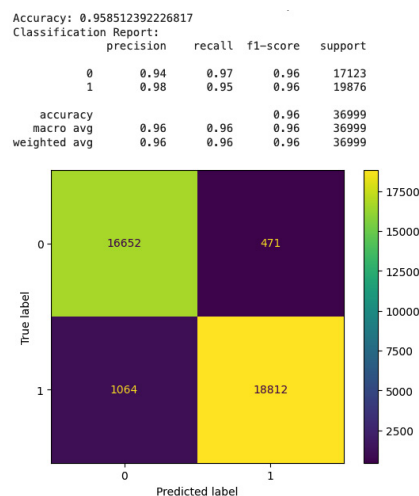


Рис. 20. Финальный результат последовательной нейронной сети

с помощью методов машинного обучения происходит классификация доменных имен и последующее принятие решения о характере DNS-запросов. Ядро программного решения применимо для большинства операционных систем и разновидностей оборудования.

В результате проведенного анализа можно сделать вывод об эффективности бинарной классификации в задачах выявления DGA-доменов и ее успешной интеграции в ИС для защиты пользователей и сетевой инфраструктуры.

К статье прилагается QR-код со ссылкой на материалы статьи (кодировую базу, исходный датасет, визуализацию работы моделей на всех этапах):



Список использованных источников и литературы

1. Галияхметов Д.Г. Сравнение алгоритмов классификации применительно к задаче обнаружения вредоносных доменных имен // Математические методы в технике и технологиях-MMTT. 2019. Т. 12. С. 190–194.
2. Berman D.S., et al. A survey of deep learning methods for cyber security // Information. 2019. Т. 10, № 4. С. 122.
3. Бубнов Я.В., Иванов Н.Н. Обнаружение DGA доменов и предотвращение botnet средствами Q-обучения для POMDP // Доклады Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. 2021. Т. 19, № 2. С. 91–99.
4. Antonakakis M., Perdisci R. From throw-away traffic to bots: detecting the rise of DGA-based malware // In Proceedings of the 21st USENIX Security Symposium. 2012, pp. 491–506.
5. Binkley J.R., Singh S. An algorithm for anomaly-based botnet detection // SRUTI. 2006. № 6. pp. 43–48.
6. Li Y., Xiong K. Machine Learning Framework for Domain Generation Algorithm-Based Malware Detection // IEEE Access. 2019. С. 32765–32782.
7. Alazab M., Tang M. Deep Learning Applications for Cyber Security. Springer Nature Switzerland, 2019. 246 с.
8. AsSadhan B., Moura J.M.F., Lapsley D., et al. Detecting botnets using command and control traffic // In 2009 8th IEEE International Symposium on Network Computing and Applications. IEEE, 2009. С. 156–162.

9. Malwarebytes Labs 2019 State of Malware Report. URL: <https://resources.malwarebytes.com/files/2019/01/Malwarebytes-Labs-2019-State-of-Malware-Report-2.pdf> (дата обращения: 15.05.2025).
10. Wang Z., Jia Z., Zhang B. A detection scheme for DGA domain names, based on SVM // In 2018 International Conference on Mathematics, Modelling, Simulation and Algorithms (MMSA 2018). 2018. С. 257–263.
11. Why Machine Learning Models Degrade in Production [Электронный ресурс]. URL: <https://towardsdatascience.com/why-machine-learning-models-degrade-in-production-d0f2108e9214> (дата обращения: 15.05.2025).

APPLICATION OF MACHINE LEARNING METHODS TO COUNTER DGA THREATS IN THE ENTERPRISE INFORMATION SECURITY QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Korolev I.A., MSc, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow

Kobelev E.A., MSc, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow

Bulgakova E.V., Associate Professor, Ph.D., Associate Professor, Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of Russia named after V.Ya. Kikot, Moscow

Kubankov A.N., Professor, Doctor of Military Sciences, Chief Researcher, Russian Standardization Institute, Moscow

This article defines the concept of DGA technology, analyzes existing solutions for recognizing its application, and forms a set of machine learning models suitable for identifying infected domains. Based on the model comparison and training, a neural network is developed for automatic data classification.

Methods used: This study focuses on the development and implementation of an algorithm for detecting DGA domains using machine learning models. It describes the binary classifier setup, including feature transformation, model training, and performance interpretation.

Results of the study: Three models – Random Forest, Gradient Boosting, and Logistic Regression – were compared. Gradient Boosting showed the best performance (ROC AUC = 0.998).

Practical value: The proposed solution is suitable for integration into DNS monitoring systems to enhance information security. The developed algorithm can be applied in real time and integrated into information systems to protect network infrastructure.

Keywords: DGA, domain, host, botnet, machine learning, neural network, binary classification.

For citation: Korolev I.A., Kobelev E.A., Bulgakova E.V., Kubankov A.N. Application of Machine Learning Methods to Counter DGA Threats in the Enterprise Information Security Quality Management System. Information and Economic aspects of standardization and technical regulation. 2025; 4(85): 46–55. (In Russ.).

References

1. Galiakhmetov D.G. Sravnenie algorytmov klassifikatsii primenitel'no k zadache obnaruzheniya vredonosnykh domennykh imyon. *Matematicheskie metody v tekhnike i tekhnologiyah-MMTT*. 2019; 12: 190–194. (In Russ.).
2. Berman D.S., et al. A survey of deep learning methods for cyber security. *Information*. 2019; 10(4): 122.
3. Bubnov Y.V., Ivanov N.N. Obnaruzheniye DGA domenov i predotvrascheniye botnet sredstvami Q-obucheniya dlya POMDP. *Doklady Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta informatiki i radioelektroniki*. 2021; 19(2): 91–99. (In Russ.).
4. Antonakakis M., Perdisci R., et al. From {Throw-Away} traffic to bots: Detecting the rise of {DGA-Based} malware. In *21st USENIX Security Symposium*. 2012, pp. 491–506.
5. Binkley J.R., Singh S. An algorithm for anomaly-based botnet detection. *SRUTI*. 2006; 6: 43–48.
6. Li Y., Xiong K. Machine Learning Framework for Domain Generation Algorithm-Based Malware Detection. *IEEE Access*. 2019, pp. 32765–32782.
7. Alazab M., Tang M. eds. *Deep Learning Applications for Cyber Security*. Springer, 2019, 246 p.
8. AsSadhan B., Moura J.M.F., Lapsley D., et al. Detecting botnets using command and control traffic // In *2009 8th IEEE International Symposium on Network Computing and Applications*. IEEE, 2009, pp. 156–162.
9. Malwarebytes Labs 2019 State of Malware Report. URL: <https://resources.malwarebytes.com/files/2019/01/Malwarebytes-Labs-2019-State-of-Malware-Report-2.pdf> (Accessed 15 may 2025).
10. Wang Z., Jia Z., Zhang B. A detection scheme for DGA domain names, based on SVM // In *2018 International Conference on Mathematics, Modelling, Simulation and Algorithms (MMSA 2018)*. 2018, pp. 257–263.
11. Why Machine Learning Models Degrade in Production. URL: <https://towardsdatascience.com/why-machine-learning-models-degrade-in-production-d0f2108e9214> (Accessed 15 may 2025).

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА BIM-МОДЕЛЕЙ В АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФОРМАТА IFC

Криони И.Н., аспирант, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург

Статья посвящена проблеме обеспечения качества цифровых информационных моделей в процессе автоматизированного проектирования жилых многоквартирных зданий. Актуальность исследования обусловлена необходимостью стандартизации и технического регулирования процесса автоматизированного проектирования с целью повышения качества цифровых моделей объектов строительства. Подчеркивается важность автоматизированной валидации для выявления ошибок, а также для обеспечения соответствия нормативным требованиям.

Основным результатом исследования является разработанная методика валидации моделей как части стандартизированного подхода к созданию программных средств для комплексной автоматизации проектирования на основе открытых форматов данных. Приведены практические рекомендации по внедрению механизма валидации в автоматизированный процесс с использованием некоммерческого программного обеспечения. Апробация подхода демонстрирует незначительное уменьшение производительности при интеграции в существующие программные средства комплексной автоматизации проектирования зданий.

Работа имеет значимость для специалистов в области цифровизации строительного проектирования, автоматизации и стандартизации, предлагая решение для повышения качества цифровых информационных моделей и их соответствия требованиям государственной экспертизы.

Ключевые слова: автоматизированное проектирование, цифровизация, стандартизация, BIM, обеспечение качества, IFC.

Цитирование: Криони И.Н. Обеспечение качества BIM-моделей в автоматизированном проектировании с использованием формата IFC // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2025. № 4 (85). С. 56–63.

ВВЕДЕНИЕ

Строительная отрасль переживает в настоящее время активную трансформацию, связанную с процессом внедрения цифровых технологий. Особенно актуален этот вопрос для одной из самых сложных и трудозатратных этапов жизненного цикла здания – разработки проекта. Растущая сложность проектов вместе с необходимостью повышения эффективности разработки требует смены парадигмы с классического ручного проектирования с частичной автоматизации в сторону комплексной автоматизации процесса проектирования.

Под комплексной автоматизацией строительного проектирования понимается системный подход к организации процесса проектирования объектов строительства с единой информационной средой, основанный на применении алгоритмических методов или методов искусственного интеллекта с минимальным ручным вмешательством.

Заметим, что BIM-моделирование (Building Information Modelling) и комплексная автоматизация процесса проектирования являются взаимодополняющими составляющими цифровой трансформации строительной области. Такая связь обусловлена тем, что BIM-технологии закладывают основу для автоматизации решений путем создания единой структурированной цифровой среды с четкими правилами относительно представления и хранения данных, без чего невозможно представить любую автоматизацию. Поэтому в данном исследовании говорится о разработке проектов, при этом подразумевая под этим BIM-проектирование и создание соответствующих цифровых моделей.

Одна из ключевых задач комплексной автоматизации проектирования – минимизация количества ошибок в цифровых информационных моделях объектов¹. Успех выполнения этой задачи достигается при полном или максимально возмож-

¹ Цифровизация строительства в России: ключевые тренды и эффективные инструменты. – URL: <https://cifrastroy.ru/posts/kljuchevye-trendy-tsifrovizatsii-stroitelstva-v-rossii-chto-rabotaet-a-chto-net> (дата обращения: 25.04.2025).

ном исключении ручного труда из процесса проектирования. В таких условиях привлечение инженера-проектировщика становится методологически необоснованным, так как противоречит базовым принципам сквозной автоматизации.

Для эффективного достижения результата необходимо обеспечивать качество формируемой информационной модели. В рамках комплексной автоматизации предлагается реализовывать встроенный механизм контроля качества как неотъемлемого элемента автоматизированного процесса. Такой механизм должен учитывать следующие условия:

- формальные требования к структуре данных;
- действующие нормативные положения (стандарты, регламентирующие положения, строительные нормы);
- индивидуальные требования заказчика.

Таким образом, качество BIM-модели предлагается определить как соответствие всем перечисленным условиям.

Еще одной важной задачей в рамках обеспечения качества BIM-моделей в комплексной автоматизации проектирования является выбор программных средств для валидации: они должны быть легко интегрируемы в состав имеющихся модулей для автоматизации.

Цели данной статьи – проанализировать существующие способы валидации BIM-модели в формате IFC (Industry Foundation Classes), выделить подходящие для использования в автоматизированном процессе, сформулировать методические рекомендации по их внедрению в процесс комплексной автоматизации проектирования жилых зданий, а также описать набор рекомендуемых программных средств для реализации подхода.

ОСНОВНАЯ ПРОБЛЕМАТИКА СТАТЬИ

Применение технологии BIM-моделирования зданий играет ключевую роль в процессах контроля качества строительства. Данные, извлекаемые из информационных моделей, обеспечивают целостность и согласованность информации о фактическом качестве строительных работ.

Как предусмотрено в СП 471.1325800², процедуры контроля качества должны включать требования, изложенные в своде правил СП 333.1325800³, касающиеся формирования информационных объектов строительства. В частности, данный свод правил устанавливает требования к:

- полноте атрибутивной информации;
- геометрической детализации элементов модели.

² Свод правил СП 471.1325800.2019 «Информационное моделирование в строительстве. Контроль качества производства строительных работ». (Дата введ. 25-06-2020).

³ СП 333.1325800.2020 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла». (Дата введ. 01-07-2021).

В сочетании с требованиями к выявлению пространственных коллизий эти спецификации определяют параметры валидации BIM-моделей на этапе архитектурно-строительного проектирования жизненного цикла объекта.

В данном исследовании рассматривается процесс обеспечения качества BIM-моделей в рамках существующего стандартизированного подхода к разработке программного обеспечения комплексного автоматизированного проектирования со стандартом IFC в качестве базового формата представления данных [1].

Основой процесса обеспечения качества является формат представления данных информационной модели. Основываясь на структуре формата, можно формулировать требования к моделям. В рамках рассматриваемого стандартизированного подхода был выбран стандарт IFC [2]. С точки зрения дальнейшей практической реализации подхода выбор формата был обусловлен открытой спецификацией. Этот факт позволяет использовать формат IFC в качестве основы для создания независимых платформ автоматизированного проектирования [3].

В рамках данного исследования необходимо отметить, что формат IFC обладает широким диапазоном сущностей, а его спецификация описана в стандарте ISO 16739-1:2018 (ГОСТ Р 10.0.02-2019)⁴. Пример декомпозиции типовой сущности представлен на рис. 1. Данная спецификация позволяет описывать требования к моделям в данном формате в машиночитаемом виде, что является важным фактором для дальнейшей автоматизации процесса контроля качества. Таким образом, в рамках описанной технологии автоматизированного проектирования зданий необходимо реализовать механизм валидации BIM-моделей, полученных в результате выполнения автоматизированных процессов. При этом важно учесть, что состав и содержание информационной модели определяется не только с учетом описанных в своде правил атрибутов, но и зависит от нормативно-регламентной документации и требований заказчика.

Для начала необходимо проанализировать существующие методы обеспечения качества BIM-моделей. Стоит отметить, что критерии оценки качества модели в формате IFC, затронутые в данных исследованиях, предъявляются к моделям, предназначенным для обмена. Однако некоторые результаты в области например, синтаксических проверок, подходят и для исследуемого автоматизированного процесса, в котором модель в формате IFC является основным и единственным вариантом хранения и представления BIM-данных.

Одним из самых первых способов валидации IFC-моделей до появления достаточно полных спецификаций описания

⁴ГОСТ Р 10.0.02-2019/ISO 16739-1:2018 Система стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. Отраслевые базовые классы (IFC) для обмена и управления данными об объектах строительства. Часть 1. Схема данных. – М.: Сандартинформ, 2019. (Дата введения: 2019-09-01).

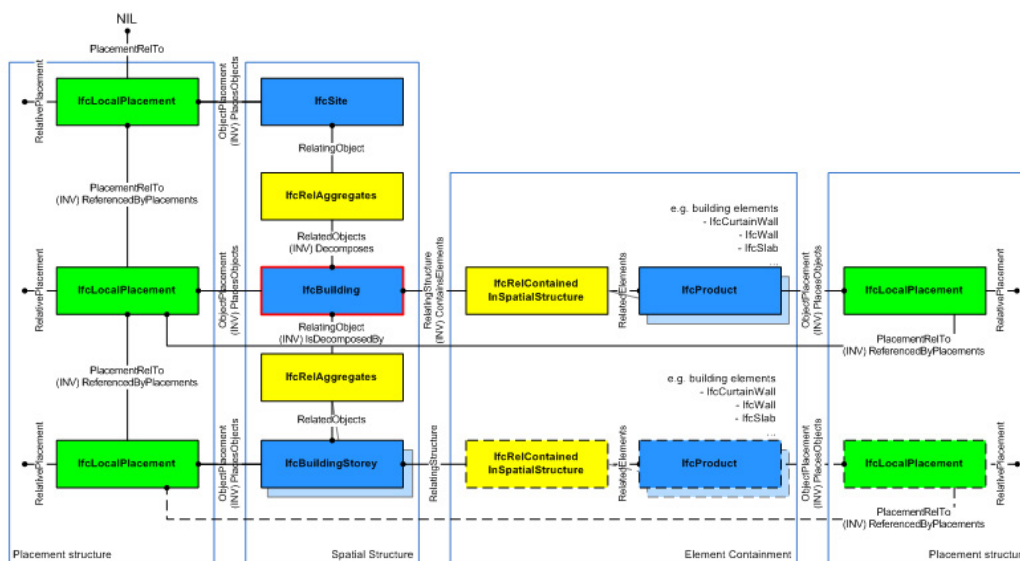


Рис. 1. Декомпозиция сущности здания (IfcBuilding) в стандарте IFC

формата являлся ручной и визуальный контроль. Контроль проводился с помощью сравнения с тестовыми эталонными примерами. Сами примеры проходили сертификацию на различных семинарах. Проведенная таким образом валидация могла выдать заключение о качестве модели с поправкой на видимость корректности результата. Очевидно, подход обладал рядом недостатков, включая ограниченность тестовых примеров и субъективность выбора критериев [4]. Кроме этого, данный способ не может быть использован в полностью автоматизированном процессе, так как предусматривает непосредственное участие человека.

С целью устранения недостатков описанного подхода был разработан новый процесс валидации IFC-файлов по аналогии с практиками, описанными в прикладных протоколах STEP (Standard for Exchange of Product model data). Комитет по сертификации зарегистрировал полное описание представления модели (Model View Definition – MVD) [5]. MVD предлагается к использованию в качестве справочного материала для определения тестовых примеров с точными требованиями и инструкциями к различным объектам, которые разработчики программного обеспечения должны использовать в приложениях при получении моделей в формате IFC.

Файлы с описанием модели подвергались самостоятельной автоматизированной валидации. Проверки были разработаны с помощью схем mvdXML и были основаны на трех категориях:

- соответствие синтаксису формата IFC;
- соглашения и допущения в рамках реализации конкретного проекта;
- некоторый ограниченный набор проверок семантических проверок на основе MVD.

Тем не менее, окончательное решение в рамках процесса оценки качества моделей в данном подходе все еще зависело от ручной проверки, в том числе для оценки и подтверждений несоответствий с эталонным примером. Несоответствия могли быть исключением из правил ввиду отсутствия поддержки в разрабатываемом приложении конкретных объектов, типов или связей. Кроме всего прочего, не предполагалось никакой автоматизации в отношении валидации геометрии модели.

Расширение использования формата IFC и дальнейшее его развитие усилило необходимость в появлении новых способов проверки качества [6–8]. Модели становились больше и сложнее, а их тестирование становилось непрактичным без автоматизации процессов. Кроме прочего, появилась необходимость в создании новых, количественных критериев как для схемы IFC, так и для геометрии модели, позволяющих оценивать качество модели в рамках автоматизированного процесса [9].

В общих чертах, валидацию IFC файла можно разделить на 3 этапа по типу требований:

1. Синтаксические проверки
2. Семантические проверки
3. Нормативные проверки

На этапе синтаксической валидации производится внутренняя проверка файла: валидация типов экземпляров сущностей, допустимых значений перечисления, а также правил, связанных с геометрией. Перечень правил для синтаксической валидации описан главным образом в соответствующей версии схемы стандарта⁵. Немаловажным аспектом в оценке качества на данном этапе являются валидация геометрии. В перечень правил определения корректности ге-

⁵ IFC Schema Specifications – buildingSMART Technical. available at URL: <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/ifc-schema-specifications/> (дата обращения: 27.04.2025).

ометрии могут быть включены в том числе предложения по соответствию схемам из стандарта по представлению данных об изделии (ГОСТ ИСО 10303-42)⁶.

Этап семантических проверок предназначен для избавления от неопределенности в представлении информации в модели. Неопределенность возникает из-за широкого диапазона различных определений, сущностей и атрибутов в стандарте. Следовательно, в зависимости от конкретного использования или рабочего процесса, необходимо отфильтровать данные модели, иными словами, взять только часть информации из всей схемы. Для этого предназначены уже упомянутые «представления модельного вида» – MVD. MVD по своей сути, определяет подмножество схемы IFC для конкретного случая, а также может содержать дополнительные ограничения и требования, которые в том числе выходят за пределы стандарта.

Наконец для удовлетворения требований внутренних и государственных норм модель должна быть качественной с точки зрения нормативных проверок. В набор правил на этом этапе входят также различные информационные требования заказчика, например уровни детализации и именования сущностей.

Отдельно отметим тот факт, что последовательность проверок имеет смысл. К примеру, если модель содержит синтаксические ошибки, то дальнейшая ее валидация не имеет смысла, пока не будут удовлетворены требования спецификации стандарта.

Таким образом, можно сказать, что модель в формате IFC считается качественной, если последовательно выполнены все правила валидации вышеописанных этапов. Схематично процесс оценки качества модели показан на рис. 2.

⁶ ISO 10303-42:2024 Системы автоматизации производства и интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 42. Интегрированные обобщенные ресурсы. Геометрическое и топологическое представление. (Дата введения: 2024-09-03).

В рамках рассматриваемой комплексной автоматизации процесса проектирования в целях обеспечения качества выходной модели важно предусмотреть и средства автоматизации выполнения правил валидации. В рамках подхода приоритетом является использование свободно распространяемого программного обеспечения.

Существует большое количество сервисов и инструментов, в том числе в открытом доступе, которые позволяют выполнять синтаксические проверки файлов форматов IFC. Однако большинство из них не подразумевают работу в полностью автоматизированном режиме, а некоторые вовсе предназначены для облегчения визуальной проверки. В рамках используемого стандартизированного подхода важно учитывать необходимость разработки независимых программных средств можно рассмотреть библиотеку IfcOpenShell [10]. IfcOpenShell – это набор инструментов, которые позволяют разработчикам работать с данными IFC-моделей на различных языках программирования. Данную библиотеку предлагается использовать при разработке собственных модулей валидации для проведения соответствующих синтаксических проверок и проверок геометрии. Простота и гибкость IfcOpenShell открывает огромное пространство возможностей для анализа моделей. Таким образом, при реализации правил валидации на текущем этапе можно учесть, как требования самого стандарта согласно спецификации IFC-EXPRESS, так и требования к описанию геометрии элементов согласно ГОСТ ИСО 10303-42.

Автоматизация этапов семантических и нормативных проверок будет рассмотрена совместно, так как организация процесса не имеет больших отличий.

Как говорилось выше, процесс проверок является итеративным, поэтому будем считать, что модель, предназначенная для проверок на данных этапах, является качественной с точки зрения спецификаций формата. Иными словами, элементы модели обладают всеми необходимыми атрибутами

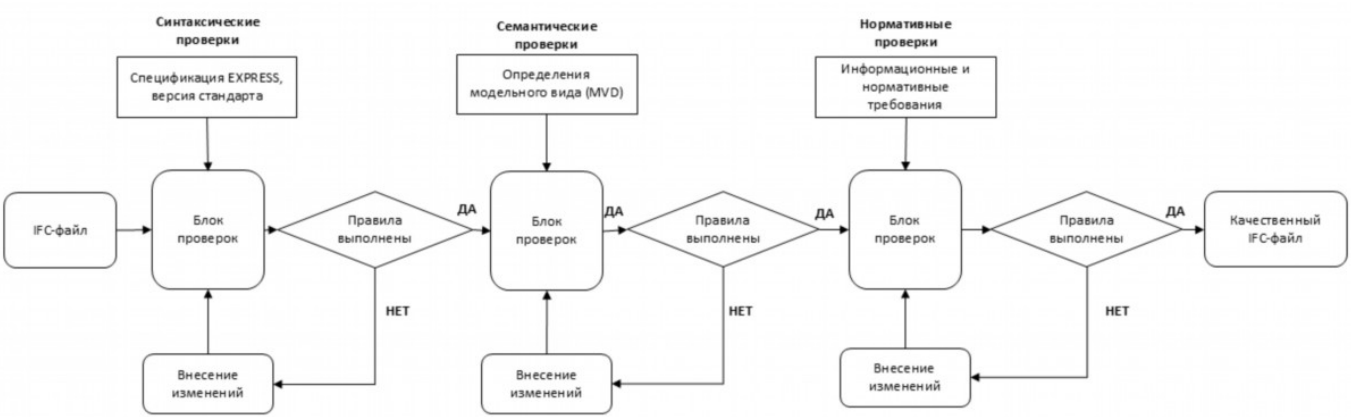


Рис. 2. Процесс оценки качества IFC-файла

с заполненными значениями. Валидация этапов семантических и нормативных проверок предполагает проверку соответствия заполненных значений атрибутов различного рода бизнес-правилам.

В ряде работ была предпринята попытка транслировать нормативные требования в машиночитаемом виде, например, с помощью визуальных языков программирования [11; 12] либо с помощью языка запросов SPARQL [13]. В работе [14] в обеспечение качества применяется Information Delivery Specification – более современная технология представления машиночитаемых бизнес-требований.

При этом отмечается, что валидность наборов правил в автоматизированных проверках должна быть предварительно оценена путем сравнения результатов автоматизированной проверки с проверкой в ручном режиме той же модели. Иными словами, необходима тщательная проработка критериев правил валидации [15].

Для автоматизации проверок бизнес-правил предлагается использовать Information Delivery Specification (IDS) [16] – это открытый стандарт, разработанный организацией buildingSMART. IDS позволяет определять требования к IFC-модели в машиночитаемом виде, основанном на формате XML. Такой формат позволяет легко встроить проверки в имеющиеся программные средства при помощи библиотеки IfcOpenShell, описанной выше. Примеры требований в соответствии со стандартом IDS, представлены на сайте СПб ГАУ «Центр государственной экспертизы» [17].

Рассматриваемый стандартизованный подход (рис. 3) к разработке программных средств для комплексной автоматизации предполагает последовательное выполнение нескольких этапов при разработке программной платформы. Внедрение механизма автоматизированной валидации моделей имеет смысл на Этапе 4, непосредственно в котором происходит системный анализ методик формирования BIM-модели. Системный анализ представляет собой создание методик с описанием последовательности функций с реализацией конкретных операций проектирования. Каждая такая методика наполняет BIM-модель в формате IFC новыми связями и элементами в соответствии с опи-



Рис. 3. Этапы стандартизированного подхода к разработке технологии автоматизированного проектирования зданий и сооружений

санными правилами. Последовательное выполнение методик формирует полную BIM-модель.

Использование независимых и открытых программных средств для валидации IFC-файлов позволяет применять данный алгоритм в рамках подхода к разработке технологии автоматизации проектирования.

Модификация алгоритма выполнения методик Этапа 4 схематично показана на рис. 4.

Для лучшего контроля качества формируемых моделей предлагается создавать набор правил для каждого конкретного автоматизированного процесса, то есть для каждой методики Этапа 4. Этот набор должен основываться на планируемых изменениях в рамках конкретной методики. После окончания процесса формирования модели будут запущены только те наборы правил, которые соответствуют использованному набору методик. Таким образом обеспечивается прозрачность внесения изменений, что позволяет дорабатывать некорректные методики. Доработка методики предполагает изменение ее функционала с целью формирования корректной с точки зрения правил валидации модели.

Конкретные примеры правил валидации не приводятся сознательно, так как цель исследования – разработка прежде всего методических рекомендаций. Правила валидации должны быть разработаны исходя из специфики проекта, желаемого уровня детализации и конкретных нормативно-регламентных документов.

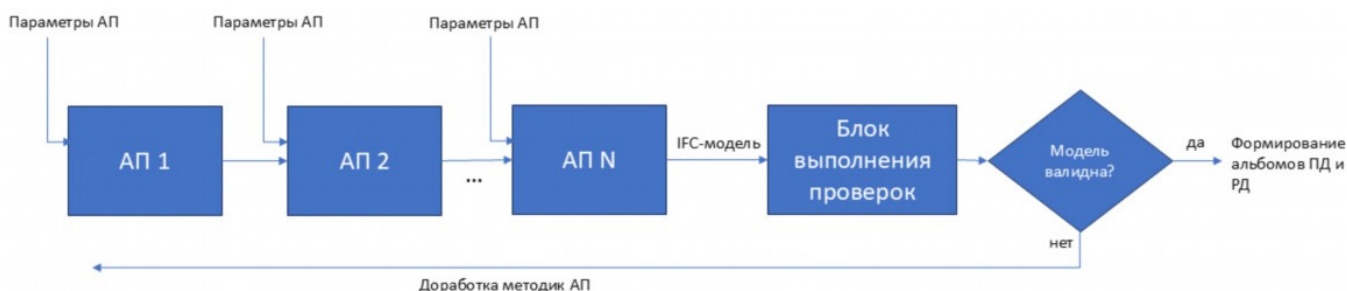


Рис. 4. Модификация автоматизированного процесса с использованием алгоритма валидации в блоке выполнения проверок. АП – автоматизированный процесс.

Ключевым моментом данного подхода также является определение допустимого порога выполнения проверок, который необходимо определить для каждого конкретного случая.

Формально это может быть выражено следующим интуитивно понятным образом:

$$V = \frac{N_c}{N_t} \geq T,$$

где V – валидность модели, N_c – количество успешно пройденных проверок, N_t – общее количество предусмотренных проверок, T – заданный пороговый коэффициент валидности модели ($0 \leq T \leq 1$).

