

МЕТОДОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ ОБУЧАЮЩЕГО ТРЕНАЖЕРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ОРГАНОВ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПОЖАРНОГО НАДЗОРА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

**Полевода И.И., Короткевич С.Г., Нехань Д.С.,
Ковтун В.А., Суриков А.В., Рябцев В.Н.**

Цель. Разработать методологические подходы и методическое обеспечение для создания обучающего тренажера с использованием технологий компьютерного моделирования и виртуальной реальности на примере торгово-развлекательного центра.

Методы. Анализ пожарной опасности торгово-развлекательных центров, причин возникновения пожаров и гибели на них. Обобщение требований нормативных правовых актов, в том числе технических нормативных правовых актов и международных актов в области обеспечения пожарной безопасности, образующих систему противопожарного нормирования и стандартизации, а также требований в области обеспечения промышленной безопасности. Разработка трехмерной виртуальной окружающей среды с использованием программной среды Unreal Engine и объектов для наполнения обучающих локаций. Синтез требований в области обеспечения пожарной и промышленной безопасности, генерируемых показателей, предъявляемых к виртуальным обучающим локациям (объектам) для обеспечения и реализации в тренажере сфер надзора (контроля) контролирующими (надзорными) органами Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь.

Результаты. Методология разработки обучающего тренажера, включающая программные алгоритмы, обучающие локации, их описание, режимы работы и особенности интерактивного взаимодействия со специальными объектами, планировочные схемы здания, обоснование применения параметров конструктивных элементов, перечни возможных нарушений требований в области обеспечения пожарной и промышленной безопасности для обучающих локаций (объектов). Представлены промежуточные результаты разрабатываемой виртуальной окружающей среды тренажера в виде трехмерной модели торгово-развлекательного центра с проектируемыми обучающими локациями в программной среде Unreal Engine.

Область применения исследований. Полученные результаты позволяют обеспечить внедрение технологий компьютерного моделирования, виртуальной реальности и современных интерактивных методик преподавания в образовательный процесс для повышения эффективности образовательного процесса при подготовке специалистов, осуществляющих государственный надзор по направлению пожарной и промышленной безопасности.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, виртуальная реальность, тренажер, надзорная деятельность, пожарная безопасность, промышленная безопасность, обучающие локации, методическое обеспечение.

(Поступила в редакцию 25 марта 2025 г.)

Введение

Современные тенденции развития городов направлены на возведение объектов с массовым пребыванием людей. К ним относятся спортивные сооружения, объекты культурно-зрелищной направленности, торгово-развлекательные центры (ТРЦ). Количество таких объектов растет пропорционально численности населения городов. При этом возведение новых объектов торговли связано, как правило, не только с увеличением торговых площадей объекта, но и с появлением в их составе развлекательных, спортивных, культурно-зрелищных и просветительных площадок, объектов общественного питания и др. (табл. 1). В результате

формируется многофункциональный комплекс. Популярность ТРЦ достигается их расположением (вблизи крупных дорожных развязок, в центре города или его спальных районах), а их возведение имеет ряд преимуществ, связанных с потребностями населения: разнообразие торговых объектов (товаров и услуг) характеризующихся качеством и скоростью обслуживания; наличие разнообразных объектов общественного питания (фуд-кортов), детских площадок и игровых зон, открытых и закрытых паркингов, удобство их расположения; наличие кинотеатров, выставок, рекреационных зон, спортзалов и др.

Современные ТРЦ характеризуются массовым скоплением людей, большими значениями переменной пожарной нагрузки, сложной планировкой как отдельных помещений, так и здания в целом. Контингент посетителей таких объектов характеризуется широким возрастным диапазоном и различным психофизическим состоянием. Отдельно следует отметить допустимость проектирования в соответствии с СН 2.02.05¹ таких объектов I и II степеней огнестойкости с неограниченной площадью этажа до восьми и семи этажей соответственно при оборудовании зданий автоматическими установками пожаротушения и выводе сигналов о пожаре и неисправности пожарной автоматики на пункт диспетчеризации пожарной автоматики Министерства по чрезвычайным ситуациям (МЧС) Республики Беларусь. Указанные элементы образуют особенности пожарной опасности ТРЦ, которые вызывают сложности в работе пожарных аварийно-спасательных подразделений, в том числе при организации эвакуации людей при пожаре и поиске очага пожара. Обеспечение пожарной безопасности путем выполнения комплекса противопожарных мероприятий на таких объектах важно не только для предотвращения возникновения пожаров, но и для минимизации социального и экономического ущерба в случае их возникновения.

Таблица 1. – Крупнейшие объекты торговли в Республике Беларусь

ТРЦ	Общая площадь, тыс. м ²	Год ввода в эксплуатацию	ТРЦ	Общая площадь, тыс. м ²	Год ввода в эксплуатацию
Dana Mall (Минск)	97,0	2017	Prizma (Минск)	70,0	2024
Palazzo (Минск)	94,8	2019	Тивали (Минск)	55,0	2015
Замок (Минск)	93,3	2012	Galleria Minsk (Минск)	54,5	2016
Green City (Минск)	83,0	2017	МОМО (Минск)	54,3	2015
Triniti (Гродно)	81,0	2019–2021	Arena City (Минск)	52,8	2013
Магнит (Минск)	80,0	2023	Diamond City (Минск)	52,0	2018

Поддержание при эксплуатации ТРЦ уровня пожарной безопасности, заложенного на этапе проектирования, а именно исправность и работоспособность систем пожарной автоматики, наличие в необходимом количестве и исправность иных средств обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения, функционирование в надлежащем состоянии объектов промышленной безопасности, формирование этики пожарной безопасности арендодателей и предпринимателей, наличие системы обучения персонала, курирующего вопросы пожарной и промышленной безопасности на таких объектах, а также работа при осуществлении деятельности в области пожарной и промышленной безопасности подготовленного специалиста органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям в сфере надзора и профилактики – все это критически важно для обеспечения должного уровня безопасности людей на рассматриваемых объектах.

Одной из задач Университета гражданской защиты (университет) является обеспечение высокого уровня подготовки специалистов МЧС по осуществлению государственного надзора в области обеспечения пожарной и промышленной безопасности. Обучающимися по специальностям «Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций» и «Пожарная и промышленная безопасность» в рамках освоения программ общего высшего образования

¹ Пожарная безопасность зданий и сооружений: СН 2.02.05-2020. – Введ. 04.04.2021 (взамен СН 2.02.01-2019, с отменой ТКП 45-2.02-315-2018 (33020)). – Минск: Минстройархитектуры, 2023. – 74 с.

изучаются требования по обеспечению пожарной безопасности, в том числе на предприятиях торговли и общественного питания, а также требования промышленной безопасности, предъявляемые к эксплуатируемому на данных объектах потенциально опасному оборудованию. Отработка знаний и практических умений непосредственно в ТРЦ и на объектах промышленной безопасности вызывает ряд трудностей, связанных со временем пребывания на объекте, доступом в различные помещения и транспортными расходами. Таким образом, актуальной задачей является разработка и внедрение в образовательный процесс университета технологий компьютерного моделирования и виртуальной реальности, а также современных интерактивных методик преподавания для отработки практических умений и навыков работы.

В связи с этим целью работы является разработка методологических подходов и методического обеспечения для создания обучающего тренажера по осуществлению надзорной деятельности в области пожарной и промышленной безопасности с использованием технологий компьютерного моделирования и виртуальной реальности на примере ТРЦ.

