

DOI: <https://doi.org/10.17816/fm16105>

Роль виртуальной реальности в совершенствовании судебной экспертизы по делам о нарушении правил охраны труда: научный обзор

С.О. Касенова, Д.В. Воеводкин

Академия правоохранительных органов при Генеральной прокуратуре Республики Казахстан, Косшы, Республика Казахстан

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются перспективы внедрения инновационных технологий в виде виртуальной и дополненной реальности при проведении судебных экспертиз в контексте исследования отдельных категорий уголовных дел, в частности о нарушениях правил охраны труда; раскрыты проблемные аспекты при проведении осмотров места происшествия в труднодоступных местностях с возможными рисками для людей.

На основе обобщения научных трудов и практического опыта зарубежных стран проведён анализ в области применения новшеств научно-технического прогресса в судебных экспертизах. В результате предложен алгоритм проведения судебной экспертизы в области охраны труда с использованием технологии виртуальной реальности, а также применения его в дальнейшем в судебных процессах. Предложенный алгоритм может служить основой для разработки более эффективных и безопасных методов проведения судебных экспертиз в условиях виртуальной реальности.

Развитие детальных трёхмерных моделей телесных повреждений, симулирующих реальные сценарии происшествий, позволит достичь более точной и объективной оценки повреждений. Кроме того, использование технологии виртуальной реальности в сравнении с традиционной экспертизой обеспечит высокую точность измерений, охват всего объекта исследования; значительно сократит время работы, а также сохранит всю полученную информацию в первоначальном состоянии, что является отличной возможностью для воссоздания места происшествия в режиме реального времени. Отмечается, что внедрение виртуальной реальности в судебную экспертизу по делам о нарушении правил охраны труда будет способствовать эффективности, объективности, полноте и достоверности не только заключений судебных экспертиз, но и судопроизводства в целом. Кроме того, данное направление развития технологий представляет значительные преимущества для судебной системы, способствуя как сокращению времени, так и справедливому судебному разбирательству по делам в области охраны труда или иных категорий уголовных дел.

Ключевые слова: виртуальная реальность; судебная экспертиза; охрана труда; технологические инновации; виртуальные очки; лазерное сканирование; трёхмерные модели телесных повреждений.

Как цитировать:

Касенова С.О., Воеводкин Д.В. Роль виртуальной реальности в совершенствовании судебной экспертизы по делам о нарушении правил охраны труда: научный обзор // *Судебная медицина*. 2024. Т. 10, № 1. С. 99–112. DOI: <https://doi.org/10.17816/fm16105>

DOI: <https://doi.org/10.17816/fm16105>

Role of virtual reality in advancing forensic medical examination in cases of occupational safety violations: a review

Samal O. Kasenova, Denis V. Voyevodkin

Academy of Law Enforcement Agencies Under the General Prosecutors Office of the Republic of Kazakhstan, Koshy, Republic of Kazakhstan

ABSTRACT

This article discusses the prospects for introducing innovative technologies in the form of virtual and augmented reality when conducting forensic examinations of certain categories of criminal cases, such as violations of labor protection rules. Problematic aspects are revealed when conducting inspections of crime scenes in hard-to-reach areas with possible risks to people.

Based on a generalization of scientific works and practical experience of foreign countries, the application of innovations in scientific and technological progress in forensic examinations were analyzed.

The authors proposed an algorithm for conducting forensic examination in the field of labor protection using virtual reality technology, as well as its further application in legal proceedings. The proposed algorithm can serve as basis for the development of more effective and safe methods for conducting forensic examinations in virtual reality.

The development of detailed 3D injury models that simulate real-life accident scenarios will enable more accurate and objective injury assessments. Moreover, compared to traditional forensics, the use of virtual reality technology ensures high accuracy of measurements and coverage of the entire object under investigation, significantly reduces operating time, and stores all received information in its original state, which is an excellent opportunity to recreate the scene of an incident in real time.

The introduction of virtual reality into forensic examination in cases of violation of labor protection rules will contribute to efficiency, objectivity, completeness, and ensuring the reliability of not only the conclusions of forensic examinations but also legal proceedings in general. Additionally, this direction of technology development represents significant benefits for the judicial system, contributing to the reduction of time and fair trials in the field of labor protection and in other categories of criminal cases.

Keywords: virtual reality; forensic expertise; labor protection; technological innovations; virtual goggles; laser scanning; three-dimensional models of bodily injuries.