Обоснование использования такого рода проверки обусловлено вариативностью нормативных требований (разные региональные строительные нормы), уровня детализации и целей использования модели. К примеру, для стадии концептуального проектирования можно принять $T = 0.7...0.8$, а для рабочей документации $T \geq 0.97$.

Подобная методика определения допустимого порога выполнения проверок имеет место в различных современных системах автоматизированного контроля качества BIM-моделей, к примеру в Solibri Model Checker [18].

При практической реализации применения механизма автоматизированной валидации описанные методические рекомендации были применены в рамках реализованной программной платформы автоматизированного проектирования зданий. За основу был взят процесс моделирования типового объекта жилого многоквартирного здания. IFC-модель объекта моделировалась путем последовательного выполнения автоматизированных процессов (методик автоматизированного проектирования) согласно стандартизованному подходу.

Был сформирован базовый набор синтаксических, семантических и нормативных проверок на основе описанной в исследовании концепции. Набор правил включал в себя проверку корректности геометрических, синтаксических и семантических норм согласно стандарту IFC, а также нормативные правила в виде требований к заполнению специфичной атрибутивной информации (на основе которой, например, в дальнейшем создаются спецификации в комплексах РД) в форме IDS-контрактов. Проверки формировались для каждого автоматизированного процесса на основе тех изменений, которые он вносил в формируемую модель.

Выполнение проверок было разработано в отдельном программном модуле с помощью библиотеки IfcOpenShell. Блок вызывался после успешного завершения работы основного процесса формирования полной модели объекта строительства. После выполнения блока проверок созда-

вался отчет для пользователя с описанием набора запущенных автоматизированных процессов, которые сформировали данную модель и результаты работы проверки соответствия модели описанным правилам на основе полученного набора процессов. Основной целью описанной практической реализации была проверка работоспособности подхода на сравнительно малом объеме проверок на типовом объекте моделирования. Кроме этого, стояла задача оценить среднее время работы одной проверки (таблица). Всего было выполнено 10 процессов формирования IFC-моделей типовых объектов.

Перечень идентификаторов набора данных

ОБЩЕЕ КОЛИЧЕСТВО ПРОВЕРОК	СРЕДНЕЕ КОЛИЧЕСТВО УСПЕШНО ПРОЙДЕННЫХ ПРОВЕРОК	СРЕДНЕЕ ВРЕМЯ РАБОТЫ БЛОКА ПРОВЕРОК, С
146	138	4.87

Исходя из полученных результатов в среднем корректность модели по описанным проверкам составляла порядка 94%. Среднее время работы не превышало 5 с, что может свидетельствовать о возможности дальнейшего расширения количества проверок без сильного снижения производительности при среднем общем времени формирования одной модели порядка 6 мин.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках исследования были проанализированы различные методы валидации IFC-моделей и выбраны наиболее подходящие для использования в автоматизированном процессе. Также были разработаны рекомендации по внедрению валидации в стандартизованный подход комплексной автоматизации. Валидация представляет собой описание алгоритма последовательного выполнения проверок на основе спецификации, стандартов и иной нормативной документации.

Представлены основные программные средства для реализации указанных проверок. Данные программные средства являются свободным программным обеспечением, что позволяет использовать их при разработке независимых программных комплексов.

Применение данного подхода в разработанном программном комплексе автоматизированного проектирования зданий позволило выявить различные коллизии с точки зрения синтаксиса и семантики формата данных IFC. Модель также была проверена на соответствие специфическим нормативным требованиям к модели на примере корректности заполнения атрибутивной информации. Полученные результаты были использованы в дальнейшем для корректировки методик автоматизированного процесса. Таким об-

разом, выявление ошибок на этапе автоматизированного моделирования позволяет своевременно вносить изменения в параметры или логику реализации автоматизированных процессов, повышая качество формируемых моделей.

Кроме этого, практическая реализация концепции показала неплохие результаты с точки зрения производительности. Данный факт говорит о целесообразности расширения набора правил и дальнейшего использования механизма валидации в комплексном автоматизированном проектировании.

Использование IDS-схем для выполнения нормативных проверок позволяет внедрять машиночитаемые требования, разработанные на основе используемых в государственной экспертизе технических регламентов и принципов. Таким образом, утверждается, что BIM-модель, прошедшая валидацию на основе описанного подхода, считается пригодной для прохождения государственной экспертизы в формате ЦИМ.

Список использованных источников и литературы

1. Криони И.Н., Болсуновская М.В. Подход к разработке технологии автоматизированного проектирования зданий с использованием стандарта IFC // Наука и бизнес: пути развития. 2024. № 8(158). С. 74–82.
2. buildingSMART Technical. – URL: <https://technical.buildingsmart.org/> (дата обращения: 27.04.2025). – Текст: электронный
3. Криони И. Н. Независимые программные комплексы для автоматизации строительного проектирования // Теория и практика цифрового моделирования: Монография. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024. – С. 119–136.
4. Kiviniemi A. IFC Certification process and data exchange problems // eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction. – Taylor & Francis, 2008. – С. 517–522.
5. Model View Definitions (MVD) – buildingSMART Technical. – URL: <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/mvd/> (дата обращения: 27.04.2025). – Текст: электронный.
6. Belsky M., Sacks R., Brilakis I. Semantic Enrichment for Building Information Modeling // Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering. 2016. Т. 31, № 4. С. 261–274.
7. Lee Y.C., Eastman C.M., Solihin W., See R. Modularized rule-based validation of a BIM model pertaining to model views // Automation in Construction. 2016. Т. 63. С. 1–11.
8. Solihin W., Eastman C. Classification of rules for automated BIM rule checking development // Automation in Construction. 2015. Т. 53. С. 69–82.
9. Solihin W., Eastman C., Lee Y.C. Toward robust and quantifiable automated IFC quality validation // Advanced Engineering Informatics. 2015. Т. 29, № 3. С. 739–756.
10. IfcOpenShell – The open source IFC toolkit and geometry engine. – URL: <https://ifcopenshell.org/> (дата обращения: 27.04.2025). – Текст: электронный.
11. Häußler M. Code compliance checking of railway designs by integrating BIM, BPMN and DMN / M. Häußler, S. Esser, A. Borrmann // Automation in Construction. – 2021. – Т. 121. – С. 103427.
12. Preidel C. Towards Code Compliance Checking on the basis of a Visual Programming Language / C. Preidel, A. Borrmann // Journal of Information Technology in Construction. – 2016. – Т. 21. – С. 402–421.
13. Gu J. Automatic integrity checking of IFC models relative to building regulations / J. Gu, H. Zhang, M. Gu // ACM International Conference Proceeding Series. – 2016. – Т. 19-21-August-2016. – С. 52–56.
14. Tomczak A. A review of methods to specify information requirements in digital construction projects / A. Tomczak, L. V. Berlo, T. Krijnen [и др.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2022. – Т. 1101. – № 9.
15. Sacks R. BIM Handbook / R. Sacks, C. Eastman, G. Lee, P. Teicholz. – Wiley, 2018, 688 с.
16. What is Information Delivery Specification (IDS) – buildingSMART International. – URL: <https://www.buildingsmart.org/what-is-information-delivery-specification-ids/> (дата обращения: 27.04.2025). – Текст: электронный
17. Документы для стандартизации цифровых информационных моделей (ЦИМ). – URL: <https://www.spbexp.ru/bim/docs/> (дата обращения: 27.04.2025). – Текст: электронный.
18. Solibri Desktop Help Center. – URL: <https://help.solibri.com/hc/en-us> (дата обращения: 27.04.2025). – Текст: электронный.

BIM MODELS QUALITY ASSURANCE IN COMPUTER-AIDED DESIGN USING IFC DATA STANDARD

Krioni I.N., postgraduate student at Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg

The article discusses the methods of embedded quality assurance of digital information models and their application in the automated design process. It is based on a standardized approach to the development of integrated automation software for the design of residential apartment buildings. Methodological recommendations for the implementation of methods in an automated process using non-commercial software solutions have been developed. The implementation of the approach has shown the applicability of this approach in practice and the possibility of its further development and expansion. Software tools integrated according to the described recommendations have insignificant influence on the performance of the target software.

Keywords: computer-aided design, digitalization, standatization, BIM, quality assurance, IFC.

For citation: Krioni I.N. BIM models quality assurance in computer-aided design using IFC data standard. Information and Economic aspects of standardization and technical regulation. 2025; 4(85): 56–63. (In Russ.).

References

1. Krioni, I.N., Bolsunovskaya, M.V. Podkhod k razrabotke tekhnologii avtomatizirovannogo proektirovaniya zdaniy s ispol'zovaniem standarty IFC [An approach to the development of computer-aided design technology for buildings using the IFC standard]. Nauka i biznes: puti razvitiya. 2024, no 8(158), pp. 74–82.
2. buildingSMART Technical. – URL: <https://technical.buildingsmart.org/> (access date: 27.04.2025).
3. Krioni, I.N. Nezavisimye programmnye komplekсы dlya avtomatizatsii stroitel'nogo proektirovaniya [Independent software systems for building design automation]. Teoriya i praktika tsifrovogo modelirovaniya: Monografiya. St. Petersburg, POLITEKH-PRESS, 2024. pp. 119–136.
4. Kiviniemi A. IFC Certification process and data exchange problems / A. Kiviniemi // eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction. – Taylor & Francis, 2008. – C. 517–522.
5. Model View Definitions (MVD) - buildingSMART Technical. – URL: <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/mvd/> (дата обращения: 27.04.2025). – Текст: электронный
6. Belsky M. Semantic Enrichment for Building Information Modeling / M. Belsky, R. Sacks, I. Brilakis // Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering. – 2016. – Т. 31. – № 4. – С. 261–274.
7. Lee Y. C. Modularized rule-based validation of a BIM model pertaining to model views / Y. C. Lee, C. M. Eastman, W. Solihin, R. See // Automation in Construction. – 2016. – Т. 63. – С. 1–11.
8. Solihin W. Classification of rules for automated BIM rule checking development / W. Solihin, C. Eastman // Automation in Construction. – 2015. – Т. 53. – С. 69–82.
9. Solihin W. Toward robust and quantifiable automated IFC quality validation / W. Solihin, C. Eastman, Y. C. Lee // Advanced Engineering Informatics. – 2015. – Т. 29. – № 3. – С. 739–756.
10. IfcOpenShell – The open source IFC toolkit and geometry engine. Available at URL: <https://ifcopenshell.org/> (access date: 27.04.2025).
11. Häußler M. Code compliance checking of railway designs by integrating BIM, BPMN and DMN / M. Häußler, S. Esser, A. Borrmann // Automation in Construction. – 2021. – Т. 121. – С. 103427.
12. Preidel C. Towards Code Compliance Checking on the basis of a Visual Programming Language / C. Preidel, A. Borrmann // Journal of Information Technology in Construction. – 2016. – Т. 21. – С. 402–421.
13. Gu J. Automatic integrity checking of IFC models relative to building regulations / J. Gu, H. Zhang, M. Gu // ACM International Conference Proceeding Series. – 2016. – Тр. 19-21-August-2016. – С. 52–56.
14. Tomczak A. A review of methods to specify information requirements in digital construction projects / A. Tomczak, L.V. Berlo, T. Krijnen [и др.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2022. – Т. 1101. – № 9.
15. Sacks R. BIM Handbook / R. Sacks, C. Eastman, G. Lee, P. Teicholz. – Wiley, 2018, 688 c.
16. What is Information Delivery Specification (IDS) – buildingSMART International. Available at URL: <https://www.buildingsmart.org/what-is-information-delivery-specification-ids/> (дата обращения: 27.04.2025).
17. Dokumenty dlya standartizatsii tsifrovyykh informatsionnykh modelei (TSIM). Available at URL: <https://www.spbexp.ru/bim/docs/> (access date: 27.04.2025).
18. Solibri Desktop Help Center. Available at URL: <https://help.solibri.com/hc/en-us> (access date: 27.04.2025).

ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ В РЕЛЯЦИОННОЙ БАЗЕ ДАННЫХ

Франтасов Д.Н., канд. техн. наук, доцент, начальник управления по обеспечению цифровой трансформации ФГАОУ ВО «Самарский государственный экономический университет», Самара
Лёшин Н.С., студент магистратуры ФГАОУ ВО «Самарский государственный экономический университет», Самара

Прокопов А.В., студент магистратуры ФГАОУ ВО «Самарский государственный экономический университет», Самара

Разработка автоматизированных систем оптимизации реляционных баз данных становится ключевым направлением для повышения их производительности и снижения эксплуатационных затрат. В работе предлагается концепция экспертной системы, формирующей рекомендации на основе анализа метаданных и конфигурационных параметров. Проведен обзор существующих подходов, включая ручные методы, ML/AI и гибридные модели. Представлена архитектура системы, а также модель оценки ее эффективности с учетом технических и организационных факторов. Предложена классификация типов рекомендаций, охватывающая различные аспекты сопровождения СУБД. Рассматриваемый подход обеспечивает баланс между автоматизацией и экспертным контролем, позволяя повысить устойчивость и управляемость информационной инфраструктуры.

Ключевые слова: экспертная система, оптимизация, метаданные, рекомендации.

Цитирование: Франтасов Д.Н., Лёшин Н.С., Прокопов А.В. Применение экспертной системы для оптимизации управления объектами в реляционной базе данных // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2025. № 4(85). С. 64–75.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях стремительного роста объемов данных и сложности инфраструктур реляционные базы данных остаются основой корпоративных информационных систем. Обеспечение их производительности и устойчивости требует значительных усилий со стороны сотрудников, работающих с базой данных [1]. Существующие оптимизации все чаще оказываются неэффективными: они зависят от квалификации персонала, сопряжены с высокими затратами и не гарантируют стабильных результатов.

Одним из перспективных направлений решения данной проблемы является применение экспертных систем, способных автоматически формировать рекомендации по настройке объектов базы данных на основе анализа конфигурации и метаданных. В работе «DB-BERT: A Database Tuning Tool that 'Reads the Manual'» представлена система, которая анализирует текстовые документы и метаданные для оптимизации параметров СУБД [2]. Кроме того, в исследовании «GPTuner: A Manual-Reading Database Tuning System via GPT-Guided Bayesian Optimization» описывается подход, использующий метаданные и документацию для автоматической настройки конфигурации баз дан-

ных [3]. Внедрение подобных систем позволяет достичь следующих преимуществ: повышение общей производительности системы управления данными, сокращение временных затрат на администрирование, уменьшение экономических расходов, связанных с привлечением высококвалифицированных специалистов, а также минимизацию рисков, обусловленных человеческим фактором.

С методологической точки зрения реляционные базы данных реализуют принципы реляционной модели данных [1]. Несмотря на появление за последние пять десятилетий альтернативных парадигм управления данными (документно-ориентированных, графовых, систем типа «ключ-значение» и других) реляционные СУБД сохраняют лидирующие позиции по распространенности и востребованности. Это обусловлено рядом неоспоримых преимуществ, включающих: эффективные механизмы управления данными, строгую систему поддержки целостности и согласованности информации [4]. Согласно актуальным данным рейтинга DB-Engines (апрель 2025 года), к наиболее популярным реализациям реляционных СУБД относятся PostgreSQL, MySQL, Oracle Database и Microsoft SQL Server [5]. Рейтинг использования систем управления базами данных представлен в табл. 1.

Таблица 1

Рейтинг использования систем управления базами данных

РЕЙТИНГ		НАИМЕНОВАНИЕ СУБД	ТИП СУБД
АПРЕЛЬ 2024	АПРЕЛЬ 2025		
1	1	Oracle	Реляционная
2	2	MySQL	Реляционная
3	3	Microsoft SQL Server	Реляционная
4	4	PostgreSQL	Реляционная
5	5	MongoDB	Документно-ориентированная
9	6	Snowflake	Реляционная
6	7	Redis	СУБД типа Ключ-Значение
7	8	Elasticsearch	Поисковая
8	9	IBM Db2	Реляционная
10	10	SQLite	Реляционная

С увеличением накопленного объема данных, развития различных моделей построения хранилищ каждая организация сталкивается с необходимостью в регулярной оптимизации для поддержания высокой производительности, доступности и надежности данных. Основными задачами для достижения данных целей являются:

- оптимизация скорости выполнения запросов;
- снижение затрат на хранение данных;
- потребность наличия в штате сотрудников соответствующей квалификации;
- поддержание целостности и консистентности данных;
- обеспечение масштабируемости и адаптивности к изменениям нагрузки.

В рамках данного исследования проведен анализ существующих подходов для решения обозначенной проблемы. Были систематизированы ключевые процессы, задействованные в процессе оптимизации. На основе полученных результатов разработана концепция решения, предполагающая внедрение экспертной системы, способной оптимизировать рассматриваемые операции.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

В качестве ключевого метода исследования применялся системный анализ, включающий:

- изучение принципов работы реляционных СУБД;
- анализ современных подходов к оптимизации баз данных;

- формализацию критериев оценки эффективности структур данных.

Целью данного исследования является разработка и обоснование методологии применения экспертных систем для автоматизированной оптимизации структурных объектов реляционных баз данных. В работе ставится задача создания концепции экспертной системы, способной генерировать рекомендации по повышению эффективности управления данными, что позволит снизить эксплуатационные затраты.

В качестве экспериментальной платформы для разработки экспертной системы была выбрана система управления базами данных PostgreSQL. Данный выбор обусловлен следующими факторами:

- широкое распространение в российских организациях. Согласно исследованию Фонда «Центр стратегических разработок» и аналитического портала TAdviser, PostgreSQL входит в число наиболее популярных СУБД в российских компаниях [6];
- открытость и свободное распространение [7];
- соответствие требованиям импортозамещения в Российской Федерации.

В качестве ключевых этапов проведения исследования можно выделить следующие:

- анализ существующих подходов оптимизации;
- методология формирования базы знаний экспертной системы;
- формализация правил генерации рекомендаций;
- сравнительный анализ эффективности существующих и предложенного подходов;
- проектирование архитектуры экспертной системы, ориентированной на автоматизированную оптимизацию структуры реляционной базы данных;
- разработана модель оценки эффективности экспертной системы после внедрения.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1. Анализ существующих подходов оптимизации

Администрирование реляционных баз данных предполагает выполнение широкого спектра операций по управлению объектами, включая их создание, модификацию и удаление. Данный процесс требует глубоких специализированных знаний о структуре данных, особенностях выполняемых запросов в организации и специфике используемой системы управления базами данных. Сложность существенно возрастает в условиях динамически изменяющихся требований и необходимости постоянного поддержания оптимального уровня производительности системы.

Например, некорректное добавление индексов или партиций приводит к повышенному потреблению памяти и существенному росту времени выполнения запросов. Согласно данным тестирования по стандарту TPC-H, подобные субоптимальные настройки могут увеличивать время отклика системы на 30–70% [8].

Дополнительные системные ограничения связаны со спецификой механизмов оптимизации в различных СУБД, например, таких как PostgreSQL, Oracle и MySQL. Отсутствие унифицированных стандартов управления производительностью усложняет процесс администрирования, а экспоненциальный рост сложности при масштабировании системы (проблема N+1) создает дополнительные операционные риски [4].

Экономические последствия включают повышенные затраты на содержание высококвалифицированных сотрудников, увеличивающие фонд оплаты труда на 15–20%, простои при устранении последствий ошибочных конфигураций – до 7% рабочего времени (по данным Gartner, 2024) [9], а также необходимость постоянного обучения персонала.

Если рассматривать автоматизированный подход, то стоит посмотреть в сторону таких современных решений, как OtterTune, Index Advisor в Microsoft SQL Server, Amazon Aurora Autopilot [10–13], а также аналогичные модули в Oracle и PostgreSQL; они используют методы машинного обучения и эвристического анализа для автоматического подбора конфигураций и оптимальных структур индексов.

Однако несмотря на очевидные преимущества автоматизированные системы не лишены недостатков. Одним из ключевых рисков является непрозрачность принимаемых решений: алгоритмы зачастую действуют как «черный ящик», предлагая изменения без возможности полноценно оценить их логику и последствия.

2. Методология формирования базы знаний экспертной системы

Для того чтобы экспертная система генерировала рекомендации и процесс превратился из ручного в автоматизированный, необходимо найти источники информации, для анализа с последующей генерацией рекомендаций. Конфигурационные файлы и метаданные могут выступать такими источниками.

Метаданные содержат информацию о структуре таблиц, индексов, ключей, а также статистику о частоте выполнения запросов, распределении данных и других аспектах. Использование метаданных позволяет:

1. Анализировать текущее состояние объектов базы данных.
2. Выявлять узкие места в производительности.
3. На основе проанализированной информации генерировать рекомендации.

Примером полезных метаданных являются статистические данные о частоте использования индексов. Анализ таких данных позволяет определить, какие индексы избыточны или, напротив, отсутствуют, но могли бы улучшить производительность.

Формирование базы знаний для экспертной системы оптимизации реляционных СУБД требует комплексного подхода к сбору и анализу исходных данных. Конфигурационные параметры системы и метаданные базы данных являются перспективным решением данной задачи.

Конфигурационные параметры СУБД, включая настройки сервера, параметры планировщика запросов и ограничения ресурсов, представляют фундаментальную основу для анализа. Эти параметры непосредственно влияют на производительность системы и определяют границы возможных оптимизаций. Особое значение имеют динамически изменяемые настройки, требующие постоянного мониторинга и корректировки.

Метаданные системы содержат исчерпывающую информацию о структурных элементах базы данных, статистике выполнения запросов и характеристиках распределения данных. Анализ метаданных позволяет не только оценить текущее состояние системы, но и выявить скрытые резервы повышения производительности.

Процесс формирования базы знаний включает несколько взаимосвязанных этапов:

- первоначальный сбор данных с последующей нормализацией и структурированием полученной информации;
- формализация взаимосвязей между различными компонентами системы;

3. Формализация правил генерации рекомендаций

Следующим этапом создаются правила анализа и механизмы логического вывода, обеспечивающие генерацию обоснованных рекомендаций. Процесс создания правил включает в себя несколько источников:

- систематизированное извлечение знаний из учебной литературы, научных публикаций и официальной документации;
- привлечение экспертов в области администрирования и оптимизации PostgreSQL с целью формализации практического опыта в виде продуктивных эвристик и экспертных правил.

Для каждой рекомендации может быть определен уровень её применения. В рамках настоящего исследования выделяются два основных уровня: объектный и системный. Объектный уровень подразумевает, что рекомендация направлена на конкретные элементы структуры базы данных.

Системный уровень относится к рекомендациям, предполагающим изменение глобальных параметров.

Дополнительно для каждой рекомендации определяется уровень критичности, отражающий степень потенциального влияния неоптимальной настройки на производительность или стабильность базы данных. Предлагается использовать пятиуровневую шкалу:

- 1** — незначительное влияние, рекомендация носит факультативный характер;
- 2–3** — умеренное влияние, изменения могут улучшить эффективность и предупредить потенциальные проблемы;
- 4** — значительное влияние, требуется приоритетное внимание;
- 5** — критическое влияние, рекомендация подлежит немедленному выполнению.

Также введена категоризация по типу рекомендаций, что позволяет структурировать знания в зависимости от области применения. В рамках данной работы выделены следующие категории: изменения структурных объектов, индексация и стратегии доступа к данным, конфигурационные параметры и настройки окружения, автообслуживание, включая очистку неиспользуемого пространства и обновление статистики оптимизатора запросов с помощью выполнения операций VACUUM и ANALYZE, журналирование и мониторинг, расширения и инфраструктура (включая репликацию, бэкапы, архитектуру).

В табл. 2 представлено несколько примеров правил, сформированных в соответствии с предложенной классификацией.

Таблица 2

Примеры правил, сформированных в соответствии с предложенной классификацией

УСЛОВИЕ	РЕКОМЕНДАЦИЯ	УРОВЕНЬ ПРИМЕНЕНИЯ	КРИТИЧНОСТЬ	КАТЕГОРИЯ
Если количество атрибутов в таблице превышает 50	Рекомендуется провести декомпозицию структуры	Объектный	3	Изменения структурных объектов
Если в запросах активно используются приведения типов (::date, CAST()) по индексированным полям	Рекомендуется привести тип поля к наиболее часто используемому в выражениях типу	Объектный	2	Оптимизация запросов / Индексация
Если в таблице присутствуют поля типа json, jsonb или text, которые не используются в активных запросах	Рекомендуется вынести данные поля в отдельную сущность	Объектный	2	Изменения структурных объектов
Если объем таблицы превышает 10 ГБ	Рекомендуется реализовать секционирование	Объектный	3	Хранение / Изменения структурных объектов
Если поле активно используется в WHERE или JOIN и обладает высокой селективностью	Рекомендуется создать индекс	Объектный	4	Индексация и стратегии доступа
Если индекс не участвует в планах выполнения запросов (EXPLAIN) или дублируется более эффективным составным индексом	Рекомендуется удалить или оптимизировать индекс	Объектный	2	Индексация и стратегии доступа
Если объем таблицы превышает 10 ГБ и параметр autovacuum_vacuum_scale_factor установлен в значение по умолчанию (0.2)	Рекомендуется индивидуально снизить данный параметр	Объектный	2	Автообслуживание и VACUUM/ANALYZE
Если отключены параметры autovacuum и/или track_counts	Рекомендуется включить параметры	Системный	5	Конфигурационные параметры
Если для таблицы длительное время не проводился ANALYZE	Рекомендуется принудительный сбор статистики	Объектный	3	Автообслуживание и VACUUM/ANALYZE
Если в системе используется более 100 индексов и сервер обладает многопроцессорной архитектурой	Рекомендуется использовать reindexdb -j N	Системный	2	Обслуживание / Инфраструктура

Важнейшей характеристикой предлагаемой экспертной системы является поддержка механизма добавления пользовательских правил оптимизации. Такая функциональность позволяет адаптировать систему к специфическим требованиям конкретной организации, учитывая уникальные аспекты конфигурации СУБД и бизнес-процессов.

Ключевое значение здесь имеет обязательное требование к документации всех вносимых изменений. Каждое новое правило должно сопровождаться подробным техническим обоснованием, объясняющим его необходимость и ожидаемый эффект.

4. Сравнительный анализ эффективности существующих и предложенного подходов

На основании проведенного исследования был выполнен систематический сравнительный анализ существующих и предложенного подходов к оптимизации реляционных баз данных. Результаты сравнения представлены в табл. 3.

Преимущества и недостатки каждого подхода представлены в табл. 4.

Таблица 3

Сравнение подходов к оптимизации реляционных баз данных

ПОДХОД	РУЧНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ	ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА	ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ (ML/AI)
Гибкость	Высокий уровень (учет уникальных нюансов)	Ограниченная (строго формализованные правила)	Адаптивная, обучается на новых данных, но с ограниченной интерпретируемостью
Быстродействие	Зависит от доступности специалиста (часы-дни)	Быстрое формирование рекомендаций	Почти мгновенное принятие решений, работает в фоновом режиме
Точность	Зависит от квалификации	Зависит от полноты базы знаний	Зависит от качества обучающих данных и метрик модели
Экономичность	Высокие постоянные издержки	Разовые затраты на внедрение	Высокие инвестиции, но возможна масштабируемая окупаемость
Надежность	Риск ошибок человека	Повторяемые и стабильные рекомендации	Представляет собой «черный ящик»
Документирование	Зависит от человека	Автоматизированное логирование	Полное логирование, но слабо объяснимо «черный ящик»
Устойчивость к кадровым изменениям	Потеря знаний при ротации	Независимость от кадров	Независимость от кадров

Таблица 4

Преимущества и недостатки различных методов оптимизации СУБД

ПОДХОД	ПРЕИМУЩЕСТВА	НЕДОСТАТКИ
Ручной подход	— возможность разработки нестандартных решений для уникальных случаев; — гибкая адаптация к изменениям требований.	— значительные постоянные затраты на содержание штата специалистов; — сильная зависимость от индивидуальной квалификации персонала; — нестабильность качества выполняемых оптимизаций; — задержки в реагировании на возникающие проблемы.
ML/AI	— постоянная доступность и адаптивность; — высокая скорость реагирования; — накопление статистики и автоматическое обучение; — масштабируемость и снижение затрат при росте объема данных.	— непрозрачность принятия решений; — сложность отладки и аудита; — риск чрезмерной автоматизации без учета бизнес-контекста; — высокая стоимость внедрения и требований к инфраструктуре.
Экспертная система	— постоянная доступность; — стабильное качество формируемых рекомендаций; — систематическое накопление и сохранение экспертных знаний; — наличие процессов обязательного документирования.	— действует в рамках предустановленных правил и алгоритмов; — требует первоначальных инвестиций; — неспособна полностью заменить человеческого эксперта в сложных случаях.