Основная часть

Анализ причин возникновения чрезвычайных ситуаций в торгово-развлекательных центрах и обоснование выбора обучающих локаций. Актуальность обучения работников требованиям по обеспечению пожарной безопасности и подготовка специалистов по данному направлению обусловливается последствиями резонансных пожаров на таких объектах:

- пожар 11.07.2005 в торговом центре «Пассаж» (Ухта): гибель 25 человек, травмирование 11 человек [1];

- пожар 11.03.2015 в торговом центре «Адмирал» (Казань)²: гибель 19 человек, травмирование 79 человек, пострадало 3 сотрудника МЧС, из которых один погиб, площадь пожара более 4 тыс. м², зафиксировано обрушение металлоконструкций;

- пожар 25.03.2018 в торгово-развлекательном комплексе «Зимняя вишня» (Кемерово)³: гибель 60 человек, из них 37 детей, травмированы 79 человек, 171 животное, площадь пожара более 1,5 тыс. м², зафиксировано обрушение кровли и перекрытий.

В качестве причин гибели людей и факторов, способствующих вышеизложенным последствиям, можно выделить:

- наличие отделки на путях эвакуации материалами с пожарно-техническими характеристиками, не соответствующими нормативным документам;

- отсутствие естественного проветривания (освещения) при пожаре, а также систем вытяжной противодымной вентиляции;

- невыполнение комплекса мероприятий пассивной противопожарной защиты для обеспечения работы пожарных аварийно-спасательных подразделений: наличие глухих металлических решеток в оконных проемах, отсутствие пожарных лестниц, отсутствие возможности подъезда к объекту и забора воды из водоемчиков;

- наличие на дверях эвакуационных выходов запоров, исключающих возможность их свободного открытия изнутри при возникновении пожара;

- незаконные перепланировки, затрудняющие эвакуацию людей, а также способствующие быстрому задымлению и распространению пожара;

- незаконная эксплуатация объекта;

- необеспечение огнестойкости строительных конструкций;

- наличие систем оповещения и управления эвакуацией людей о пожаре в неработоспособном или неисправном состоянии.

² 10 лет трагедии в ТЦ «Адмирал»: как сложились судьбы фигурантов дела // Дзен. – 2025. – 16 марта. – URL: <https://zen.ru/a/Z9ZqLoQnBwBkq-54> (дата обращения: 20.03.2025).

³ Пожар в ТЦ «Зимняя вишня» в Кемерово // РИА Новости. – 2019. – 25 марта. – URL: <https://ria.ru/20190325/1552026366.html> (дата обращения: 12.03.2025).

В Республике Беларусь с 2019 по 2025 г. в ТРЦ произошло 16 пожаров (рис. 1)^{4, 5, 6}, не сопровождавшихся таким массовым социальным и экономическим ущербом.

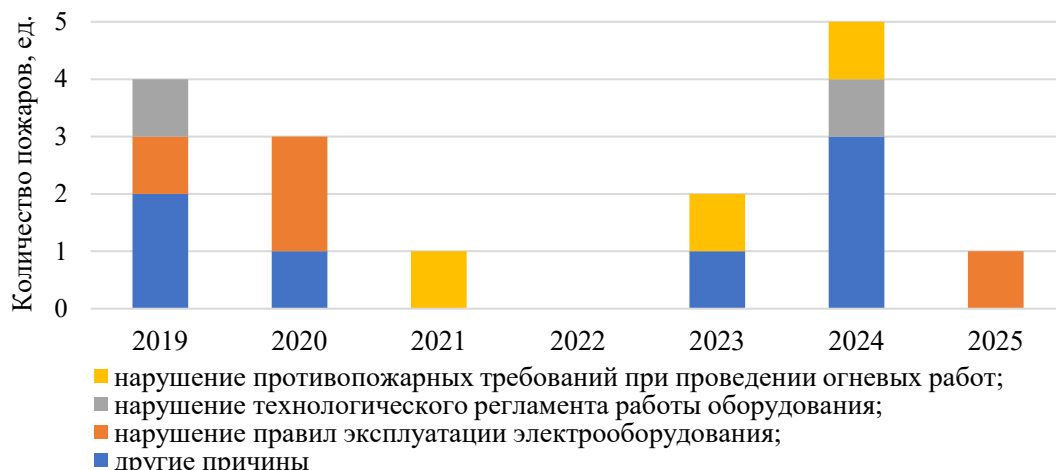


Рисунок 1. – Анализ пожаров, произошедших в торговых центрах Республики Беларусь за период с 2019 по 2025 г.

Проведенный анализ пожаров в ТРЦ Республики Беларусь позволил установить основные причины их возникновения, а именно нарушение противопожарных требований при проведении огневых работ и нарушение правил эксплуатации электрооборудования. В качестве примеров потенциально резонансных пожаров можно выделить (рис. 2):

- пожар 13.12.2024 в торговом центре «Беларусь» (Витебск)⁷: пострадало 20 человек, в том числе 2 сотрудника МЧС, эвакуировано 215 человек;
- пожар 16.01.2025 в торговом центре «Силуэт» (Минск)⁸: эвакуировано 670 человек.



а – торговый центр «Беларусь» в Витебске



б – торговый центр «Силуэт» в Минске

Рисунок 2. – Пожары в торговых центрах Республики Беларусь

⁴ Браун, Е. Сегодня ночью произошел пожар в минском ТРЦ DanaMall / Е. Браун // Белновости. – 2019. – 4 авг. – URL: <https://www.belnovosti.by/proisshestiya/segodnya-nochyu-proizoshel-pozhar-v-minskom-trc-danamall> (дата обращения: 25.10.2024).

⁵ Почему в торговый центр в Минске приезжали спасатели? // Sputnik Беларусь. – 2021. – 6 сент. – URL: <https://sputnik.by/20210906/pochemu-v-torgovyy-tsentr-v-minske-priezzhali-spasateli-1056235032.html> (дата обращения: 25.10.2024).

⁶ В Лиде горел торгово-развлекательный центр: спасатели ликвидировали пожар // Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. – 2023. – 11 нояб. – URL: <https://grodno.mchs.gov.by/novosti/435337/> (дата обращения: 25.10.2024).

⁷ «Пострадавших уже 16». Новые подробности пожара в витебском ТЦ // Onliner. Новости. – 2024. – 14 дек. – URL: <https://realt.onliner.by/2024/12/14/dvov-v-tyazhelom-sostoyanii-podrobnosti-o-postradavshix-pri-pozhare-v-vitebskom-tc> (дата обращения: 12.03.2025).

⁸ Столичные спасатели ликвидировали пожар в ТЦ «Силуэт» // Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. – 2025. – 16 янв. – URL: <https://mchs.gov.by/glavnoe/476678/> (дата обращения: 12.03.2025).

Анализ информации в области использования обучающих виртуальных тренажеров, применяемых для подготовки спасателей-пожарных, показал, что различного рода тренажеры-симуляторы широко применяются в образовательном процессе различных стран мира [2–8]^{9, 10}. Следует отметить, что большинство тренажеров направлено на подготовку специалистов по тушению пожаров и ликвидации чрезвычайных ситуаций. При этом для подготовки специалистов надзорной деятельности в области пожарной и промышленной безопасности современные обучающие тренажеры представлены в небольшом количестве в основном от крупных предприятий (для обучения специфике работы в определенной области), при этом ограничены для общего доступа и функционально. Одной из разработок университета является учебное программное обеспечение по подготовке специалистов государственного пожарного надзора¹¹, которое успешно применяется более 15 лет в образовательном процессе. Вместе с тем данная разработка имеет ряд недостатков и ограничений:

- не отвечает современному уровню развития науки и техники;
- направлена на осуществление государственного пожарного надзора только промышленных предприятий;
- не имеет возможности надстройки новых объектов на территории предприятия;
- не обеспечивает отработку требований строительных норм к системам пожарной автоматики;
- не обеспечивает отработку требований в области промышленной безопасности;
- программная сложность в актуализации требований нормативных правовых актов применительно к объектам промышленного предприятия.

