

возможно производство гипса марки 1 с помощью двух стадийного процесса, включающего растворение и центрифугирование.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Beletskii E. V. et al. Fall and Rise: Disentangling Cycle Life Trends in Atmospheric Plasma-Synthesized FeOOH/PANI Composite for Conversion Anodes in Lithium-Ion Batteries // ChemEngineering. – 2024. – Vol. 8. – № 1. – P. 24.
2. Wang C. et al. Preparation of calcium sulfate from recycled red gypsum to neutralize acidic wastewater and application of high silica residue // Journal of Material Cycles and Waste Management. – 2024. – Vol. 26. – № 3. – P. 1588-1595.
3. Liu C. et al. Effect of phosphogypsum flotation purification on anhydrite properties // Journal of Material Cycles and Waste Management. – 2025. – P. 1–16.
4. Wang C. et al. Preparation of anhydrite whiskers from red gypsum and application in polyvinyl chloride // Journal of Material Cycles and Waste Management. – 2025. – Vol. 27. – № 2. – P. 973–983.
5. Romanovski V. et al. Gypsum binder with increased water resistance derived from membrane water desalination waste // Engineering Reports. – 2025. – Vol. 7. – № 1. – P. e13028.
6. Kamarou M. et al. High strength anhydrite cement based on lime mud from water treatment process: one step synthesis in water environment, characterization and technological parameters // Engineering Reports. – 2025. – Vol. 7. – № 1. – P. e13054.
7. Kamarou M. et al. High-strength gypsum binder with improved water-resistance coefficient derived from industrial wastes // Waste Management & Research. – 2025. – Vol. 43. – № 2. – P. 213–224.

УДК 349.2:004.9(476)

**ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ОХРАНЫ ТРУДА
И ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ:
ВЫЗОВЫ И ПУТИ АДАПТАЦИИ**

Корников Р. И.

студент 1-го курса магистратуры Академия управления
при Президенте Республики Беларусь

Введение: Вызовы четвертой промышленной революции.

Цифровая трансформация систем охраны труда представляет собой глобальный тренд, обусловленный развитием технологий Индустрии 4.0. Внедрение интернета вещей (IoT), искусственного интеллекта (ИИ), систем предиктивной аналитики и цифровых двойников кардинально меняет парадигму управления профессиональными рисками. Для Республики Беларусь, с ее развитым промышленным комплексом и амбициозными планами по технологической модернизации, адаптация законодательства в сфере охраны труда к цифровой реальности становится императивом экономической безопасности

и социальной стабильности. Традиционная система охраны труда в Беларуси, основанная на нормативном и реактивном подходе, демонстрирует свою ограниченность в условиях цифровой экономики. Законодательство требует системного обновления для легитимации новых технологий, определения правового статуса цифровых данных и создания баланса между технологическим контролем и правами работников. Данная работа направлена на анализ существующих нормативных пробелов и разработку конкретных предложений по адаптации белорусского законодательства к вызовам цифровой эпохи.

1. Анализ текущего законодательного поля Республики Беларусь

1.1 Базовые нормативные акты и их потенциал для цифровизации

Основу регулирования охраны труда в Республике Беларусь составляют Закон Республики Беларусь «Об охране труда», Трудовой кодекс и система технических нормативных правовых актов (ТНПА) [1, 2]. В действующей редакции Закона «Об охране труда» отсутствует явное упоминание цифровых технологий, однако отдельные положения создают косвенную основу для их внедрения. Статья 12 определяет, что работодатель должен внедрять современные средства безопасности, а статья 17 закрепляет принцип приоритета сохранения жизни и здоровья работников [1]. Эти нормы могут трактоваться как правовое обоснование внедрения превентивных цифровых систем. Однако ключевой пробел – отсутствие в законодательстве легальных определений таких понятий, как «цифровая система управления охраной труда» или «предиктивная аналитика профессиональных рисков», что создает правовую неопределенность.

1.2 Технические нормативные правовые акты: разрыв с технологической реальностью

Анализ действующих ТНПА, таких как СТБ 1803-2007 «Шум. Правила оценки и контроля» или ТКП 45-1.03-44-2006, показывает их ориентацию на эпоху периодического контроля и ручных измерений [3, 4]. Они не содержат требований к непрерывному мониторингу через сеть IoT-датчиков, цифровым протоколам обмена данными или использованию алгоритмов машинного обучения для анализа рисков. Инструкция о порядке обучения, утвержденная постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 28.11.2008 № 175, также регламентирует исключительно традицион-

ные формы обучения без учета возможностей VR/AR-тренажеров [5]. Таким образом, ТНПА отстают от технологических возможностей на 10-15 лет, создавая формальные правовые барьеры для внедрения современных решений даже при их доказанной эффективности.