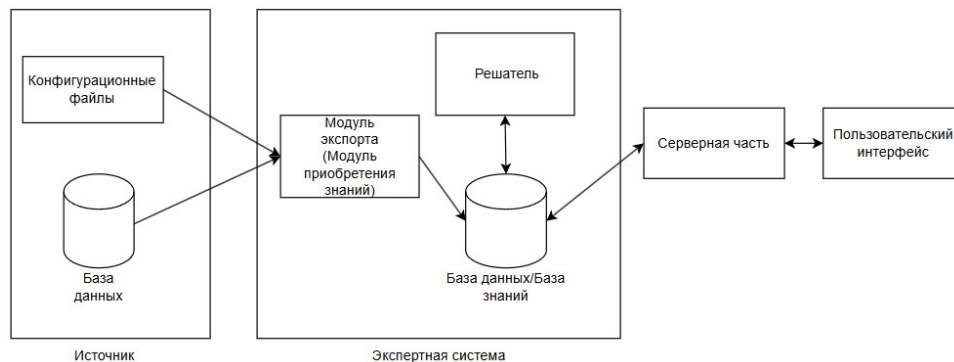
Потенциальным вариантом решения, подходящим для большинства организаций, представляется гибридная модель управления, сочетающая автоматизированную экспертную систему для обработки рутинных операций и наличие небольшого штата сотрудников для решения сложных кейсов и контроля качества.

Поэтапный переход на гибридную модель управления, где 80% рутинных операций выполняет экспертная система,

а 20% сложных кейсов остаются в компетенции администраторов, является наиболее эффективным вариантом.

5. Проектирование архитектуры экспертной системы, ориентированной на автоматизированную оптимизацию структуры реляционной базы данных

На рисунке отображена архитектура экспертной системы.



Архитектура экспертной системы

Общее описание компонентов:

1. Источник данных

Система использует внешнюю PostgreSQL-базу данных и набор конфигурационных файлов (например, .conf, .yaml, .ini) в качестве исходной информации.

2. Модуль экспорта (или модуль приобретения знаний)

Отвечает за сбор метаданных и конфигураций из внешнего источника. Полученная информация передается во внутреннюю базу системы, формируя основу для дальнейшего анализа.

3. Внутренняя база данных / база знаний

Представляет собой хранилище, содержащее: загруженные данные из внешней системы, накопленные знания о правилах оптимизации, статические правила и обновляемые рекомендации. В качестве СУБД используется PostgreSQL.

4. Решатель

Ядро экспертной системы, использующее predetermined правила или алгоритмы для анализа входных данных. Может обращаться к базе знаний и генерировать рекомендации по оптимизации структуры БД.

5. Серверная часть

Служит связующим звеном между логикой приложения и пользовательским интерфейсом. Обеспечивает взаимодействие пользовательского интерфейса с внутренней базой и решателем.

6. Пользовательский интерфейс

Обеспечивает визуализацию полученных рекомендаций и текущего состояния базы. Также пользовательский интерфейс может выступать как активный компонент: запускать процессы, подтверждать изменения или даже дополнять базу знаний.

Представленная архитектура перекликается с подходами, применяемыми в других классах интеллектуальных систем. В частности, в работе Морозова В.П., Родионова Е.А. и Сырина А.И. «Принятие решений в информационных социкиберфизических системах поддержки финансовой инвестиционной деятельности» [14] рассмотрена архитектура информационно-социкиберфизической системы, включающей интеллектуальные модули и механизмы поддержки принятия решений с минимальным участием человека.

5. Модель оценки эффективности системы

Построение модели оценки эффективности экспертной системы после внедрения требует предварительного анализа существующих научных подходов. В рамках данного исследования были рассмотрены ключевые научные публикации, охватывающие различные аспекты оценки производительности, масштабируемости и надежности СУБД.

В исследованиях Т. Тайпалуса «A Systematic Review of Database Performance Comparison Research» и М.А. Хана, О. Альматрафи и М. Хоссейна «A Systematic Literature Review on SQL vs NoSQL DBMSs» рассматриваются методологические аспекты сравнительных исследований производительности СУБД [15, 16]. Авторы подчеркивают важность

применения реалистичных сценариев нагрузки, стандартизированных подходов к тестированию и репрезентативных метрик (время отклика, пропускная способность), а также делает акцент на воспроизводимости результатов. Данный подход оправдан в контексте построения комплексной системы оценки, ориентированной на универсальные метрики.

Исследование О. Османа и В. Кноттенбелта «A Survey of Performance Evaluation of Database Systems using Queueing Models» обосновывает использование теории массового обслуживания для оценки времени ожидания, задержек и пропускной способности СУБД [17]. Такой подход позволяет формализовать поведение СУБД через математические параметры, что особенно ценно для построения количественной модели.

В публикации М. Маабреха «Performance Evaluation of Distributed Database Systems» внимание акцентируется на проблемах распределенных систем: задержках репликации, временной согласованности и устойчивости к сбоям [18]. Эти особенности необходимы для оценки отказоустойчивости и надежности в условиях масштабируемой инфраструктуры.

В исследовании Н.А. Демидовича «Модели и алгоритмы оценки эффективности баз данных» описывается разработка инструментов оценки СУБД, включая устойчивость к ошибкам конфигурации и перегрузкам [19]. Подчеркивается значимость автоматизации мониторинга узких мест, что обосновывает включение подобных критериев в состав предлагаемой модели.

На основе проведенного анализа подходы к оценке СУБД можно классифицировать следующим образом:

- Бенчмаркинговые подходы** – использование стандартных нагрузочных тестов (TPC-H, YCSB);
- Математические модели** – аналитические методы, в том числе модели массового обслуживания;
- Экспертные подходы** – систематизация опыта сотрудников;
- Гибридные методы** – комбинирование количественных измерений с экспертными оценками.

Однако несмотря на разнообразие подходов, большинство из них имеют ряд существенных ограничений: часто ориентированы на синтетические сценарии, не отражающие специфику реальных эксплуатационных условий, не учитывают когнитивную нагрузку на администраторов при принятии решений на основе рекомендаций, игнорируют экономические параметры, такие как сокращение затрат, возврат инвестиций (ROI), время окупаемости.

С учетом этих недостатков, в данной работе предлагается разработка гибридной модели, ориентированной как на количественные: производительность, нагрузка, надежность, так и на качественные аспекты: качество рекомендаций, простота внедрения.

На основе анализа исследований и практического опыта были сформированы следующие критерии, объединенные в логические группы. Каждому критерию соответствует методика оценки и применимый инструмент замера. Критерии оценки эффективности экспертной системы по оптимизации СУБД представлены в табл. 5.

Таблица 5

Критерии оценки эффективности экспертной системы по оптимизации СУБД

ГРУППА КРИТЕРИЕВ	КРИТЕРИЙ / ПОДКРИТЕРИЙ	МЕТОД ЗАМЕРА
Производительность	Время отклика	pg_stat_statements, лог-анализ, нагрузочные тесты
	Пропускная способность	pgbench, TPC-H, лог транзакций
	ЦП	pg_stat_activity, Prometheus, htop
Загрузка ресурсов	Память	free, top, метрики Prometheus
	I/O	iostat, pg_stat_io, Zabbix
Обнаружение узких мест	Время локализации причины	Сравнение временных меток инцидентов до и после внедрения системы
Надежность	Количество сбоев	Логи ошибок, отчеты Zabbix / Sentry / Prometheus
Доступность	Время простоя	Логи с таймингом, SLA-отчеты
Экономическая эффективность	Снижение затрат на диагностику	Анализ задач в Jira / YouTrack, сравнение FTE-человеко-часов
	Снижение затрат на содержание штата	Анализ расходов по HR-отчетам
	Снижение затрат на вычислительные ресурсы	Сравнение счетов на облако / внутреннюю инфраструктуру
Переносимость рекомендаций	Повторяемость и применимость	Тестирование на нескольких окружениях
Качество рекомендаций	Точность / полнота / релевантность	Precision, Recall, F1-score, экспертная валидация
Интерпретируемость	Понятность рекомендаций	Опрос сотрудников, оценка сложности внедрения
Скорость реакции	Время реакции на аномалию	Разница между временем события и первой рекомендацией
Интеграция	Простота встраивания в инфраструктуру	Анализ документации, интервью с сотрудниками, хронометраж внедрения

Для получения обобщенной метрики, позволяющей оценить влияние системы по совокупности параметров, вводится интегральный показатель E_{total} , рассчитываемый как взвешенная сумма нормализованных компонент:

$$E_{total} = w_{total} \cdot P + w_R \cdot R + w_E \cdot E + w_Q \cdot Q;$$

где:

- w – весовой коэффициент;
- P – обобщенный показатель производительности (время отклика, пропускная способность, загрузка ресурсов);
- R – надежность и доступность (число сбоев, продолжительность простоя);
- E – экономическая эффективность (снижение затрат);
- Q – качество рекомендаций (точность, полнота, интерпретируемость).

Для удобства и масштабируемости предлагается двухуровневая система, где каждая группа включает набор связанных критериев, представленная в таблице 6.

Для повышения универсальности разработанной модели предлагается внедрить адаптивную схему весов, отражающую приоритеты различных типов ИТ-сред. Значения в модели являются весовыми коэффициентами и определяются в зависимости от ключевых требований к системе: надежности, производительности, экономичности и интерпретируемости.

Таблица 6
Двухуровневая система набора связанных критериев

ГРУППА (1 УРОВЕНЬ)	КРИТЕРИЙ (2 УРОВЕНЬ)
1. Производительность (P)	Время отклика
	Пропускная способность
	Загрузка ресурсов (CPU, RAM, I/O)
2. Надежность и доступность (R)	Количество сбоев
	Время простоя
	Время локализации узкого места
3. Экономическая эффективность (E)	Затраты на диагностику
	Содержание штата
	Ресурсы инфраструктуры
4. Качество и удобство рекомендаций (Q)	Точность рекомендаций (F1-score)
	Интерпретируемость
	Переносимость / повторяемость
	Скорость реакции на аномалии
	Интеграция в инфраструктуру

Значения коэффициентов сформированы на основе анализа практических отраслевых требований и являются авторской разработкой, направленной на достижение оптимального баланса характеристик для разных сценариев применения. В табл. 7 представлена модель адаптивной схемы весов относительно конкретной ИТ-среды.

Таблица 7
Модель адаптивной схемы весов

ТИП ОРГАНИЗАЦИИ / СЦЕНАРИЙ	НАДЕЖНОСТЬ (R)	ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ (P)	ЭКОНОМИЧНОСТЬ (E)	ИНТЕРПРЕТИРУЕМОСТЬ (Q)
Финансовые учреждения, телеком, критичная инфраструктура	0.5	0.3	0.1	0.1
Корпоративные BI-системы, отчетность, DWH	0.4	0.4	0.1	0.1
Стартапы, облачные приложения	0.25	0.25	0.3	0.2
Госсектор, системы с высокими регуляторными требованиями	0.4	0.2	0.2	0.2
Малый бизнес, ограниченные ресурсы	0.2	0.4	0.4	0.2

Для фиксации эффекта от внедрения используются три временные контрольные точки:

- T_0 (исходное состояние) – до начала использования системы;
- T_1 (первичный результат) – через 30 дней;
- T_2 (устойчивый эффект) – через 90 дней после внедрения.

Это позволяет учесть как краткосрочные, так и долгосрочные изменения в ключевых метриках.

Оценка эффективности производится поэтапно, с последовательным усложнением условий внедрения:

- Лабораторный этап** – тестирование системы в контролируемом стенде на синтетических нагрузках.
- Пилотное внедрение в тестовой среде** – имитация реального окружения с «зеркалом» бизнес-нагрузки.
- Внедрение в продуктивной среде (частичное)** – А/В-тестирование: часть экземпляров функционирует с активной системой рекомендаций, часть – в прежнем режиме.

Для демонстрации предлагаемого подхода рассмотрен пример применения экспертной системы в контексте корпоративной BI-платформы. В соответствии с моделью, изложенной выше, все метрики приводятся к единой шкале с последующей агрегацией в интегральный показатель эффективности. В табл. 8 приведены значения ключевых метрик до нормализации, а также соответствующие им интервалы возможных значений, определенные на основании исторических данных и требований SLA.

Таблица 8

Исходные и нормативные значения критериев

КРИТЕРИЙ	ЗНАЧЕНИЕ	МИН	МАКС	НАПРАВЛЕНИЕ
Время отклика (мс)	180	100	400	Меньше лучше
Пропускная способность (транз./с)	250	100	300	Больше лучше
Загрузка CPU (%)	60	20	90	Меньше лучше
Количество сбоев в месяц	2	0	5	Меньше лучше
Время простоя (минут в месяц)	15	0	60	Меньше лучше
F1-score рекомендаций	0.83	0	1	Больше лучше
Интерпретируемость (оценка 1–5)	4.2	1	5	Больше лучше

Для обеспечения сопоставимости разнородных метрик применяется линейная нормализация к диапазону от 0 до 1. Используются следующие формулы:

– Для метрик, где большее значение предпочтительно:

$$X_{norm} = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}};$$

– Для метрик, где меньшее значение предпочтительно:

$$X_{norm} = \frac{X_{max} - X}{X_{max} - X_{min}}.$$

Результаты нормализации представлены в табл. 9.

Таблица 9

Нормализованные значения критериев

КРИТЕРИЙ	РАСЧЕТ	ЗНАЧЕНИЕ
Время отклика	$(400 - 180) / (400 - 100)$	0.73
Пропускная способность	$(250 - 100) / (300 - 100)$	0.75
Загрузка CPU	$(90 - 60) / (90 - 20)$	0.43
Количество сбоев	$(5 - 2) / (5 - 0)$	0.60
Время простоя	$(60 - 15) / (60 - 0)$	0.75
F1-score	уже нормализовано	0.83
Интерпретируемость	$(4.2 - 1) / (5 - 1)$	0.80

После нормализации производится группировка по четырем основным блокам:

– P (Производительность): среднее арифметическое из трех показателей: время отклика, пропускная способность и загрузка CPU. Строки 1, 2, 3 табл. 9:

$$P = \frac{0.73 + 0.75 + 0.43}{3} \approx 0.64;$$

– R (Надежность и доступность) среднее арифметическое из двух показателей: количество сбоев и время простоя. Строки 4, 5 табл. 9:

$$R = \frac{0.60 + 0.75}{2} = 0.675;$$

– E (Экономическая эффективность): в этом примере не представлены, т.к. необходимо наличие отчетности от HR-менеджеров. Принимается условное значение: $E=0.7$

– Q (Качество рекомендаций) среднее арифметическое из двух показателей: F1-score и интерпретируемость. Строки 6, 7 табл. 9:

$$Q = \frac{0.83 + 0.80}{2} = 0.815.$$

В соответствии с адаптивной моделью весов для BI-систем, применяются следующие коэффициенты:

- $w_r=0.3$;
- $w_p=0.4$;
- $w_e=0.2$;
- $w_q=0.1$.

Итоговая эффективность рассчитывается по формуле:

$$E_{total} = w_p \cdot P + w_r \cdot R + w_e \cdot E + w_q \cdot Q;$$

$$E_{total} = 0.4 \cdot 0.64 + 0.3 \cdot 0.675 + 0.2 \cdot 0.7 + 0.1 \cdot 0.815 \approx 0.678.$$

Полученное значение $E_{total} \approx 0.678$ отражает интегральную оценку эффективности внедренной экспертной системы. Такой подход позволяет количественно сравнивать различные решения, отслеживать динамику по времени, а также учитывать специфику применения в разных бизнес-сценариях за счет гибкой настройки весов.

СРАВНЕНИЯ С ДРУГИМИ ИССЛЕДОВАНИЯМИ

В рамках данного исследования была предложена концепция экспертной системы, ориентированной на автоматизированную оптимизацию структуры реляционной базы данных, в первую очередь за счет формализации экспертных знаний и логически интерпретируемых правил.

Для сопоставления полученных результатов целесообразно рассмотреть ряд существующих решений в смежных исследованиях.

В работе D. Van Aken и соавт. [20, 21] представлены системы OtterTune и CDBTune, использующие методы машинного обучения для автоматической настройки параметров PostgreSQL и MySQL. Исследование фокусируется на сборе эксплуатационных данных с рабочих СУБД и обучении модели, способной рекомендовать оптимальные значения параметров конфигурации. Полученные результаты показывают значительное улучшение производительности по сравнению с ручными настройками. Однако авторы прямо указывают, что модель работает как «черный ящик» и интерпретировать причины тех или иных рекомендаций затруднительно. Появляющиеся концепции, такие как query superoptimization [22], предлагают более глубокую автоматизацию и адаптивность, но по-прежнему сохраняют характер «черного ящика».

В отличие от этих решений концепция, предложенная в настоящем исследовании, ориентирована на прозрачность и интерпретируемость. Использование централизованной базы знаний и формализованных экспертных правил позволяет отслеживать, уточнять и адаптировать логику принятия решений без участия модели обучения и зависимости от исторических данных.

Таким образом, по сравнению с существующими подходами предложенная система не требует обучающей вы-

борки, допускает экспертную корректировку, охватывает не только параметры конфигурации, но и структуру базы, ориентирована на использование в организациях, где важна повторяемость, документация и объяснимость решений.

ВЫВОДЫ

Предложенная концепция экспертной системы стремится найти баланс между этими подходами. Использование формализованных правил и централизованной базы знаний позволяет обеспечить интерпретируемость решений, а автоматизация обработки метаданных – повысить эффективность анализа. Сходные подходы к анализу и корректировке данных применяются в системах автоматической очистки и логической реконструкции, таких как HoloClean [25]. В отличие от существующих решений разрабатываемая система акцентирует внимание на прозрачности логики принятия решений и возможности включения специфичных экспертных правил.

Таким образом, представленная архитектура является отправной точкой для создания гибкой экспертной системы, способной занять промежуточную нишу между традиционным администрированием БД и сложными интеллектуальными системами на базе ИИ.

Список использованных источников и литературы / References

1. Kimball R., Ross M. The Data Warehouse Toolkit: The Definitive Guide to Dimensional Modeling. 3rd ed. Wiley, 2022.
2. Trummer I. DB-BERT: a Database Tuning Toolkit that «Reads the Manual» // In Proceedings of the 2022 international conference on management of data. 2022. P. 190–203.
3. Lao J., Wang Y., Li Y., Wang J., et al. GPTuner: A Manual-Reading Database Tuning System via GPT-Guided Bayesian Optimization. arXiv preprint arXiv:2311.03157, 2023.
4. Cosa M., Torelli R. Digital Transformation and Flexible Performance Management: A Systematic Literature Review of the Evolution of Performance Measurement Systems // Global Journal of Flexible Systems Management. – 2024. – Vol. 25, No. 3. – P. 445–466.
5. DB-Engines Ranking [Электронный ресурс]. – URL: <https://db-engines.com/en/ranking> (дата обращения: 19.05.2025).
6. СУБД (рынок России) [Электронный ресурс] // TAdviser. – URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:СУБД_%28рынок_России%29 (дата обращения: 21.03.2025). / DBMS (Russian Market) [Electronic resource] // TAdviser. – URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:СУБД_%28рынок_России%29 (date of access: 21.03.2025).
7. Российские СУБД приходят на смену зарубежным [Электронный ресурс] // Российская газета. 24.04.2022. – URL: <https://rg.ru/2022/04/24/rossijskie-subd-prihodiat-na-smenu-zarubezhnym.html> (дата обращения: 03.04.2025). / Russian DBMSs Replace Foreign Ones [Electronic resource] // Rossiyskaya Gazeta. April 24, 2022. – URL: <https://rg.ru/2022/04/24/rossijskie-subd-prihodiat-na-smenu-zarubezhnym.html> (date of access: 04.03.2025).
8. The Transaction Processing Performance Council [Электронный ресурс]. TPC Benchmark™ H (TPC-H) Standard Specification. – URL: <https://www.tpc.org/tpch/> (дата обращения: 12.04.2025).
9. Gartner [Электронный ресурс]. Database Management System Market Trends. 2024. – URL: <https://www.gartner.com/en/documents/4594399> (дата обращения: 04.03.2025).
10. Pavlo A., Gopalan G., Babu S., et al. Self-driving database management systems [Электронный ресурс] // Proceedings of the 8th Biennial Conference on Innovative Data Systems Research (CIDR 2017). 2017. Vol. 1. P. 1–13. – URL: <https://www.cidrdb.org/cidr2017/papers/p42-pavlo-cidr17.pdf> (дата обращения: 27.03.2025).
11. Gunasekaran K.P., Tiwari K., Acharya R. «Utilizing Deep Learning for Automated Tuning of Database Management Systems» // arXiv preprint arXiv:2306.14349, 2023.
12. Marcus R., Negi P., Mao H., et al. Making learned query optimization practical // In Proceedings of the 2021 International Conference on Management of Data. 2021. P. 1275–1288.
13. Use index advisor [Электронный ресурс] // Microsoft Learn. – URL: <https://cloud.google.com/sql/docs/sqlserver/use-index-advisor> (дата обращения: 02.04.2025).

14. Морозов В.П., Родионов Е.А., Сырин А.И. Принятие решений в информационных социкиберфизических системах поддержки финансовой инвестиционной деятельности // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2021. № 3 (61). С. 54–60. / Morozov V.P., Rodionov E.A., Syrin A.I. Decision Making in Socio-Cyber-Physical Information Systems for Supporting Financial Investment Activities // Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2021. No. 3 (61). Pp. 54–60.
15. Taipalus T. A Systematic Review of Database Performance Comparison Research. // arXiv preprint arXiv:2301.01095, 2023.
16. Khan W., Kumar T., Zhang C., et al. SQL and NoSQL Database Software Architecture Performance Analysis and Assessments – A Systematic Literature Review // Big Data and Cognitive Computing. – 2023. – Т. 7, № 2. – С. 97.
17. Osman O., Knottenbelt W.J. Database system performance evaluation models: A survey // Performance Evaluation. – 2012. – Vol. 69, № 10. – P. 471–493.
18. Maabreh K.S. Performance Evaluation of Distributed Database Systems // International Journal of Computer and Technology. 2014. Т. 13, № 9. С. 4859–4867. – URL: <https://rajpub.com/index.php/ijct/article/view/2383> (дата обращения: 20.03.2025).
19. Демидович Н.А. Модели и алгоритмы оценки эффективности баз данных [Электронный ресурс] // Компьютерные системы и сети: материалы 52-й науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 25–30 апр. 2016 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2016. – С. 54–55. – URL: <https://libeldoc.bsuir.by/handle/123456789/7043> (дата обращения: 04.06.2025). / Demidovich N.A. Models and Algorithms for Database Performance Evaluation [Electronic resource] // Computer Systems and Networks: Proceedings of the 52nd Scientific Conference of Postgraduate and Graduate Students, Minsk, April 25–30, 2016 / Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics. – Minsk, 2016. – Pp. 54–55. – URL: <https://libeldoc.bsuir.by/handle/123456789/7043> (date of access: 04.06.2025).
20. Van Aken, D., Yang, D., Brillard, et al. An Inquiry into Machine Learning-based Automatic Configuration Tuning Services on Real-World Database Management Systems [Электронный ресурс]. – Carnegie Mellon University, 2021. – URL: <https://db.cs.cmu.edu/papers/2021/p1241-aken.pdf> (дата обращения: 15.05.2025).
21. Li G., Zhou K., Zhang J., et al. An End-to-End Automatic Cloud Database Tuning System Using Deep Reinforcement Learning // Proceedings of the 2019 International Conference on Management of Data (SIGMOD'19). – 2019. – С. 415–432.
22. Marcus R. Learned Query Superoptimization. // arXiv preprint arXiv:2303.15308, 2023.
23. SQL Optimizer for SQL Server [Электронный ресурс] // Quest Software. – URL: <https://www.quest.com/products/sql-optimizer-for-sql-server/> (дата обращения: 04.06.2025).
24. HypoPG: Hypothetical Indexes for PostgreSQL [Электронный ресурс]. – URL: <https://github.com/HypoPG/hypopg> (дата обращения: 05.05.2025).
25. Rekatsinas T., Chu X., Ilyas I.F., et al. HoloClean: Holistic Data Repairs with Probabilistic Inference. // arXiv preprint arXiv:1702.00820, 2017.

APPLICATION OF AN EXPERT SYSTEM FOR OPTIMIZING THE MANAGEMENT OF OBJECTS IN A RELATIONAL DATABASE

Frantsov D.N., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department for Digital Transformation Support, part-time at Samara State University of Economics, Samara

Leshin N.S., 2nd-year Master's student at Samara State University of Economics, Samara

Prokopov A.V., 2nd-year Master's student at Samara State University of Economics, Samara

The development of automated systems for optimizing relational databases is becoming a key direction for improving performance and reducing operational costs. This work proposes a concept of an expert system that generates recommendations based on the analysis of metadata and configuration parameters. A review of existing approaches is presented, including manual methods, ML/AI, and hybrid models. The system architecture and an evaluation model considering both technical and organizational factors are described. A classification of recommendation types is proposed, covering various aspects of database management system (DBMS) maintenance. The proposed approach ensures a balance between automation and expert control, enhancing the resilience and manageability of the information infrastructure.

Keywords: expert system, optimization, metadata, recommendations.

For citation: Frantsov D.N., Leshin N.S., Prokopov A.V. Application of an Expert System for Optimizing the Management of Objects in a Relational Database. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2025; 4(85): 64–75. (In Russ.).

УПРАВЛЕНИЕ УСТОЙЧИВЫМ РАЗВИТИЕМ РЕГИОНОВ РФ В КОНТЕКСТЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Воронина Н.Ф., канд. социолог. наук, доцент, профессор Академии военных наук, доцент кафедры «Экономика и управление авиационной промышленности» Московского авиационного института (МАИ)

Анопченко Т.Ю., д-р экономических наук, профессор, профессор кафедры Государственного и муниципального управления «РЭУ им. Г.В. Плеханова» (г. Москва)

В представленном исследовании авторы рассмотрели вопрос управления устойчивым развитием территорий РФ в структуре соответствия используемых оценочных показателей целям устойчивого развития (ЦУР). Важность эффективной реализации ЦУР в России определена стратегическими документами развития страны. Реализация данной деятельности и оценка эффективности невозможна без внедрения оценочных показателей устойчивого развития в систему стратегического государственного управления. Стратегическое государственное управление определяет приоритетные направления государственной политики, обеспечивает разработку мероприятий по их реализации и осуществляет контроль, поэтому интеграция оценок устойчивого развития в данную систему является необходимым условием эффективной реализации ЦУР на современном этапе, благоприятствующей устойчивому социально-экономическому развитию государства, что на данный момент является одним из приоритетов деятельности органов власти. Акцентируя влияние оценочных показателей на динамику развития территорий, авторы более подробно рассмотрели экологические. Определено, что существует проблема в системе интеграции экологических показателей устойчивого развития РФ в систему стратегического государственного управления. К основным проблемами интеграции показателей в систему стратегического государственного управления относят отсутствие ряда показателей в документах стратегического управления и исключение ряда показателей из данных документов. Разработаны предложения, направленные на решение выявленной проблемы. Проведена оценка управленческой эффективности разработанных предложений и показано, что возможно повышение качества реализации государственных программ, снижение искажения объективности интегральной оценки эффективности государственных программ. Выявлено приоритетное направление развития, а именно включение полного перечня показателей ЦУР в документы стратегического государственного управления.

Ключевые слова: документы стратегического развития, устойчивое развитие, экологические показатели устойчивого развития, государственное управление, стратегическое планирование.

Цитирование: Воронина Н.Ф., Анопченко Т.Ю. Управление устойчивым развитием регионов РФ в контексте экологических показателей // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2025. № 4(85). С. 76–85.

ВВЕДЕНИЕ

Современное направление развития России основано на управлении устойчивым развитием регионов РФ, что закреплено в следующих документах стратегического развития: Государственная стратегия РФ по охране окружающей среды и обеспечению устойчивого развития, Основы государственной политики в области экологического развития России на период до 2030 года, Стратегия экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года, Концепция перехода страны к устойчивому развитию. В последнем документе дано определение понятия «устойчивое развитие», которое до 2023 года являлось основополагающим при рассмотрении его терминологии [1]. Важность достижения устойчивого развития на всей тер-

ритории РФ согласуется с национальными интересами, и закреплено в Указе «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» посредством определения национальных целей, к которым относятся в том числе сохранение населения, здоровье и благополучие людей, комфортная и безопасная среда для жизни.

Введение понятия «устойчивое развитие» в 1987 году Международной комиссией по окружающей среде и развитию определило, что под «устойчивым» понимается развитие, которое удовлетворяет потребности настоящего времени, но не ставит под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности.

В 2023 году введен в действие Национальный стандарт «Устойчивое развитие: термины и определения», в котором закреплено следующие определения:

- **«устойчивость»** – состояние глобальной системы, включающей окружающую среду, социальные и экономические аспекты, при котором потребности настоящего времени удовлетворяются без нанесения ущерба возможностям будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности;
- **«устойчивое развитие»** – развитие отвечающим текущим экологическим, социальным и экономическим потребностям и не ущемляющее возможностей будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности.

Таким образом, достижение устойчивого развития РФ, а значит всех регионов страны, в долгосрочной перспективе определяет вектор развития, и в соответствии с ним формируются задачи регионального развития [2].

