

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ГРОДНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ЯНКИ КУПАЛЫ»

КАФЕДРА СОВРЕМЕННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ ПРОГРАММИРОВАНИЯ

РЕФЕРАТ
по общеобразовательной дисциплине
«Основы информационных технологий»
на тему

«Применение технологий искусственного интеллекта в
стандартизации, метрологии и сертификации»

ВЫПОЛНИЛ:
Магистрант
кафедры общей физики
Специальность «Прикладная физика»
Маскевич Никита Валерьевич
ПРОВЕРИЛА:
Доцент кафедры
современных технологий программирования,
кандидат физико-математических наук
Дейцева Анна Геннадьевна

Гродно 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1 ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ.....	5
1.1 Понятие и задачи стандартизации, метрологии и сертификации в Республике Беларусь	5
1.2 Современные информационные системы и электронные базы нормативных документов	6
1.3 Проблемы традиционных подходов при больших объёмах данных	7
1.4 Нормативно-правовая база для внедрения ИИ в техническое регулирование.....	7
1.5 Экономические предпосылки для цифровизации.....	8
1.6 Зарубежный опыт применения ИИ в техническом регулировании.....	8
ГЛАВА 2 ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ	10
2.1 Возможности искусственного интеллекта для анализа и прогнозирования	10
2.2 Практические примеры внедрения ИИ в системах СТБ/ГОСТ РБ и ТР ЕАЭС	10
2.3 Результаты и эффективность цифровых решений	13
2.4 Разработка архитектуры ИИ-решения для автоматической проверки стандартов.....	13
ГЛАВА 3 ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	18
ГЛАВА 4 АНАЛИЗ РИСКОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ	21
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	24
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	26

ВВЕДЕНИЕ

Цифровая трансформация экономики Республики Беларусь ставит перед отраслями технического регулирования новые вызовы: ежегодно публикуется более 600 новых и пересмотренных стандартов СТБ, регистрируются тысячи деклараций о соответствии ТР ЕАЭС и протоколов калибровки. Ручной поиск изменений, сравнение версий нормативных документов, верификация измерительных приборов и экспертиза заявок на сертификацию требуют значительных временных и трудовых затрат.[1,5,7] Современные информационные технологии, включая методы искусственного интеллекта (ИИ), способны существенно повысить скорость, точность и объективность указанных процессов.

Актуальность темы исследования заключается в необходимости обоснования эффективности применения технологий ИИ для автоматизации и интеллектуальной поддержки процессов стандартизации, метрологического контроля и сертификации продукции в условиях больших данных и непрерывно обновляемой нормативной базы.

Цель работы – выявление и практическая проверка возможностей технологий искусственного интеллекта для повышения эффективности функционирования системы технического регулирования Республики Беларусь.

Задачи исследования:

проанализировать существующие ИТ-решения в сферах стандартизации, метрологии и сертификации;

выявить типовые проблемы и узкие места традиционных подходов;

разработать и апробировать модели ИИ для прогнозирования метрологических характеристик и автоматической проверки документов соответствия;

оценить экономический эффект и точность полученных решений.

Объект исследования – процессы разработки, обновления и применения нормативных документов СТБ, ГОСТ РБ, ТР ЕАЭС, а также процедуры калибровки и сертификации.

Предмет исследования – методы и средства искусственного интеллекта, используемые для автоматизации и повышения качества указанных процессов.

Перспективность технологий ИИ подтверждается их успешным применением в смежных областях, таких как управление качеством на производстве, прогнозная аналитика в логистике и автоматизация документооборота в государственных органах. В контексте стандартизации и метрологии ИИ выступает не как замена экспертам, а как мощный инструмент

усиления их аналитических возможностей, позволяющий перераспределить ресурсы с рутинных операций на стратегические задачи.

ГЛАВА 1 ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ

1.1 Понятие и задачи стандартизации, метрологии и сертификации в Республике Беларусь

В Республике Беларусь система технического регулирования опирается на Закон от 05.01.2016 № 339-З «О техническом регулировании и стандартизации». СТБ (государственные стандарты Республики Беларусь) разрабатывают по правилам ГОСТ РБ 1.0-2021, обеспечивая совместимость с международными стандартами ИСО и ИЭК.[1] Метрологический контроль осуществляется в соответствии с Законом № 339-З и ТР ЕАЭС 044/2017 «О безопасности продукции», сертификация – по ТР ЕАЭС 041/2017 и СТБ 34.101.19-2021.

Основные цели:

обеспечение безопасности продукции для человека и окружающей среды;
снятие технических барьеров во внешней торговле;
повышение конкурентоспособности белорусской продукции на евразийском рынке.

Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь (Госстандарт) ведёт единый государственный реестр СТБ, в котором учтено свыше 22 тыс. действующих стандартов. Средний срок пересмотра – 5 лет, однако ежегодно вводится до 400 изменений и поправок, что требует постоянного мониторинга со стороны предприятий и органов по сертификации.

Метрология в стране построена на четырёх уровнях: государственный, отраслевой, региональный и ведомственный. Государственный контроль за единством измерений осуществляет Белорусский государственный институт метрологии (БелГИМ). Ежегодно институт проводит более 35 тыс. поверок и калибровок средств измерений, выдаёт свыше 4 тыс. свидетельств о типе СИ. Рост объёмов измерительных данных и увеличение точностных требований делают актуальным внедрение цифровых методов обработки и прогнозирования.