В соответствии Указом Президента Республики Беларусь № 510¹² для контролируемых (надзорных) органов МЧС определены следующие сферы контроля (надзора):

- органы государственного пожарного надзора (ГПН) обеспечивают ГПН, надзор за соблюдением законодательства при осуществлении деятельности по обеспечению пожарной безопасности, а также государственный контроль (надзор) за соблюдением требований технических регламентов (ТР) Таможенного союза (ТС), Евразийского экономического союза (ЕАЭС) в области пожарной безопасности;
- Департамент по надзору за безопасным ведением работ в промышленности МЧС Республики Беларусь (Госпромнадзор) обеспечивает государственный надзор за организацией работ в отношении опасных производственных объектов при осуществлении деятельности в области промышленной безопасности, а также государственный надзор за организацией работ по обеспечению безопасной перевозки опасных грузов.

Учитывая перечень возможных локаций в ТРЦ, построение виртуального многофункционального комплекса, интегрированного в учебный тренажер, позволит в наибольшей степени объединить сферы контроля (надзора) контролируемых (надзорных) органов МЧС, а также расширить перечень для взаимодействия объектов, к которым предъявляются требования в области пожарной и промышленной безопасности, с учетом повышенного внимания к выполнению требований, предъявляемых к объектам:

- связанным с причинами гибели людей и факторами, способствовавшими наиболее негативным последствиям в ТРЦ;

⁹ Специализированное программное обеспечение «Базовый комплект Виртуального тренажерного комплекса Огнеборец-ИТ» // Каталог совместимости российского программного обеспечения. – URL: <https://catalog.arppsoft.ru/product/6077883> (дата обращения: 12.03.2025).

¹⁰ Immersive firefighter training // Flaim. – URL: <https://flaimgsystems.com/products/trainer> (дата обращения: 12.03.2025).

¹¹ FQ1 и FQ2 Учебное программное обеспечение «Подготовка специалистов органов государственного пожарного надзора» // Университет гражданской защиты. – URL: <https://ucp.by/services/razrabotka-po/fq1-i-fq2/> (дата обращения: 12.03.2025).

¹² О совершенствовании контрольной (надзорной) деятельности в Республике Беларусь: Указ Президента Респ. Беларусь от 16 окт. 2009 г. № 510 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=P30900510> (дата обращения: 12.03.2025).

– отсутствовавшим в тренажерах старой версии (системы пожарной автоматики);
 – промышленной безопасности;
 – в отношении которых проводится контроль (надзор) за соблюдением требований ТР ТС и ЕАЭС в области пожарной безопасности.

Немаловажным требованием к разрабатываемому продукту является упрощение реализации норм действующего законодательства в случае их изменения.

Пожарная безопасность обеспечивается приведением объектов и населенных пунктов в такое состояние, при котором исключается возможность возникновения пожара либо обеспечивается защита людей и материальных ценностей от пожара¹³ и реализуется наличием систем предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями¹⁴. Промышленная безопасность обеспечивается лицензированием, разрешительной системой, правилами, экспертизой, декларацией, выполнением обязанностей субъектами и их работниками, производственным контролем, идентификацией и регистрацией опасных производственных объектов, оценкой соответствия потенциально опасных объектов и технических устройств техническим требованиям и другими аспектами в соответствии с Законом Республики Беларусь «О промышленной безопасности»¹⁵. На рисунке 3 представлена схема, в соответствии с которой будут реализовываться обучающие направления в тренажере. Зеленым цветом выделены новые направления, которые до этого не реализовывались: объекты промышленной безопасности, системы пожарной автоматики, а также требования ТР ТС и ЕАЭС в области пожарной безопасности.



Рисунок 3. – Сферы надзора МЧС Республики Беларусь

¹³ О пожарной безопасности: Закон Республики Беларусь от 15 июня 1993 г. № 2403-XII // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=v19302403> (дата обращения: 12.03.2025).

¹⁴ Пожарная безопасность. Общие требования: ГОСТ 12.1.004-91. – Взамен ГОСТ 12.1.004-85; введ. 01.07.1992. – М.: Стандартинформ, 2006. – 68 с.

¹⁵ О промышленной безопасности: Закон Республики Беларусь от 5 янв. 2016 г. № 354-З // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=H11600354> (дата обращения: 12.03.2025).

Таким образом, разработка тренажера с использованием технологий компьютерного моделирования и виртуальной реальности на примере ТРЦ для повышения эффективности образовательного процесса подготовки специалистов, осуществляющих государственный надзор в области обеспечения пожарной безопасности и государственный надзор в области промышленной безопасности, позволит обучающимся закреплять требования нормативных правовых актов (НПА), в том числе технических нормативных правовых актов (ТНПА) и международных актов в области обеспечения пожарной безопасности, образующих систему противопожарного нормирования и стандартизации, а также требований в области обеспечения промышленной безопасности, что обеспечит отработку практических навыков работы осуществления надзорной деятельности без выезда на действующий объект.

Разработка интерактивных моделей объектов взаимодействия пользователей тренажера и алгоритмов генерации их параметров. На основании методического обеспечения, разработанного профессорско-преподавательским составом университета, резидентом парка высоких технологий ООО «БелСимТех» реализуется программное обеспечение, которое представляет собой виртуальную окружающую среду объекта моделирования. Создание уникальных графических объектов происходит с использованием программы Blender 3D.

В качестве объекта моделирования выбран многофункциональный торговый центр, объемно-планировочное решение которого представляет собой здание сложной формы переменной этажности с общей площадью более 15 тыс. м² и с входящими в его состав обучающими локациями: помещения различной пожарной опасности (торговые помещения, участки общественного питания, помещения для хранения готовой продукции, приготовительные участки, производственные помещения, административные помещения, помещения для размещения приемно-контрольного оборудования систем пожарной автоматики, детский центр, учебные классы, кинозалы и др.) (рис. 4а) и объектами интерактивного взаимодействия. Здание включает четыре пожарных отсека, для каждого из которых определены исходные технико-экономические показатели. Одним из отсеков является котельная, представляющая объект промышленной безопасности (рис. 4б).

Подходы в работе на разрабатываемом тренажере основаны на программном продукте линейки Fire Quest: Inspector. Основной задачей работы на тренажере является корректное выявление максимально возможного количества несоответствий количественных и качественных показателей объектов требованиям НПА и ТНПА в области пожарной и промышленной безопасности.

Для пользователя обеспечивается свободное передвижение от первого лица по обучающим локациям. Виртуальная окружающая среда помещений содержит графические объекты, сопровождающиеся конкретным техническим описанием, на основании которого определяется его соответствие требованиям пожарной и/или промышленной безопасности.



а – торговый зал пожарного отсека № 2

Рисунок 4. – Примеры обучающих локаций виртуального объекта ТРЦ



б – котельная, пристроенная к пожарному отсеку № 3

Рисунок 4. – Примеры обучающих локаций виртуального объекта ТРЦ

Важной особенностью программного продукта линейки Fire Quest: Inspector является отображение групп объектов по слоям с одновременной активацией (блокированием) присутствующих им функций (рис. 5).