В 2015 году резолюцией «Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года» на саммите Генеральной Ассамблеи ООН определены 17 основных целей устойчивого развития. Государства-участники, в том числе и Россия, инициировали деятельность по интегрированию установленных показателей достижения ЦУР в показатели деятельности [3], а также обосновали необходимость разработки дополнений в действующие государственные программы и разработку новых со сформулированными, целями. Для этого необходимо было разработать показатели достижимости по каждой конкретной ЦУР и адаптировать глобальные индикаторы на национальном и региональном уровнях [4]. Достижение ЦУР возможно только через механизм государственного стратегического управления как единственного, позволяющего учитывать интересы государства, общества, частного сектора и других заинтересованных сторон, обладающего полнотой информации всех происходящих процессов и определяющего цели развития на глобальном и региональном уровнях [5]. Система государственного стратегического управления представляет собой важную составляющую в деятельности государства [6], т.к. на основе оценки эффективности ее функционирования разрабатываются и реализуются стратегии, национальные программы, проекты, определяющие направление и регламентирующие темпы развития [7].

Целью исследования является проведение анализа и выявление специфики проблем интеграции экологических показателей устойчивого развития территорий РФ в систему стратегического государственного управления.

Для достижения поставленной цели проанализированы инструменты применения показателей устойчивого развития территорий и показателей стратегического государственного управления; проведен анализ экологических показателей устойчивого развития РФ, определенных в системе стратегического государственного управления, и пред-

ставлена оценка уровня интеграции экологических показателей устойчивого развития в систему стратегического государственного управления; определены проблемы интеграции экологических показателей в систему стратегического государственного управления.

Объектом исследования являются экологические показатели устойчивого развития РФ.

Предметом исследования являются инструменты интеграции экологических показателей устойчивого развития РФ в систему стратегического государственного управления.

Методологическую базу исследования составили: анализ, синтез, метод классификации, метод сравнения, метод группировок.

Источником информации являются документы открытого доступа, международные документы, нормативно-законодательные документы РФ, статистическая информация.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В РФ активно реализуют интеграцию показателей ЦУР в систему стратегического управления. Основными механизмами данной интеграции являются документы стратегического развития, в которых отображена большая часть показателей достижимости ЦУР. Результаты достижения ЦУР представлены в таблице (с. 78).

На основании данных, представленных в Добровольном национальном обзоре, реализация Повестки дня в области устойчивого развития в настоящее время осуществляется в отношении 107 из 169 задач устойчивого развития. При этом в соответствии с Гражданским обзором о реализации Целей устойчивого развития в России нацпроекты покрывают лишь 57 из 169 задач. На рис. 1 представлен процент покрытия задач ЦУР национальными проектами.

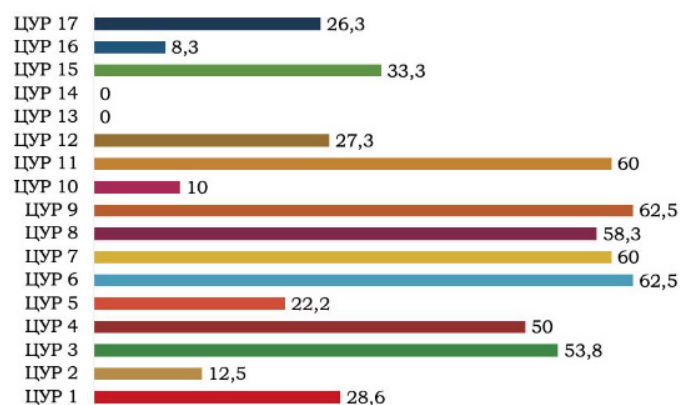


Рис. 1. Покрытие ЦУР нацпроектами, %

Источник: Нацпроекты и устойчивое развитие. URL: <https://yousocial.ru/news/tpost/b1vkvv31l1-natsproekti-i-ustoichivoe-razvitie> (дата обращения: 06.06.25).

Реализуемые мероприятия достижения ЦУР

№ ЦУР	НАИМЕНОВАНИЕ ЦУР	МЕРОПРИЯТИЯ
1	Ликвидация нищеты	Национальные проекты: «Демография», «Производительность труда и поддержка занятости» и др. Развитие новых механизмов поддержки: внедрение инструмента «социального контракта», развитие волонтерства. К 2024 году снижение национального уровня бедности как минимум в два раза (в 2018 году доля малоимущего населения с доходами ниже прожиточного минимума составила 12,6%).
2	Ликвидация голода	Доктрина продовольственной безопасности РФ. Реализация комплексных отраслевых стратегических программ. В 2018 году уровень распространенности недоедания около 1,6% (среди лиц старше 18 лет). Острое отсутствие продовольственной безопасности ощущали лишь 0,3% населения России, а умеренно или остро – 6,2%.
3	Хорошее здоровье и благополучие	Национальный проект «Здравоохранение». К 2018 году снижение показателя смертности в трудоспособных возрастах (16–59 лет у мужчин и 16–54 года у женщин) до 482,2, или на 11,8% по сравнению с 2015 годом (546,7 умерших на 100 тыс. чел. населения). К 2024 году повышение ожидаемой продолжительности жизни населения до 78 лет и до 80 лет к 2030 году.
4	Качественное образование	Национальный проект «Образование». Государственная программа «Развитие образования». В 2018 году валовой коэффициент охвата образовательными программами начального, основного и среднего общего образования в России составил 99,9.
5	Гендерное равенство	Равные права и свободы мужчин и женщин гарантируются Конституцией Российской Федерации. Национальный проект «Демография», в частности федеральный проект «Содействие занятости женщин – создание условий дошкольного образования для детей в возрасте до трех лет». В 2019 году уровень участия женщин в рабочей силе составил 55,4% (мужчин – 70,6%), уровень занятости – 52,9% (мужчин – 67,3%), уровень безработицы – 4,4% (мужчин – 4,8%).
6	Чистая вода и санитария	Национальный проект «Экология». Разработка проектов цифрового управления водными ресурсами. В 2018 году 90,3% домохозяйств были обеспечены централизованным водоснабжением, около 77,4% населения имели доступ к централизованной или индивидуальной канализации.
7	Недорогостоящая и чистая энергия	Доктрина обеспечения энергетической безопасности РФ. Государственная программа «Развитие энергетики». В 2018 году 100% населения страны имели доступ к электроэнергии, а отоплением было обеспечено 86% жилищного фонда. В рейтинге Doing Business 2020 Россия вошла в десятку лидеров по легкости подключения к системе электроснабжения, заняв 7 место из 190 государств.
8	Достойная работа и экономический рост	Национальный проект «Производительность труда и поддержка занятости», «Малое и среднее предпринимательство и поддержка индивидуальной предпринимательской инициативы». План действий по ускорению темпов роста инвестиций в основной капитал и повышению до 25% их доли в ВВП. Ускорение ежегодного роста производительности труда на средних и крупных предприятиях базовых несырьевых отраслей экономики (не ниже 5% к 2024 году), рост численности занятых в субъектах малого и среднего предпринимательства (МСП) до 25 млн к 2024 году (более 15 млн в марте 2020 года), доли субъектов МСП в ВВП до 32,5% к 2024 году (20,2% в 2018 году).
9	Индустриализация, инновации и инфраструктура	Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года, Транспортная стратегия Российской Федерации, Комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры. Национальный проект «Безопасные и качественные автомобильные дороги». Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации». Приоритетными сферами развития инфраструктуры в России являются транспорт, энергетика, связь, обрабатывающая промышленность и инновации. Увеличение доли дорожной сети городских агломераций, находящейся в нормативном состоянии до 85% к 2024 году (42% на конец 2017 года), повышение уровня транспортной обеспеченности субъектов Российской Федерации к уровню 2017 года на 7,7% в 2024 году.
10	Уменьшение неравенства	Национальный проект «Демография». Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации». Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года. Государственная программа «Доступная среда». В 2018 году коэффициент Джини для России составил 0,413 (0,421 в 2010 году; 0,412 в 2015 году). При этом распределение доходов населения по 20-процентным группам (квинтилям) практически не менялось. Увеличение доли доступных для инвалидов и других маломобильных групп населения приоритетных объектов социальной, транспортной, инженерной инфраструктуры до 70,7% к 2025 году.
11	Устойчивые города и населенные пункты	Национальный проект «Жилье и городская среда», Национальный проект «Экология». Индекс доступности приобретения жилья в целом по России в 2006–2018 годах увеличился (+37 п.п. до 128%). В 2014–2018 годах в российских городах в основном происходило уменьшение средних значений концентраций основных загрязняющих веществ.
12	Ответственное потребление и производство	Национальный проект «Экология». В 2019 году 18,5% граждан страны имели доступ к раздельному сбору мусора. Количество образуемых в России отходов I класса опасности (чрезвычайно опасные) сократилось за 2015–2018 годы в 4 раза – с 80 до 20 тыс. тонн.
13	Борьба с изменением климата	В 2019 г. Правительством Российской Федерации утверждено постановление о принятии Парижского соглашения. Стратегию социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года. И определяемого на национальном уровне вклада в глобальное реагирование на угрозу изменения климата. Федеральный закон «Об ограничении выбросов парниковых газов». Развивается направление «зеленого» финансирования.
14	Сохранение морских экосистем	Стратегия развития морской деятельности Российской Федерации до 2030 года. В период с 2015 по 2018 год в России на 73% увеличилась площадь особо охраняемых природных территорий
15	Сохранение экосистем суши	Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года. Государственная программа «Развитие лесного хозяйства». Национальный проект «Экология». В 2015–2018 годах площадь ООПТ федерального, регионального и местного значения (без учета морских акваторий) выросла на 11% до 218,2 млн га. Отношение площади лесовосстановления и лесоразведения к площади вырубленных и погибших лесных насаждений в 2019 году выросло на 30% по сравнению с 2015 годом и составило 80,6%.
16	Мир, правосудие и эффективные институты	Положения Конституции РФ. Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации». Развитие сети многофункциональных центров (МФЦ), организация межведомственного электронного взаимодействия, перевод услуг в электронный вид и внедрение системы оценки их качества.
17	Партнерство в интересах устойчивого развития	В России ежегодно выделяются значительные средства на содействие международному развитию.

Источник: Составлено авторами по данным Добровольного национального обзора хода осуществления повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года. URL: https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/26421VNR_2020_Russia_Report_Russian.pdf?bx_sender_conversion_id=36321&utm_source=newsletter&utm_medium=mail&utm_campaign=natsproekty_v_konture_esg (дата обращения: 31.05.2025)

Как следует из представленных на рис. 1 данных, аутсайдерами в достижимости являются ЦУР 14, ЦУР 13. Все ЦУР являются важными и достижение устойчивого развития определяется не достижимостью отдельных ЦУР, а совокупной деятельностью. При анализе все ЦУР рассматриваются в совокупности, поэтому высокие показатели по отдельным ЦУР не являются объективно положительно знаковыми при наличии большой дифференциации по оценке всех ЦУР.

Рассмотрим более подробно показатели, отражающие экологическую составляющую достижения устойчивого развития. Напрямую экологические аспекты отражены в ЦУР 6, ЦУР 13, ЦУР 14 и ЦУР 15, но косвенно они представлены в ЦУР 7, ЦУР 11 и ЦУР 12.

Соответствие реализуемых в РФ государственных программ и ЦУР представлено на рис. 2.

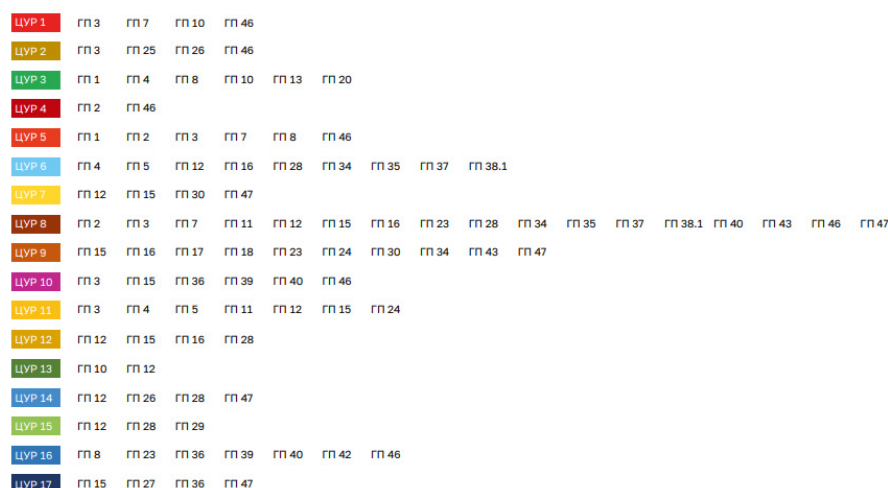


Рис. 2. Соотношение ЦУР и государственных программ

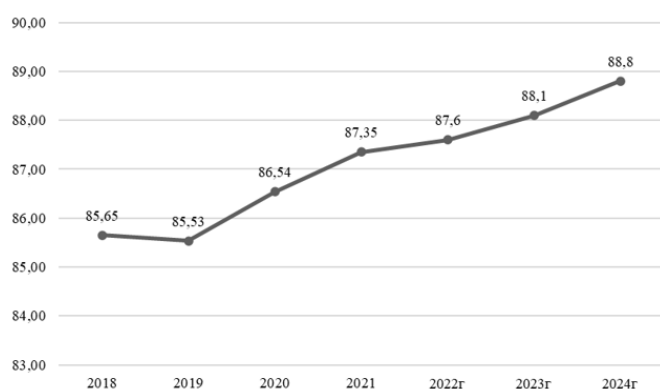


Рис. 3. Обеспеченность населения РФ качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения, %

Источник: составлено авторами по данным Федеральной службы государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/sdg/national> (дата обращения: 31.05.2025).

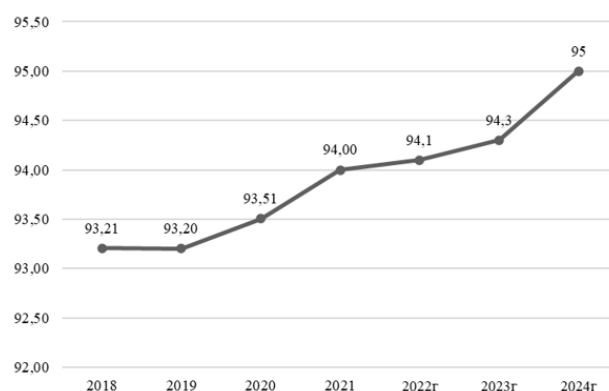


Рис. 4. Динамика городского населения Российской Федерации, обеспеченного качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения, %

Источник: составлено авторами по данным Федеральной службы государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/sdg/national> (дата обращения: 31.05.2025).

В период с 2018 по 2022 год значение данного показателя выросло на 1,96% и по прогнозным значениям к 2025 году планируется рост на 1,2% в сравнении с 2022 годом. В целом это указывает на сформировавшуюся положительную динамику в долгосрочном периоде.

За период 2018–2022 гг. данный показатель вырос на 0,89%, по прогнозным значениям показатель вырастет еще на 0,9% к 2024 году. Также стоит отметить, что значение показателя в целом находится на достаточно высоком уровне.

В государственной программе 28 также содержится показатель ЦУР 6 площадь восстановленных водных объектов, динамика показателя представлена на рис. 5.

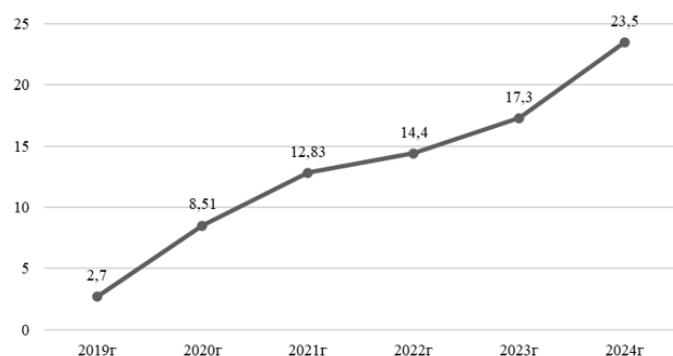


Рис. 5. Динамика восстановленных площадей водных объектов, тыс. га

Источник: составлено авторами по данным Федеральной службы государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/sdg/national> (дата обращения 31.05.2025).

За период 2018–2022 гг. значение показателя выросло на 11,7 тыс. га или 433,3%. К 2024 году прогнозируется рост показателя на 9,1 тыс. га в сравнении с 2022 годом.

Показатели ЦУР 7 также частично интегрированы в систему государственных программ России. В федеральном проекте «Чистая энергетика» ГП 30 содержится ряд показателей ЦУР 7. На рис. 6 представлена доля электрической энергии, производимой с использованием возобновляемых источников энергии, в общем объеме производства электрической энергии.

За указанный период времени значение данного показателя существенно снизилось, однако реализация мероприятий по достижению данного показателя запланирована до 2030 года и по прогнозным значениям ожидается рост показателя после его падения в 2022 году на 1,2% в сравнении с 2022 г.

На рис. 7 представлен показатель ЦУР 7, отраженный в федеральном проекте «Чистая энергетика» мощность генерирующих объектов, функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии.

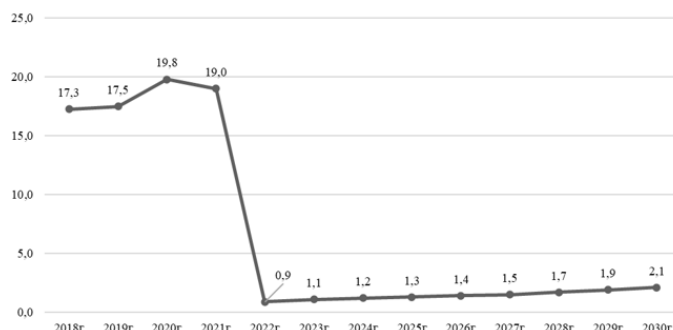


Рис. 6. Доля электрической энергии, производимой с использованием возобновляемых источников энергии, в общем объеме производства электрической энергии, %

Источник: составлено авторами по данным Федеральной службы государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/sdg/national> (дата обращения: 31.05.2025)

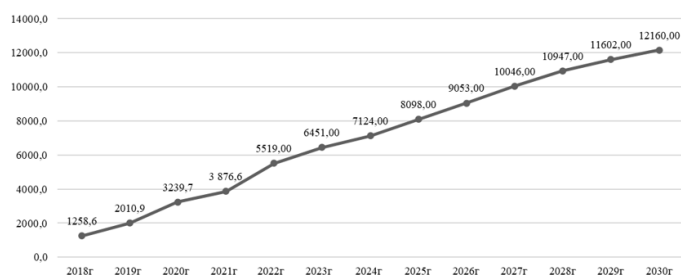


Рис. 7. Мощность генерирующих объектов, функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии

Источник: составлено авторами по данным Федеральной службы государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/sdg/national> (дата обращения: 31.05.2025).

Значение данного показателя стабильно растет: как за уже пройденный период с 2018 по 2022 гг., так и в прогнозируемом периоде до 2030 года ожидается рост.

В ГП 12 «Охрана окружающей среды» содержатся четыре показателя ЦУР 11. На рис. 8 представлена динамика значения одного из показателей ЦУР 11, отраженных в 12 ГП в федеральном проекте «Сохранение биологического разнообразия и развитие экологического туризма».

В период с 2018 по 2022 год значение показателя выросло на 4,6%, а к 2025 году значение должно вырасти еще на 3,5% в сравнении с 2022 годом.

В показатель ЦУР 11 входит количество площадей, отнесенных к федеральным особо охраняемым природным территориям, изменение показателя представлено на рис. 9.

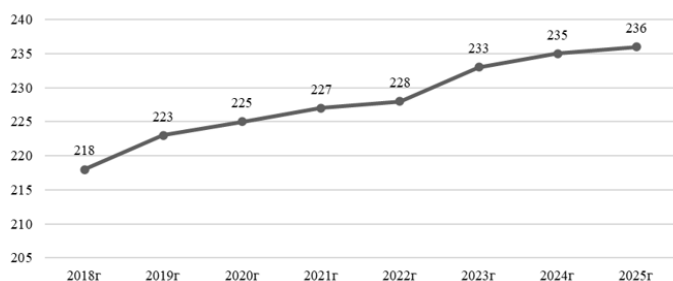


Рис. 8. Количество федеральных особо охраняемых природных территорий, нарастающим итогом

Источник: составлено авторами по данным Федеральной службы государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/sdg/national> (дата обращения: 31.05.2025).

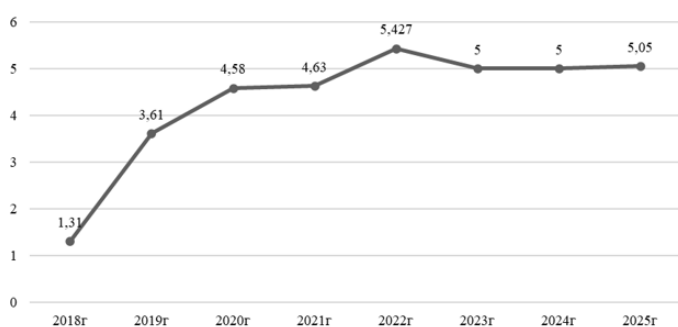


Рис. 9. Площадь федеральных особо охраняемых природных территорий, нарастающим итогом, млн гектар

Источник: составлено авторами по данным Федеральной службы государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/sdg/national> (дата обращения: 31.05.2025).

К 2022 году площадь федеральных особо охраняемых территорий возросла на 214,3%, а в 2025 году по прогнозным значениям данный показатель должен составить 5,05 млн га (6,9% к результату 2022 года).

Такой показатель ЦУР 11, как «Количество городов с высоким и очень высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха», нашел свое отражение в структурном элементе ГП 12 – федеральном проекте «Чистый воздух» в виде показателя «Количество городов с высоким и очень высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха в городах – участниках проекта», значение которого в 2025 году по прогнозу будет равно 5.

В этом же структурном элементе содержится следующий показатель ЦУР 11. «Снижение совокупного объема выбросов» в 2025 году должно составить 85% при значении в 2022 году 94,3%, т.е. значение показателя по прогнозу снизится на 9,3%.

Три показателя ЦУР 12 также нашли свое отражение в стратегических документах России.

Так, показатель «Доля направленных на утилизацию отходов, выделенных в результате раздельного накопления и обработки (сортировки) твердых коммунальных отходов, в общей массе образованных твердых коммунальных отходов, %» в 2021 году составил 11,9%, когда в 2025 году данное значение должно приблизиться к 19,6%, т.е. рост составит 8,3%. Данный показатель входит в федеральный проект ГП 12.

Схожий показатель «Доля твердых коммунальных отходов, направленных на обработку (сортировку), в общей массе образованных твердых коммунальных отходов, %» также содержится в данном федеральном проекте, в 2022 году показатель составил 49,9%, а в 2025 году прогнозируется результат 67,7%, т.е. рост равен 17,8%.

Показатель «Доля утилизированных и обезвреженных отходов в общем объеме отходов I и II классов опасности, подлежащих утилизации и обезвреживанию, переданных федеральному оператору по обращению с отходами I и II классов опасности, %» нашел свое отражение в государственной программе, посвященной развитию атомной промышленности, однако значение данного показателя остается на уровне 0.

Так, в государственной программе 29 присутствует такой показатель устойчивого развития, как «Площадь лесных земель, пройденная пожарами, га», который относится к ЦУР 13. Динамика данного показателя представлена на рис. 10.

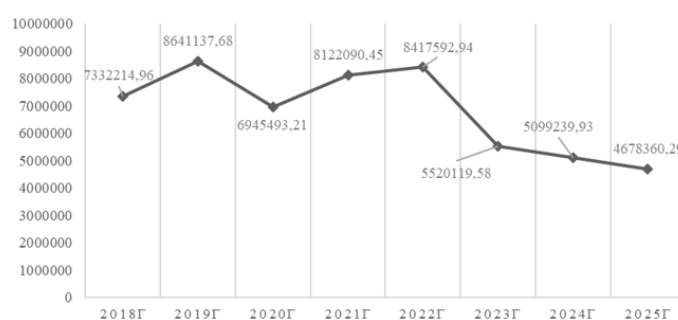


Рис. 10. Площадь лесных земель, пройденная пожарами, га

Источник: составлено авторами по данным Федеральной службы государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/sdg/national> (дата обращения: 31.05.2025).

За период с 2018 по 2022 гг. значение данного показателя возросло, что является негативной динамикой. Значения за 2023–2025 гг. являются прогнозными значениями, закреплёнными в паспорте государственной программы.

Данная государственная программа также содержит следующий показатель ЦУР 15, характеризующий отношение

площади лесовосстановления и лесоразведения к площади вырубленных и погибших лесных насаждений, динамика которого представлена на рис. 11.

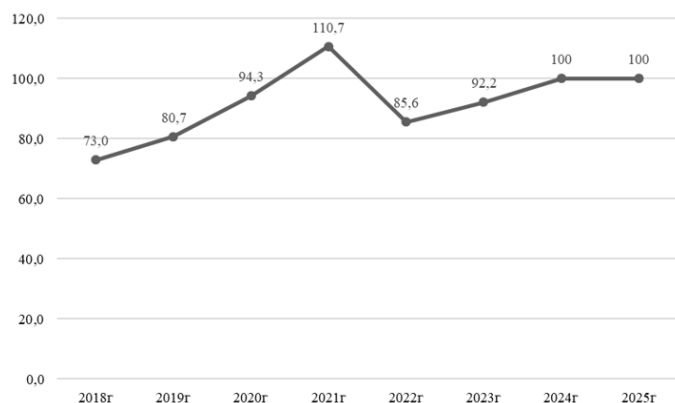


Рис. 11. Отношение площади лесовосстановления и лесоразведения к площади вырубленных и погибших лесных насаждений, %

Источник: составлено авторами по данным Федеральной службы государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/sdg/national> (дата обращения: 31.05.2025).

В период с 2018 по 2022 год данный показатель вырос на 12,6%, а в 2025 году ожидается рост еще на 14,4% в сравнении с 2022 годом.

Также в комплексе процессных мероприятий «Сохранение биологического разнообразия» представлен показатель ЦУР 15 «Доля объектов животного и растительного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации, от общего количества объектов животного и растительного мира, зарегистрированных на территории Российской Федерации – млекопитающие», который в период с 2023 по 2025 гг. по прогнозным значениям будет равен 21,3%.

Таким образом, многие показатели ЦУР активно реализуются в рамках государственных программ и их структурных элементов. Наблюдается положительная динамика большинства показателей.

В национальном наборе показателей целей устойчивого развития 28 показателей, которые относятся к экологическим ЦУР и напрямую связаны с вопросами экологии.

Однако не все эти показатели нашли свое отражение в документах стратегического государственного управления. Показатели ЦУР 6, 7, которые не были отражены в системе государственных программ, национальных проектов и структурных элементах данных документов. Также не отражены в документах показатели ЦУР 11 «Доля уловленных и обезвреженных загрязняющих атмосферу веществ в общем количестве отходящих загрязняющих веществ от стационарных источников» и «Численность населения,

проживающего в неблагоприятных экологических условиях (в городах с высоким и очень высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха)», ЦУР 13 «Количество отраслевых, региональных и корпоративных планов адаптации к изменению климата», «Площадь нелесных земель, пройденная пожарами», ЦУР 14 «Доля охраняемых морских районов», «Биомасса и численность промыслового запаса водных биологических ресурсов», «Количество морских экспедиций по осуществлению мониторинга состояния и загрязнения акваторий Мирового океана», ЦУР 15 «Доля охраняемых районов среди важных для горного биоразнообразия участков», «Индекс физического объема природоохранных расходов на сохранение биоразнообразия и охрану природных территорий в % к предыдущему году, в сопоставимых ценах».

Оценку интеграции показателей устойчивого развития в систему стратегического государственного управления следует рассматривать как процентное отношение внедренных в систему стратегических документов показателей ЦУР к общему количеству показателей ЦУР.

Так можно рассчитать уровень интеграции показателей ЦУР для каждой из целей, посвященных экологии: ЦУР 6 – 50%, ЦУР 7 – 100%, ЦУР 11 – 66,7%, ЦУР 12 – 75%, ЦУР 13 – 33,3%, ЦУР 14 – 0%, ЦУР 15 – 50%.

Всего 28 экологических показателей ЦУР, 15 из которых внедрены в систему стратегического управления.

Уровень интеграции показателей устойчивого развития в систему стратегического управления равен 53,6%.

Таким образом, уровень интеграции показателей устойчивого развития в систему документов стратегического управления находится на достаточно посредственном месте, что требует существенных преобразований в процессе реализации данной интеграции.

ВЫВОДЫ

Интеграция показателей ЦУР в систему стратегического государственного управления является важным инструментом для достижения устойчивого развития. Это позволяет учитывать экономические, социальные и экологические аспекты при принятии решений, что способствует более эффективному использованию ресурсов и снижению негативного воздействия на окружающую среду.

Страны, которые интегрировали показатели устойчивого развития в свою стратегическую политику, достигают более высоких результатов в области экономического роста, социального благополучия и охраны окружающей среды. [8]

В целом интеграция показателей устойчивого развития в систему стратегического государственного управления яв-

ляется важным шагом на пути к достижению устойчивого развития. Однако для успешной интеграции показателей устойчивого развития необходимо обеспечить отсутствие недочетов в данной процедуре.