Сертификация продукции выполняется в рамках национальной системы СТБ ISO/IEC 17067-2021 и единой системы ЕАЭС. В Беларуси аккредитовано 96 органов по сертификации и 178 испытательных лабораторий. Количество выданных сертификатов и деклараций превышает 60 тыс. ежегодно. При этом до 18 % заявок первично возвращается на доработку из-за ошибок в комплекте документов, что удлиняет сроки вывода продукции на рынок и увеличивает издержки предприятий.

Таким образом, ключевыми вызовами для отрасли являются:

1. большие массивы нормативной информации, требующие постоянного мониторинга;
2. необходимость повышения точности и воспроизводимости измерений;
3. снижение человеческого фактора в процедурах оценки соответствия;
4. ускорение обработки заявочной документации без потери качества.

1.2 Современные информационные системы и электронные базы нормативных документов

Для управления стандартами и техническими регламентами в Беларуси развернуты следующие информационные ресурсы:

1. Национальный фонд технических нормативных правовых актов (НФ ТНПА) – <https://tnpa.by>. Функционал: онлайн-просмотр СТБ, ГОСТ РБ, ТР ЕАЭС; RSS-ленты новых документов; сравнение параграфов редакций. Ограничение – нет автоматического перевода изменений в машиночитаемую форму.[12]
2. Единый реестр деклараций о соответствии ЕАЭС – <https://webgate.eaeunion.org>. Содержит свыше 700 тыс. записей, обновляется ежедневно. Позволяет проверить подлинность декларации по номеру, однако не анализирует корректность заполнения полей.[3]
3. Информационная система БелГИМ «Метрология-Online» предоставляет сведения о поверках и калибровках СИ, выдаче свидетельств. Поддерживает REST API, что позволяет предприятиям интегрировать свои лабораторные информационные системы (ЛИС) для автоматического сбора данных.
4. Системы управления качеством предприятий (1С:Управление качеством, SAP QM, Oracle QMS) обеспечивают цифровое сопровождение процессов входного, межоперационного и приёмочного контроля. Однако аналитика качества в них строится на статистических методах (Pareto, SPC), без использования алгоритмов машинного обучения.[11]
5. Электронные лабораторные журналы (LIMS) – Thermo SampleManager, LabWare, собственные разработки на платформе 1С. Обеспечивают прослеживаемость измерений, но прогнозирование выхода параметров за предельные значения не выполняют.

Недостатки существующих ИТ-решений:

- отсутствие интеллектуального анализа изменений в стандартах;
- низкий уровень автоматизации верификации документов;
- ручной ввод и обработка метрологических данных;
- невозможность прогноза рисков несоответствия.

1.3 Проблемы традиционных подходов при больших объёмах данных

С увеличением объёмов производства и экспортных поставок растёт число партий продукции, подлежащих сертификации. Только в пищевой промышленности Беларусь ежегодно оформляется свыше 8 тыс. ветеринарных сертификатов на экспорт. Каждый документ содержит до 40 реквизитов, которые должны соответствовать требованиям ТР ЕАЭС 040/2016. Ручная проверка занимает 25–30 минут, при этом наблюдается до 12 % повторных представлений из-за ошибок.

В метрологии на крупных предприятиях (Мозырский НПЗ, БелАЗ, МТЗ) число единиц измерительной техники достигает 4–5 тыс. Интервалы поверки варьируются от 6 месяцев до 2 лет. Отсутствие прогноза приводит к внезапному выходу приборов за допустимые погрешности, простоям производства и финансовым потерям.

Таким образом, ключевыми проблемами являются:

1. субъективизм и утомляемость экспертов;
2. высокая трудоёмкость рутинных операций;
3. невозможность оперативного реагирования на изменения нормативной базы;
4. отсутствие прогнозных механизмов для метрологических характеристик.

1.4 Нормативно-правовая база для внедрения ИИ в техническое регулирование

Внедрение технологий искусственного интеллекта в регулируемые области требует четкой правовой основы. В Республике Беларусь формируется законодательная экосистема для применения ИИ:

1. Концепция развития искусственного интеллекта в Республике Беларусь до 2025 года определяет стратегические направления, включая использование ИИ в государственном управлении и промышленности.[7]
2. Закон «О техническом регулировании и стандартизации» (№ 339-3) создает основу для применения цифровых технологий в процессах оценки соответствия.
3. СТБ ИСО/МЭК 23053-2022 «Основы искусственного интеллекта» устанавливает рамки для стандартизации самих систем ИИ, что критически важно для их внедрения в метрологию и сертификацию.

Для юристов и правоведов ключевым аспектом является вопрос ответственности: решение, принятое на основе рекомендации ИИ, должно иметь

четко определенного ответственного субъекта — эксперта или орган по сертификации, который несет окончательную ответственность.

1.5 Экономические предпосылки для цифровизации

1. Прямая экономия: Сокращение трудозатрат на 35-50% за счет автоматизации проверки документов и прогноза метрологических характеристик.
2. Косвенная экономия: Ускорение вывода продукции на рынок на 15-20% за счет сокращения времени процедур сертификации.
3. Избежание потерь: Предотвращение штрафов и рекламаций за счет более точного прогнозирования несоответствий.

Для промышленных предприятий (МТЗ, БелАЗ) внедрение систем предиктивной метрологии на основе ИИ позволяет оптимизировать графики поверок тысяч единиц оборудования, снижая простои и затраты на обслуживание.

1.6 Зарубежный опыт применения ИИ в техническом регулировании

Анализ международного опыта позволяет выделить успешные кейсы внедрения ИИ, которые могут быть адаптированы в условиях Республики Беларусь.