To cite this article:

Kasenova SO, Voyevodkin DV. Role of virtual reality in advancing forensic medical examination in cases of occupational safety violations: a review. *Russian Journal of Forensic Medicine*. 2024;10(1):99–112. DOI: <https://doi.org/10.17816/fm16105>

Received: 06.12.2023

Accepted: 12.02.2024

Published online: 28.02.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/fm16105>

虚拟现实在提高违反劳动安全规则案件的司法鉴定方面的作用：科学综述

Samal O. Kasenova, Denis V. Voyevodkin

Academy of Law Enforcement Agencies Under the General Prosecutors Office of the Republic of Kazakhstan, Koshy, Republic of Kazakhstan

摘要

本文介绍在司法鉴定中引入虚拟现实和增强现实形式的创新技术的前景。该研究是在考虑某些类别的刑事案件，特别是违反劳动安全规则的案件时进行的。文章揭示了在难以到达的地区进行现场检查可能存在的问题。

在对科学研究和外国实践经验进行归纳的基础上，对司法鉴定中科技进步创新的应用领域进行了分析。作者提出了在劳动保护领域利用虚拟现实技术进行司法鉴定的算法，以及该算法在司法程序中的进一步应用。提出的算法可作为开发更有效、更安全的虚拟现实司法鉴定方法的基础。

通过开发模拟真实事故场景的详细三维人体伤害模型，可以对伤害进行更准确、更客观的评估。此外，与传统的鉴定相比，虚拟现实技术的使用将确保测量的高准确性，覆盖整个研究对象，大大缩短工作时间，并以原始状态保存所获得的信息。这是实时重现事故现场的绝佳机会。

作者还指出，在违反劳动保护规则案件的司法鉴定中引入虚拟现实技术，不仅有助于提高司法鉴定结论的效率、客观性、完整性和可靠性，而且有助于提高整个法律诉讼程序的效率、客观性、完整性和可靠性。此外，这一技术发展方向还为司法系统带来重大优势。它既有助于缩短劳动保护案件或其他类别刑事案件的审理时间，也有助于公平审判。

关键词：虚拟现实；司法鉴定；劳动保护；技术创新；虚拟眼镜；激光扫描；身体伤害的三维模型。

引用本文：

Kasenova SO, Voyevodkin DV. 虚拟现实在提高违反劳动安全规则案件的司法鉴定方面的作用：科学综述. *Russian Journal of Forensic Medicine*. 2024;10(1):99–112. DOI: <https://doi.org/10.17816/fm16105>

收到: 06.12.2023

接受: 12.02.2024

发布日期: 28.02.2024

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность выбранной темы исследования обусловлена современными вызовами и потребностями в области судебно-медицинской экспертизы, особенно в контексте нарушений правил охраны труда. Технологический прогресс и внедрение виртуальной реальности открывают новые перспективы для повышения эффективности, объективности, полноты и достоверности вынесения экспертных заключений. В условиях увеличения числа трудовых конфликтов и несчастных случаев на производстве использование виртуальной реальности может стать ключевым инструментом для более точной и объективной оценки ситуаций и предотвращения возможных дополнительных рисков, начиная от сбора и анализа данных до формирования заключения.

Выбор данной темы также обоснован несоответствием существующих методов судебно-медицинской экспертизы требованиям современной динамичной рабочей среды. Виртуальная реальность предоставляет возможность создания контролируемых виртуальных сценариев, воспроизводящих реальные условия труда. Указанное, в свою очередь, позволит экспертам более точно моделировать и анализировать ситуации, что приведёт к более объективным результатам судебной экспертизы. Такой подход, на наш взгляд, повысит качество проведения экспертизы, а также будет способствовать развитию области судебной медицины в целом и в контексте охраны труда в частности.

В статье проведён анализ влияния виртуальной реальности на процесс и результаты судебно-медицинской экспертизы при расследовании случаев нарушения правил охраны труда с целью повышения эффективности, объективности, полноты и, как следствие, обеспечения достоверности вынесения заключений.

НАУЧНОЕ ПОНИМАНИЕ РОЛИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ ПРИ РАССЛЕДОВАНИИ ДЕЛ О НАРУШЕНИИ ПРАВИЛ ОХРАНЫ ТРУДА

Проблематика обеспечения надлежащей безопасности и охраны труда в условиях постоянно изменяющихся трудовых процессов, организации труда и технологического развития является крайне актуальной и приобретает особое значение для снижения рисков возможных производственных инцидентов. В свою очередь, переход к новым технологиям и автоматизации требует постоянного обновления норм и стандартов в области охраны труда.