На основе проведенного анализа можно сделать вывод о том, что современное состояние интеграции показателей устойчивого развития несовершенно и требует существенных доработок.

Уровень интеграции показателей устойчивого развития в систему стратегического управления равен 53,6%, что совершенно незначительно превышает 50% и говорит о низком уровне интеграции показателей. Это, в свою очередь, негативно сказывается не только на достижении показателей ЦУР, но и на обеспечении устойчивого социально-экономического развития государства в целом.

Безусловно, низкий уровень интеграции обусловлен наличием различного рода проблем в процессе внедрения показателей ЦУР в систему стратегического государственного управления. Подобная ситуация неблагоприятно сказывается на реализации целей устойчивого развития, а также мешает формированию объективной оценки реализации государственных программ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В России идет системная работа по направлению устойчивого развития и достижения целей устойчивого развития [9]. За последние годы заметна поэтапная смена с экологического на эколого-экономическое регулирование [10].

Важность объективности в системе интеграции показателей устойчивого развития в систему стратегического государственного управления заключается в том, что она позволяет сформировать полную картину без искажения фактов и уровня реализации мероприятий и программ. Это помогает избежать ошибок и недостаточной информированности при принятии решений, которые могут привести к негативным последствиям для экономического, социального и экологического благополучия.

Объективность также является важным инструментом для обеспечения прозрачности и открытости процесса интеграции показателей устойчивого развития. Это позволяет государственным органам и другим заинтересованным сторонам получать доступ к достоверной информации о состоянии экономического, социального и экологического развития, что способствует более эффективному управлению.

Для обеспечения объективности в системе интеграции показателей устойчивого развития в систему стратегического государственного управления необходимо не допускать игнорирования ряда показателей ЦУР.

Список использованных источников и литературы

1. Воронина Е.В., Ушакова Е.В., Дмитриева Т.А. Особенности реализации стратегий устойчивого развития на региональном уровне управления в условиях глобальных вызовов // Креативная экономика. 2023. № 6. Том 17. С. 2061–2080. <https://doi.org/10.18334/ce.17.6.118240>. URL: <https://creativeconomy.ru/lib/118240> (дата обращения: 05.06.2025).
2. Коршунов И.В. Устойчивое развитие в стратегиях регионов: выбираемые подходы и решения // Экономика региона. 2023. 19(1). С. 15–28. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2023-1-2>.
3. Алешникова В.И. Интегральный измеритель экологического развития регионов / В.И. Алешникова, Т.А. Бурцева // Регион: системы, экономика, управление. 2023. № 2(61). С. 41–49. DOI 10.22394/1997-4469-2023-61-2-41-49.
4. Сугак Е.В. Устойчивое развитие и экологическая безопасность промышленных регионов России. // Региональная экономика и управление: электронный журнал. 2020. №3 (63). URL: <https://eee-region.ru/article/6302/> (дата обращения: 06.06.2025).
5. Шумилов Ю.В. Концепция устойчивого развития в неустойчивом мире. // Вестник Международной академии наук (Русская секция). 2017. № 1. С. 17–20.
6. Пасмурцева Н.Н. Формирование системы государственного стратегического управления: модель и проблемы реализации // Московский экономический журнал 2020. № 8. DOI 10.24411/2413-046X-2020-10588. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-sistemy-gosudarstvennogo-strategicheskogo-upravleniya-model-i-problemy-realizatsii> (дата обращения 06.06.2025).
7. Роль национально ориентированного подхода к разработке ESG-стандартов / М.И. Ломакин, А.В. Докукин, А.В. Гарин, А.Е. Сыромятников // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2022. № 2(66). С. 22–25
8. Комаров В.М., Волошинская А.А. Национальные стратегии устойчивого развития: сравнительный анализ // ЭКО. 2021. № 1. С. 112–129. <https://doi.org/10.30680/ECO0131-7652-2021-1-112-129>
9. Синцова Е.А. Цели устойчивого развития в российских регионах: процессы их формирования и внедрения / Е. А. Синцова, О. Г. Смешко // Экономика и управление. 2023. № 8, Т. 29. С. 871–881. <http://doi.org/10.35854/1998-1627-2023-8-871-881>
10. Панова Е.В. Устойчивое развитие как основа экологической политики России: понятие и основные характеристики. Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2022. №(5) С. 9–23. URL: <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2022-64-5-9-23> (дата обращения: 06.06.25).

MANAGEMENT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE REGIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION IN THE CONTEXT OF ENVIRONMENTAL INDICATORS

Voronina N.F., Candidate of Sociological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economics and Management of the Aviation Industry of Moscow Aviation Institute

Anopchenko T. Y., Professor of the Department of State and Municipal Administration «PRUE named after G.V. Plekhanov» (Moscow)

In the presented study, the authors considered the issue of managing sustainable development of the territory of the Russian Federation in the structure of compliance of the used assessment indicators with the Sustainable Development Goals (SDGs). The importance of effective implementation of the SDGs in Russia is determined by the country's strategic development documents. The implementation of this activity and the assessment of effectiveness is impossible without the introduction of assessment indicators of sustainable development into the system of strategic public administration. Strategic public administration determines the priority directions of public policy, ensures the development of measures for their implementation and monitors, therefore, the integration of sustainable development assessments into this system is a prerequisite for the effective implementation of the SDGs at the present stage, conducive to sustainable socio-economic development of the state, which is currently one of the priorities of government activities. Emphasizing the impact of assessment indicators on the dynamics of territorial development, the authors examined environmental issues in more detail. It is determined that there is a problem in the system of integration of environmental indicators of sustainable development of the Russian Federation into the system of strategic public administration. The main problems of integrating indicators into the system of strategic public administration include the absence of a number of indicators in strategic management documents and the exclusion of a number of indicators from these documents. Proposals aimed at solving the identified problem have been developed. The assessment of the managerial effectiveness of the developed proposals was carried out and it was shown that it is possible to improve the quality of the implementation of state programs, reduce the distortion of the objectivity of the integrated assessment of the effectiveness of state programs. The priority direction of development has been identified, namely the inclusion of a complete list of SDG indicators in strategic public administration documents.

Keywords: strategic development documents, sustainable development, environmental indicators of sustainable development, public administration, strategic planning.

For citation: Voronina N.F., Anopchenko T.Y. Management of sustainable development of the regions of the Russian Federation in the context of environmental indicators. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2025; 4(85): 76–85. (In Russ.).

References

1. Voronina E.V., Ushakova E.V., & Dmitrieva, T.A. (2023). Osobennosti realizatsii strategii ystoichivogo rasvitiya na regional'nom yrovne upravleniya v usloviyakh global'nykh visovov. [Specifics of sustainable development strategies at the regional level amidst global challenges]. Kreativnaya ekonomika. [Creative Economy]. 17(6), 2061–2080. <https://doi.org/10.18334/ce.17.6.118240> URL: <https://creativeeconomy.ru/lib/118240>. (accessed on 31.12.2023). (In Russ.).
2. Korshunov, I.V. (2023). Sustainable Development in Regional Strategies: Approaches and Solutions. Ekonomika regiona / Economy of regions, 19(1), Pp. 15–28, <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2023-1-2>. (In Russ.).
3. Aleshnikova, V. I. (2023). Integral'nyy izmeritel' ekologicheskogo rasvitiya regionov. [Integral meter of ecological development of regions] / V. I. Aleshnikova, T. A. Burtseva // Region: sistemy, ekonomika, upravleniye. [Region: systems, economics, management]. № 2(61). Pp. 41–49. DOI 10.22394/1997-4469-2023-61-2-41-49. (In Russ.).
4. Sugak E.V. (2020). Ystoichivoe rasvitiye b ekologicheskoy besopasnost' promishlennyykh regionov Rossii. [Sustainable development and environmental safety of industrial regions of Russia]. Regional'naya ekonomika i upravleniye: elektronnyy zhurnal. [Regional Economics and Management: electronic journal]. No. 3 (63). URL: <https://eee-region.ru/article/6302/> (accessed on 31.12.2023). (In Russ.).

5. Shumilov Yu.V. (2017). Konzepzia ystoichivogo razviti v neystoichivom mire. [The concept of sustainable development in an unstable world]. Vestnik Megdinarodnoi akademii nayk. [Bulletin of the International Academy of Sciences. The Russian section]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kontseptsiya-ustoychivogo-razvitiya-v-neustoychivom-mire/> (accessed on 31.12.2023). (In Russ.).
6. Pasmurtseva N.N. (2020). Formirovanie sistemy gosylfrstvennogo strategicheskogo upravleniya: model' i problemy realizazii. [Formation of the state strategic management system: model and problems of implementation]. Moscovskii ekonomicheskii shyrnal. [Moscow Economic Journal]. N8. DOI 10.24411/2413-046X-2020-10588. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-sistemy-gosudarstvennogo-strategicheskogo-upravleniya-model-i-problemy-realizatsii> (accessed on 31.12.2023). (In Russ.).
7. Rol' natsional'no orientirovannogo podhoda k razrabotke ESG-standartov [THE role of a national oriented approach to the development of ESG standards] / Lomakin M.I., Dokukin A.V., Garin A.V., Syromyatnikov A.E. (2022) // Informatsionno-`ekonomicheskie aspekty standartizatsii i tehničeskogo regulirovaniya. 2022. № 2(66). Pp. 22–25. (In Russ.).
8. Komarov V.M., Voloshinskaya A.A. (2021). Nazional'nie strategii ystoichivogo razvitiya: sravnitel'nii analiz. [National strategies for sustainable development: comparative analysis]. //ECO [ECO]. № 1. С. 112–129. <https://doi.org/10.30680/ECO0131-7652-2021-1-112-129>. (In Russ.).
9. Sintsova E. A. (2023) Celi ystoichivogo rasvitiya v rossiiskix regiona: procesi ix formirovaniya i vnedreniya. [Sustainable Development goals in Russian regions: the processes of their formation and implementation] / E.A. Sintsova, O.G. Smeshko // Ekonomika i upravlenie. [Economics and management]. vol. 29, No. 8. pp. 871–881. <http://doi.org/10.35854/1998-1627-2023-8-871-881> (In Russ.).
10. Panova E.V. (2022). Ystoichivoe razvie kak osnova ekologicheskoi politiki Rossii: ponytia b osnovnie xarakteristiki. [Sustainable development as the basis of Russia's environmental policy: the concept and main characteristics]. Izvestia vicsix ychebnix zavedenii. Geologia I razvedka. [News of higher educational institutions. Geology and exploration], (5): 9–23. URL: <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2022-64-5-9-23> (accessed on 30.12.23). (In Russ.).

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗОПРЕНОВОГО КАУЧУКА (СКИ-3) В УСЛОВИЯХ ЭКОНОМИКИ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА

Мешалкин В.П., академик РАН, д-р техн. наук, профессор, директор Международного института логистики ресурсосбережения и технологической инноватики (НОЦ), профессор кафедры логистики и экономической информатики, ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», г. Москва

Кудрявцева С.С., д-р экон. наук, доцент, профессор кафедры логистики и управления ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань

Минулина О.В., соискатель кафедры логистики и управления, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань

В статье предложена методика по расчету эффективности системы водопользования в производстве изопренового каучука (СКИ-3) в условиях экономики замкнутого цикла. Благодаря предлагаемой методике у пользователей имеется инструментальный и методические наработки, которые позволяют оценивать эффективность производственных систем в условиях экономики замкнутого цикла. Апробация данной методики приведена на примере нефтехимических производств в части их водоснабжения. Применение методики позволяет автоматизировать расчет эффективности водопользования в нефтехимических производствах в экономике замкнутого цикла, по таким параметрам, как расчетный объем воды, возвращаемый в производственный цикл; объем воды, поступающей в водооборотный цикл производства вместе с сырьем мономером-изопреном; удельный вес воды, используемой в системе замкнутого водоснабжения; коэффициент использования первичной воды из стороннего источника; удельный вес потери воды в процессе производства каучука.

Ключевые слова: водопользование, экономика замкнутого цикла, изопреновый каучук, эффективность систем, балансовая модель, ресурсосбережение.

Цитирование: Мешалкин В.П., Кудрявцева С.С., Минулина О.В. Анализ эффективности организации систем водопользования в производстве изопренового каучука (СКИ-3) в условиях экономики замкнутого цикла // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2025. № 4(85). С. 86–90.

ВВЕДЕНИЕ

Ресурсоэнергосбережение позволяет не только обеспечить природные и материальные ресурсы для будущих поколений, растянуть на значительно более длительные сроки их рациональное использование и обеспечить охрану окружающей среды, но также открывает широчайшие возможности для увеличения объема выпуска высококачественной продукции при тех же или даже меньших затратах общественного труда и экономии капитальных вложений.

Важным показателем эффективности химико-технологической системы и уровня ресурсоэнергосбережения в нефтегазохимическом комплексе является материалоемкость продукции. Материалоемкость продукции — это удельный расход всех видов материальных ресурсов, необходимых для изготовления единицы какой-либо продукции, который выражается либо в натуральных показателях, либо в процентах стоимости использованных сырья и топливно-энер-

гетических ресурсов в себестоимости продукции. Снижение материалоемкости химической продукции позволяет повысить уровень ресурсосбережения в промышленности.

В современных малоотходных производственных системах в силу ограниченности технологий переработки побочных продуктов имеется возможность замыкать лишь отдельные стадии технологического процесса. Наиболее часто на нефтехимических предприятиях прибегают к рациональному потреблению энергетических ресурсов и используют замкнутое или обратное водоснабжение [1–4].

В нефтехимическом производстве циркулирует значительное количество воды для различных целей. Например, в производстве синтетического каучука в ПАО «Нижнекамскнефтехим» потребляется до 1600 м³ на тонну продукции. Вода используется для технологических целей (как растворитель, как среда для осуществления физических и

механических процессов и пр.), в качестве теплоносителя и хладагента, в качестве сырья и реагента.

При этом водооборотные циклы технологических установок нефтехимических предприятий позволяют многократно использовать воду без выброса загрязненных стоков в водоемы, а потребление первичной воды для ее восполнения ограничено только технологическими превращениями (в качестве компонента сырья) и естественными потерями.

В нефтехимических производствах используют три основных типа систем оборотного водоснабжения. На примере производства изопренового каучука (СКИ-3) завода по производству синтетических каучуков ПАО «Нижнекамскнефтехим» визуализирована схема оборотного водообеспечения с охлаждением воды. В целом в производстве каучука СКИ-3 минимальный и максимальный расход воды (первичной воды, забираемой из внешних источников) составляет, соответственно, 0,89–0,95 Гкал/т в год [5,6].

ОСНОВНАЯ ПРОБЛЕМАТИКА СТАТЬИ

Водооборотный цикл производства СКИ-3 образует следующие потоки, которые подлежат непрерывному мониторингу на основе данных расходомеров:

поток 1 – объем первичной воды из источника (добавочный объем) (Q_1);

поток 2 – объем воды, подаваемой из резервуара в производство (Q_2);

поток 3 – объем воды, безвозвратно потребляемый в производстве (Q_3);

поток 4 – объем оборотной воды как вторичного ресурса (Q_4);

поток 5 – объем потерь воды на испарение и унос из охладительных установок (Q_5);

поток 6 – объем воды, сбрасываемой в водоем (Q_6).

поток 7 – объем воды, удаляемой со шламом (остаточным продуктом) (Q_7).

Водооборотный цикл состоит из семи основных потоков, которые образуют балансовые модели. Исходя из представленных выше схем водооборота в производстве можно выделить базовые балансовые равенства, определяемые объем первичного водного ресурса (приобретаемого со стороны) и вторичного водного ресурса, возвращаемого в производственный цикл.

Балансовая модель № 1 – баланс объема добавочной первичной воды из источника ввиду безвозвратных потерь воды в процессе производства:

$$Q_1 = \sum (Q_3, Q_5, Q_6, Q_7), \quad (1)$$

где Q_1 – объем первичной воды из источника (добавочный объем);

Q_3 – объем воды, безвозвратно потребляемый в производстве;

Q_5 – объем потерь воды на испарение и унос из охладительных установок;

Q_6 – объем воды, сбрасываемой в водоем;

Q_7 – объем воды, удаляемая со шламом (остаточным продуктом).

Балансовая модель № 2 – баланс оборотной воды как вторичного ресурса, возвращаемого в производственный цикл:

$$Q_4 = Q_2 - \sum (Q_3, Q_5, Q_6, Q_7), \quad (2)$$

где Q_4 – объем оборотной воды как вторичного ресурса;

Q_2 – объем воды, подаваемой из резервуара в производство.

Технология непрерывного мониторинга на основе данных, аккумулируемых с расходомеров, позволяет формировать базу данных о расходе воды на том или ином участке (потоке) замкнутого водообращения. Ниже в табл. 1 представ-

Таблица 1

Данные с расходомеров воды в водооборотном цикле и параметры технического регламента производства каучука СКИ-3 (рассчитано авторами)

№ ЗАМЕРА	ОБЪЕМ ВОДЫ, ПОДАВАЕМОЙ ИЗ РЕЗЕРВУАРА В ПРОИЗВОДСТВО (Q_2), м³ В СУТКИ	ОБЪЕМ ВОДЫ, СБРАСЫВАЕМОЙ В ВОДОЕМ (Q_6), м³ В СУТКИ	ОБЪЕМ СЫРЬЯ (МОНОМЕРА-ИЗОПРЕНА), ТОНН В СУТКИ	ЗАДАННЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ РЕЦИРКУЛЯЦИИ ПОТОКА ВОДЫ (λ)	ВЛАЖНОСТЬ МОНОМЕРА-ИЗОПРЕНА (β), %
1	43700	600	12700	0,45	30
2	29700	650	13000	0,45	30
3	47500	660	13100	0,50	32
4	28500	690	13400	0,55	32
5	25000	710	13600	0,45	32

лены отдельные параметры процесса водной дегазации полимеризата в производстве СКИ-3 (на примере ПАО «Нижнекамскнефтехим»). Замеры производились по партиям изопренового каучука в течение 6 календарных месяцев. Отметим, что расчет эффективности системы водопользования в производстве СКИ-3 произведен при отсутствии расходомера на участке «Поток 4 – объем оборотной воды как вторичного ресурса».

Эффективность системы водопользования в производстве СКИ-3 в условиях замкнутого цикла рассчитаем по следующим показателям.

1. Расчетный объем воды, возвращаемый в производственный цикл:

$$Q_{4расч} = Q_2 \times \lambda , \tag{3}$$

где $Q_{4расч}$ – расчетный объем оборотной воды как вторичного ресурса;
 Q_2 – объем воды, подаваемой из резервуара в производство;
 λ – заданный коэффициент рециркуляции потока воды.

2. Объем воды, поступающей в водооборотный цикл производства вместе с сырьем мономером-изопреном:

$$Q_8 = Q_{сырья} \times \beta , \tag{4}$$

где Q_8 – объем воды, поступающей в водооборотный цикл производства вместе с сырьем (мономером-изопреном);
 $Q_{сырья}$ – объем сырья (мономера-изопрена), поступающего в производство;
 β – влажность мономера-изопрена.

3. Удельный вес воды, используемой в системе замкнутого водоснабжения:

$$УЗВ = \frac{Q_{4расч}}{\Sigma (Q_{4расч}, Q_2, Q_8)} * 100, \tag{5}$$

где $УЗВ$ – удельный вес воды, используемой в системе замкнутого водоснабжения, %;
 $Q_{4расч}$ – расчетный объем оборотной воды как вторичного ресурса;
 Q_2 – объем воды, подаваемой из резервуара в производство;
 Q_8 – объем воды, поступающей в водооборотный цикл производства вместе с сырьем (мономером-изопреном).

4. Коэффициент использования первичной воды из стороннего источника, определяющий рациональность использования воды на производство каучука СКИ-3:

$$Кив = \frac{Q_2 + Q_8 - Q_6}{Q_2 + Q_8}, \tag{6}$$

где $Кив$ – коэффициент использования в производстве первичной воды из стороннего источника;
 Q_2 – объем воды, подаваемой из резервуара в производство;
 Q_8 – объем воды, поступающей в водооборотный цикл производства вместе с сырьем (мономером-изопреном);
 Q_6 – объем воды, сбрасываемой в водоем.

5. Удельный вес потери воды в процессе производства каучука:

$$УПВ = \frac{Q_2 + Q_8 - Q_6}{Q_2 + Q_8 + Q_{4расч}} \times 100, \tag{7}$$

где $УПВ$ – удельный вес потери воды в процессе производства каучука, %;
 Q_2 – объем воды, подаваемой из резервуара в производство;
 Q_8 – объем воды, поступающей в водооборотный цикл производства вместе с сырьем (мономером-изопреном);

Таблица 2

Результаты расчета эффективности системы водопользования в производстве СКИ-3 в условиях экономики замкнутого цикла (рассчитано авторами)

№ ЗАМЕРА	РАСЧЕТНЫЙ ОБЪЕМ ВОДЫ, ВОЗВРАЩАЕМЫЙ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦИКЛ, М³ В СУТКИ	ОБЪЕМ ВОДЫ, ПОСТУПАЮЩЕЙ В ВОДООБОРОТНЫЙ ЦИКЛ ПРОИЗВОДСТВА ВМЕСТЕ С СЫРЬЕМ МОНОМЕРОМ-ИЗОПРЕНОМ, М³ В СУТКИ	УДЕЛЬНЫЙ ВЕС ВОДЫ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ В СИСТЕМЕ ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ, % ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ (МЛ/АИ)	КОЭФФИЦИЕНТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЕРВИЧНОЙ ВОДЫ ИЗ СТОРОННЕГО ИСТОЧНИКА	УДЕЛЬНЫЙ ВЕС ПОТЕРИ ВОДЫ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА КАУЧУКА, %
1	19665,00	3810,00	29,27	0,99	69,83
2	13365,00	3900,00	28,46	0,98	70,16
3	23750,00	4192,00	31,48	0,99	67,64
4	15675,00	4288,00	32,34	0,98	66,23
5	11250,00	4352,00	27,71	0,98	70,54

Q_6 – объем воды, сбрасываемой в водоем;

$Q_{4\text{расч}}$ – расчетный объем оборотной воды как вторичного ресурса.

В табл. 2 сведены рассчитанные значения эффективности системы водопользования в производстве СКИ-3 в условиях замкнутого цикла. Удельный вес воды, используемой в системе замкнутого водоснабжения, составляет в среднем по пяти замерам производства 29,85% при максимальном значении 32,34%.

Коэффициент использования первичной воды из стороннего источника менее 1 ($0,98 < 1$), что входит в диапазон допустимых значений, но приближается к верхней границе диапазона. Удельный вес потери воды в процессе производства каучука в среднем по всем замерам составляет 68,88%. По нормативам использования воды данный показатель должен быть не более 100%, что в данном случае выполняется.

Однако при соблюдении ограничений использования водных ресурсов, установленных технологическим регламентом производства каучука СКИ-3, рассчитанные параметры свидетельствуют об относительно невысоком уровне замкнутости водооборота в производстве. Также есть вероятность технически и технологически устаревших требований по использованию воды в производ-

ственном регламенте предприятия. Установленные диапазоны значений характерны для схем традиционного прямоточного водообеспечения, а не замкнутого водооборотного цикла.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, для повышения замкнутости водооборотного цикла необходимо:

- 1) автоматизировать производственный мониторинг, предусматривающий передачу данных с расходомеров воды на каждом участке производственного цикла и формирование базы данных;
- 2) проводить регулярный анализ данных о расходе водных ресурсов, эффективности их использования (удельный вес воды, используемой в системе замкнутого водоснабжения; коэффициент использования первичной воды из стороннего источника; удельный вес потери воды в процессе производства каучука);
- 1) при модернизации технологических линий производства уделить внимание процессу водообеспечения с акцентом на повышение замкнутости водооборотного цикла (поиск и разработка технологий зацикливания воды, подбор соответствующего оборудования, размещение и развитие смежных производств с целью интеграции водных потоков и т.д.).

Список использованных источников и литературы

1. Мешалкин В.П. Основы интенсификации и ресурсоэнергоэффективности химико-технологических систем. – Смоленск: Универсум, 2021. – 999 с.
2. Mendeleev Communications. 2024. Vol. 34. Is. 5. P. 609–768.
3. Shinkevich A.I., Kudryavtseva S.S., Simaeva E.P., Stolyarova A.N., Kharisova G.M., Petrova E.V. Transport and communication space development in open innovation model // Espacios. 2018. T. 39. № 9. С. 27–36.
4. Шинкевич А.И., Кудрявцева С.С., Барсегян Н.В. Моделирование и оптимизация организационных структур и производственных процессов. – Курск: Университетская книга, 2021. – 102 с.
5. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 32-217 «Производство полимеров, в том числе биоразлагаемых». – Бюро НТД, 2017. – 401 с.
6. Лаптедутье Н.К., Дремичева Н.К. Водопользование на предприятиях по добыче и переработке нефти. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2017. – 105 с.

ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF ORGANIZING WATER MANAGEMENT SYSTEMS IN THE PRODUCTION OF ISOPRENE RUBBER (SKI-3) IN THE CONDITIONS OF A CLOSED-LOOP ECONOMY

Meshalkin V.P., Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of the International Institute of Logistics of Resource Conservation and Technological Innovation (REC), Professor of the Department of Logistics and Economic Informatics, D.I. Mendeleev Russian University of Chemical Technology, Moscow

Kudryavtseva S.S., Doctor of Economics, Associate Professor, Professor of the Department of Logistics and Management, Kazan National Research Technological University, Kazan

Minulina O.V., applicant of the Department of Logistics and Management, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kazan National Research Technological University», Kazan

The article proposes a methodology for calculating the efficiency of the water use system in the production of isoprene rubber (SKI-3) in a closed-loop economy. The proposed methodology provides users with tools and methodological developments that allow assessing the efficiency of production systems in a closed-loop economy. The methodology is tested using the example of petrochemical production in terms of their water supply. The application of the methodology allows automating the calculation of water use efficiency in petrochemical production in a closed-loop economy, based on such parameters as the estimated volume of water returned to the production cycle; the volume of water entering the water circulation cycle of production together with the raw material monomer isoprene; the specific gravity of water used in the closed-loop water supply system; the coefficient of use of primary water from an external source; the specific gravity of water loss during rubber production.

Keywords: water use, closed-loop economy, isoprene rubber, system efficiency, balance sheet model, resource conservation.

For citation: Meshalkin V.P., Kudryavtseva S.S., Minulina O.V. Analysis of the efficiency of organizing water management systems in the production of isoprene rubber (SKI-3) in the conditions of a closed-loop economy. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2025; 4 (85): 86–90. (In Russ.).

References

1. Meshalkin V.P. Osnovy intensivatsii i resursoenergoeffektivnosti himiko–tekhnologicheskikh sistem [Fundamentals of intensification and resource-energy efficiency of chemical-technological systems]. Smolensk: Universum, 2021, 999 p.
2. Mendeleev Communications. 2024. Vol. 34. Is. 5. P. 609–768.
3. Shinkevich A.I., Kudryavtseva S.S., Simaeva E.P., Stolyarova A.N., Kharisova G.M., Petrova E.V. Transport and communication space development in open innovation model. Espacios. 2018. Vol. 39. no. 9. P. 27–36.
4. Shinkevich A.I., Kudryavtseva S.S., Barsegyan N.V. Modelirovanie i optimizatsiya organizatsionnykh struktur i proizvodstvennykh processov [Modeling and optimization of organizational structures and production processes]. Kursk: Universitetskaya kniga, 2021, 102 p.
5. Informatsionno-tekhnicheskij spravochnik po nailuchshim dostupnym tekhnologiyam ITS 32-217 «Proizvodstvo polimerov, v tom chisle biorazlagaemykh» [Information and technical reference book on the best available technologies ITS 32-217 «Production of polymers, including biodegradable ones»]. Byuro NTD, 2017, 401 p.
6. Lapedul'che N.K., Dremicheva N.K. Vodopol'zovanie na predpriyatiyah po dobyche i pererabotke nefi [Water use in oil production and processing plants]. Kazan': Kazan. gos. energ. un-t, 2017, 105 p.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ФАКТОРОВ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ СОПУТСТВУЮЩИХ ПРОЦЕССОВ «ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИНЖИНИРИНГ» НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Кудрявцева С.С., д-р экон. наук, доцент, профессор кафедры логистики и управления ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань

Халиулин Р.А., соискатель кафедры логистики и управления, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань

В статье предложена методика оценки факторов эффективности организации сопутствующих процессов «проектирование и инжиниринг» нефтехимических производств. Благодаря предлагаемой методике у пользователей имеется инструментальный и методический наработки, которые позволяют оценивать факторы эффективности по сопутствующим процессам нефтехимических производств. Апробация данной методики приведена на примере сопутствующего процесса «проектирование и инжиниринг». Применение методики позволяет автоматизировать расчет эффективности факторов эффективности по сопутствующему процессу «проектирование и инжиниринг» нефтехимических производств по таким индикаторам, как валовая добавленная стоимость; уровень инновационной активности; удельный вес инновационной продукции в отгрузке; интенсивность затрат на технологические инновации; доля высокопроизводительных рабочих мест в общей численности работников; индекс производительности труда; индекс изменения фондоотдачи; доля инвестиций, направленных на модернизацию.