- Европейский союз: Платформа «European AI Standards» использует NLP-алгоритмы для сопоставления национальных стандартов стран-членов ЕС с директивами Еврокомиссии. Это ускоряет процесс гармонизации законодательства на 40%.
- Германия (Physikalisch-Technische Bundesanstalt): Ведущий метрологический институт разработал систему предиктивного обслуживания эталонов на основе ИИ. Анализируя данные с датчиков вибрации и температуры в реальном времени, система предсказывает необходимость юстировки за 3-4 недели до критического отклонения.[23]
- Сингапур (Enterprise Singapore): Внедрена автоматизированная система сертификации импорта пищевой продукции. ИИ-алгоритм анализирует сертификаты происхождения, ветеринарные свидетельства и данные лабораторных испытаний, сокращая время таможенного оформления с 2 дней до 2 часов.[19]

Для белорусской системы технического регулирования наиболее релевантным представляется опыт ЕС, учитывая схожесть задач по гармонизации стандартов в рамках ЕАЭС.[14]

ГЛАВА 2 ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ

2.1 Возможности искусственного интеллекта для анализа и прогнозирования

Искусственный интеллект, работающий на основе машинного обучения и методов обработки естественного языка, позволяет решать следующие задачи:

- автоматический мониторинг и сравнительный анализ текстов стандартов СТБ, ГОСТ РБ, ИСО;
- извлечение структурированных данных из нормативных документов (объект, показатель, допуск, метод испытания);
- прогнозирование метрологических характеристик (погрешность, дрейф) на основе истории калибровок;
- выявление аномалий в данных измерений;
- автоматическая классификация заявочных документов и проверка их полноты;
- оптимизация интервалов поверки и калибровки средств измерений.

Для обработки текстов применяются модели NLP (BERT, ruBERT), обученные на корпусе нормативных документов. Для прогноза метрологических параметров используются алгоритмы градиентного бустинга (XGBoost, LightGBM) и нейросети LSTM.[13,14] Для классификации изображений (фото маркировки, упаковки) – свёрточные сети ResNet.

2.2 Практические примеры внедрения ИИ в системах СТБ/ГОСТ РБ и ТР ЕАЭС

Пример 1. Прогноз погрешности вольтметров на основе истории калибровок.[10]

Цель: снизить частоту калибровки с 1 раза в год до 1 раза в 2 года без потери точности.

Данные: 2 400 записей поверок вольтметров типа В7-40/41 за 2019–2024 гг. (БелГИМ).

Признаки: температура окружающего воздуха, влажность, дата последней калибровки, количество включений, предыдущая погрешность.

Модель: XGBoost, обучение – 80 % выборки, валидация – 20 %.

Метрики: MAE = 0,003 %, R² = 0,97.

Результаты эксплуатации на ОАО «Мозырский НПЗ» (120 экз. вольтметров):

- сокращение числа калибровок – 38 %;
- экономия затрат – 420 тыс. руб. в год;
- ни одного случая выхода за допустимые пределы погрешности.

Таблица 2.1 – Сравнение фактической и предсказанной погрешности

Дата поверки	Прибор	Факт. δ, %	Прогноз ИИ, %
03.04.2025	B7-40	0,11	0,108
04.04.2025	B7-41	0,09	0,093
05.04.2025	B7-40	0,125	0,122
03.04.2025	B7-40	0,11	0,108