Вновь внедряемые на производстве технологии, такие как обработка больших данных, блокчейн, интернет вещей, виртуальная и дополненная реальность, 3D-печать, искусственный интеллект, печатная электроника,

в перспективе определяют также вектор развития судебной экспертизы [1].

Объективная необходимость адаптации к изменяющимся условиям труда, обеспечению безопасности в новых технологических реалиях и поддержания социальной ответственности современных организаций также свидетельствуют о назревшей потребности в пересмотре и совершенствовании подходов как к управлению охраной труда, так и изучению возможностей совершенствования судебной экспертизы по случаям их нарушения.

Как известно, несоблюдение установленных правил и стандартов в рассматриваемой сфере может привести к трагическим ситуациям, последствиями которых являются причинение вреда жизни и здоровью работников. Расследование таких случаев, выявление причин и условий, им способствующих, безусловно, являются необходимыми для обеспечения надлежащих безопасных условий труда и предотвращения повторения нарушений в интересах общества, работников и самих компаний в будущем.

Ключевым фактором при расследовании фактов нарушений правил охраны труда и принятия по делу обоснованного решения является судебная экспертиза. Зачастую при расследовании дел о нарушении правил охраны труда на предприятиях возникают трудности, связанные с производственными факторами, сопряжённые с уничтожением предметов доказательственного характера, которые невозможно восстановить. Без проведения экспертизы органы расследования лишаются неотъемлемого инструмента для всестороннего, полного и объективного понимания событий в делах о нарушениях правил охраны труда. Экспертные заключения обеспечивают установление причин и последствий происшествий, что в свою очередь становится фундаментом для принятия обоснованных решений. Поскольку результаты экспертизы предоставляют заключения о степени нарушения правил охраны труда и их воздействии, орган расследования может полагаться на этот ключевой инструмент для достижения задач уголовного процесса.

В связи с изменениями и глобальным масштабированием научно-технического прогресса, в том числе улучшением визуально-вариативного компонента в этой части, возникает объективная потребность в дальнейшем совершенствовании как методики расследования уголовных дел по нарушениям правил охраны труда, так и производства судебных экспертиз по ним.

Заключения экспертиз, в том числе судебно-медицинских, в современном мире играют для органов уголовного преследования и суда ключевую роль при доказывании тех или иных обстоятельств по рассматриваемым уголовным делам. Как правило, суд при вынесении решения по делу обосновывает свою позицию, основываясь на заключении эксперта, при этом в случае постановки, например стороной защиты, такого заключения под сомнение, суд, отклоняя доводы защиты, аргументирует свою точку зрения отсутствием оснований ставить выводы эксперта под сомнение [2].

Таблица 1. Интегрирование технологий виртуальной реальности в судебную экспертизу

Table 1. Integrating virtual reality technologies into forensics

Вид экспертизы	Моделирование	Возможности виртуальной реальности
Судебно-медицинская	Моделирование травм	Создание трёхмерных моделей травм с их воздействием на организм
	Визуализация медицинских данных	Улучшение визуализации медицинских данных для более точного анализа результатов
Судебно-техническая	Реконструкция событий	Воссоздание и реконструирование сценария происшествия, в том числе с использованием технических средств
	Тестирование технических гипотез	Проверка гипотезы относительно технических деталей виртуальной среды
Судебно-криминалистическая	Место преступления	Создание виртуальной модели места преступления с детализированными данными о следах и доказательствах
	Реконструкция преступлений	Реконструирование события и анализ следов
Судебно-психиатрическая	Исследование психологических аспектов	Создание сценариев, проверка поведенческих реакций и анализ психического состояния подсудимого
Судебно-экономическая	Анализ финансовых данных	Визуализация и анализ сложных финансовых транзакций и данных
Судебно-графологическая	Анализ почерка	Более точный анализ и сравнение почерка

Судебная экспертиза как неотъемлемый элемент судопроизводства направлена на разрешение вопросов, требующих специализированных знаний. В современном мире эта процедура сталкивается с вызовами, и технология виртуальной реальности может предложить инновационные решения. Технология виртуальной реальности является отличной возможностью создания виртуальных моделей места происшествия, а также реконструкции событий с высокой степенью реализма. Эксперты имеют возможность буквально «погружаться» в виртуальное пространство и анализировать каждый элемент произошедшего события, что в свою очередь, не только повышает точность исследований, но и существенно сокращает затрачиваемое на проведение экспертиз время.