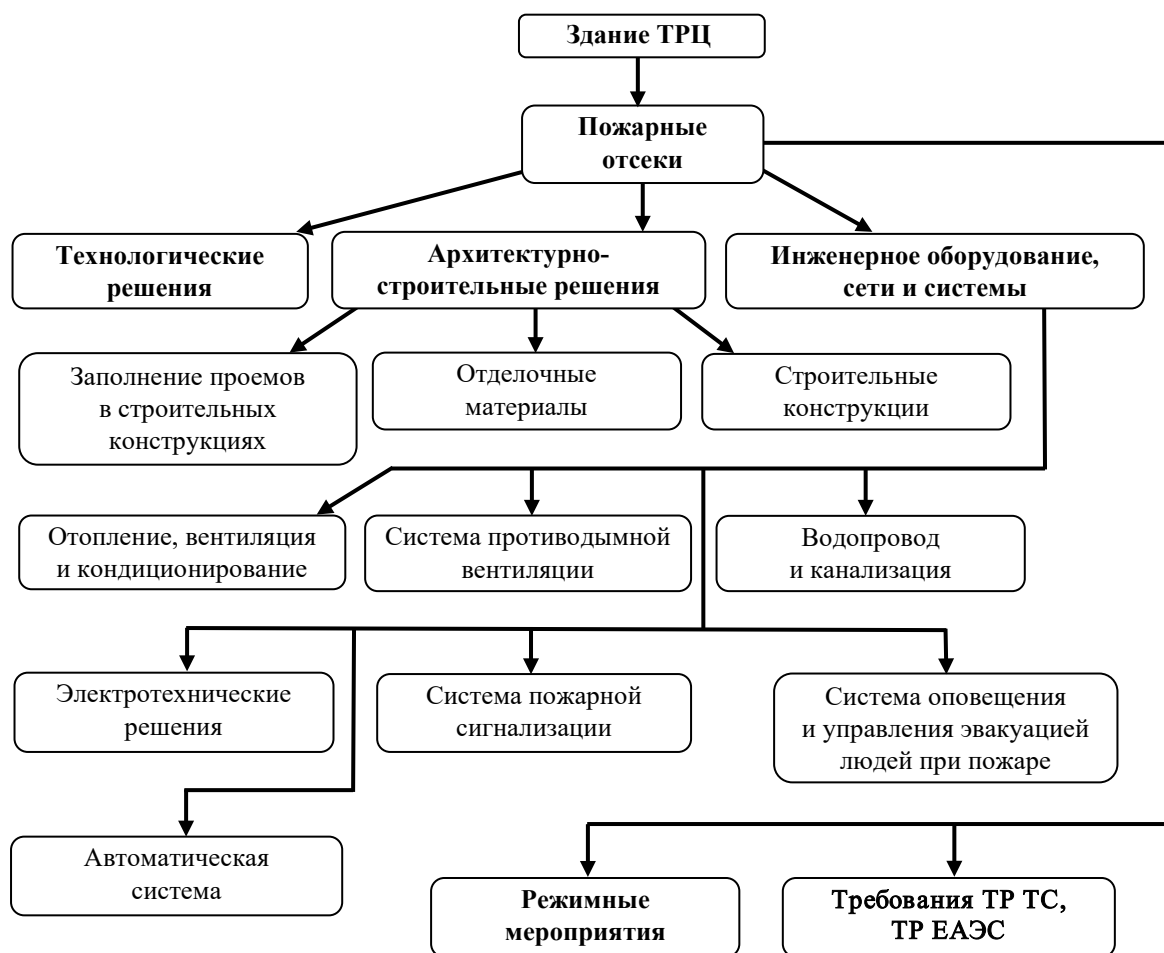
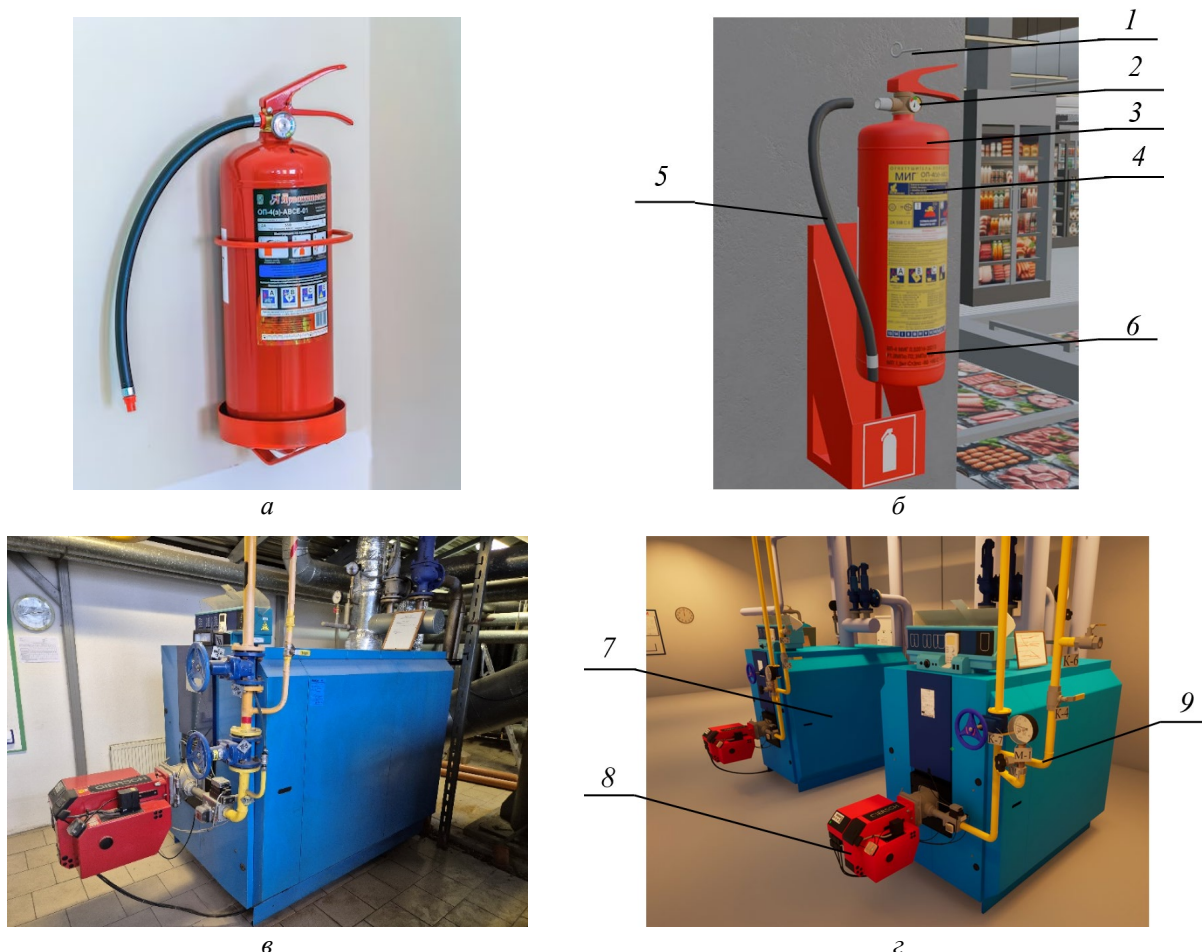


Рисунок 5. – Группировка объектов по слоям

Указанная особенность реализована в разрабатываемом тренажере, при этом дополнена слоями, отсутствовавшими в тренажерах старой версии. Это позволяет расширить перечень дисциплин, на которых может быть задействован разрабатываемый программный продукт, а также использовать его для решения отдельных задач, стоящих перед дисциплинами пожарно-профилактического, надзорно-профилактического и вариативных модулей учебных планов для специальностей «Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций»

и «Пожарная и промышленная безопасность», а также комплексно. В основу разделения групп объектов по слоям были заложены положения СН 1.02.02¹⁶ с учетом структуры систем пожарной и промышленной безопасности в Республике Беларусь.

Создание виртуальной окружающей среды объекта моделирования проводится с использованием программной среды Unreal Engine версии 5, куда импортируются графические объекты. Реалистичность объектов за счет применения программной среды последнего поколения и детальной прорисовки графическими дизайнерами позволяет создавать объекты, практически не отличающиеся от реальных (рис. 6).



1 – предохранительное устройство; 2 – манометр; 3 – корпус;
4 – инструкция по эксплуатации; 5 – гибкий шланг с распылителем; 6 – маркировка;
7 – водогрейный котел; 8 – газовая горелка; 9 – система подачи газа к котлу
Рисунок 6. – Вид порошкового огнетушителя и водогрейного котла (а, в) на торговом объекте и их графическое отображение в разрабатываемом тренажере (б, г)

Одним из основных нововведений является наличие объектов интерактивного взаимодействия, для каждого из которых назначается от одного до четырех действий с отдельными откликами при соответствующем взаимодействии. Так, в рамках проверки работоспособности системы пожарной сигнализации: обрыв шлейфа – звуковой сигнал – отображение номера датчика с обрывом на пульте управления. Данные объекты разбиты по слоям, а их принадлежность соответствует определенным группам.