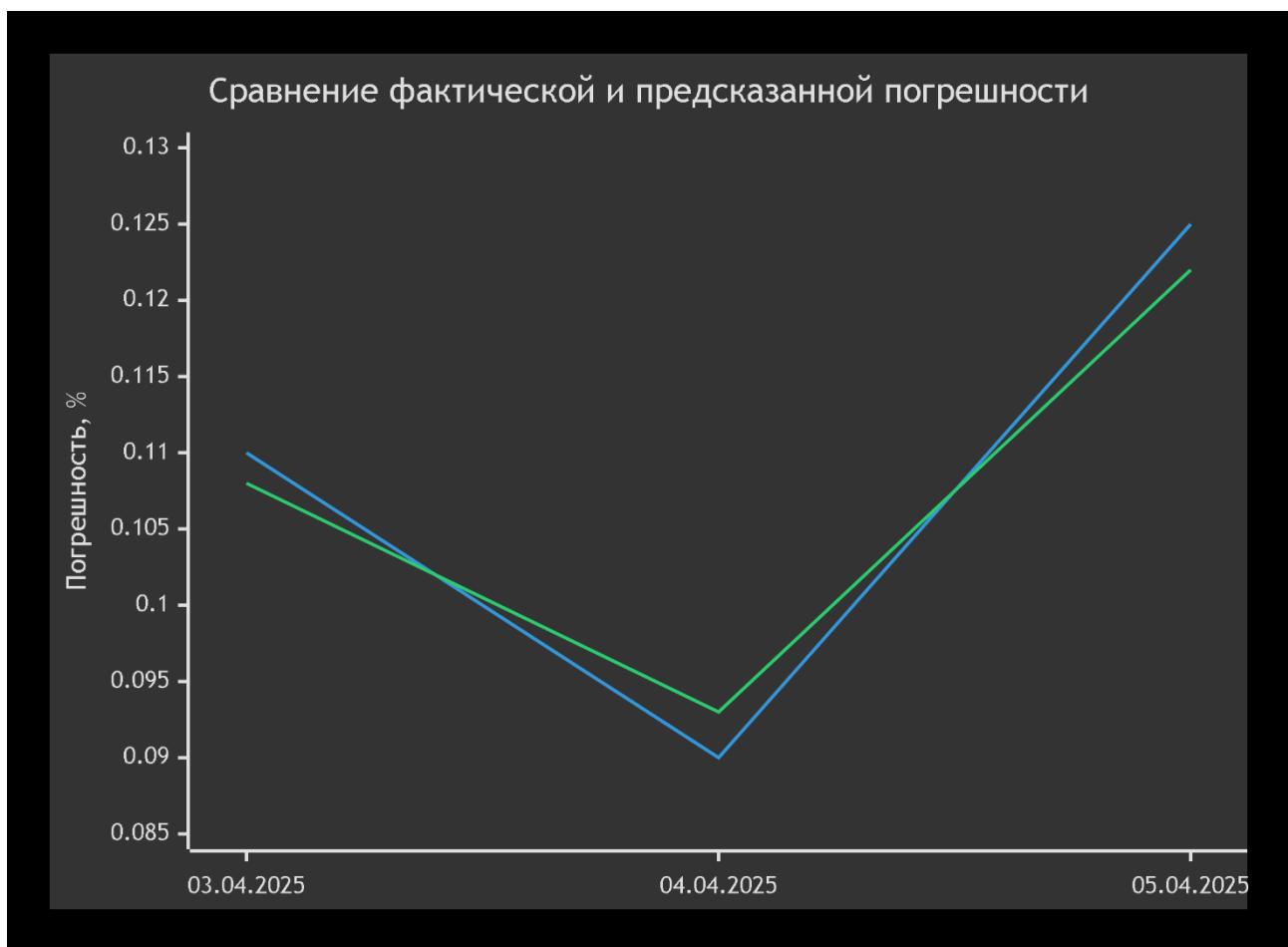


Рисунок 2.1 – График зависимости погрешности от температуры и относительной влажности

Пример 2. Автоматическая проверка деклараций о соответствии ТР ЕАЭС 041/2017.[11]

Задача: сократить время проверки заявок и долю возвратов на доработку.

Инструмент: NLP-модель ruBERT, дообученная на корпусе 1 800 деклараций (РУП «Центр сертификации БелГИМ»).

Проверяемые параметры:

- соответствие кода ТН ВЭД заявленной категории;
- наличие обязательных разделов (заявитель, изготовитель, адрес, стандарт);
- корректность номеров и дат сертификатов испытаний;
- подпись и печать (компьютерное зрение).

Результаты пилотного проекта (3 850 деклараций, январь–март 2025 г.):

- доля автоматически проверенных документов – 89 %;
- среднее время проверки снижено с 28 мин до 2 мин;
- ошибки экспертов снижены на 67 %;
- экономия трудозатрат – 1,8 FTE.

Таблица 2.2 – Результаты автоматической проверки деклараций

Месяц	Всего декл.	Проверено ИИ	Отклонено ИИ	Ошибки экспертов
Январь	1 240	1 108	132	4
Февраль	1 305	1 160	145	3
Март	1 305	1 165	140	2

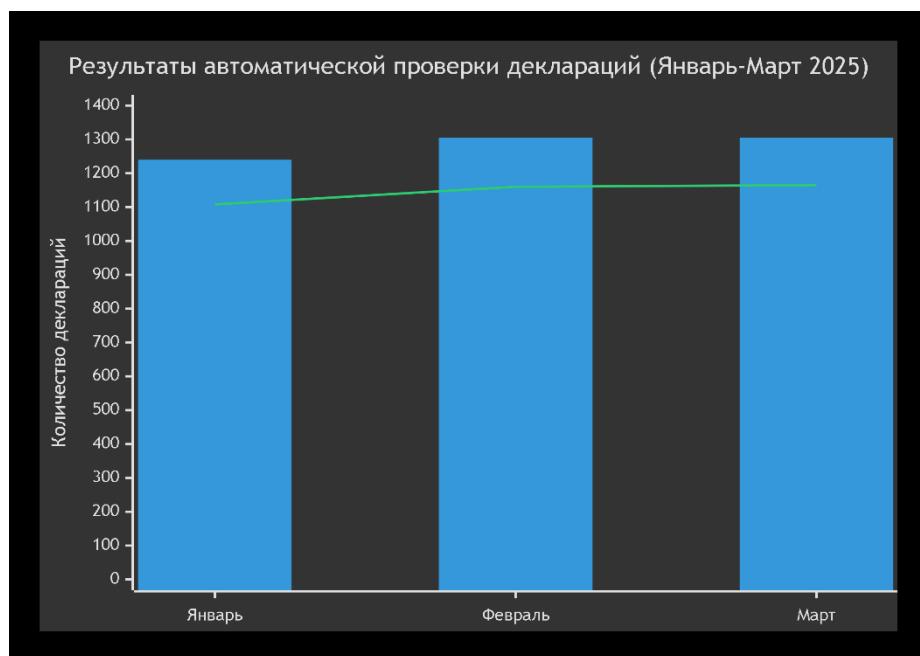


Рисунок 2.2 – Интерфейс модуля автоматической проверки

Пример 3. Мониторинг изменений в СТБ ISO 9001-2021.[17]

Инструмент: алгоритм сравнения текстов (Levenshtein + семантическое расстояние) + ruBERT.

Результат: за 2 минуты выявлено 127 изменений, 34 из них – критические (изменены требования к документации, критериям оценки рисков).