1.3 Проблемы правоприменения в цифровом контексте

Процедура расследования несчастных случаев, регламентированная постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 15.01.2004 № 30, предполагает преимущественно «бумажный» документооборот [6]. В ней не определен правовой статус доказательств, полученных из цифровых источников: данных с камер компьютерного зрения, логов автоматических систем блокировки оборудования или показаний персональных биометрических датчиков. Статья 463 Трудового кодекса, предусматривающая дисциплинарную ответственность, не учитывает новые сценарии, например, когда работник проигнорировал предупреждение системы ИИ или когда инцидент произошел из-за сбоя в работе предиктивного алгоритма [2]. Это создает сложности при установлении вины и размера ответственности.

2. Международный опыт и лучшие практики

2.1 Европейский Союз: риск-ориентированный подход и этика ИИ

Директива Европейского Союза 89/391/ЕЕС «О введении мер по улучшению безопасности и здоровья работников» закладывает принцип превентивных действий и оценки рисков, что является естественной основой для цифровизации [7]. Европейская комиссия акцентирует внимание на этических аспектах, разрабатывая руководства по использованию ИИ в охране труда. Ключевые принципы включают объяснимость ИИ-решений (право работника знать логику предупреждения), сохранение контроля человека над критическими решениями и строгое соблюдение GDPR при обработке персональных данных, особенно биометрических [8].

2.2 Опыт Германии и Сингапура: институциональные решения

Германия, дополняя свой Закон о промышленной безопасности (Arbeitsschutzgesetz), сделала акцент на социальном диалоге и принципах пропорциональности и прозрачности при удаленном мониторинге [9]. Институт страхования от несчастных случаев (DGUV) разработал специализированный цифровой стандарт DGuV Plus для сертификации систем предиктивной безопасности. Синга-

пур пошел по пути активного государственно-частного партнерства, запустив программу «SAFE», которая предусматривает существенные субсидии на внедрение IoT-систем, ускоренную сертификацию и создание национального центра компетенций по анализу данных об инцидентах [10]. Эти примеры демонстрируют разные, но эффективные модели интеграции технологий в правовое поле.

3. Конкретные вызовы для белорусского законодательства

Первый системный вызов – легитимация данных и алгоритмических решений. Действующее законодательство не отвечает на вопросы о юридической силе прогнозов риска, сгенерированных ИИ, или о правомерности автоматической блокировки оборудования. Ответственность за ложные срабатывания алгоритмов также не распределена.

Второй критический вызов – конфликт между безопасностью и правом на приватность. Системы биометрического мониторинга собирают чувствительные персональные данные. Закон РБ «Об информации, информатизации и защите информации» не содержит специальных норм о профессиональных биометрических данных, что создает риски их misuse [11]. Третий вызов – устаревшая система технического нормирования, не учитывающая возможности непрерывного автоматизированного контроля. Четвертый – несоответствие квалификационных требований к специалистам по охране труда, в чьи обязанности до сих пор не входят навыки работы с большими данными или системами предиктивной аналитики.

4. Предлагаемые пути адаптации законодательства

Адаптацию необходимо проводить поэтапно. На первом этапе (12–18 месяцев) требуются срочные поправки в Закон «Об охране труда» для введения базовых цифровых понятий и принципа «управления рисками на основе данных» [1]. Параллельно следует принять постановление о «пилотном внедрении», создав «регуляторную песочницу» для тестирования инноваций на предприятиях ПВТ и промышленных гигантах, и адаптировать подзаконные акты, например, Инструкцию по расследованию, для признания цифровых доказательств [5, 6].

На втором этапе (2–3 года) целесообразно принять Концепцию цифровизации охраны труда до 2030 года, предусматривающую национальную платформу обмена анонимизированными данными, программу переподготовки кадров и меры налогового стимулирования. Ключевой задачей является модернизация ТНПА,

разработка новых стандартов в рамках СТБ ISO 45001 и гармонизация с международными стандартами кибербезопасности, такими как ИЕС 62443 [3, 4]. Отдельным важным шагом станет разработка закона о профессиональных биометрических данных, четко ограничивающего цели и сроки их обработки.