В разрабатываемом обучающем тренажере осуществляется реализация интерактивных документов (описаний), в которых в автоматическом режиме генерируются отдельные текстовые блоки, что влияет на правильность выбора ответа. Вариантность описаний объектов

¹⁶ Состав и содержание проектной документации: СН 1.02.02-2023. – Введ. 09.06.2023. – Минск: Минстройархитектуры, 2023. – 87 с.

и заложенных ошибок обеспечивается программно, в том числе случайным образом из заранее составленных перечней вариативности для конкретных объектов. Указанные элементы заложены в исходный код программного обеспечения и имеют возможность корректировки администратором в отдельном текстовом описании и дополнения отдельными прикрепляемыми файлами.

Для возможности реализации функционала программной вариативности объектов и их отдельных элементов каждому объекту наполнения обучающих локаций по пожарной и промышленной безопасности присваивается уникальный номер (ID). Данный номер обладает набором трехмерных графических наполнений и свойств с возможностью их генерации в различных сценариях в автоматическом режиме, а также через меню настройки с определенной последовательностью, в том числе закладывая количество необходимых для генерации нарушений по отдельным слоям (подслоям) или зданию (пожарным отсекам). Рассмотрим некоторые примеры:

- огнетушитель (ID № 1):
 - изменяемое состояние корпуса (ID № 1.1);
 - инструкция по эксплуатации (ID № 1.2): присутствует (ID № 1.2.1) / отсутствует (ID № 1.2.2);
 - гибкий шланг с распылителем (ID № 1.3): присутствует (ID № 1.3.1) / отсутствует (ID № 1.3.2);
 - предохранительное устройство (ID № 1.4): присутствует (ID № 1.4.1) / отсутствует (ID № 1.4.2);
 - показания манометра (ID № 1.5): положение стрелки в зеленой зоне измерительной шкалы (ID № 1.5.1), положение стрелки в красной зоне измерительной шкалы (ID № 1.5.2);
- система подачи газа к котлу (ID № 2):
 - окраска газопровода (ID № 2.1): в различных вариациях (ID № 2.1.1–2.1.5);
 - номерные бирки на отдельных элементах (ID № 2.2): в различных вариациях цифровых значений (ID № 2.2.1–2.2.5);
 - наличие запорно-регулирующей арматуры (ID № 2.3): в различных вариациях (ID № 2.3.1–2.3.5) и т.д.

По аналогии можно привести пожарно-технические характеристики (класс функциональной пожарной опасности (КФПО), категории по взрывопожарной и пожарной опасности (КВиПО) помещений, степень огнестойкости (СО) пожарных отсеков), отражаемые в их описании. Описание одного из пожарных отсеков имеет следующий вид: «Пожарный отсек № 1 представляет собой объект, расположенный в осях 13–23/А–К (по проектной документации). Для него определены следующие пожарно-технические и технико-экономические показатели: класс функциональной пожарной опасности (столбец 2 таблицы 2), категория по взрывопожарной и пожарной опасности (столбец 3 таблицы 2), степень огнестойкости (столбец 4 таблицы 2), этажность – 3, общая площадь в пределах этажа – 2333 м²».

Пользователь (обучающийся) на основании имеющихся сведений о технико-экономических показателях, требований ТНПА определяет корректность представленных в описании пожарно-технических характеристик пожарных отсеков. При выборе ошибки по объекту «Пожарный отсек» пользователю предлагается следующий перечень нарушений:

- 1) класс функциональной пожарной опасности не соответствует требованиям;
- 2) категория по взрывопожарной и пожарной опасности не соответствует требованиям или не определена;
- 3) степень огнестойкости не соответствует требованиям.

Для дверей предусмотрена случайная генерация количественных и качественных показателей, в том числе их маркировки.

На первом этапе генерации определяется назначение (вид) двери: дверь противопожарная или дверь обычная. После этого в соответствии с таблицами 3 или 4 случайным образом генерируется ее маркировка и набор дополнительных данных, определяющих

наличие или отсутствие нарушения (в последующем они сравниваются с эталонным перечнем).

Таблица 2. – Вариативность при генерации пожарно-технических характеристик пожарных отсеков виртуального многофункционального торгового центра

№ пожарного отсека	Вариативность пожарно-технических характеристик пожарного отсека		
	КФПО	КВиПО	СО
1	2	3	4
№ 1	Ф3.1	A	I
	Ф1.3	B	II
	Ф3.2	B	III
	Ф5.2	Г	IV
	Ф4.3	D	V
	Ф4.2	не определена	VI
№ 2	Ф3.1	A	I
	Ф1.3	B	II
	Ф3.2	B	III
	Ф5.2	Г	IV
	Ф4.3	D	V
	Ф4.2	не определена	VI
№ 3	Ф5.1	A	I
	Ф5.2	B	II
	Ф5.3	B	III
	Ф3.1	Г	IV
	Ф2.3	D	V
	Ф5.3	не определена	VI
№ 4	Ф5.1	A	I
	Ф3.1	B	II
	Ф3.2	B	III
	Ф1.4	Г	IV
	Ф5.2	D	V
	Ф5.3	не определена	VI

Таблица 3. – Вариативность при генерации параметров противопожарной двери

Вариативность элементов маркировки двери									Вариативность иных параметров					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ДП-	1-	С-	Г-	1п-	Рп-	пл	16	7	0	да	да	да	1	Да
	2-	А-	О-	2п	Рз-	лк	17	8	1	нет	нет	нет	2	нет
	3-	Д-	Ч-	1л-	От-		18	9	2					
		Дн-		2л-			19	10	3					
		П-		мп-			20	11	4					
		К-					21	12	5					
							22	13	6					
							23	14	7					
							24	15	8					

Примечание. Буквенно-цифровые обозначения вариативности маркировки (столбцы 1–9) отвечают условному обозначению изделия согласно СТБ 1394-2003¹⁷. В столбцах 10–15 приведены следующие параметры:

10 – Высота порога, см.

11 – Оборудована замком, который можно открыть изнутри без ключа.

12 – Наличие приспособлений для самозакрывания.

13 – Наличие уплотнений в притворах.

14 – Направление открывания (по отношению к выходу из помещения, в котором находится изделие):
1 – по направлению; 2 – на себя. Позиция генерируется только при формировании в маркировке «Рп-» (столбец 6).

15 – Наличие указателя категории по взрывопожарной и пожарной опасности на наружной стороне изделия (по отношению к выходу из помещения, в котором находится изделие).

¹⁷ Двери, ворота и люки противопожарные. Технические условия: СТБ 1394-2003. – Введ. 01.01.2004. – Минск: Госстандарт, 2015. – 22 с.

Таблица 4. – Вариативность при генерации параметров обычной двери

Вариативность элементов маркировки двери						Вариативность иных параметров						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ДН	А	Г	16	7	В	Рп	0	да	да	да	1	Да
ДВ1	Д	О	17	8	Л	Рз	1	нет	нет	нет	2	нет
ДВ2	П	О1	18	9	2Л	От	2					
ДВ3	С	О2	19	10	2Пр		3					
ДВ4	К	Ч1	20	11	Н		4					
ДВ5			21	12	П		5					
ДВ6			22	13	Щ		6					
ДВ7			23	14	Р		7					
			24	15	Фр		8					

Примечание. Буквенно-цифровые обозначения вариативности маркировки (столбцы 1–6) отвечают условному обозначению изделия согласно СТБ 2433-2015¹⁸. В столбцах 7–13 приведены следующие параметры:

7 – Способ открывания (Рп – распашная, Рз – раздвижная, От – откатная).

8 – Высота порога, см.

9 – Оборудована замком, который можно открыть изнутри без ключа.

10 – Наличие приспособлений для самозакрывания.

11 – Наличие уплотнений в притворах.