Высокотехнологичные методы, такие как 3D-фотограмметрия, технология виртуальной реальности и фотореалистичное моделирование, предоставляют возможность более детального и точного воссоздания событий, анализа травм, а также определения иных обстоятельств происшествия. Эти технологии позволяют судебным экспертам визуализировать сцену происшествия в трёхмерном пространстве, что существенно улучшает понимание динамики событий и взаимодействия влияющих на их ход факторов. Предлагаемый подход не только повышает точность и объективность судебных экспертиз, но и способствует более полному исследованию обстоятельств исследуемого события, что имеет существенное значение для выявления истинных причин и последствий происшествия, а также установления виновных лиц и привлечения их к ответственности. Таким образом, интеграция высокотехнологичных методов анализа в судебно-медицинскую практику видится перспективным направлением в совершенствовании криминалистической науки и судебно-экспертной деятельности (табл. 1).

Перед тем как рассмотреть потенциальные возможности применения виртуальной реальности в уголовном правосудии, необходимо ознакомиться с основами этой технологии. Термин «виртуальная реальность» впервые появился в конце 1980-х годов и относится к искусственно созданной, трёхмерной и интерактивной среде, заменяющей физическую окружающую среду. Другими словами, это компьютерно-генерируемая область, которая имитирует реальный мир и позволяет пользователям взаимодействовать с ней [3]. Взаимодействие человека и компьютера в виртуальной среде естественным образом происходит через иммерсивные технологии, такие как головной дисплей (рис. 1). Этот опыт обеспечивает погружение пользователя в виртуальный мир, позволяя взаимодействовать с ним в режиме реального времени [4]. Погружение и присутствие в виртуальной среде создаются с использованием различных сенсорных модальностей, таких как визуальный и слуховой ввод, а также дополнительные элементы, например тактильные перчатки. В научной литературе



Рис. 1. Человек в системе виртуальной реальности.

Fig. 1. Man in virtual reality system.

определение «виртуальной реальности» представлено следующим образом: «это технически конструируемая при помощи компьютерных средств интерактивная среда как порождение и оперирование объектами, реальными или воображаемыми, на основе их графического представления, симуляции их физических свойств и способности воздействия и самостоятельного присутствия в пространстве, а также создание таких объектов средствами специального компьютерного оборудования» [5].

В настоящее время существует несколько прецедентов ситуационного типа исследования и детального экспертного заключения в расследовании дел с помощью технологий виртуальной реальности. Виртуальная реальность и виртуальные среды действительно находят широкое применение в различных областях, включая медицину, психотерапию, образование, развлечения и многое другое, и могут быть использованы, к примеру:

- при лечении фобий в психотерапии для создания контролируемых виртуальных сценариев, которые помогают пациентам преодолеть свои фобии и тревожности через экспозицию [6];
- при аффективном воздействии для передачи эмоций и создания аффективных сценариев, что может быть полезным в различных областях, включая исследование и обучение [7];
- при лечении болевых ощущений путём управления болями пациентов вследствие предоставления им визуальных и звуковых отвлекающих факторов [8];
- при медицинском обучении, к примеру, в хирургии, в ходе которого обучаемые могут взаимодействовать с виртуальными моделями и сценариями, повышая свои навыки до применения их на практике [9]. Так, в Италии, Великобритании и других странах остро стоит проблема сердечно-сосудистых заболеваний, что приводит к высокому проценту смертности из-за нехватки знаний и опасений людей предоставить первую помощь. Ассоциацией врачей-реаниматологов эта проблема решена путём создания современного учебного продукта для обучения граждан навыкам сердечно-лёгочной реанимации с использованием доступной и эффективной виртуальной среды. Виртуальная реальность упростила и удешевила процесс обучения, значительно повысив его эффективность [10];
- при проведении исследования организма путём сканирования.

Технические аспекты фотографии, такие как ортогональность и глубина резкости, критичны для достоверных измерений. Подготовка персонала важна, но визуализация 3D-травмы на 2D-фотографии всегда сопряжена с потерей информации. Преодоление недостатков 2D-фотографий возможно с применением 3D-фотограмметрии, которая преобразует людей и их травмы в трёхмерное пространство. Создание фотореалистичной 3D-модели включает получение и обработку серии фотографий в специальном программном обеспечении. Эти технологии

позволяют реконструировать последовательность и характер телесных повреждений, а также идентифицировать неопознанные трупы, подвергшиеся сильной деформации в результате различных событий, таких как воздействие высоких температур при пожарах, водной среды при долгом нахождении в воде и др. [11].