На третьем этапе (3–5 лет) должна быть сформирована полноценная экосистема: создан Национальный центр компетенций по цифровой безопасности труда при Минтруда, внедрены механизмы государственно-частного партнерства для поддержки малого и среднего бизнеса и начата работа по гармонизации регуляторики в рамках ЕАЭС.

Заключение. Цифровая трансформация охраны труда – объективный процесс, определяющий будущее промышленной безопасности. Для Республики Беларусь успех зависит от способности осуществить опережающую адаптацию законодательства. Предложенный поэтапный путь, от точечных изменений до формирования целостной экосистемы, позволит перейти от устаревшей модели нормативного соответствия к динамичной модели управления рисками на основе данных. Это создаст правовую определенность для бизнеса, обеспечит внедрение современных технологий и, что самое важное, усилит реальную защиту жизни и здоровья работников в условиях цифровой экономики. Ключевым итогом должно стать нахождение устойчивого баланса между технологическим прогрессом, коллективной безопасностью и незыблемыми правами личности.

Список использованных источников

1. Об охране труда : Закон Респ. Беларусь от 23 июня 2008 г. № 356-З (в ред. от 18.07.2023) // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2023. – № 123.
2. Трудовой кодекс Республики Беларусь : Кодекс Респ. Беларусь от 26 июля 1999 г. № 296-З (в ред. от 24.10.2022) // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2022. – № 2/2920.
3. Шум. Правила оценки и контроля : СТБ 1803-2007. – Введ. 01.07.2008. – Минск : Госстандарт, 2007. – 35 с.
4. Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Общие требования : ТКП 45-1.03-44-2006 (02250). – Введ. 01.01.2007. – Минск : Минстройархитектуры, 2006. – 28 с.
5. Об утверждении Инструкции о порядке обучения, стажировки, инструктажа и проверки знаний работающих по вопросам охраны труда : постановление М-ва труда и соц. защиты Респ. Беларусь от 28 нояб. 2008 г. № 175 (в ред. от 30.12.2021) // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2022. – 8/31251.
6. О расследовании и учете несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний : постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 15 янв. 2004 г. № 30 (в ред. от 14.12.2022) // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2023. – 5/50789.

7. Council Directive 89/391/EEC of 12 June 1989 on the introduction of measures to encourage improvements in the safety and health of workers at work // Official Journal of the European Communities. – 1989. – L 183. – P. 1–8.

8. Ethics guidelines for trustworthy AI // European Commission, High-Level Expert Group on Artificial Intelligence. – Brussels, 2019. – 41 p.

9. Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) vom 7. August 1996 (BGBl. I S. 1246), das zuletzt durch Artikel 12 des Gesetzes vom 10. August 2021 (BGBl. I S. 3436) geändert worden ist.

10. Workplace Safety and Health (WSH) 2028 Strategy // Ministry of Manpower Singapore. – Singapore, 2022. – URL: <https://www.mom.gov.sg> (дата обращения: 15.04.2024).

11. Об информации, информатизации и защите информации : Закон Респ. Беларусь от 10 ноября 2008 г. № 455-3 (в ред. от 01.01.2024) // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2024. – № 2/3040.

УДК 004.42

CSS HOUDINI: АНАЛИЗ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ И БАРЬЕРОВ ВНЕДРЕНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ ВЕБ-РАЗРАБОТКЕ

Кудрявцева А. В., Шутько Н. П.

студент; к.т.н., доц., БГТУ

Введение. История веб-стандартов показывает, что внедрение новых CSS-функций, вроде Flexbox, занимает много времени. Старые JavaScript-полифилы, работающие после рендеринга и вызывающие пересчет стилей, часто замедляют работу сайта.

Основная часть. CSS Houdini меняет подход, предлагая набор API низкого уровня для браузеров. Он позволяет JavaScript-разработчикам расширять CSS, используя лёгкие Worklets для работы с ключевыми этапами рендеринга: Style, Layout, Paint и Composite. Это открывает доступ к API, таким как Paint API (для создания фонов и рамок программно), Layout API (для собственных режимов раскладки), Animation Worklet (для быстрых анимаций) и Properties & Values API (для типизации CSS-переменных) [1]. Houdini даёт возможность создавать быстрые полифилы и пробовать будущие стандарты прямо в процессе рендеринга, а не отдельно, что решает проблему производительности.

Несмотря на изначальный потенциал, Houdini, спустя годы после появления первых спецификаций, всё ещё ограниченно применяется в коммерческих продуктах. В докладе анализируются существующие, а не гипотетические, варианты применения