12 – Направление открывания (по отношению к выходу из помещения, в котором находится изделие):

1 – по направлению; 2 – на себя. Позиция генерируется только при формировании в маркировке «Рп» (столбец 7).

13 – Наличие указателя категории по взрывопожарной и пожарной опасности на наружной стороне изделия (по отношению к выходу из помещения, в котором находится изделие).

Показатели, генерируемые в соответствии с таблицами 3 и 4, являются основой при формировании описания объекта «дверь» и нарушений к нему. На основании набора буквенно-цифровых показателей столбцов 1–9 таблицы 3 и столбцов 1–6 таблицы 4 создается маркировка, которая отображается в описании и на шильде, прикрепленной к полотну дверного блока.

При выборе ошибки по объекту «дверь» пользователю с целью закрепления умений по направлению «государственный пожарный надзор» предлагается следующий перечень нарушений:

- 1) предел огнестойкости не соответствует требованиям;
- 2) отсутствует приспособление для самозакрывания;
- 3) отсутствуют уплотнения (уплотняющие прокладки) в притворах;
- 4) высота двери (эвакуационного выхода) не соответствует требованиям;
- 5) ширина двери (эвакуационного выхода) не соответствует требованиям;
- 6) высота порога двери (эвакуационного выхода) не соответствует требованиям;
- 7) направление открывания двери не соответствует требованиям;
- 8) отсутствует замок (запор) на двери, обеспечивающий возможность свободного открывания двери изнутри без ключа;
- 9) не соответствует способ открывания;
- 10) отсутствует указатель категории по взрывопожарной и пожарной опасности;
- 11) изменено направление открывания двери.

Для всех объектов «дверь» виртуального ТРЦ составлен соответствующий эталонный перечень объектов «дверь» (соответствие требованиям НПА и ТНПА и обладание минимально необходимыми количественными и качественными показателями по всем генерируемым позициям объекта с учетом его расположения в ТРЦ), а также перечень объектов «дверь» в соответствии с проектной документацией (соответствие количественных и качественных показателей проектной документации). В качестве примера в таблице 5 приведен

¹⁸ Блоки дверные. Общие технические условия: СТБ 2433-2015. – Введ. 01.07.2016. – Минск: Госстандарт, 2021. – 32 с.

эталонный перечень сведений по некоторым объектам «дверь», расположенным в помещении котельной (выход на улицу) и помещении торгового зала (в месте примыкания противопожарной стены 1-го типа).

**Таблица 5. – Эталонный перечень сведений по некоторым объектам «дверь»
(расположены в помещениях котельной и торгового зала виртуального объекта)**

Уникальный номер объекта	Эталонный (минимально необходимый согласно ТНПА) показатель для определения наличия / отсутствия нарушения из перечня возможных нарушений									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
19.1	н.н.	н.н.	н.н.	1,95 м	0,8 м	6 см	н.н.	да	н.н.	да
19.2	ДП-1	да	да	н.н.	н.н.	н.н.	н.н.	н.н.	н.н.	нет

Примечания.

1. Номер столбца, соответствующий порядковому номеру нарушения, из перечня возможных нарушений по объекту «дверь».
2. Н.н. – не нормируется (нарушение по соответствующей позиции не формируется).

Для отнесения сгенерированного случайным образом решения по объектам, в том числе «дверь», при написании программного кода используется последовательно набор логических операций (сравнения, приведения показателя к базовому или присвоения отдельным решениям цифровых показателей с последующим сравнением и др.) между показателями, отраженными в таблицах 3, 4 и 5, позволяющих однозначно интерпретировать сгенерированное решение как несоответствие или корректное решение.

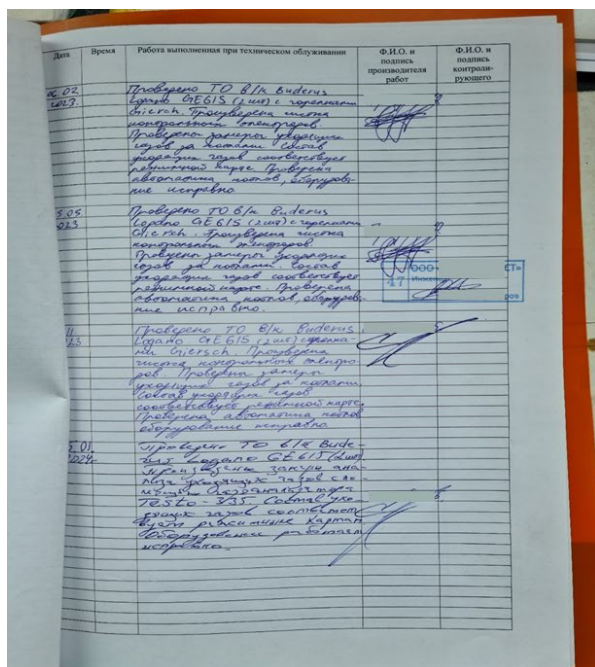
Если случайным образом сгенерирована дверь противопожарная, с целью возможности закрепления умений по направлению «государственный контроль (надзор) за соблюдением требований ТР ТС, ЕАЭС в области пожарной безопасности» пользователю предлагается дополнительный перечень несоответствий (нарушений) по данному направлению. Для каждого из данного перечня несоответствий формируется определенный алгоритм определения наличия или отсутствия несоответствия для каждой позиции перечня. Для возможности оценки пользователем соответствия геометрических параметров требованиям НПА и ТНПА ему предлагается использовать интерактивную измерительную рулетку.

В целом для оценки соответствия мероприятий противопожарной защиты, а также мероприятий по обеспечению промышленной безопасности пользователю предоставляется возможность изучения проектной и иной технической документации. К каждому объекту (обучающие локации по пожарной и промышленной безопасности) привязан информационный материал, который представляет собой отдельные пункты нормативных, в том числе технических, правовых актов для изучения (только в режиме обучения), протоколы испытаний (сертификаты соответствия), журналы и/или иную документацию с возможностью их просмотра при взаимодействии. Необходимость такой привязки вызвана соответствующими требованиями законодательства. Так, для безопасной эксплуатации котельной необходимо постоянно вести более 20 различных видов документации, для оценки соответствия применяемых материалов в строительстве необходимо оперировать сведениями о результатах испытаний, для оценки средств обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения на предмет соответствия требованиям ТР ЕАЭС 043/2017 – обязательным является наличие сертификатов соответствия и владение сведениями из различных реестров. Как итог, на основании примеров рабочих журналов разработаны комплекты учебной документации в высоком разрешении (рисунок 7), в которые заложены учебные варианты нарушений. Варианты нарушений составлены на основании проведенного анализа наиболее часто встречающихся нарушений, выявленных в ходе проведения проверок, например эксплуатируемых котельных, расположенных в г. Минске и Минском районе.

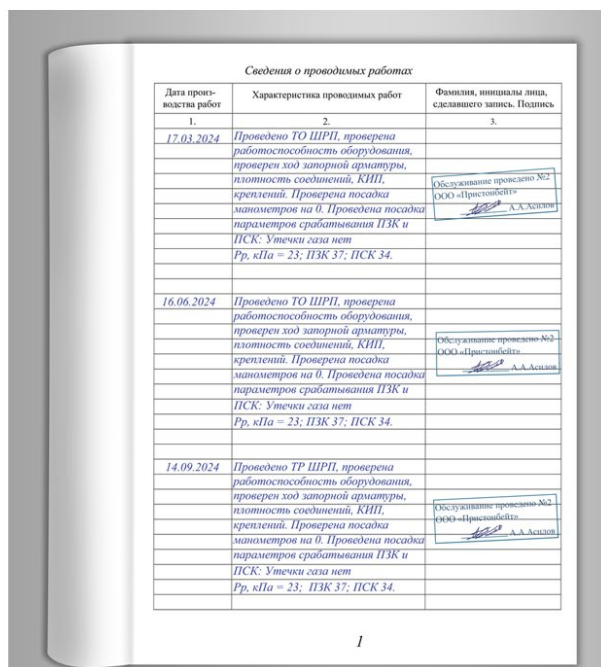
В меню программы реализована вкладка «Статистика», которая содержит следующие данные:

- количество заложенных нарушений по слою (подслою) / пожарному отсеку (зданию);
- количество выявленных нарушений по слою (подслою) / пожарному отсеку (зданию);

- количество невыявленных нарушений по слою (подслою) / пожарному отсеку (зданию);
 - количество неверно выявленных нарушений по слою (подслою) / пожарному отсеку (зданию);
- Оценка эффективности работы на тренажере проводится по следующим критериям:
- количество верно выявленных нарушений по слою (подслою) / пожарному отсеку (зданию);
 - количество неверно выявленных нарушений по слою (подслою) / пожарному отсеку (зданию);
 - время работы на тренажере.