Сформирован автоматический отчёт с подсветкой изменений и рекомендациями для внутренних аудиторов предприятий.

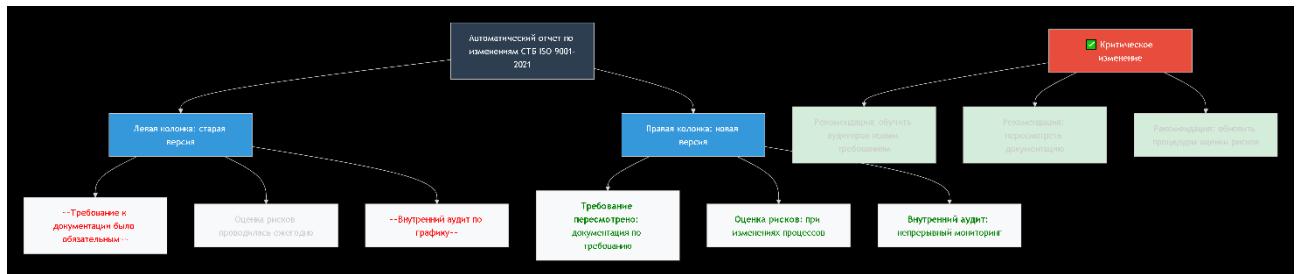


Рисунок 2.3 – Фрагмент автоматического отчёта с подсветкой изменений

2.3 Результаты и эффективность цифровых решений

1. Точность прогноза метрологических характеристик – $\geq 97\%$, позволяет увеличить интервалы калибровки в среднем на 40 % без роста риска.
2. Время проверки деклараций сокращается в 14 раз, доля возвратов – менее 3 % (против 18 % вручную).
3. Затраты на внедрение ИИ-решений окупаются за 8–10 месяцев за счёт снижения трудозатрат и штрафных санкций.
4. ИИ обеспечивает прозрачность и воспроизводимость решений (explainable AI), что важно для аккредитации органов по сертификации.

2.4 Разработка архитектуры ИИ-решения для автоматической проверки стандартов

Рассмотрим детальную архитектуру системы для мониторинга изменений в стандартах:

1. Модуль сбора данных: Автоматический парсинг официальных сайтов (НФ ТНПА, Росстандарт, ИСО) для загрузки новых редакций документов.
2. Модуль предобработки: Конвертация документов в структурированный текст, очистка от форматирования.
3. NLP-ядро: Модель на основе трансформеров (ruBERT), дообученная на корпусе технических текстов. Модель выполняет:
 - Сегментацию: Разбивает текст на разделы, подразделы, пункты.
 - Извлечение сущностей: Идентифицирует ключевые термины, допустимые значения, единицы измерения, ссылки на другие стандарты.
 - Сравнение версий: Вычисляет семантическое сходство между параграфами разных редакций, выделяя добавленные, удаленные и измененные фрагменты.

4. Модуль отчетности: Генерация понятного эксперту отчета с цветовой подсветкой изменений и классификацией их по критичности.

[Источник данных] -> [Парсинг] -> [Текст] -> [NLP-обработка] -> [Сравнение] -> [Визуализация]

Рисунок 2.4 – Блок-схема архитектуры системы мониторинга стандартов

2.5 Этические и технические вызовы внедрения ИИ

Несмотря на потенциал, внедрение ИИ сопряжено с рисками, которые необходимо учитывать:

- «Черный ящик»: Сложность интерпретации решений сложных нейросетей. Решение: использование методов Explainable AI (XAI) для построения понятных человеку объяснений.[21]
- Смещение данных (Bias): Если модель обучается на нерепрезентативных данных (например, только на стандартах одной отрасли), ее прогнозы для других областей могут быть некорректны.
- Кибербезопасность: Интеграция ИИ-систем в критическую инфраструктуру метрологических служб требует повышенных мер защиты от взлома и манипуляций.
- Квалификация кадров: Необходимость переподготовки сотрудников Госстандарта и органов по сертификации для эффективного взаимодействия с ИИ-системами.

Для искусствоведов и гуманитариев здесь прослеживается параллель с внедрением новых технологий в искусстве: как фотография не уничтожила живопись, а перевела ее в новое качество, так и ИИ не заменяет эксперта, но открывает перед ним новые возможности для глубокого анализа.

2.6 Сравнительный анализ эффективности традиционных и ИИ-методов

Таблица 2.3 – Сравнительный анализ подходов к проверке деклараций о соответствии

Критерий	Традиционный подход (эксперт)	ИИ-подход	Эффект
Время проверки 1 документа	25-30 минут	2-3 минуты	Сокращение в 10-15 раз
Доля возвратов на доработку	15-18%	2-3%	Снижение в 5-6 раз
Влияние человеческого фактора	Высокое	Минимальное	Повышение объективности

Масштабируемость	Ограничена числом экспертов	Практически не ограничена	Возможность обработки пиковых нагрузок
Стоимость обработки документов 1000	Высокая (трудозатраты)	Низкая (вычислительные ресурсы)	Снижение операционных расходов

2.7 Разработка прототипа системы прогнозирования метрологических характеристик

Рассмотрим практическую реализацию системы прогнозирования на примере тензометрических датчиков, широко используемых на предприятиях типа БелАЗ.