Ключевые слова: эффективность производства, ресурсосбережение, проектирование и инжиниринг, материально-техническое обеспечение, производительность труда, ресурсоотдача.

Цитирование: Кудрявцева С.С., Халиулин Р.А. Методика оценки факторов эффективности организации сопутствующих процессов «Проектирование и инжиниринг» нефтехимических производств // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2025. № 4(85). С. 91–94.

ВВЕДЕНИЕ

Вопросам эффективности процессов уделяется пристальное внимание со стороны всех участников производственных процессов – руководства, инвесторов, владельцев предприятий и т.п. Кроме того, большую ценность имеет не только оценка эффективности процесса, но и их сравнительный анализ со среднеотраслевым уровнем, лучшей практикой в отрасли или в сравнении с конкурентами. В этой связи становится важным оценивать эффективность не только основных процессов нефтехимических производств, но и сопутствующих. Одним из примеров сопутствующего процесса на нефтехимических предприятиях может выступать инжиниринг.

Современное понятие инжиниринга в широком смысле, в том числе в химической технологии, можно определить следующим образом. Инжиниринг – это комплексная техническая, расчетно-графическая, организационно-техническая, технико-экономическая и консультативно-техническая деятельность, которая реализует выполнение разнообразной научно-исследовательской, проектно-конструкторской, расчетно-аналитической, организационно-управленческой и технико-экономической работы на всех

этапах жизненного цикла (предпроектные исследования, технико-экономическое обоснование; бизнес-планирование; управление проектированием; разработка технических и рабочих проектов; строительство и пуск в эксплуатацию; управление эксплуатацией и техническим обслуживанием) любых производственных систем, в том числе технических и социально-экономических систем [1–4].

ОСНОВНАЯ ПРОБЛЕМАТИКА СТАТЬИ

Как показал анализ методических подходов к оценке процессов на промышленном предприятии, все они отталкиваются от ключевых показателей эффективности ресурсных и результирующих показателей производства и сведения в последующем в единый комплексный индикатор. Однако полагаем, что, принимая во внимание особенности деятельности отраслей промышленности и отдельных предприятий для разработки методик оценки эффективности процессов, в том числе сопутствующих процессов, необходимо выделять первостепенные и второстепенные индикаторы, формирующие эффективность процесса, что в дальнейшем может быть использовано в программах оптимизации и повышения ресурсоэффективности и конкурентоспособности производства. В данном случае инструментом разра-

ботки адресной методики оценки эффективности процесса может быть применен компонентно-факторный анализ [5].

Так, на примере отраслевого анализа выберем для апробации предлагаемой методики сопутствующий процесс – проектирование и инжиниринг. В качестве результирующего показателя будем использовать валовую добавленную стоимость (зависимая переменная – Y), в качестве независимых объясняющих переменных используем следующие ключевые показатели эффективности:

- X1** – уровень инновационной активности, %;
- X2** – удельный вес инновационной продукции в отгрузке, %;
- X3** – интенсивность затрат на технологические инновации, %;
- X4** – доля высокопроизводительных рабочих мест в общей численности работников, %;
- X5** – индекс производительности труда, %;
- X6** – индекс изменения фондоотдачи, %;
- X7** – доля инвестиций, направленных на модернизацию, % [6].

Динамика ключевых показателей эффективности в отраслевом разрезе по сопутствующему процессу «проектирование и инжиниринг» доступна с 2011 г. по 2023 г.

Дальнейший анализ с данными требует их приведения к сопоставимому виду, для чего проведена их стандартизация.

На первом этапе построения модели факторов эффективности сопутствующего процесса «проектирование и инжиниринг» на промышленном предприятии необходимо выделить количество факторов на основе имеющейся совокупности показателей. Для этого применен компонентный анализ в пакете Statistica. Результаты компонентного анализа показали, что данная совокупность ключевых показателей эффектив-

ности по сопутствующему процессу «проектирование и инжиниринг» может быть сгруппирована в 2 фактора (табл. 1).

Таблица 1

**Результаты компонентного анализа
ключевых показателей эффективности
по сопутствующему процессу «проектирование
и инжиниринг» (рассчитаны авторами)**

№	ЦЕЛОЕ ЗНАЧЕНИЕ ФАКТОРА	% ОБЪЯСНЯЕМОЙ ДИСПЕРСИИ	НАКОПЛЕННОЕ ЦЕЛОЕ ЗНАЧЕНИЕ ФАКТОРА	НАКОПЛЕННЫЙ % ОБЪЯСНЯЕМОЙ ДИСПЕРСИИ
1	3,645216	52,07451	3,645216	52,0745
2	1,237988	17,68555	4,883204	69,7601
3	0,996605	14,23721	5,879809	83,9973
4	0,688280	9,83257	6,568089	93,8298
5	0,233693	3,33848	6,801783	97,1683
6	0,120441	1,72059	6,922224	98,8889
7	0,077776	1,11109	7,000000	100,0000

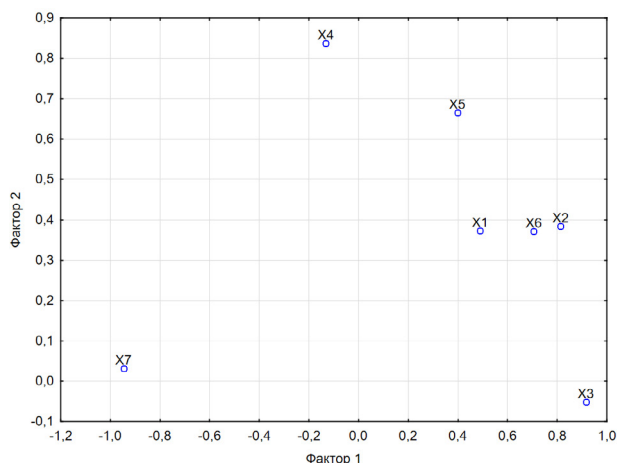
В последующем с применением методики факторного анализа ключевые показатели эффективности по сопутствующему процессу «проектирование и инжиниринг» на промышленных предприятиях были сгруппированы в два фактора. Первый фактор эффективности сопутствующего процесса объединяет показатели эффективности инновационной деятельности и материально-технического обеспечения, на его долю приходится 47,3% изменения валовой добавленной стоимости процесса, второй фактор объединяет эффективность использования человеческого капитала, и на его долю приходится 22,5% изменения валовой добавленной стоимости процесса. В совокупности два фактора объясняют 69,8% изменения валовой добавленной стоимости процесса (табл. 2).

Таблица 2

**Совокупные факторы эффективности по сопутствующему процессу «проектирование и инжиниринг»
(рассчитано авторами)**

ПЕРЕМЕННАЯ	ФАКТОРНЫЕ НАГРУЗКИ $R \geq 0,6$	
	ФАКТОР 1 – ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ	ФАКТОР 2 – ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА
X2 – удельный вес инновационной продукции в отгрузке	0,813686	
X3 – интенсивность затрат на технологические инновации	0,915911	
X6 – индекс изменения фондоотдачи	0,705561	
X7 – доля инвестиций, направленных на модернизацию	-0,945732	
X4 – доля высокопроизводительных рабочих мест в общей численности работников		0,837349
X5 – индекс производительности труда		0,666158
% объясняемой дисперсии	47,3	22,5

Распределение показателей эффективности по сопутствующему процессу «проектирование и инжиниринг» в теоретическом пространстве представлено на рисунке.



Распределение показателей эффективности по сопутствующему процессу «проектирование и инжиниринг» (построено авторами)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, предлагаемая методика оценки эффективности процесса с применением компонентно-факторного анализа позволяет, во-первых, сформировать перечень показателей, наиболее полно характеризующих определенный сопутствующий процесс; во-вторых, определить количество факторов, на которые данные показатели могут быть распределены; в-третьих, рассчитать силу влияния показателей эффективности в группе факторов на результирующий показатель эффективности, например, формирование валовой добавленной стоимости по процессу. Те показатели эффективности, которые входят в первый фактор, будут иметь большую силу влияния на итоговый показатель

и, соответственно, требуют первостепенного реагирования и как следствие, мониторинга показателей, вошедших в первый фактор влияния. Предложенная методика отличается от существующих, с одной стороны, универсальностью, т.к. алгоритм ее использования применим для всех промышленных предприятий и процессов; с другой стороны – адресность, поскольку дает возможность формировать собственные показатели и факторы эффективности, на основе чего будут приниматься решения по повышению организации и эффективности управления конкретным сопутствующим процессом, выбору средств и инструментов его мониторинга.

Социальная и экономическая эффективность использования методики оценки факторов эффективности по сопутствующему процессу «проектирование и инжиниринг» нефтехимических производств обуславливается следующими факторами:

- использование методики позволяет повысить производительность труда персонала, задействованного в расчетах эффективности процессов нефтехимических производств производства и водоснабжения за счет автоматизации данных расчетов (социальный эффект);
- применение методики позволяет автоматизировать расчет эффективности факторов эффективности по сопутствующему процессу «проектирование и инжиниринг» нефтехимических производств по таким индикаторам, как валовая добавленная стоимость; уровень инновационной активности; удельный вес инновационной продукции в отгрузке; интенсивность затрат на технологические инновации; доля высокопроизводительных рабочих мест в общей численности работников; индекс производительности труда; индекс изменения фондоотдачи; доля инвестиций, направленных на модернизацию (экономический эффект).

Список использованных источников и литературы

1. Мешалкин В.П. Основы интенсификации и ресурсоэнергоэффективности химико-технологических систем. – Смоленск: Универсум, 2021. – 999 с.
2. Meshalkin V.P., Dovì V.G., Bobkov V.I. et al. State of the art and research development prospects of energy and resource-efficient environmentally safe chemical process systems engineering // Mendeleev Communications. 2021. Is. 5. Pp. 593–604.
3. Кафаров В. В., Мешалкин В.П. Анализ и синтез химико-технологических систем. – М.: Химия, 1990. – 357 с.
4. Кудрявцева С.С. Логистическое обеспечение инновационной деятельности промышленных предприятий Республики Татарстан // Экономический вестник Республики Татарстан. 2013. № 1. С. 47–52.
5. Шинкевич А.И., Барсегян Н.В. Совершенствование методов управления производственными процессами на нефтехимических предприятиях // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ. 2020. Т. 5. С. 35–40.
6. Росстат. URL: <https://rosstat.gov.ru>.

METHODOLOGY FOR ASSESSING EFFICIENCY FACTORS IN ORGANIZING RELATED PROCESSES «DESIGN AND ENGINEERING» OF PETROCHEMICAL PRODUCTION

Kudryavtseva S.S., Doctor of Economics, Associate Professor, Professor of the Department of Logistics and Management, Kazan National Research Technological University, Kazan

Khaliulin R.A., applicant of the Department of Logistics and Management, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kazan National Research Technological University”, Kazan

The article proposes a methodology for assessing the efficiency factors of the associated processes of «design and engineering» of petrochemical production. The proposed methodology provides users with tools and methodological developments that allow assessing the efficiency factors for the associated processes of petrochemical production. The methodology is tested using the example of the associated process of «design and engineering». The application of the methodology allows automating the calculation of the efficiency factors for the associated process of «design and engineering» of petrochemical production by such indicators as gross added value; level of innovation activity; share of innovative products in shipment; intensity of costs for technological innovations; share of highly productive jobs in the total number of employees; labor productivity index; index of change in return on assets; share of investments aimed at modernization.

Keywords: production efficiency, resource conservation, design and engineering, logistics, labor productivity, resource efficiency

For citation: Kudryavtseva S.S., Khaliulin R.A. Methodology for Assessing Efficiency Factors in Organizing Related Processes «Design and Engineering» of Petrochemical Production. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2025; 4(85): 91–94. (In Russ.).

References

1. Meshalkin V.P. Osnovy intensivatsii i resursoenergoeffektivnosti himiko–tekhnologicheskikh sistem [Fundamentals of intensification and resource-energy efficiency of chemical-technological systems]. Smolensk: Universum, 2021, 999 p.
2. Meshalkin V.P., Dovì V.G., Bobkov V.I. et al. State of the art and research development prospects of energy and resource-efficient environmentally safe chemical process systems engineering. Mendelev Communications. 2021. Is. 5, pp. 593–604.
3. Kafarov V.V., Meshalkin V.P. Analiz i sintez himiko–tekhnologicheskikh sistem [Analysis and synthesis of chemical-technological systems]. Moscow: Himiya, 1990, 357 p.
4. Kudryavtseva S.S. Logisticheskoe obespechenie innovatsionnoy deyatel'nosti promyshlennykh predpriyatij Respubliki Tatarstan [Logistics support for innovative activities of industrial enterprises of the Republic of Tatarstan]. Ekonomicheskij vestnik Respubliki Tatarstan. 2013, no. 1, pp. 47–52.
5. Shinkevich A.I., Barsegyan N.V. Sovershenstvovanie metodov upravleniya proizvodstvennymi processami na neftekhimicheskikh predpriyatiyakh [Improving production process management methods at petrochemical plants]. Matematicheskie metody v tekhnike i tekhnologiyakh – MMTT. 2020. Vol. 5, pp. 35–40.
6. Rosstat, available at: URL: <https://rosstat.gov.ru>.

РАЗРАБОТКА ТРЕБОВАНИЙ К СИСТЕМАМ КЛАССИФИКАЦИИ ТУРИСТИЧЕСКИХ ТРОП В РОССИИ

Коробейников Э.Е., аспирант, Российский институт стандартизации, г. Москва

Рахманов М.Л., д-р техн. наук, главный специалист, Российский институт стандартизации, г. Москва

Целью настоящего исследования является разработка требований для классификации туристских троп на основе системы признаков, учитывающих инфраструктуру, региональные и географические особенности, информационную поддержку и безопасность.

На основе сравнительного анализа существующих отечественных практик, зарубежного опыта намечены направления развития развернутой системы классификации в области туристической отрасли.

В результате предложена комплексная система параметров для адаптации маршрутов под региональные особенности.

Ключевые слова: стандартизация, классификация, классификаторы, туристическая тропа, пешеходная (походная) туристическая инфраструктура.

Цитирование: Коробейников Э.Е., Рахманов М.Л. Разработка требований к системам классификации туристических троп в России // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2025. № 4(85). С. 95–100.

ВВЕДЕНИЕ

Пешеходный отечественный туризм является традиционно популярным направлением развития инфраструктуры туризма. Продуманность туристических маршрутов, ухоженность и уникальность природного окружения вызывают огромный интерес и одновременно требуют серьезной подготовки организаторами сопровождающей инфраструктуры [1]. Экологические тропы способствуют охране природы, просвещению, обучению и воспитанию. Создание экологических троп является комплексной работой, требующей знаний как гуманитарных, так и технических.

Туристская тропа – это маршрут с некапитальной инфраструктурой, на котором предоставляются услуги на всем его протяжении [2]. Особый вид троп – экотропы, размещенные на особо охраняемых природных территориях (ООПТ) и ограниченные в антропогенном воздействии.

Классификация туристических троп – инструмент систематизации и структурирования информации об объектах туристской инфраструктуры. Классификация как форма систематизации знаний о реальной действительности, как общенаучное направление исследований представляет собой основу системного мышления в любой теоретической и практической деятельности человека [3]. В рассматриваемой области применение классификации способствует более точному определению функциональных, эксплуатационных и потребительских характеристик пешеход-

ных троп, позволяет проводить сравнительный анализ различных типов троп по совокупности признаков, выявлять закономерности в их организации, формировать единые требования к проектированию, эксплуатации и оценке состояния таких объектов.

Существующая действительность диктует новые требования к организации различных видов туризма: оснащенность цифровой навигацией, инфраструктурой, обеспечение безопасности на маршрутах, необходимость совершенствования существующих национальных стандартов в этой области.

Нормативное регулирование туристических пешеходных троп остается фрагментарным и недостаточным, а это является одним из значимых элементов для достижения результата улучшения качества туристических троп в России. ГОСТ Р 70586-2022 устанавливает минимальные требования к оборудованию троп для обеспечения безопасности туристов и охраны природы, регулирует только отдельные параметры, не охватывая вопросы, влияющие на качество организации туристических маршрутов.¹ Вопросы организации и внедрения национальных стандартов для индустрии гостеприимства также следует рассматривать в общем ключе развития туристической индустрии. Авторы [4] делают акцент на необходимость комплексного подхода к формированию единой нормативной базы.

¹ ГОСТ Р 51303–2023 Национальный стандарт Российской Федерации. Торговля. Термины и определения (утв. Приказом Росстандарта от 30.06.2023 № 469-ст).

Применение информационных технологий позволяет расширять:

- познавательный интерес к маршрутам, историческим местам и объектам культурного наследия за счет повышения интерактивности и индивидуализации маршрутов, а также появления новых возможностей по организации тематических туристских продуктов [5];
- внедрение картографических сервисов при организации городских туристических маршрутов на основе цифровых платформ, что значительно упрощает планирование маршрутов, улучшает качество навигации для пользователей, а также позволяет оперативно корректировать маршруты [6];
- значимость иммерсивных технологий для формирования опыта путешествия и популяризации здорового образа жизни [7], на основе различных сценариев применения современных цифровых инструментов для формирования положительного пользовательского опыта.

Опыт разработки классификаторов с учетом региональных особенностей нашел отражение в общероссийском классификаторе народных художественных промыслов в составе более чем 60 регионов России [8].

Целью настоящего исследования является разработка требований для классификации туристских троп на основе системы признаков, учитывающих инфраструктуру, информационное обеспечение, региональные и географические особенности, безопасность и другие факторы.

ВЫЯВЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПРИЗНАКОВ КЛАССИФИКАЦИИ

В рамках нацпроекта «Туризм и индустрия гостеприимства» реализуются инициативы по развитию туризма на ООПТ. Классификационные признаки (шкалы) туристических маршрутов по уровню физической нагрузки и инфраструктурной обеспеченности были разработаны организацией ФГБУ «Центр развития туризма на особо охраняемых природных территориях» (структура, подведомственная Минприроды России). Данные шкалы разрабатывались в рамках проекта «Тропа», цель которого – систематизация, стандартизация и развитие экологических троп и маршрутов на ООПТ.

Данные шкалы были разработаны в рамках реализации федерального проекта «Сохранение биологического разнообразия и развитие экологического туризма», входящего в нацпроект «Экология», и предназначались для стандартизации подходов к проектированию, паспортизации, развитию экологических маршрутов на ООПТ.

Шкалы содержат градацию маршрутов по уровню физической сложности (легкие, средние, сложные) и оценку инфраструктурной оснащенности (наличие информационных щитов, навесов, мостов, туалетов, маршрутов с УФП и т.д.).

Первоначально, на наш взгляд, необходимо разработать понятийный аппарат, так как в настоящее время только к формулировке «туристическая тропа» существует множество подходов (см. табл. 1).

Таблица 1

Примеры определения понятия «туристическая тропа»

№	ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ В ОБЛАСТИ ПЕШЕХОДНЫХ ТРОП	ИСТОЧНИКИ
1	Экологическая туристская тропа – обустроенные и особо охраняемые экотуристские маршруты, создаваемые с целью экологического просвещения населения через установленные по маршруту знаки туристской навигации, например, информационные стенды	ГОСТ Р 56642–2021 ²
2	Туристская тропа – любой вид туристских (туристических) троп, установленный законодательством Российской Федерации, в том числе туристско-рекреационная тропа, также включая тропы, предназначенные для передвижения посредством велосипедов, лыж, верховой езды, мотовездеходной, снегоходной техники и пр.	ГОСТ Р 70586–2022 (п. 3.1) ³
3	Безопасность экологического туризма – безопасность туристов и экскурсантов, сохранность их имущества, а также ненанесение вреда окружающей среде	ГОСТ Р 70582–2022 (п. 3.2) ⁴
4	Туристическая тропа – это непрерывные участки территории, на которых расположена некапитальная инфраструктура (то есть сооружения, которые можно разобрать, собрать заново и перенести на новое место, навесы, благоустроенные площадки, тенты для автопарковок, легковозводимые строения и т.д.) и услуги, которые предоставляются человеку на всем протяжении маршрута	Сайт РБК ⁵

² ГОСТ Р 56642–2021 Туристские услуги. Экологический туризм. Общие требования. – М.: Российский институт стандартизации. (Дата введения: 2022-06-30).

³ ГОСТ Р 70586–2022 Туризм и сопутствующие услуги. Туристские тропы. Обустройство троп в целях обеспечения безопасности туристов и охраны окружающей среды. – М.: Российский институт стандартизации. (Дата введения: 2023-06-30).

⁴ ГОСТ Р 70582–2022 Туризм и сопутствующие услуги. Экологический туризм. Требования по обеспечению безопасности туристов. – М.: Российский институт стандартизации. (Дата введения: 2023-06-30).

⁵ Сайт РБК – URL.:<https://trends.rbc.ru/trends/green/cmrm/6538bda99a7947c388cbd487?from=copy>

С 2024 года в рамках проекта «ТропаМИР России» Агентства Стратегических инициатив (далее – АСИ) [9] было предложено внедрение унифицированной шкалы маршрутов, содержащей:

- категорию сложности (от легких прогулочных маршрутов до трекинговых троп);
- уровень инфраструктурного обеспечения (наличие мостков, лестниц, указателей, зон отдыха);
- степень цифровой интеграции (маршруты с QR-навигацией, мобильным сопровождением и т.п.);
- уровень экологической устойчивости (разделение на тропы общего и ограниченного доступа по уровню антропогенной нагрузки).

Кроме того, в проекте АСИ 2025 года предполагается введение цифрового паспорта маршрута с классификационными параметрами тропы, актуальные данные о состоянии инфраструктуры, уровнях посещаемости и природной нагрузке [10]. Но классификация АСИ ориентирована на деление троп по уровню сложности и доступности. Она не

охватывает всю возможную специфику туристических маршрутов в России: основной акцент делается на соблюдении охранных режимов и минимальных требований по ГОСТу, а не на спектр услуг, требования потребителей и инфраструктуру, а цифровые элементы классификации – мобильные приложения, QR-навигация – в настоящее время присутствуют точно и не вошли ни в одну из предложенных систем классификации.

В результате анализа было выявлено, что не существует единой отраслевой классификации пешеходных туристических троп, а есть лишь параметры, указанные в разных источниках. Основные параметры отражены в табл. 2 [11]⁶.

⁶ Минэкономразвития России проводит конкурсный отбор инвестиционных проектов по созданию модульных некапитальных средств размещения на период 2025–2027 годов // URL: https://mk.mosreg.ru/sobytiya/novosti-ministerstva/minekonomrazvitiya-rossii-provodit-konkursnyi-otbor-investicionnykh-proektov-po-sozdaniyu-modulnykh-nekapitalnykh-sredstv-razmeshheniya-na-period-2025-2027-godov-2?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.yandex.ru%2F (Дата обращения: 2.04.2025)

Таблица 2

Существующие классификационные параметры пешеходных туристических троп в РФ

ПАРАМЕТР КЛАССИФИКАЦИИ	КАТЕГОРИИ	КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ПРАКТИКЕ
По уровню физической нагрузки	Легкие, средней сложности, сложные	Определяется по протяженности маршрута, рельефу местности, перепаду высот, предполагаемой физической подготовке туриста	Используется в рамках проекта «ТропаМИР России» [9], а также в региональных туристических маршрутных сетях
По протяженности	Короткие (до 5 км), средние (5–15 км), длинные (свыше 15 км)	Туристы могут планировать маршрут с учетом времени и выносливости	Упомянуется в методических рекомендациях для ООПТ (Минприроды, 2022)
По времени прохождения	Однодневные, многодневные	Связано с наличием зон ночевки, бивуаков и уровнем автономности	Применяется в большинстве природных парков и заповедников (Кавказский заповедник, Байкальский нацпарк)
По инфраструктурной обустроенности	Необорудованные, частично оборудованные, полностью оборудованные	Учитывается наличие дорожного покрытия, лестниц, мостков, указателей, зон отдыха и т.д.	Зафиксировано в ГОСТ Р 70586–2022, а также используется в классификациях природных троп и трекинговых маршрутов
По уровню доступности для групп населения	Общедоступные, частично доступные, доступные для МГН (маломобильных групп)	Учитывается наличие пандусов, ширина тропы, уклон, возможность прохода с колясками, тактильные указатели и пр.	Применяется в проектах Минтруда, Росстандарта и ООПТ при проектировании инклюзивных маршрутов
По тематике маршрута	Природные, историко-культурные, образовательные, смешанные	Отражает тематику тропы, включая наличие информационных стендов, объектов культурного наследия, геологических или ботанических памятников	Используется в рамках федеральных и региональных туристских проектов, в том числе Фонда президентских грантов
По охраняемому статусу территории	Вне ООПТ, в пределах ООПТ (с ограничениями)	Связано с режимами охраны, допустимой антропогенной нагрузкой, требованиями к тропинной сети на ООПТ	Установлено в природоохранных нормативах, в том числе в Положениях о национальных парках
По типу навигации и маркировки	Без маркировки, с классической маркировкой, с цифровой навигацией	Учитывается наличие знаков, QR-кодов, мобильных приложений, электронных карт	Используется точно в рамках проекта «ТропаМИР России» [9] и в пилотных регионах (Карелия, Алтай, Камчатка)

В России пока не применяется комплексный подход ввиду отсутствия учета ряда значимых параметров: инфраструктура туристических троп, их сложность, уровень цифровизации и адаптивности, экологические параметры в единой отраслевой системе классификации.

В этой связи представляется целесообразным рассмотреть недостающие параметры в табл. 3 [12]. Новизна подхода заключается в том, что каждая категория может масштабироваться в зависимости от особенностей региона, доступности и нагрузки на маршрут.

Классификация служит основой для разработки и совершенствования стандартов, для сертификации объектов туристской отрасли. Наличие упорядоченной системы позволит унифицировать процессы управления, упростит взаимодействие между участниками туристского рынка, поспособствует более эффективному планированию туристских маршрутов, что положительно скажется на уровне потребительского спроса.

В результате рассмотренных параметров для системы классификации возможно создать основу для дальнейшего фор-

Таблица 3

Недостающие параметры для единой отраслевой системы классификации

КАТЕГОРИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ	ОПИСАНИЕ	ПРИМЕРЫ ОБЪЕКТОВ	ПОДХОДЫ К РЕАЛИЗАЦИИ	ОЖИДАЕМЫЙ ЭФФЕКТ И ОБОСНОВАНИЕ
Базовая	Элементы, обеспечивающие безопасность, проходимость и ориентирование на маршруте	Покрытие (щебень, дерево), мосты, лестницы, поручни, тросы, маркировка	Разработка и внедрение технических стандартов регионального уровня; обязательные чек-листы для мониторинга и аудита троп	Повышение безопасности и доступности. Согласно исследованию Ассоциации треккинга Европы (ERA, 2019) тропы с элементарной инженерной проработкой имеют на 37% меньше травм и инцидентов. Стандартизация маршрутов снижает барьеры входа для начинающих туристов и пожилых людей
Комфортная	Объекты, улучшающие условия пребывания и отдыха	Лавочки, навесы, туалеты, питьевые фонтанчики, зоны укрытия	ГЧП, интеграция с программами развития туризма и экпросвещения, использование модульных конструкций	Рост посещаемости и туристской лояльности. По данным Всероссийского центра изучения общественного мнения (2022) наличие удобств увеличивает долю повторных посещений маршрута на 25%. Особенно важна комфортная инфраструктура для семей с детьми и пожилых туристов
Информационная	Навигационные и цифровые решения	Указатели, карты, QR-коды, мобильные приложения, GPS, онлайн-гиды	Создание цифровой платформы маршрутов с открытым API, стандарты визуализации карт	Снижение дезориентации и потерь. Исследование Университета Турку (Финляндия, 2020) показало, что наличие GPS и цифровых карт снижает количество потерявшихся в 2,5 раза. Повышается вовлеченность молодежи благодаря использованию цифровых сервисов
Коммерческая	Инфраструктура для оказания платных услуг и развития предпринимательства	Прокат, кемпинги, торговые точки, кафе	Создание концессионных зон, стандарты экобизнеса на тропе	Развитие местной экономики. По оценке РСТ (Российского союза туриндустрии, 2021) каждая точка продаж на популярном маршруте создает от 2 до 5 рабочих мест и стимулирует локальное производство. При этом при грамотном зонировании негативное воздействие на природу минимизируется
Экологическая	Элементы, предотвращающие деградацию окружающей среды	Контейнеры, биотуалеты, настилы, маршруты с низким воздействием	Внедрение «зеленого кодекса троп», системы постоянного мониторинга, экологическое проектирование	Снижение экологической нагрузки и повышение устойчивости маршрутов. Согласно исследованию Национального парка «Йеллоустоун» (США, 2018) внедрение деревянных настилов и биотуалетов снизило эрозию почв на 60% и загрязнение источников на 75%. Экологическая составляющая формирует долгосрочную устойчивость туризма

мирования и утверждения нормативной базы стандартов туристических маршрутов на основе учета различных метрик и классификаторов, применимым к любым природным объектам, условиям и региональным особенностям.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемая классификация адаптирована под условия функционирования в рамках ООПТ, направлена на повышение управляемости, экологической безопасности и туристической привлекательности троп.