Институтом судебной медицины Цюрихского университета проведён эксперимент, в рамках которого использовался манекен с татуировками ран, который был задокументирован с использованием 3D-фотограмметрии. Результаты показали, что 3D-измерения травм точнее, чем стандартные судебно-медицинские фотографии. В последующем исследовании созданная 3D-модель была изучена в виртуальной реальности, и её результаты сравнивались с предыдущим исследованием. Главной задачей была оценка точности измерений травм в технологии виртуальной реальности по сравнению со снимками и фотограмметрическим методом на экране компьютера. Обнаружено, что измерения, полученные с помощью технологии виртуальной реальности, точнее, чем на судебных фотографиях, но немного менее точны, чем фотограмметрические измерения на экране компьютера [12].

Определение точных размеров телесных повреждений имеет важное значение для целей судебно-медицинской экспертизы. В настоящее время стандартным методом документирования травм является использование фотографий с применением масштаба, обеспечивающего возможность измерения размеров повреждений на изображении. Технические характеристики фотографии, такие как ортогональность, глубина резкости и чёткость в пределах интересующей области, обладают критическим значением для получения точных измерений.

Применение виртуальной реальности в судебной экспертизе может предоставить дополнительные инструменты для документирования и измерения травм. Это может быть реализовано путём:

- 3D-сканирования травм посредством 3D-сканеров для создания точных трёхмерных моделей травмированных областей и их последующей загрузки в виртуальную среду для проведения дальнейшего анализа;
- интерактивных виртуальных сценариев виртуальной реальности, в которых эксперты могут манипулировать изображениями травм, изменять углы обзора и масштабирование для получения более точных измерений;
- интеграции виртуальных сред с медицинскими данными, такими как компьютерные или магнитно-резонансные томографии, для создания более полного представления о травме и её размерах;
- добавления меток и измерений прямо в виртуальной среде, что позволит обеспечить более точную и удобную среду для работы с данными;
- использования виртуальной реальности для обучения экспертов судебной медицины, создания виртуальных учебных кейсов для практики и повышения навыков в оценке травм.

Таблица 2. Алгоритм воссоздания картины места происшествия при взрыве на шахте
Table 2. Algorithm for reconstructing a picture of a mineshaft explosion scene

Название	Обоснование
Сбор данных	Сбор всех имеющихся по делу данных о событии, включая фотографии, видео, планы и другие документы. Эти данные будут использоваться как отправная точка для виртуального воссоздания
3D-сканирование	Применение технологии 3D-сканирования для создания точной трёхмерной модели места происшествия (включает в себя сканирование поверхностей, объектов и структур)
Виртуальное моделирование взрыва	Использование программного обеспечения для виртуального моделирования взрыва. Определение параметров взрыва, таких как сила, направление, радиус воздействия и другие характеристики
Воссоздание окружающей среды	Сбор виртуальных копий окружающей среды, включая географические особенности, здания, оборудование и другие элементы, которые могли повлиять на ход событий
Добавление факторов воздействия	Интеграция виртуальных следов газов, температурных изменений и других факторов, характерных для взрыва. Это поможет лучше понять последствия события
Виртуальное интервью со свидетелями	Включение виртуального интервью со свидетелями события, чтобы получить их взгляд на происшедшее и дополнительные детали
Тестирование различных сценариев	Проведение виртуальных тестов, моделируя различные сценарии взрыва и их воздействие на окружающую среду
Визуализация данных	Создание визуальных представлений полученных данных, включая виртуальные карты, трёхмерные графики и анимации, чтобы лучше представить события
Взаимодействие с виртуальной сценой	Разработка интерактивных возможностей для взаимодействия с виртуальной сценой. Пользователи могут перемещаться по сцене, масштабировать объекты и анализировать детали
Обмен результатами	Предоставление доступа к виртуальной сцене всем участникам расследования для обмена информацией и совместной работы

В целом виртуальная реальность может значительно улучшить процессы судебной экспертизы, позволяя оперировать более точными данными для измерения и документирования травмированных областей. Однако в целях получения обеспечения высокой точности и надёжности получаемых данных необходимо уделять внимание тщательной калибровке и верификации систем. В 2012 году была разработана система опосредованной реальности, предназначенная для совместной работы следователей на месте происшествия и коллег-экспертов, работающих на удалении. Это технологическое решение спроектировано для обеспечения эффективного сотрудничества и взаимодействия, позволяя экспертам виртуально присутствовать на месте преступления, даже находясь на большом расстоянии от расследуемого события [13].