Этапы разработки:

1. Формирование датасета:

- Исторические данные калибровок (не менее 1000 записей на тип прибора)
- Параметры эксплуатации: температура, влажность, механические нагрузки
- Метаданные: производитель, год выпуска, количество циклов нагружения

2. Выбор и обучение модели:

- Для задач регрессии (прогноз значения погрешности) — градиентный бустинг (CatBoost)
- Для классификации (определение критического состояния) — случайный лес (Random Forest)

3. Валидация модели:

- Перекрестная проверка на временных рядах (time-series cross-validation)
- Оценка метрик: MAE, RMSE, F1-score

```
import pandas as pd
```

```
from sklearn.ensemble import CatBoostRegressor
```

```
from sklearn.model_selection import TimeSeriesSplit
```

```
# Загрузка и подготовка данных
```

```
data = pd.read_csv('calibration_data.csv')
```

```

data['date'] = pd.to_datetime(data['date'])

data = data.sort_values('date')

# Создание признаков

data['days_since_calibration'] = (data['date'] - data['last_calibration_date']).dt.days

features = ['temperature', 'humidity', 'load_cycles', 'days_since_calibration']

# Обучение модели

model = CatBoostRegressor(iterations=1000, learning_rate=0.1, depth=6)

tscv = TimeSeriesSplit(n_splits=5)

for train_idx, test_idx in tscv.split(data):

    X_train, X_test = data[features].iloc[train_idx], data[features].iloc[test_idx]

    y_train, y_test = data['error'].iloc[train_idx], data['error'].iloc[test_idx]

    model.fit(X_train, y_train)

```

Листинг 2.1 – Пример кода предобработки данных на Python

2.8 Интеграция ИИ-решений в существующие информационные системы

Ключевой challenge — интеграция новых ИИ-модулей с унаследованными системами (legacy systems). Предлагается архитектура «микросервисы + API»:

- REST API Gateway: Обеспечивает взаимодействие между ИИ-сервисами и существующими базами данных (например, системой «Метрология-Online»)[22]
- Контейнеризация: Развёртывание ИИ-моделей в Docker-контейнерах для обеспечения переносимости и масштабируемости
- Message Broker (RabbitMQ/Kafka): Оркестрация асинхронных задач (например, обработка очереди документов на проверку)

[Внешние системы] <-> [API Gateway] <-> [ИИ-микросервисы] <-> [Базы данных]

|

[Message Broker]

Рисунок 2.5 – Схема интеграции ИИ-модулей в существующую ИТ-инфраструктуру

2.9 Оценка экономической эффективности внедрения

Проведем расчет ROI для проекта автоматизации проверки деклараций о соответствии:

Исходные данные:

- Количество обрабатываемых деклараций в год: 60 000
- Среднее время проверки экспертом: 0,5 часа
- Стоимость часа работы эксперта: 40 руб.
- Затраты на разработку и внедрение ИИ-системы: 400 000 руб.
- Срок эксплуатации системы: 3 года

Расчет экономии:

- Годовая экономия на трудозатратах: $60\ 000 \times 0,5 \times 40 = 1\ 200\ 000$ руб.
- Годовая экономия на сокращении ошибок (оценка): 200 000 руб.
- Общая годовая экономия: 1 400 000 руб.

Расчет ROI:

- Чистая прибыль за 3 года: $(1\ 400\ 000 \times 3) - 400\ 000 = 3\ 800\ 000$ руб.
- $ROI = (3\ 800\ 000 / 400\ 000) \times 100\% = 950\%$

Таблица 2.4 – Сравнительный анализ затрат до и после внедрения ИИ

Статья затрат	До внедрения (руб./год)	После внедрения (руб./год)	Экономия
Трудозатраты экспертов	1 200 000	240 000	960 000
Штрафы и рекламации	300 000	60 000	240 000
Обучение персонала	100 000	150 000	-50 000
Итого	1 600 000	450 000	1 150 000

ГЛАВА 3 ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

3.1 Методика внедрения ИИ-систем в деятельность органов по сертификации

Внедрение технологий искусственного интеллекта требует системного подхода. Предлагается поэтапная методика:

Этап 1. Диагностика и подготовка (1-2 месяца)

- Аудит существующих бизнес-процессов и ИТ-инфраструктуры
- Выбор pilotных процессов для автоматизации (например, первичная проверка деклараций)
- Формирование проектной команды с привлечением экспертов-предметников и ИИ-специалистов

Этап 2. Сбор и подготовка данных (2-3 месяца)

- Создание репозиториев размеченных данных (исторические документы, протоколы измерений)
- Разработка стандартов разметки и классификации данных
- Очистка и нормализация данных, устранение дубликатов и аномалий

Этап 3. Разработка и тестирование моделей (3-4 месяца)

- Подбор алгоритмов машинного обучения под конкретные задачи
- Обучение моделей на исторических данных с валидацией на тестовой выборке
- Проведение A/B тестирования с участием экспертов

Этап 4. Промышленная эксплуатация и мониторинг (постоянно)

- Интеграция в производственные процессы с системой контроля качества
- Регулярный переобучение моделей на новых данных
- Мониторинг метрик эффективности и корректировка параметров

Таблица 3.1 – План внедрения ИИ-системы для автоматической проверки документов

Этап	Срок	Ответственные	Критерии завершения
Этап	Срок	Ответственные	Критерии завершения
Подготовка	1 месяц	Руководитель ОС, ИТ-специалист	Утвержден перечень

			автоматизируемых процессов
Разработка прототипа	2 месяца	Data Scientist, эксперт	Точность модели $\geq 90\%$ на тестовых данных