На основании анализа подходов к развитию инфраструктуры пешеходных туристических маршрутов, представленных в практиках европейских стран, результатах отече-

ственных исследований и практической логике устойчивого туризма, целесообразно разработать классификацию на основании функциональности инфраструктурных элементов троп. Такая классификация может учитывать не только иерархию, но и целевую направленность и взаимодополняемость компонентов: базовую, комфортную, информационную, коммерческую и экологическую инфраструктуру.

Предложенные параметры для системы классификации позволяют планировать развитие троп не как жестко регламентированный обязательный шаблон для организации туристической тропы, а как гибкий набор модулей, адаптируемый под природные условия, социально-экономический контекст региона и туристический трафик.

Список использованных источников и литературы / References

1. Воробьева В.С., Тлустый Р.Е. Формирование экологических троп как основа развития культурно-рекреационной среды особо охраняемых территорий в Приморском крае // Архитектура и дизайн: история, теория, инновации. 2018. № 3. С. 91–95. / Vorobyeva V.S., Tlusty R.E. Formirovanie ekologicheskikh trop kak osnova razvitiya kul'turno-rekreacionnoj sredy osobo ohranyaemykh territorij v Primorskom krae // Architecture and design: history, theory, innovations, 2018, no. 3, pp. 91–95. (In Russ.).
2. В помощь проектировщикам и создателям туристских троп – подробное руководство Агентства стратегических инициатив // ВИЗИТАЛТАЙ. Туристический портал Алтайского края [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.kgafk.ru/kgufk/html/gyr.html>. // URL: <https://visitaltai.info/news/v-pomoshch-proektirovshchikam-i-sozdatelam-turistskikh-trop-podrobnoe-rukovodstvo-agentstva-strateg/> (Дата обращения: 13.03.2025). / To help designers and creators of tourist trails, a detailed guide from the Agency for Strategic Initiatives // VISITALTAI. The tourist portal of the Altai Territory [Electronic resource]. – URL: <http://www.kgafk.ru/kgufk/html/gyr.html> // URL: <https://visitaltai.info/news/v-pomoshch-proektirovshchikam-i-sozdatelam-turistskikh-trop-podrobnoe-rukovodstvo-agentstva-strateg/> (Accessed 13 march 2025). (In Russ.).
3. Омельченко В.В. Основы систематизации: Методология и философские аспекты. Принципы и законы познания реальной действительности. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012. – 480 с. / Omelchenko V.V. Osnovy sistematizacii: Metodologiya i filosofskie aspekty. Principy i zakony poznaniya real'noj dejstvitel'nosti. Moscow: Book house «LIBROCOM» Publ., 2012, 480 p. (In Russ.).
4. Пономарева А.В., Зворыкина Т.И. Формирование национальных стандартов для индустрии гостеприимства: организационный подход // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2025. № 1(82). С. 25–28. / Ponomareva A.V., Zvorykina T.I. Formirovanie nacional'nyh standartov dlya industrii gostepriimstva: organizacionnyj podhod. Information and economic aspects of standardization and technical regulation, 2025, no. 1(82), pp. 25–28. (In Russ.).
5. Морозов В.В., Немтинов В.А., Протасова Ю.В. Использование графов при формировании тематических виртуальных туров по объектам культурного наследия // Ползуновский альманах. 2022. № 4–1. С. 92–95. / Morozov V.V., Nemtinov V.A., Protasova Y.V. Ispol'zovanie grafov pri formirovanii tematicheskikh virtual'nykh turov po ob'ektam kul'turnogo naslediya. Polzunovsky Almanac, 2022, no. 4–1, pp. 92–95. (In Russ.).
6. Власюк Т.А., Белоус А.Н., Цзэн С. Опыт Китая по применению картографических сервисов при организации туристических маршрутов в городах // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: наука и транспорт. 2021. № 2(43). С. 76–78. / Vlasyuk T.A., Belous A.N., Tseng S. Opyt Kitaya po primeneniyu kartograficheskikh servisov pri organizacii turisticheskikh marshrutov v gorodah. Bulletin of the Belarusian State University of Transportation: Science and Transport, 2021, no. 2(43), pp. 76–78. (In Russ.).
7. Немтинов В.А., Морозов В.В., Лаврин А.И. [и др.] Иммерсивная технология – проводник в мир здорового образа жизни населения // Информационное общество. 2024. № 5. С. 95–105. / Nemtinov V.A., Morozov V.V., Lavrin A.I., [et al.] Immersivnaya tekhnologiya – provodnik v mir zdorovogo obraza zhizni naseleniya. Information Society, 2024, no. 5, pp. 95–105. (In Russ.).
8. Бурый А.С., Слепынцева Л.И. Разработка общероссийского классификатора народных художественных промыслов // Стандарты и качество. 2019. № 6. С. 27–31. / Buryi A.S., Slepynseva L.I. Razrabotka obshcherossiyskogo klassifikatora narodnykh hudozhestvennykh promyslov. Standards and quality, 2019, no. 6, pp. 27–31. (In Russ.).
9. Агентство стратегических инициатив // Всероссийский проект «ТропаМИР России». [Электронный ресурс]. – URL: <https://asi.ru/leaders/initiatives/tourism/trails/> (Дата обращения: 13.03.2025). / Agency for Strategic Initiatives // All-

- Russian project «Path of Peace». [electron-ic resource]. – URL: <https://asi.ru/leaders/initiatives/tourism/trails/> (Accessed 13 march 2025). (In Russ.).
10. Миронова Д.А. Информационная система «Туристическая тропа» // Молодые исследователи – регионам: Материалы Международной научной конференции. В 3-х томах, Вологда, 13–23 апреля 2020 года / Главный редактор В.Н. Маковеев. Т. 1. – Вологда: Вологодский государственный университет, 2020. – С. 161–163. / Mironova D.A. Informacionnaya sistema «Turisticheskaya tropa». Young researchers for regions: Proceedings of the International Scientific Conference. In 3 volumes, Vologda, April 13–23, 2020: Editor-in-chief V.N. Makoveev. Vol. 1. Vologda: Vologda State University Publ., 2020. pp. 161–163. (In Russ.).
 11. АСИ запустило онлайн курс по созданию и развитию туристических троп в России // [Сайт: ulus.media]. – URL: https://ulus.media/2024/07/31/asi-zapustilo-onlajn-kurs-po-sozdaniyu-i-razvitiyu-turisticheskikh-trop-v-rossii/?utm_source=chatgpt.com (Дата обращения: 15.05.2025). / Agency for Strategic Initiatives. All-Russian project «Path of Peace». [Electronic Resource]. – URL: <https://asi.ru/leaders/initiatives/tourism/trails/> (Accessed 05 may 2025). (In Russ.).
 12. Технологии и практики организации туристических троп и сопутствующей инфраструктуры // [Сайт: asi.ru]. – URL: <https://asi.ru/library/vnutrenniy-turizm/202815/> (Дата обращения: 15.05.2025). / Technologies and practices of organizing hiking trails and related infrastructure. [Electronic Resource]. URL: <https://asi.ru/library/vnutrenniy-turizm/202815/> (Accessed 5 may 2025). (In Russ.).

DEVELOPMENT OF REQUIREMENTS FOR CLASSIFICATION SYSTEMS OF TOURIST TRAILS IN RUSSIA

Korobeynikov E.E., postgraduate student of the Russian Standardization Institute, Moscow

Rakhmanov M.L., PhD. Doctor of Technical Sciences, Chief Specialist of the Scientific Center of the Russian Standardization Institute, Moscow

The purpose of this study is to develop requirements for the classification of tourist trails based on a system of features that take into account infrastructure, regional and geographical features, information support and safety.

Based on a comparative analysis of existing domestic practices and foreign experience, the directions for the development of a comprehensive classification system in the field of the tourism industry are outlined.

As a result, a comprehensive system of parameters has been proposed to adapt routes to regional specifics.

Keywords: standardization, classification, classifiers, hiking trail, hiking (hiking) tourist infrastructure.

For citation: Korobeynikov E.E., Rakhmanov M.L. Development of requirements for classification systems of tourist trails in Russia. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2025; 4(85): 95–100. (In Russ.).

МЕТОДИКА СКОРИНГА ИСТОЧНИКОВ И ИНЦИДЕНТОВ В МНОГОУРОВНЕВЫХ СИСТЕМАХ КАЧЕСТВА ДАННЫХ

Лопатин И.Н., аспирант, Российский институт стандартизации, г. Москва

Цель работы: разработка методики скоринга источников в многоуровневой системе качества данных для оценки состояния критичных источников информационной безопасности, в частности SOC (Security operation center), в антифрод-системах, системах искусственного интеллекта, использующих SLM (Small Language Models – малые языковые модели).

Методы: аккумуляции знаний научных публикаций в области алгоритмов оценки качества данных, технологий работы корреляционных ядер, механизмов скоринга весов в антифрод-системах; обобщены методики и алгоритмы систем качества данных.

Результаты: показано, что предложенная методика оценки качества данных в многоуровневой системе мониторинга обеспечивает снижение влияния низкого качества данных на критичные системы путем своевременного информирования об отклонениях в данных; проведен анализ алгоритмов расчета качества данных в международных системах оценки данных и показаны преимущества представленного подхода в работе.

Ключевые слова: качество данных, кибербезопасность, антифрод-системы, SLM, мультиагентные системы, многоуровневый мониторинг, алгоритмы качества данных, методики оценки качества данных.

Цитирование: Лопатин И.Н. Методика скоринга источников инцидентов в многоуровневых системах качества данных // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2025. № 4(85). С. 101–107.

ВВЕДЕНИЕ

В современных системах информационной безопасности (Security Operations Center, SOC) [1] и антифрод-платформах эффективность выявления угроз и мошеннических действий напрямую зависит от качества данных. Ошибки или неполнота информации зачастую приводят к ложным срабаткам систем, избыточной нагрузке на операторов и пропущенным инцидентам. Также недостаточный контроль данных в других сферах, где критичность информации играет решающую роль, например многоагентные системы искусственного интеллекта¹ (СИИ), где принятие интеллектуальным агентом [2] решений, основанных на системе знаний с низким уровнем качества данных, может привести к неправильным действиям агентов внутри организации.

Обычно подход к оценке качества ограничивается одним уровнем анализа, например, проверкой корректности форматов в базе данных. Однако практика показывает, что проблемы могут появляться как на инфраструктурном уровне: поток данных, состояние топиков, непрерывность логирования, так и на уровне содержательного анализа: достоверность полей, аномалии в поведении и другие [3].

В документах, посвященных качеству данных, например ISO 8000 [4], DAMA DMBOK [5], подчеркивается необходимость структурированного контроля, однако отсутствует точная информация об алгоритмах скоринга, пригодных для источников SOC и антифрод.

Задача представленной работы – объединить подходы из сферы управления качеством данных с системами: информационной безопасности, антифрод-систем, СИИ, ввести многоуровневые алгоритмы расчета и показать их эффективность.

Вышеизложенные задачи можно декомпозировать:

- провести анализ существующих на рынке решений и подходов и сравнить между собой;
- проанализировать особенности многоуровневой методики при мониторинге данных на уровнях: инфраструктурном, статистическом, базовом, поведенческом и синтетическом;
- разработать математический аппарат скоринга (формулы, алгоритмы) с учетом критичности источников и проверок;
- предложить новый коэффициент учета уровня мониторинга, позволяющий корректировать итоговую оценку в зависимости от уровня обнаружения проблем;
- продемонстрировать практические примеры расчетов, подтверждающие эффективность метода для снижения

¹ ГОСТ Р 59277–2020 Системы искусственного интеллекта. Классификация систем искусственного интеллекта. – М.: Стандартинформ, 2021. (п. 3.31).

ложных сработок и улучшения показателей работы SOC и антифрод-систем;

- продемонстрировать применимость данной системы для оценки данных для обучения SLM моделей, а также повышения эффективности интеллектуальных агентов за счет повышения качества данных.

Основой методики служит декомпозиция мониторинга по уровням: инфраструктура, статистика, базовое качество, поведенческий, синтетический анализ.

Цель настоящего исследования – сформировать научно обоснованный алгоритмический аппарат, позволяющий рассчитывать итоговый скоринг качества данных с учетом:

- критичности проверок;
- критичности источников (вес источников);

- критичности данных;
- многоуровневости контроля (от инфраструктурного до синтетического).

1. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПОДХОДОВ

Для получения полной картины эффективности работы алгоритмов и подходов качества данных необходимо провести сравнительный анализ по базовым критериям аналогичных продуктов.

Ниже представлена таблица 1 анализа источников и сравнения подходов многоуровневой системы качества данных, описанной в данной статье (в составе продукта «Мониторинг X360»), с лидерами ранка оценки качества данных, таких как: IBM, Oracle, SAP, Informatica.

Таблица 1

Сравнительная таблица систем качества данных

КРИТЕРИИ	INFORMATICA DATA QUALITY (IDQ) [7]	IBM INFOSPHERE INFORMATION SERVER [6]	SAP INFORMATION STEWARD [8]	ORACLE ENTERPRISE DATA QUALITY (EDQ) [9]	МОНИТОРИНГ X360 (МНОГОУРОВНЕВАЯ СИСТЕМА КАЧЕСТВА ДААННЫХ) [3]
ОСНОВНАЯ НАПРАВЛЕННОСТЬ	Профилирование, очистка и стандартизация данных	Профилирование, очистка и интеграция данных	Управление качеством и метаданными	Очистка и стандартизация данных	Многоурвневый скоринг, управление качеством данных, мониторинг данных, очистка, стандартизация
НАЛИЧИЕ ФОРМАЛИЗОВАННЫХ АЛГОРИТМОВ И ФОРМУЛ	Частично формализованы	Частично формализованы	Частично формализованы	Средний уровень формализации	Полностью формализованы и детализированы
КОЛИЧЕСТВО УРОВНЕЙ МОНИТОРИНГА	Отсутствуют явно выраженные уровни	Отсутствуют явно выраженные уровни	Отсутствуют явно выраженные уровни	2 уровня: базовый и расширенный	5 уровней: инфраструктурный, статистический, базовый, поведенческий, синтетический
ВЕСОВЫЕ КОЭФИЦИЕНТЫ ИСТОЧНИКОВ И ПРОВЕРОК	Частично используются	Частично используются	Ограниченно используются	Частично используются	Высоко используются. Полностью формализованы и детализированы
УДОБСТВО ПРАКТИЧЕСКОГО ВНЕДРЕНИЯ	Высокое при интеграции с Informatica	Высокое при интеграции с IBM	Высокое при интеграции с SAP	Высокое при интеграции с Oracle	Высокое, благодаря универсальным адаптерам стека Apache
ПОДХОД К ОЦЕНКЕ РИСКОВ И КРИТИЧНОСТИ	Частично реализован	Частично реализован	Ограниченно реализован	Ограниченно реализован	Полностью формализован с использованием скоринга и коэффициентов
ПРИМЕНИМОСТЬ В SOC И АНТИФРОД	Средняя	Средняя	Низкая	Средняя	Высокая, специально разработана
ПРИМЕНИМОСТЬ К АНАЛИЗУ ДАННЫХ SLM МОДЕЛЕЙ	Низкая	Средняя	Низкая	Средняя	Высокая, предназначена для анализа данных SLM Средний
УРОВЕНЬ ДЕТАЛИЗАЦИИ МЕТОДИКИ	Средний	Средний	Средний	Средний	Высокий, детализированные алгоритмы и примеры

Сравнение существующих методологических подходов DAMA DMBOK и ISO 8000.

В фундаментальных стандартах управления качеством данных, таких как DAMA DMBOK (Data Management Body of Knowledge) и ISO 8000, представлен преимущественно методологический взгляд на проблему. Эти документы задают общие рамки и направления работы с качеством данных, однако не предлагают конкретных алгоритмов оценки и расчета интегральных показателей.

Например, в стандарте ISO 8000 сформулированы принципы оценки качества данных, такие как точность (accuracy), полнота (completeness), актуальность (timeliness) и согласованность (consistency). Однако стандарт не раскрывает механизм количественной оценки этих критериев и не предлагает практических формул расчета интегрального показателя, а ограничивается лишь общей рамочной структурой и качественными индикаторами (ISO 8000-61:2016). Аналогично DAMA DMBOK представляет структурированную модель управления данными, акцентируя внимание на процессах Data Governance и Data Quality Management. В руководстве DAMA подчеркивается необходимость системного подхода, регулярного мониторинга и управления качеством данных, однако отсутствуют примеры алгоритмов скоринга или формул расчета интегральных показателей, которые могли бы быть непосредственно применены в системах информационной безопасности или антифрод-платформах [3].

Таким образом, методологические подходы, несмотря на их фундаментальность и популярность, зачастую требуют значительной доработки и конкретизации для использования в практических задачах кибербезопасности и антифрод-аналитики.

2. ОСОБЕННОСТИ КОНЦЕПЦИИ МНОГОУРОВНЕВОЙ МЕТОДИКИ

Предлагаемая в данной статье методика и алгоритмы как раз и призваны объединить достоинства подходов DAMA DMBOK и ISO 8000, добавив новый многоуровневый коэффициент и новую систему распределения весов критичностей. Основой методики является многоуровневый мониторинг, включающий уровни:

- **Инфраструктурный** (проверка доступности и целостности передачи данных)
- **Статистический** (контроль статистических свойств данных)
- **Базовое качество данных** (точность, полнота, форматы)
- **Поведенческий анализ** (аномалии и отклонения)
- **Синтетический анализ** (проверки данных по бизнес-логике)

Каждому уровню мониторинга и источнику присваивается специальный весовой коэффициент, который позволяет получать интегральный скоринг качества данных. Например, ошибки, выявленные только на последнем синтетическом уровне, получают существенно более высокий вес, чем ошибки, выявленные на ранних этапах, что отражает их большую потенциальную опасность и влияние на бизнес-процессы, правила корреляции и другие сущности.

2.1. Математический аппарат скоринга с учетом критичности источников

В данной статье рассматриваются четыре ключевые формулы (S_{base} , S_{type} , S_{source} , $S_{dataset}$), а также дополнительный множитель W_{level} . Ниже приведено их детальное описание.

Базовая формула доли ошибок (S_{base})

Данная формула является классической метрикой контроля качества (Quality Control Ratio) и отражает, насколько часто данные содержат ошибки на проверяемом уровне. Базовая формула расчета доли ошибочных записей в проверяемом наборе данных выглядит следующим образом:

$$S_{base} = \frac{C_{fail}}{C_{total}}, \quad (1)$$

где: C_{fail} – число проблемных проверок, C_{total} – общее число проверок.

Скоринг по типу проверки (S_{type})

Проверки в многоуровневом мониторинге могут обладать различной важностью: например, критичная проверка, нарушение формата ключевых полей, без которых невозможно обнаружить инцидент и базовая проверка – общая корректность форматов.

Вводится весовой коэффициент, отражающий уровень критичности:

$$S_{type} = S_{base} * W_{type}, \quad (2)$$

где:

- $W_{type} = 1$ – задается экспертно, в зависимости от потенциального влияния ошибок;
- критичные проверки (могут привести к серьезным инцидентам) имеют $W_{type} = 1 = 10$;
- среднекритичные проверки (ограниченное влияние на процессы) $W_{type} = 1 = 5$;
- базовые проверки (малое влияние на результат) $W_{type} = 1$.

Обоснование выбора весовых коэффициентов – весовые коэффициенты были выбраны на основе экспертного анализа влияния ошибок на бизнес-процессы и операционные риски в SOC и антифрод-системах. В системе МониторингХ360 гибко представлена возможность настройки под потребности коэффициентов, но для расчета взяты следующие:

1. Критичные (коэффициент = 10).
2. Среднекритичные (коэффициент = 5).
3. Базовые (коэффициент = 1).

Чем выше S_type , тем больше проблем обнаружено с учетом важности (веса) самой проверки.

Средневзвешенный скоринг источника (S_source)

Каждый источник проходит разные категории проверок. Для агрегирования результатов вводится следующий алгоритм:

$$S_{source} = \left(\frac{\sum S_{type}}{N_{types}} \right) * W_{source}, \quad (3)$$

где:

- $\sum S_{type}$ – сумма скорингов по типам проверок (критичной, среднекритичной и т. д.);
- N_{type} – общее число категорий проверок (типов проверок);
- W_{source} – вес критичности (важности) самого источника.

Выражение (3) для общего балла конкретного источника данных берет среднее значение скоринга по всем типам проверок для этого источника и умножает его на вес W_source источника. Усреднение в (3) $\sum S_{type}/N_{types}$ означает, что все виды проверок учитываются равномерно. Последующее умножение на W_source вводит важность самого источника.

Применение многоуровневого подхода в системе скоринга источника на этапе агрегирования источника:

$$S_{source} = \left(\frac{\sum S_{type}}{N_{types}} \right) * W_{source} * W_l, \quad (4)$$

где:

- $\sum S_{type}$ – сумма скорингов по типам проверок (критичной, среднекритичной и т. д.);
- N_{type} – общее число категорий проверок (типов проверок);
- W_{source} – вес критичности (важности) самого источника.
- W_l – вес уровня мониторинга, который проходит источник при анализе.

Если источник участвует в нескольких уровнях, например, данные источника проверяются на М2 и на М3, применяется комбинированный коэффициент.

2.2. Оценка качества набора данных SLM моделей ($S_dataset$)

Агрегирование нескольких источников в общий индикатор качества, используется формула:

$$S_{dataset} = \frac{\sum (Q_i * W_i)}{\sum W_i}, \quad (5)$$

где Q_i – скоринговая оценка i -го источника; W_i – вес i -го источника, зависящий, например, от объема данных или уровня.

Данная формула представляет собой классическое взвешенное среднее показателей качества Q_i с весами W_i . Формула взвешенного среднего используется как: каждому критерию « i » присваивается вес W_i – отражающий его значимость, после чего вычисляется итоговый индекс качества. В документации IBM по мониторингу данных прямо указано, что общий балл качества рассчитывается как взвешенное среднее баллов всех проверок или показателей. Фактически, $S_dataset$ совпадает с вычислением интегрального Data Quality Score на основе нескольких измерений качества.

Практический пример при оценке набора данных для моделей ИИ могут учитываться доля пропусков, уровень шума, сбалансированность классов и т.п.; присвоив каждому из этих показателей вес, аналитик вычисляет сводный показатель качества датасета по формуле средневзвешенного. Таким образом, $S_dataset$ соответствует принципам многомерной оценки качества данных, широко описанным в литературе по управлению качеством данных (DQM). Отметим, что взвешенное суммирование индексов применяется не только в качества данных, но и например при расчете «score» модели машинного обучения по нескольким метрикам, или при агрегировании показателей данных в различных фазах их жизненного цикла.

Так для многоагентных (мультиагентных) систем использующих ai-агенты, контроль используемых данных в системах знаний имеет критичную значимость. В случае отсутствия многоуровневого подхода оценки качества данных, в системах знаний агентов происходит неправильное формирование итоговых действий агентов за счет неточности в векторизации данных в RAG (Retrieval-Augmented Generation). Многоуровневый алгоритмический подход к оценке данных значительно повышает точность и уровень доверия к ai-агентам в организации.

При этом для моделей ИИ может быть важно не только усреднить показатели, но и исключить из датасета те сег-

менты, у которых скоринг существенно выходит за рамки допустимого.

Коэффициент многоуровневости (W_{level})

Согласно идее многоуровневого мониторинга (инфраструктурный, статистический, базовое качество, поведенческий и синтетический уровни), проблемы, не обнаруженные на ранних фазах, потенциально более опасны. В связи с этим вводится дополнительный множитель:

$$S_{source}^* = S_{source} * W_{level} \quad (6)$$

где W_{level} – выбирается экспертно, исходя из конкретной архитектуры мониторинга. Чем выше уровень (например, синтетический), тем заметнее может быть вклад, если ошибка прошла через предыдущие ступени.

Практически введение коэффициента многоуровневости выглядит следующим образом: для каждого уровня $M1 - M5$ определяется вес $W_{M1} - W_{M5}$ (Таблица 2). При расчете скоринга правила или источника учитывать этот вес, например,

$$S_{type}(M3) = S_{base} \times W_{type} \times W_{M3} \quad (7)$$

Принципиально важно иметь возможность усиления или ослабления значения итогового скоринга исходя из того, на каком этапе выявлены проблемы.

Таблица 2

Сравнительная таблица систем качества данных

УРОВЕНЬ МОНИТОРИНГА	КОЭФФИЦИЕНТ W_{level}	ОБОСНОВАНИЕ
Инфраструктурный (W_{M1})	1.0	Ошибки легко устранимы
Статистический (W_{M2})	1.1	Ошибки требуют внимания
Базового качества (W_{M3})	1.2	Ошибки более существенные
Поведенческий (W_{M4})	1.3	Ошибки критические
Синтетический (W_{M5})	1.4	Ошибки максимально серьезны

3. ПРИМЕР РАСЧЕТА И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ

Чтобы закрепить описанные формулы на практическом примере, рассмотрим пример в SOC:

- имеется источник «S», от которого в сутки поступает в среднем 20 тысяч событий;
- контроль выполняется на трех типах проверок: критичных (5 штук), среднекритичных (10 штук) и базовых (10 штук). Всего 25 проверок;
- фиксируем, что из 5 критичных проверок 2 не пройдены (проблемы в обязательных полях), среди среднекритичных 3 дали сбой, а среди базовых – 2 сбоя;
- исходя из договоренности, $W_{type, crit} = 10$, $W_{type, mid} = 5$, $W_{type, base} = 1$;
- сам источник «S» обозначен как «высокой важности» ($W_{source} = 2$).

Шаг 1: Расчет S_{base} по каждой группе

1. Критичные: $C_{fail, crit} = 2$.
2. $C_{total, crit} = 5$, подставив $S_{base, crit} = 0,4$.
3. Среднекритичные: $3/10 = 0,3$.
4. Базовые: $2/10 = 0,2$.

Шаг 2: Применение весовых коэффициентов типов

1. $S_{type, crit} = 0,4 \times 10 = 4,0$.
2. $S_{type, mid} = 0,3 \times 5 = 1,5$.
3. $S_{type, base} = 0,2 \times 1 = 0,2$.

тогда:

- $S_{type, crit} = 4,0$,
- $S_{type, mid} = 1,5$,
- $S_{type, base} = 0,33$,
- число категорий $N_{types} = 3$,

то:

если источник «S» имеет вес $W_{source} = 2$ (предположим, это критичный источник), тогда: при интерпретации итогового балла необходимо определить, в каких пределах он может лежать. Если, к примеру, верхней границей считается 10, то значение 3,88 свидетельствует о заметном, но не критическом уровне проблем.

Шаг 3: Усреднение по типам

Число типов $N_{types} = 3$, тогда среднее = $5,7 / 3 = 1,9$.

Шаг 4: Учет критичности источника

Пусть $W_{source} = 2 \rightarrow S_{source} = 1,9 \times 2 = 3,8$.

Шаг 5: Коэффициент уровня (W_{level})

Предположим, что данные проблемы были обнаружены лишь на уровне базового качества данных (M3), и организация расценивает такое позднее выявление с повышающим коэффициентом 1,2,

$$\text{тогда } S_{source}^* = 3,8 \times 1,2 = 4,56.$$

Интерпретация: итоговая оценка 4,56 (при некоторой верхней границе 10) указывает на ощутимое количество ошибок. При переходе порогов (например, >4 – «желтая зона», >7 – «красная зона») источник S может быть помечен как требующий внимания.

Таким образом, используя цепочку формул, аналитики SOC или антифрод-систем могут ранжировать состояние источников, прошедших все уровни мониторинга, и получить итоговый скоринг.

Реализация и тестирование методики

Для проверки работоспособности предложенного подхода разработан программный модуль, позволяющий анализировать качество данных в реальном времени и корректировать оценку инцидентов на основе полученных данных. Эксперименты показали снижение числа ложных срабатываний на 15–20% и повышение точности детекции инцидентов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная методика скоринга источников данных и инцидентов в многоуровневых системах качества данных позволяет снизить влияние некорректных данных на работу SOC и антифрод-систем. Использование адаптивных

алгоритмов оценки качества данных повышает эффективность мониторинга и снижает издержки, связанные с обработкой ложных инцидентов.

Кроме того, включение коэффициента многоуровневости представляется обоснованным шагом для отражения архитектуры системы мониторинга. Многоуровневый анализ качества данных встраивается в формулы через дополнительный вес, что находит поддержку в концепциях иерархической оценки (как показали примеры из научных работ). Такой коэффициент позволит учесть важность уровня мониторинга и глубину проникновения ошибки в систему. В итоге методика скоринга, описанная в статье, имеет прочную научную основу, а ее развитие в направлении учета многоуровневости соответствует современным представлениям о комплексном мониторинге качества данных и рисков.