а



б

Рисунок 7. – Фотоматериал ведения рабочего журнала, расположенного в помещении котельной (а) и пример его графического отображения в разрабатываемом тренажере (б)

Рекомендуется для оценки уровня (сложности) заложенных программным обеспечением нарушений ввести взвешивающие коэффициенты, основанные на методе экспертных оценок и установившейся практикой при работе с тренажером. На начальном этапе для всех нарушений (несоответствий) предлагается взвешивающий коэффициент принять равным единице.

Заключение

Представлен анализ количества и причин возникновения пожаров в ТРЦ. Полученные результаты свидетельствуют об актуальности отработки требований для обеспечения пожарной безопасности на таких объектах. Увеличение общей площади ТРЦ, числа посетителей, разнообразие услуг и многофункциональность таких объектов повышают риск возникновения пожара и других чрезвычайных ситуаций.

Одним из современных направлений в образовательном процессе является использование технологий виртуальной реальности. Разработка подобного рода программного обеспечения с применением VR-технологий является одним из актуальных и значимых направлений для повышения уровня обеспечения пожарной безопасности в ТРЦ и эффективности образовательного процесса.

Представлены виртуальные трехмерные модели обучающих локаций ТРЦ в программной среде Unreal Engine. Разработаны методологические подходы и методическое

обеспечение для обучающего тренажера по осуществлению надзорной деятельности в области пожарной и промышленной безопасности, включающее программные алгоритмы, обучающие локации на примере торгового зала и котельной, их описание, особенности интерактивного взаимодействия со специальными объектами.

Научная разработка нового тренажера позволит применять современные интерактивные методики преподавания и реализует комплексный подход в подготовке специалистов по государственному надзору в области обеспечения пожарной безопасности и государственному надзору в области промышленной безопасности, основанный на технологиях компьютерного моделирования и виртуальной реальности. Это обеспечит высокую эффективность образовательного процесса подготовки специалистов в соответствующих сферах контрольной (надзорной) деятельности. Включение в тренажер таких направлений, как осуществление государственного пожарного надзора и надзора за соблюдением законодательства по обеспечению пожарной безопасности в отношении систем пожарной автоматики, соблюдения субъектами хозяйствования организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности, государственного надзора за соблюдением требований технических регламентов Таможенного союза, Евразийского экономического союза в области пожарной безопасности, а также осуществление государственного надзора в отношении опасных производственных объектов и потенциально опасных объектов по направлению «промышленная безопасность» является инновационным.

Представленные результаты исследований получены в рамках выполнения задания 3.4.2 «Разработка макета тренажера по осуществлению надзорной деятельности в области пожарной и промышленной безопасности с использованием технологий компьютерного моделирования и виртуальной реальности» государственной программы научных исследований «Цифровые и космические технологии, безопасность человека, общества и государства» на 2024–2025 гг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трушкин, Д.В. Анализ причин гибели людей на пожаре в торговом центре / Д.В. Трушкин, А.Я. Корольченко // Пожаровзрывобезопасность. – 2007. – Т. 16, № 2. – С. 63–66. – EDN: KNUVPF.
2. Феофанов, А.Н. VR/AR-технологии и их применение в машиностроении / А.Н. Феофанов, А.В. Охмат, А.В. Бердюгин // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. – 2019. – № 4 (6). – С. 44–48. – DOI: 10.30987/2658-3488-2019-2019-4-44-48. – EDN: GQBNQC.
3. Кулаков, П.А. Особенности разработки компьютерных обучающих тренажеров в UNITY 3D / П.А. Кулаков, А.С. Еремин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – Вып. 1. – С. 177–181. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-1-177-178. – EDN: ZYZMAG.
4. Пожаркова, И.Н. Функциональная модель виртуального тренажера для организации тренировок по эвакуации / И.Н. Пожаркова // Инженерный вестник Дона. – 2024. – № 6. – 11 с. – EDN: FHHMOM.
5. Андрушко, Д.Ю. Применение технологий виртуальной и дополненной реальности в образовательном процессе: проблемы и перспективы / Д.Ю. Андрушко // Научное обозрение. Педагогические науки. – 2018. – № 6. – С. 5–10. – EDN: YVRGBV.
6. Полевода, И.И. Технологии виртуальной и дополненной реальности в образовательном процессе / И.И. Полевода, А.Г. Иваницкий, А.С. Миканович [и др.] // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2022. – Т. 6, № 1. – С. 119–142. – DOI: 10.33408/2519-237X.2022.6-1.119. – EDN: FVSVOO.
7. Корнилов, Ю.В. VR-технологии в образовании: опыт, обзор инструментов и перспективы применения / Ю.В. Корнилов, А.А. Попов // Инновации в образовании, 2018. – № 8. – С. 117–129. – EDN: XUKYNN.
8. Полевода, И.И. Экспериментальный макет тренажера с имитацией эффектов физических воздействий в условиях виртуальной реальности для подготовки спасателей-пожарных / И.И. Полевода, В.Н. Рябцев, А.О. Лихоманов [и др.] // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2022. – Т. 6, № 3. – С. 339–360. – DOI: 10.33408/2519-237X.2022.6-3.339. – EDN: QOKLBI.

Методология разработки обучающего тренажера для подготовки специалистов органов государственного пожарного надзора с применением технологии виртуальной реальности

Methodology of development of a training simulator for preparing specialists of state fire supervision bodies with the use of virtual reality technology

Полевода Иван Иванович

доктор технических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», начальник университета

Адрес: ул. Машиностроителей, 25, 220118, г. Минск, Беларусь

Email: ip@ucp.by

SPIN-код: 1662-9457

Ivan I. Palevoda

Grand PhD in Technical Sciences, Associate Professor

State Educational Establishment «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Head of University

Address: Mashinostroiteley str., 25, 220118, Minsk, Belarus

Email: ip@ucp.by

ORCID: 0000-0003-2469-3553

Короткевич Сергей Геннадьевич

кандидат технических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», кафедра промышленной безопасности, доцент

Адрес: ул. Машиностроителей, 25, 220118, г. Минск, Беларусь

Email: korotkevichsergei@mail.ru

SPIN-код: 4719-8914

Sergey G. Korotkevich

PhD in Technical Sciences, Associate Professor

State Educational Establishment «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Chair of Industrial Safety, Associate Professor

Address: Mashinostroiteley str., 25, 220118, Minsk, Belarus

Email: korotkevichsergei@mail.ru

ORCID: 0000-0002-9388-0881

Нехань Денис Сергеевич

кандидат технических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», кафедра пожарной безопасности, доцент

Адрес: ул. Машиностроителей, 25, 220118, г. Минск, Беларусь

Email: denis_nechany@mail.ru

SPIN-код: 3773-9964

Denis S. Nekhan'

PhD in Technical Sciences, Associate Professor

State Educational Establishment «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Chair of Fire Safety, Associate Professor