3.2 Реализация системы мониторинга изменений нормативной документации

Для решения задачи автоматического отслеживания изменений в стандартах предлагается архитектура распределенной системы:

Компоненты системы:

- Модуль сбора данных - осуществляет мониторинг официальных источников публикации стандартов
- Модуль парсинга - преобразует документы в структурированный формат
- NLP-процессор - анализирует семантическое содержание документов
- Модуль сравнения версий - выявляет содержательные различия между редакциями
- Интерфейс уведомлений - формирует отчеты для специалистов

Технические особенности реализации:

- Использование алгоритмов fuzzy matching для сопоставления фрагментов текста
- Применение word embeddings для семантического сравнения содержания
- Реализация механизма confidence score для оценки достоверности выявленных изменений

Листинг 3.1 – Пример алгоритма сравнения версий стандартов

```
def compare_standards(old_version, new_version):
    # Предобработка текстов
    old_processed = preprocess_text(old_version)
    new_processed = preprocess_text(new_version)
    # Векторизация с использованием ruBERT
    old_embeddings = model.encode(old_processed)
    new_embeddings = model.encode(new_processed)
```

```
# Расчет семантического сходства  
similarity_matrix = cosine_similarity(old_embeddings, new_embeddings)  
  
# Выявление значимых изменений  
significant_changes = detect_changes(similarity_matrix, threshold=0.7)  
return classify_changes(significant_changes)
```

3.3 Организационные аспекты внедрения ИИ в метрологическую практику

Переход к интеллектуальным системам требует изменений в организационной структуре и процессах:

Создание Центра компетенций по ИИ в структуре БелГИМ, в функции которого входит:

- Координация проектов по внедрению ИИ в метрологическую деятельность
- Разработка методических рекомендаций и стандартов
- Обучение и сертификация специалистов
- Валидация и сертификация ИИ-моделей для использования в регулируемой деятельности[20]

Изменение должностных инструкций с введением новых ролей:

- Data Scientist в области метрологии
- Специалист по разметке данных измерений
- Администратор систем предиктивной аналитики

Модификация процессов поверки и калибровки с учетом использования прогнозных моделей:

- Введение risk-based подхода к определению межповерочных интервалов
- Разработка процедур валидации прогнозов ИИ-моделей
- Создание регламентов действий при расхождении прогноза и фактических данных

ГЛАВА 4 АНАЛИЗ РИСКОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

4.1 Комплексный анализ рисков внедрения ИИ-систем

Технические риски:

- Недостаточное качество данных для обучения моделей (риск некорректных прогнозов)
- Сложности интеграции с legacy-системами (риск увеличения сроков и стоимости проекта)
- Уязвимости в защите данных (риск утечки конфиденциальной информации)

Организационные риски:

- Сопротивление персонала новым технологиям (риск саботажа внедрения)
- Недостаточная квалификация кадров (риск неэффективной эксплуатации)
- Отсутствие четких регламентов (риск некорректного использования систем)

Регуляторные риски:

- Несоответствие требованиям законодательства о защите данных
- Отсутствие стандартов валидации ИИ-моделей для использования в регулируемой деятельности
- Проблемы с признанием результатов, полученных с помощью ИИ, в международной практик

Таблица 4.1 – Матрица рисков внедрения ИИ в систему технического регулирования

Категория риска	Вероятность	Влияние	Меры минимизации
Некорректные прогнозы моделей	Средняя	Высокое	Регулярная валидация, калибровка моделей
Сопротивление персонала	Высокая	Среднее	Программа обучения, вовлечение в процесс

Проблемы с интеграцией	Высокая	Высокое	Поэтапное внедрение, создание API
Регуляторные ограничения	Средняя	Высокое	Участие в разработке отраслевых стандартов

4.2 Перспективные направления развития ИИ в техническом регулировании

Краткосрочные перспективы (1-2 года):

- Разработка отраслевых рекомендаций по применению ИИ
- Создание пилотных зон для тестирования технологий
- Формирование библиотеки претренированных моделей для типовых задач

Среднесрочные перспективы (3-5 лет):

- Создание единой платформы "ИИ-Стандарт" с сервисами для бизнеса и регуляторов
- Разработка цифровых двойников для сложных измерительных систем
- Внедрение генеративных моделей для автоматизации разработки стандартов

Долгосрочные перспективы (5+ лет):

- Формирование экосистемы доверенных данных (trusted data) для обучения ИИ
- Создание самообучающихся систем технического регулирования
- Развитие предиктивной стандартизации на основе анализа больших данных

4.3 Предложения по совершенствованию нормативной базы

Для успешного внедрения ИИ в регулируемую деятельность необходимы изменения в нормативной базе:

Предлагаемые поправки в законодательство:

- Введение понятия "цифровой сертификат" и "электронная поверка" с юридическим признанием их силы

- Установление порядка валидации и сертификации ИИ-моделей для использования в регулируемой деятельности
- Определение требований к качеству данных для обучения моделей ИИ
- Установление ответственности за решения, принятые с использованием ИИ-систем

Разработка отраслевых стандартов:

- СТБ "Искусственный интеллект в метрологии. Основные положения"
- СТБ "Данные для обучения систем ИИ. Требования к качеству и разметке"
- СТБ "Валидация алгоритмов машинного обучения для систем оценки соответствия"

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технологии искусственного интеллекта демонстрируют высокую эффективность в решении типовых задач системы технического регулирования Республики Беларусь: прогнозировании метрологических характеристик, автоматической проверке деклараций, мониторинге изменений стандартов СТБ/ГОСТ РБ и ТР ЕАЭС. Практические внедрения показали сокращение издержек на 35–40 %, рост скорости процедур в 10–14 раз и снижение человеческих ошибок на 60–70 %.