Рассмотренные выражения (1)–(5) скоринга (S_{base} , S_{type} , S_{source} , $S_{dataset}$), предложенные для многоуровневого мониторинга качества данных в SOC и AI, оказались согласованными с научными представлениями и практикой смежных областей. Базовая метрика S_{base} соответствует доле ошибок – фундаментальному показателю качества, формула S_{type} реализует взвешивание по критичности типа аналогично моделям риска (вероятность $\times$ влияние), агрегирование S_{source} через среднее по типам и вес источника повторяет известные схемы объединения показателей с учетом важности объекта, а итоговая оценка $S_{dataset}$ прямо использует формулу взвешенного среднего, признанную и в промышленности, и в литературе по качеству данных. Научной же новизной выступают коэффициенты многоуровневости дающие большую гибкость и точность в выявлении сбоев.

Список использованных источников и литературы / References

1. IBM Security operations center (SOC) – официальный сайт. URL: <https://www.ibm.com/think/topics/security-operations-center?ysclid=maplv8abcf874764913> (дата обращения: 30.04.2025).
2. Бурый А.С., Фролов В.А., Куляница А.Л. Эволюция агентного моделирования. Часть 1. Архитектура интеллектуального агента // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2023. № 5(74). С. 38–47.
3. Лопатин И.Н. Многоуровневые системы качественных данных на основе моделей искусственного интеллекта: проблемы и решения // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2025. № 1 (82). С. 70–75.
4. DAMA International. DAMA-DMBOK: Data Management Body of Knowledge. Technics Publications, 2017.
5. ISO 8000-61:2016. Data quality – Part 61: Data quality management: Process reference model.
6. Informatica Data Quality (IDQ) – официальный сайт. URL: <https://www.informatica.com/products/data-quality.html> (дата обращения: 30.04.2025).
7. IBM InfoSphere Information Server (QualityStage) – официальный сайт. URL: <https://www.ibm.com/products/infosphere-information-server> (дата обращения: 30.04.2025).
8. SAP Information Steward – официальный сайт. URL: <https://www.sap.com/products/technology-platform/information-steward.html> (дата обращения: 30.04.2025).
9. Oracle Enterprise Data Quality (EDQ) – официальный сайт. URL: <https://www.oracle.com/middleware/technologies/enterprise-data-quality.html> (дата обращения: 30.04.2025).

10. Ataccama ONE Platform – официальный сайт. URL: <https://www.ataccama.com/platform/one> (дата обращения: 30.04.2025).
11. Collibra Data Quality – официальный сайт. URL: <https://www.collibra.com/us/en/products/data-quality> (дата обращения: 30.04.2025).
12. Experian Data Quality (EDQ) – официальный сайт. URL: <https://www.edq.com> (дата обращения: 30.04.2025).
13. FIRST.org. Common Vulnerability Scoring System v3.1: Specification Document. URL: <https://www.first.org/cvss/v3.1/specification-document> (дата обращения: 30.04.2025).
14. Talend Data Quality – официальный сайт. URL: <https://www.talend.com/products/data-quality/> (дата обращения: 30.04.2025).
15. SAS Data Quality – официальный сайт. URL: https://www.sas.com/en_us/software/data-quality.html (дата обращения: 30.04.2025).
16. Precisely Trillium – официальный сайт. URL: <https://www.precisely.com/product/precisely-trillium> (дата обращения: 30.04.2025).
17. FIRST.org. Common Vulnerability Scoring System v3.1: Specification Document, 2019. CVSS v3.1 User Guide.
18. OWASP Risk Rating Methodology. OWASP Foundation, 2021. OWASP Risk Rating.
19. Redman T.C. Data Driven: Profiting from Your Most Important Business Asset. Harvard Business Press, 2008.

SCORING METHODOLOGY FOR SOURCES AND INCIDENTS IN MULTILEVEL DATA QUALITY SYSTEMS

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

In the contemporary digital environment, data quality has become a crucial element affecting the reliability and effectiveness of cybersecurity systems, anti-fraud mechanisms, and artificial intelligence solutions utilizing Small Language Models (SLM). The implementation of a multilevel data quality scoring methodology, covering comprehensive monitoring from basic infrastructure checks, statistical analysis, primary data quality assessments, behavioral anomaly detection, to synthetic data testing, ensures effective and timely identification of data anomalies and inconsistencies. Poor data quality can significantly compromise critical systems, leading to operational disruptions, overlooked cybersecurity threats, financial losses, and increased risks. A systematic approach integrating accumulated scientific knowledge on data quality assessment algorithms, correlation engine technologies, and scoring mechanisms specifically designed for anti-fraud systems substantially enhances the effectiveness of data management. Comparative analysis with existing international data quality evaluation methodologies clearly demonstrates the advantages of the proposed multilevel scoring approach in terms of accuracy, practicality, and reliability, making investment in robust data quality management a strategic priority in today's data-driven landscape.

Keywords: data quality, cybersecurity, anti-fraud systems, SLM, multi-agent systems, multilevel monitoring, data quality algorithms, data quality assessment methods.

For citation: Lopatin I.N. Scoring methodology for sources and incidents in multilevel data quality systems. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2025; 4(85): 101–107. (In Russ.).

КОНЦЕПЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Шишкин А.В., руководитель отдела отказобезопасности АО «Туполев», преподаватель кафедры 104 «Технологическое проектирование и управление качеством», МАИ (национальный исследовательский университет)

Технология цифровых двойников позволяет объединять всю информацию об объекте и обеспечивать обмен данными между различными этапами жизненного цикла (ЖЦ) сложной авиационной техники. Предлагается исследовать вопросы комплексирования частных задач, решаемых на этапах ЖЦ воздушных судов (ВС) в структуру общего цифрового двойника, выделив этап эксплуатации с целью продления срока службы ВС и обеспечения безопасной его эксплуатации. Рассматриваются вопросы интеграции инфологических моделей на базе цифровых двойников. Формулируются требования цифровому двойнику этапа эксплуатации. Предложены обобщенные математические модели для описания цифрового двойника на концептуальном уровне.

Ключевые слова: структура изделия, цифровой двойник, эффективность, моделирование, эксплуатация, автоматизация, этапы жизненного цикла, аналитика данных.

Цитирование: Шишкин А.В. Концепция формирования цифрового двойника для эксплуатации // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2025. № 4 (85). С. 108–113.

ВВЕДЕНИЕ

Современные промышленные предприятия сталкиваются с необходимостью повышения эффективности эксплуатации оборудования, снижения затрат на техническое обслуживание и повышения надежности систем. В этих целях активно внедряются концепции цифровизации и моделирования реальных объектов. Одним из ключевых инструментов является цифровой двойник – виртуальная реплика физического объекта или системы, которая позволяет осуществлять мониторинг, диагностику и прогнозирование состояния в реальном времени, в процессе жизненного цикла (ЖЦ) изделия [1, 2].

Аэрокосмическая промышленность, включая ее производственную базу, является одним из тех, кто активно использует цифровые двойники (далее DT – от Digital Twin), проявляя беспрецедентный интерес к их проектированию, разработке и внедрению в более широкие сферы деятельности и в критически важные функции [3]. Постепенно, но уверенно, DT и их технологии внедряются в космических системах [4], беспилотных летательных аппаратах, военной и коммерческой авиации, охватывая функции от производства наукоемких изделий (например, двигателей большой тяги)¹ до обнаружения аномалий, а также управления активами и самолетным парком. Внедрение DT нацелено на конкретные задачи продления эксплуатационных характеристик авиационной техники, обеспечение безопасно-

сти полетов, а также для задач построения авиатренажных систем [5] при подготовке авиадиспетчеров, пилотов², сокращение экономических затрат. Например, в режиме реального времени можно проводить оценку, диагностику и прогнозирование состояния системы более точно, чем при использовании традиционных методов. Ориентация мирового цифрового технологического рынка на цифровые двойники [6] как одно из перспективных направлений развития информационных технологий также говорит само за себя.

По существу, цифровые двойники выступают основным связующим звеном междисциплинарных исследований на основе информационных технологий между существующим технологическим комплексом сложной технической системы, в качестве которого можно рассматривать воздушное судно в целом, и потоками больших данных в составе проектных испытательных, эксплуатационных данных, что представлено на рис. 1. Предварительные знания – это все доступные исследователю знания, которые могут применяться при разработке аналитических моделей, имитационных моделей, алгоритмов переработки данных, включая обработку, представление и передачу данных. Цифровой двойник – это интегрированная система, которая способна моделировать, отслеживать, вычислять, регулировать или контролировать состояние или технологический процесс. Отображение виртуальной реальности строится на основе интеллектуального управления данными в ходе их сбора, передачи и анализа [7].

¹ Ростех внедряет технологию виртуальной реальности в российском двигателестроении. – URL: <https://unitcode.ru/blog/tsifrovye-dvojniki-v-aviakompanijah> (дата обращения: 13.06.2025).

² Колесникова А. Цифровые двойники. Сайт Unitcode.ru [Электронный ресурс] – URL: <https://tass.ru/ekonomika/6882930> (дата обращения: 13.06.2025).



Рис. 1. Место цифрового двойника в технологической среде

Если имитационные модели обычно не выигрывают от наличия данных в реальном времени, то DT созданы для двусторонних потоков данных: от датчиков объекта к системному процессору и в обратном направлении, когда управляющие воздействия передаются исходному объекту – источнику данных [7]. Данное представление актуально для сетевых структур межсредовых высокотехнологичных специализированных платформ мозаичного типа [8].

Существующие вычислительные мощности позволяют строить и реализовывать сложные имитационные модели, объединяющие частные отдельные модели различных подсистем проектирования конструкций, с целью точного моделирования поведения системы в целом. Такие модели со сверхвысокой точностью и легли в основу понятия «цифровой двойника». В соответствии с ГОСТ Р 57700.37–2021³ цифровой двойник изделия – это система, состоящая из цифровой модели изделия и двусторонних информационных связей с изделием и его составными частями. Цифровой двойник разрабатывается и применяется на всех стадиях жизненного цикла изделия. В большинстве случаев это ряд независимых задач, решаемых на этапах ЖЦ изделия (проектирования, испытания и др.). В работе предлагается исследовать вопросы комплексирования частных задач, решаемых на этапах ЖЦ воздушных судов (ВС) в структуру общего DT, выделив этап эксплуатации с целью продления срока службы ВС и обеспечения безопасной эксплуатации ВС.

1. ЭТАПЫ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА И СТРУКТУРА ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА

Учитывая требования ГОСТ Р 57700.21–2024 и ПНСТ 928–2024, цифровой двойник имеет этапы жизненного цикла и в данном случае рассмотрен как совокупность цифровых двойников, которые одновременно и являются уже этапами цифрового процесса жизненного цикла, где на ка-

ждом этапе цифровой двойник ориентирован на выполнение своих функций и задач этапы представлены на рис. 2.

Цифровой двойник для разработки (DT_1) – это модель, содержащая и отображающая все исходные параметры и данные, используемые для разработки изделия. Он включает технические характеристики, материалы, геометрические размеры, требования и другие исходные сведения, необходимые для создания и анализа цифрового двойника. Это обеспечивает точность моделирования и позволяет легко управлять исходной информацией в процессе разработки.

Цифровой двойник технологический (DT_2) – это виртуальная модель, включающая в себя иерархическую структуру, которая декомпозируется до изделия, а также с учетом выполняемых функций в масштабе системы управления этапами ЖЦ, для верификации, валидации и симуляции процессов, происходящих между изделиями или подсистемами.

Цифровой двойник для испытаний (DT_3) – совокупная виртуальная модель изделия, включающая в себя особенности цифровых двойников для разработки и технического обеспечения, позволяющая отработать взаимодействие составных частей или блоков и систем в разных условиях и режимах с учетом перечня поставленных задач и заданных условий.

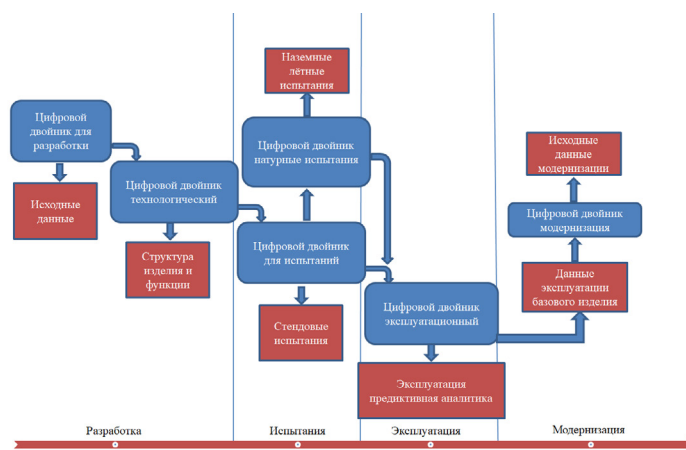


Рис. 2. Основные функции и этапы ЖЦ в формате TD

Цифровой двойник натурные (испытания) (DT_4) – виртуальная модель, полностью повторяющая физическое изделие. Получение информации осуществляется с помощью датчиков, установленных на физическом изделии. В процессе наземных/летных испытаний DT получает данные о поведении изделия и окружающих внешних и внутренних влияющих факторах, такие как: сопротивление, давление и т.д. На основе данной информации устанавливаются критически важные системы и изделия, которым необходимы дополнительные технические средства или методы резервирования.

Цифровой двойник эксплуатационный (DT_5) – виртуальная модель, идентичная с изделием, которое находится в

³ ГОСТ Р 57700.37–2021 Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения. М.: Российский институт стандартизации, 2021. (Дата введения: 2022-01-01).

эксплуатации. Данная модель способна анализировать процессы эксплуатации, разрабатывать планы обслуживания и прогнозировать возникновение аварийных и сложных ситуаций за счет сопоставления параметров и коэффициентов, получаемых из статистики и с изделия, в соответствии с выражением (1):

$$DT_5 = \bigcup_{i=1}^4 DT_i, i = [1, 4]. \quad (1)$$

Цифровой двойник на этапе модернизации (DT_6) представляет собой обобщенную виртуальную модель, включающую информацию об аналогичных или базовых изделиях, в том числе историю эксплуатации (DT_5). Также при модернизации учитываются как требования DT_{TP} , так и технологический функционал типа DT_2 , но уже с учетом новых систем и изделий, подвергающихся модернизации-оптимизации или замене в виде:

$$DT_6 = \{\{DT_5\}, DT_{TP}, DT_M\}, \quad (2)$$

где DT_M – технологический функционал, с учетом задач модернизации.

Основным результатом цифрового процесса жизненного цикла, как для изготовителя, так и для заказчика является «эксплуатационный цифровой двойник изделия». Эксплуатационный цифровой двойник изделия является точной копией физического изделия. TD работает в рамках реального времени в процессе эксплуатации. Он служит для прогнозирования, мониторинга и контроля состояния физического изделия. Также цифровой двойник требуется для диагностики проблем и принятия решений по обслуживанию, модернизации или замене изделия.

Отмеченные выше цифровые двойники строятся под конкретные интеллектуальные информационные среды (ИТ-среда), которые в общем виде можно представить в виде совокупности взаимодействующих информационных множеств, представленных на рис. 3 [9]:

$$V_{IT} = \{E, M_c, DT_i\} \cup AP_i, \quad (3)$$

где V_{IT} – информационное пространство, в котором осуществляется работа DT ; E – множество описаний предметной области (требования, стандарты, исходные данные для моделирования и др.); M_c – множество моделей (улов, элементов, комплектующих изделий) в составе базы данных и знаний для формирования DT на i -м этапе ЖЦ; AP_i – соответствующие аппаратно-программные средства (инструментарий). Формируемая на основе базы данных и знаний информация D_i , обеспечивает информационную поддержку для лиц, принимающих решение (ЛПР) по управлению цифровыми двойниками в ходе их применения.

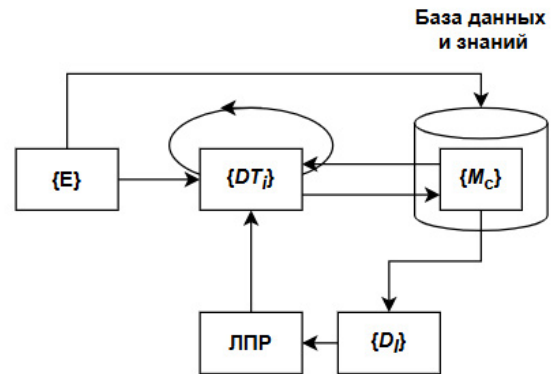


Рис. 3. Схема технологии информационной поддержки при принятии решений на основе цифровых двойников

Таким образом, интеллектуальная ИТ-среда (3) включает пространство знаний, интегрирующее модели знаний и данных предметной области исследований ЭБ, имитационные модели (программы испытаний, планы эксплуатации и послеполюетного обслуживания техники в виде событийных моделей), а также иные инструментальные средства.

2. СТРУКТУРА ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ЭКСПЛУАТАЦИИ

Структура эксплуатационного цифрового двойника представлена на рис. 4. Структура включает в себя входные данные, блоки, связанные с обработкой данных, и результаты, оптимально демонстрирующие принятие решений для формирования плана (перечня различных мероприятий) технического обслуживания с учетом предиктивной аналитики.

DT должен обладать системой обмена данными, которая будет содержать в себе следующие структуры и блоки в соответствии с видами информации:

- **логистическая информация об изделии** – иерархическая структура самолета, распределяет местонахождение изделия с учетом основных систем и подсистем самолета;
- **функциональная информация изделия** – перечень и виды функции, которые присущи каждому изделию, агрегату или блоку, на основе совокупности функций изделий и составных частей определяется весь функционал системы;
- **визуальная информация** – информация, отображающая процессы, происходящие в процессе эксплуатации или работы изделия. Геометрия движения изделия или процесс отклонения о нормы;
- **статистическая параметрическая информация** – перечень данных, связанных с установленными параметрическими показателями, с помощью которых отражается статистика изменения параметров, приводящих к внештатным ситуациям;
- **измерительная информация, поступающая с датчиков реального времени**, – перечень данных, поступающих с датчиков, установленных на изделии для считывания и контроля данных, находящихся в допустимых пределах.

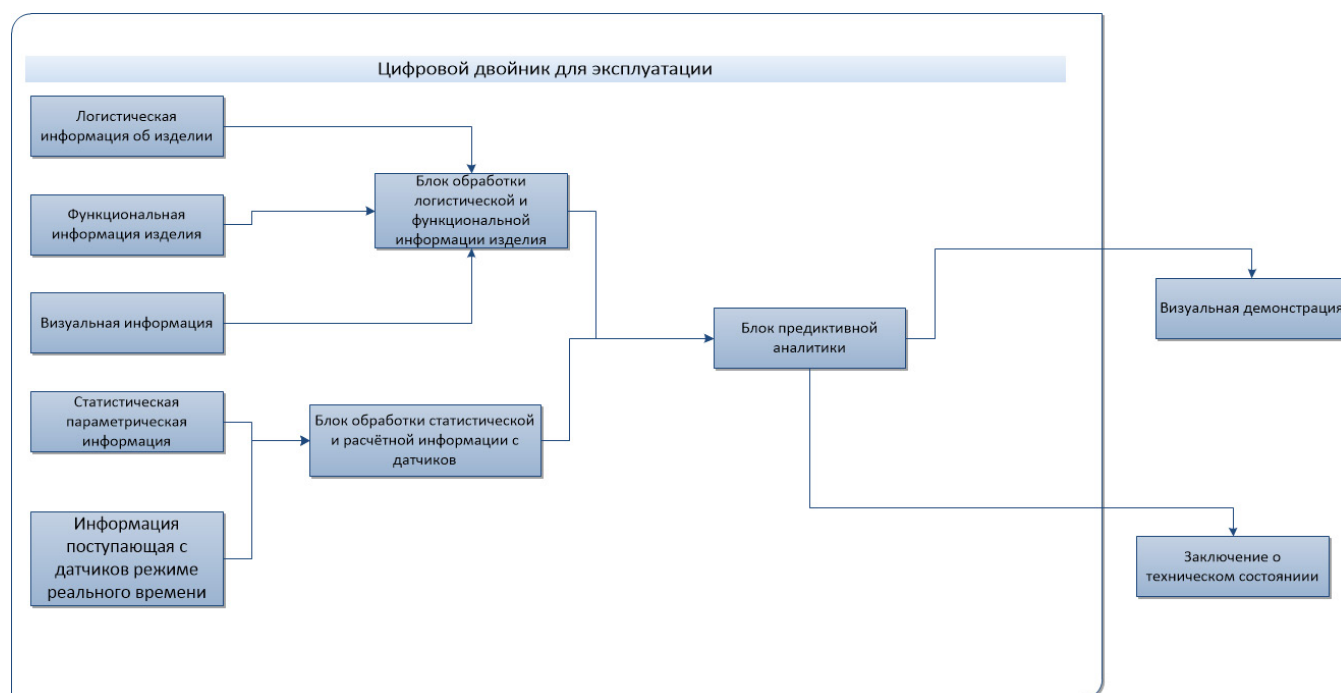


Рис. 4. Структура цифрового двойника эксплуатации

Таким образом, с учетом представленных информационных потоков цифровой двойник будем представлять в виде следующего кортежа данных:

$$DT = \{\{IM\}, MP, DB, InS\}, \quad (4)$$

где $IM = \{LM, FM, VM, SM, XM\}$ – типы информационных моделей для соответствующих видов информации (логистической, функциональной, визуальной, статистической, измерительной или входной); MP – имитационные модели процессов; DB – базы данных; InS – инфраструктура, обеспечивающая связь между указанными компонентами.

Блоки обработки информации и результаты работы используются для решения следующих задач:

- **Блок обработки логистической и функциональной информации изделия** – определяется зависимость с помощью математического аппарата между происходящим процессом и функционалом изделия и его местоположением;
- **Блок обработки статистической и расчетной информации** – несет в себе функцию выявления отклонения от заданных норм параметров работы изделия;
- **Блок предиктивной аналитики** – аккумулирует информацию, связанную с изделием (процессом функционирования) и изменением параметров, в результате чего делается прогноз на требуемый период, определяющий величину отклонения параметров, как в абсолютных единицах, так и в графическом (видео) формате.

Получаемые результаты:

Визуальная демонстрация – визуальное изображение, демонстрирующее место возникновения неисправности и изделие с отказавшими функциями или неисправный агрегат.

Заключение о техническом состоянии – результат аналитической работы цифрового двойника, рекомендации по обслуживанию изделия со ссылкой на техническую карту, а также количественные показатели, демонстрирующие предиктивную аналитику возникновения аварийных ситуаций.

Для формализации работы DT математическую модель процесса работы цифрового эксплуатационного двойника на параметрическом уровне будем представлять в виде динамической системы, описываемой зависимостью, связывающей входные (X) и выходные переменные (Y) модели:

$$DT: X \xrightarrow{F} Y, \quad (5)$$

где F – функциональное отображение пространства входных переменных в выходные данные Y . Внутренние параметры DT характеризуются в соответствии с выражением (4), учитывающим как состав, так и возможную структуру элементов и подсистем в виде формализмов (отношений) их взаимодействия.

Структура отображения F для декомпозированного представления DT по этапам жизненного цикла образует последовательность отображений [10]:

$$F: X \rightarrow F_{DT_1} \rightarrow F_{DT_2} \rightarrow \dots \rightarrow F_{DT_6} \rightarrow Y.$$

Результаты в виде выходных данных позволяют судить о качестве управления имитационным экспериментом, выступать рекомендациями для ЛПР.

Построение математической модели заключается в определении связей между теми или иными процессами, отдельными событиями, и создании математического аппарата, позволяющего выразить качественную и количественную связь между интересующими величинами и факторами, влияющими на конечный результат.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технология цифровых двойников рассматривает его как определенный класс виртуальных моделей, наделенный определенным функционалом. Однако поскольку циф-

ровой двойник специализирован и ориентирован на выполнение определенных задач, то в рамках концепции жизненного цикла изделия или программы конкретный цифровой двойник может разрабатываться для круга задач своего этапа ЖЦ. Таким образом, цифровой двойник является не только отлаженной и выстроенной структурой с входными данными, которые будут трансформироваться от этапа к этапу, решая в том числе и задачи предиктивной аналитики (улучшая возможности прогнозирования, расширенной диагностики, комплексного управления жизненным циклом, а также повышения общих эксплуатационных характеристик изделия). Цифровой двойник постепенно обретает новые эмерджентные свойства за счет возможностей системной интеграции, представляя собой новую парадигму информационной среды развивающегося киберфизического пространства.

Список использованных источников и литературы

1. Шишкин А. В. Оптимизация системы технического обеспечения авиационной техники при использовании цифрового двойника изделия // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2024. № 4. С. 10–13.
2. Рахманов М.Л., Василенко Г.В., Шишкин А.В. Применение цифрового двойника в эксплуатации авиационной техники // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2023. № 2 (72). С. 48–52.
3. Li L., Aslam S., Wileman A., Perinpanayagam S. Digital twin in aerospace industry: A gentle introduction // IEEE Access. 2021. № 10. Pp. 9543–9562.
4. Самогородская М.И., Бейнар И.А., Наролина Т.С. Особенности цифровой трансформации предприятий авиакосмической отрасли // Регион: системы, экономика, управление. 2020. № 1(48). С. 91–97.
5. Мистров Л.Е., Кучевский К.В., Поляков О.В. Модель и алгоритм логистической поддержки архитектуры интеллектуальной тренажной системы // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2024. № 4(79). С. 41–45.
6. Шпак П.С., Сычева Е.Г. Перспективные тренды и прогнозы развития цифровых технологий в авиационной отрасли // Современная экономика: проблемы и решения. 2025. № 1(181). С. 93–106.
7. Бурый А.С. Цифровые двойники как основа парадигмы развития прикладных информационных систем // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2022. № 6(70). С. 24–32.
8. Рахманов М.Л., Ганус Ю.А., Шишкин А.В. Применение технологии цифрового двойника для формирования облика платформ мозаичного типа и повышения качества эксплуатации высокотехнологичной техники // Качество и Жизнь. 2023. № 3(39). С. 55–62.
9. Массель Л.В., Массель А.Г. Интеллектуальные вычисления в исследованиях направлений развития энергетики // Известия Томского политехнического университета. 2012. Т. 321, № 5. С. 135–140.
10. Бурый А.С. Отказоустойчивые распределенные системы переработки информации. – М.: Горячая линия-Телеком, 2016. – 128 с.

THE CONCEPT OF FORMING A DIGITAL TWIN FOR OPERATION

Shishkin A.V., Head of the Fault Safety Department of JSC Tupolev, Lecturer of the Department 104 «Technological Design and Quality Management», MAI (National Research University)

Digital twin technology allows you to combine all information about an object and provide data exchange between different stages of the life cycle of complex aviation equipment. It is proposed to investigate the issues of integrating specific tasks solved at the stages of the aircraft life cycle into the structure of a common digital twin, highlighting the operational stage in order to extend the service life of the aircraft and ensure its safe operation. The issues of integration of ontological models

based on digital twins are considered. The requirements for the digital twin of the operational stage are formulated. Generalized mathematical models are proposed to describe the digital twin at the conceptual level.

Keywords: product structure, digital twin, efficiency, modeling, operation, automation, life cycle stages, data analytics.

For citation: Shishkin A.V. The concept of forming a digital twin for operation. Information and Economic aspects of standardization and technical regulation. 2025. 4(85): 108–113. (In Russ.).

References

1. Shishkin A.V. Optimization of the system of technical support of aviation equipment using digital double product. Information and economic aspects of standardization and technical regulation. 2024; 4: 10–13. (In Russ.).
2. Rachmanov M.L., Vasilenko G.V., Shishkin A.V. Application of digital binary in aviation equipment. Information-economic aspects of standardization and technical regulation. 2023; 2(72): 48–52. (In Russ.).
3. Li L., Aslam S., Wileman A., Perinpanayagam S. Digital twin in aerospace industry: A gentle introduction. IEEE Access. 2021; 10: 9543–9562.
4. Samogorodskaya M.I., Beinar I.A., Narolina T.S. Features of digital transformation of aerospace enterprises. Region: systems, economy, management. 2020.; 1(48): 91–97. (In Russ.).
5. Mistrov L.E., Kuchevskiy K.V., Polyakov O.V. Model and algorithm of logistic support of architecture of intelligent training system. Information-economic aspects of standardization and technical regulation. 2024; 4(79): 41–45. (In Russ.).
6. Shpak P.S., Sycheva E.G. Promising trends and forecasts of digital technologies in the aviation industry. Modern economy: problems and solutions. 2025; 1(181): 93–106. (In Russ.).
7. Buryi A.S. Digital doubles as the basis of the paradigm of development of applied information systems. Information and economic aspects of standardization and technical regulation. 2022; 6(70): 24–32. (In Russ.).
8. Rachmanov M.L., Ganus Y.A., Shishkin A.V. Application of digital double technology to shape mosaic-type platforms and improve the quality of operation of high-tech equipment. Quality and Life. 2023; 3(39): 55–62. (In Russ.).
9. Massel L.V., Massel A.G. Intellectual calculations in research of energy development. Izvestia Tomsk Polytechnic University. 2012; 321(5): 135–140. (In Russ.).
10. Buryi A.S. Fault-tolerant distributed information processing systems. Moscow: Hotline-Telecom Publ., 2016, 128 p.