Address: Mashinostroiteley str., 25, 220118, Minsk, Belarus

Email: denis_nechany@mail.ru

ORCID: 0000-0001-7838-4663

Ковтун Вадим Анатольевич

доктор технических наук, профессор

Филиал «Институт профессионального образования» государственного учреждения образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», кафедра оперативно-тактической деятельности и техники, профессор

Адрес: пр-т Речицкий, 35А, 246023, г. Гомель, Беларусь

Email: vadimkov@yandex.ru

SPIN-код: 3383-9618

Vadim A. Kovtun

Grand PhD in Technical Sciences, Professor

Branch «Institute of Vocational Education» of the State Educational Establishment «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Chair of Operational-Tactical Activity and Technical Equipment, Professor

Address: Rechitskiy ave., 35A, 246023, Gomel, Belarus

Email: vadimkov@yandex.ru

ORCID: 0000-0001-9510-132X

ScopusID: 7006098716

Суриков Андрей Валерьевич

кандидат технических наук, доцент

Государственное учреждение образования
«Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям
Республики Беларусь», кафедра организации
надзорной и профилактической деятельности,
начальник кафедры

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,
220118, г. Минск, Беларусь

Email: shurikoff@bk.ru

SPIN-код: 1163-6294

Andrey V. Surikov

PhD in Technical Sciences, Associate Professor

State Educational Establishment «University
of Civil Protection of the Ministry for Emergency
Situations of the Republic of Belarus»,
Chair of Organization of Supervisory
and Preventive Activities,
Head of the Chair

Address: Mashinostroiteley str., 25,
220118, Minsk, Belarus

Email: shurikoff@bk.ru

ORCID: 0000-0002-3659-7297

Рябцев Виталий Николаевич

кандидат технических наук, доцент

Государственное учреждение образования
«Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям
Республики Беларусь», кафедра
автоматических систем безопасности,
начальник кафедры

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,
220118, г. Минск, Беларусь

Email: v.reabtsev@ucp.by

SPIN-код: 9218-7854

Vitaly N. Ryabtsev

PhD in Technical Sciences, Associate Professor

State Educational Establishment «University
of Civil Protection of the Ministry for Emergency
Situations of the Republic of Belarus»,
Chair of Automatic Safety Systems,
Head of the Chair

Address: Mashinostroiteley str., 25,
220118, Minsk, Belarus

Email: v.reabtsev@ucp.by

ORCID: 0000-0002-2830-591X

METHODOLOGY OF DEVELOPMENT OF A TRAINING SIMULATOR FOR PREPARING SPECIALISTS OF STATE FIRE SUPERVISION BODIES WITH THE USE OF VIRTUAL REALITY TECHNOLOGY

Palevoda I.I., Korotkevich S.G., Nekhan' D.S., Kovtun V.A., Surikov A.V., Ryabtsev V.N.

Purpose. To develop methodological foundations of software for creating a training simulator using computer modeling and virtual reality technologies based on the example of a shopping and entertainment center.

Methods. The analysis of fire danger at shopping and entertainment centers, the causes of fires and deaths at them. The generalisation of the requirements of regulatory legal acts including both technical regulatory legal and international acts in the field of fire safety ensuring, forming a system of fire safety regulation and standardization, as well as requirements in the field of industrial safety. The development of a three-dimensional virtual environment using the Unreal Engine software environment and objects for filling training locations. The synthesis of requirements in the field of fire and industrial safety, generated indicators for virtual training locations (facilities) to ensure and implement in the simulator the areas of supervision (control) by the (supervisory) authorities of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus.

Findings. A methodology has been developed for the training simulator, including software algorithms, training locations, their description, operating modes and features of interaction with special objects, building planning schemes, justification of the use of structural element parameters, lists of possible violations of fire and industrial safety requirements for training locations (facilities). Based on the developed methodological support, a software product (training simulator) is being developed, which is represented by a virtual environment in the form of a three-dimensional model of a shopping and entertainment center with designed training locations in the Unreal Engine software environment.

Application field of research. The results obtained make it possible to ensure the introduction of computer modeling technologies, virtual reality and modern interactive teaching methods into the educational process to increase the effectiveness of the educational process in the training of specialists, who carry out state supervision in the field of fire and industrial safety.

Keywords: computer modeling, virtual reality, simulator, supervision activities, fire safety, industrial safety, training locations, methodological support.

(The date of submitting: March 25, 2025)

REFERENCES

1. Trushkin D.V., Korol'chenko A.Ya. Analiz prichin gibeli lyudey na pozhare v trgovom tsentre [Analysis of the causes of death in a fire in a shopping center]. *Fire and explosion safety*, 2007. Vol. 16, No. 2. Pp. 63–66. (rus). EDN: KNUVPF.
2. Feofanov A.N., Okhmat A.V., Berdyugin A.V. VR/AR tekhnologii i ikh primeneniye v mashinostroyeniye [VR/AR technologies and their application in mechanical engineering]. *Automation and Modeling in Design and Management*, 2019. No. 4 (6). Pp. 44–48. (rus). DOI: 10.30987/2658-3488-2019-2019-4-44-48. EDN: GQBNQC.
3. Kulakov P.A., Eremin A.S. Osobennosti razrabotki komp'yuternykh obuchayushchikh trenazherov v UNITY 3D [Peculiarities of development of computer training simulators in UNITY 3D]. *Izvestiya Tula State University. Technical sciences*, 2024. Iss. 1. Pp. 177–181. (rus). DOI: 10.24412/2071-6168-2024-1-177-178. EDN: ZYZMAG.
4. Pozharkova I.N. Funktsional'naya model' virtual'nogo trenazhera dlya organizatsii trenirovok po evakuatsii [Functional model of a virtual simulator for organizing evacuation training]. *Engineering Journal of Don*, 2024. No. 6. 11 p. (rus). EDN: FHHMOM.
5. Andrushko D.Yu. Primeneniye tekhnologiy virtual'noy i dopolnennoy real'nosti v obrazovatel'nom protsesse: problemy i perspektivy [Application of virtual and augmented reality technology in educational process: issues and perspectives]. *Scientific Review. Pedagogical Sciences*, 2018. No. 6. Pp. 5–10. (rus). EDN: YVRGBV.
6. Palevoda I.I., Ivanitskiy A.G., Mikanovich A.S., Pastukhov S.M., Grachulin A.V., Ryabtsev V.N., Navrotsky O.D., Likhomanov A.O., Vinyarskiy G.V., Gusarov I.S. Tekhnologii virtual'noy i dopolnennoy

- real'nosti v obrazovatel'nom protsesse [Virtual and augmented reality technologies in the educational process]. *Journal of Civil Protection*, 2022. Vol. 6, No. 1. Pp. 119–142. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X.2022.6-1.119. EDN: FVSVOO.
7. Kornilov Yu.V., Popov A.A. VR-tehnologii v obrazovanii: opyt, obzor instrumentov i perspektivy primeneniya [VR-technologies in education: experience, review of instruments and application prospects]. *Innovations in Education*, 2018, No. 8, Pp. 117–129. (rus). EDN: XUKYNN.
 8. Palevoda I.I., Ryabtsev V.N., Likhomanov A.O., Navrotsky O.D., Grachulin A.V., Gapanyuk D.V., Morozov A.A., Klimovtsov V.M., Vinyarskiy G.V., Shinkorenko K.E., Gusarov I.S., Bobarika I.V. Eksperimental'nyy maket trenazhera s imitatsiey effektov fizicheskikh vozdeystviy v usloviyakh virtual'noy real'nosti dlya podgotovki spasateley-pozharnykh [Experimental model of the simulator with imitation of the effects of physical impacts in virtual reality for the training of firefighters]. *Journal of Civil Protection*, 2022. Vol. 6, No. 3. Pp. 339–360. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X.2022.6-3.339. EDN: QOKLBI.

Copyright © 2025 Palevoda I.I., Korotkevich S.G., Nekhan' D.S.,
Kovtun V.A., Surikov A.V., Ryabtsev V.N.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.