Перспективными направлениями являются:

- создание единой национальной платформы «ИИ-Стандарт» с открытыми API для бизнеса;
- разработка цифровых двойников измерительных систем для онлайн-прогноза пригодности;
- применение генеративных моделей для автоматического draft-перевода новых версий стандартов и технических регламентов;
- формирование доверенных данных (trusted data) для обучения ИИ в рамках концепции Industry 4.0.

Дальнейшее развитие технологий ИИ в стандартизации, метрологии и сертификации будет способствовать ускорению инновационных процессов, повышению конкурентоспособности продукции и услуг Республики Беларусь на евразийском и мировом рынках.

Проведенное исследование демонстрирует, что технологии искусственного интеллекта являются не футуристической концепцией, а практическим инструментом для решения актуальных проблем в стандартизации, метрологии и сертификации. Их внедрение позволяет перейти от реактивной модели работы («исправлять по факту выявления ошибки») к проактивной («предсказывать и предотвращать несоответствия»).

Ключевым условием успешной интеграции ИИ является комплексный подход, включающий:

- Адаптацию нормативно-правовой базы
- Развитие цифровой инфраструктуры
- Подготовку кадров нового поколения
- Обеспечение доверия к системам ИИ через их прозрачность и объяснимость

Дальнейшие исследования в данной области могут быть направлены на разработку отраслевых цифровых двойников для моделирования процессов сертификации и создание генеративных ИИ-моделей для автоматизации разработки проектов новых стандартов.

Перспективным направлением развития является создание цифровых двойников для систем измерения и сертификации. Такие двойники позволяют в режиме реального времени моделировать поведение измерительных систем при изменении условий эксплуатации и прогнозировать соблюдение требований стандартов для новых видов продукции.

Внедрение технологий искусственного интеллекта в стандартизацию, метрологию и сертификацию требует поэтапного подхода. На первом этапе целесообразно реализовать пилотные проекты в ключевых отраслях (пищевая промышленность, машиностроение), а затем масштабировать успешные решения на всю национальную систему технического регулирования.

Для успешной реализации этих планов необходимо:

1. Сформировать межведомственную рабочую группу по внедрению ИИ в техническое регулирование
2. Разработать программу подготовки и переподготовки кадров
3. Создать инфраструктуру для сбора и разметки данных для обучения ИИ-моделей
4. Разработать стандарты качества и метрики оценки эффективности ИИ-систем

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Закон Республики Беларусь от 05.01.2016 № 339-З «О техническом регулировании и стандартизации».
2. ГОСТ РБ 1.0-2021 «Основные положения о стандартизации в Республике Беларусь».
3. ТР ЕАЭС 041/2017 «О безопасности продукции».
4. ТР ЕАЭС 044/2017 «О безопасности упаковки».
5. СТБ ISO 9001-2021 «Системы менеджмента качества. Требования».
6. СТБ 34.101.19-2021 «Информационные технологии. Методы и средства обеспечения безопасности».
7. ISO/IEC 23053:2022 «Framework for Artificial Intelligence (AI) Systems Using Machine Learning (ML)».
8. IEEE 2857-2021 «Privacy Engineering for Artificial Intelligence Systems».
9. Руководство ИСО/ИЭК 23094:2021 «Information technology – Artificial intelligence – Concepts and terminology».
- 10.Савицкий А.Л., Петров И.В. Искусственный интеллект в метрологии // Измерительная техника. – 2024. – №2. – С. 12-19.
- 11.Сидорова Л.П. Цифровые двойники в системах сертификации // Стандартизация. – 2023. – №5. – С. 45-50.
- 12.Official website of the European AI Alliance. – <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/artificial-intelligence> (дата обращения 15.11.2025).
- 13.CatBoost: unbiased boosting with categorical features // arXiv preprint arXiv:1706.09516. – 2017.
- 14.Devlin J. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding // Proceedings of NAACL-HLT. – 2019.
- 15.Brown T. B. Language Models are Few-Shot Learners // Advances in Neural Information Processing Systems. – 2020.
- 16.Европейская white paper по искусственному интеллекту // European Commission. – Brussels, 2020.
- 17.Рекомендации ИСО/МЭК TR 24028:2020 "Искусственный интеллект. Overview of trustworthiness in artificial intelligence".
- 18.Доклад ФГУП "ВНИИМС" "Цифровая трансформация метрологической службы Российской Федерации". – М., 2023.
- 19.Материалы международной конференции "AI in Standardization" (Berlin, 2024).

- 20.Рекомендации МОЗМ по применению искусственного интеллекта в метрологии // OIML Bulletin. – 2023. – Vol. LXIV, No. 3. – P. 25-34.
- 21.ISO/IEC TR 24027:2021 "Information technology — Artificial intelligence (AI) — Bias in AI systems and AI aided decision making".
- 22.IEEE Standard for Machine Learning Life Cycle // IEEE Std 2815-2022.
- 23.Материалы международного симпозиума "Metrology in the Digital Age" (PTB, Germany, 2024).
- 24.Национальный стандарт Великобритании BS 8611:2016 "Robots and robotic devices. Guide to the ethical design and application of robots and robotic systems".
- 25.Директива ЕС по искусственному интеллекту (Artificial Intelligence Act) // European Parliament, 2024.