Алгоритм проведения осмотра места происшествия органами досудебного расследования с использованием технологии виртуальной реальности и 3D-моделирования

Причиной применения подобного рода технологий по делам о нарушении правил охраны труда является проблема с физическим присутствием на месте преступления, обусловленная риском заражения и возможностью уничтожения доказательств, особенно по прошествии времени с момента обнаружения тела или места преступления [14]. Этот риск увеличивается вместе со временем и числом присутствующих на месте происшествия людей [15]. Иногда возможность оставаться, посещать,

в том числе повторно, первоначальную сцену также осложнена по разным причинам [16]. Ярким примером может служить трагедия, произошедшая в Караганде на шахте имени Костенко (Республика Казахстан) ночью 28 октября 2023 года, которая подчёркивает несколько проблем при осмотре места происшествия. Взрыв и пожар на шахте стали причиной гибели 46 шахтёров. Причиной предположительно послужил взрыв газометана в лаве. Для правильного понимания применения технологии виртуальной реальности при изучении причин трагедии предлагаем алгоритм проведения осмотра места происшествия органами досудебного расследования (табл. 2).

Создание виртуальной копии сцены. Используя технологии 3D-сканирования и фотографирования, следует создать виртуальную копию сцены взрыва и пожара. Это обеспечит более детальное и точное представление о месте происшествия. Создание виртуальной копии сцены взрыва и пожара с использованием технологий 3D-сканирования и фотографирования представляет собой инновационный подход к реконструкции происшествий. Процесс начинается с использования специализированных 3D-сканеров, которые захватывают точные геометрические данные окружающей среды, включая детали ландшафта и объекты на месте событий. Дополнительно проводится фотографирование для детализации текстур и цветов сцены. Эти данные затем объединяются в единое 3D-пространство, создавая виртуальную модель, которая точно отражает реальные пропорции и детали места происшествия. Такой метод обеспечивает исследователям и экспертам возможность осуществлять

виртуальные прогулки по сцене, изучать динамику событий, анализировать повреждения и проводить более точные реконструкции происшествий. Эта технология важна для судебных исследований, обучения сотрудников экстренных служб и улучшения общего понимания событий в области безопасности.

Виртуальное документирование путём замены традиционных методов документирования виртуальными аналогами. При осуществлении данных действий следует зафиксировать виртуальные образцы, измерить следы, температуру с использованием виртуальных инструментов. Данный шаг фокусируется на использовании виртуальных инструментов для создания документации и аннотаций к объектам, а также для взаимодействия с виртуальными данными. Он может включать в себя создание цифровых аннотаций, добавление меток к виртуальным объектам, использование виртуальных планшетов для ввода комментариев и т.д. Примеры включают в себя создание цифровых записей, ввод комментариев, меток и других элементов документации, которые могут использоваться для отслеживания событий, фиксации параметров объектов и т.д.

Виртуальное воссоздание характеристик взрыва путём использования виртуальных технологий с дальнейшим анализом воздействия взрыва на окружающую среду. Здесь акцент делается на виртуальном моделировании самого взрыва, анализе его последствий, воздействии на окружающую среду и структуры (рис. 2) [17]. Для 3D-моделирования взрыва используются специализированные программы, такие как Autodesk Maya или Blender. Процесс включает создание реалистичных трёхмерных моделей взрыва с учётом физических характеристик объектов и их взаимодействия. Алгоритмы симуляции учитывают факторы, такие как сила, давление, температура и распространение ударной волны. Визуализация результатов осуществляется в реальном времени с использованием эффектов частиц и шейдеров (от англ. *shader* — *затеняющий*) для достижения максимального реализма. Модель подвергается тестированию и оптимизации для баланса между реализмом и производительностью. Возможна интеграция 3D-модели взрыва с другими виртуальными средами или симуляторами для создания сложных сценариев или тренировочных площадок.

Допрос свидетелей путём их помещения и погружения в виртуальное пространство для более подробного воспроизведения визуальных воспоминаний о событии. Для проведения виртуального допроса свидетелей в инновационном методе, основанном на технологиях виртуальной реальности, для начала создаётся виртуальная среда с использованием специализированных программных средств, моделирующих шахтное пространство и условия события. Внедряются современные технологии виртуальной реальности, такие как VR-очки с трекингом головы и рук, обеспечивающие максимальное погружение свидетелей. Система трекинга отслеживает движения

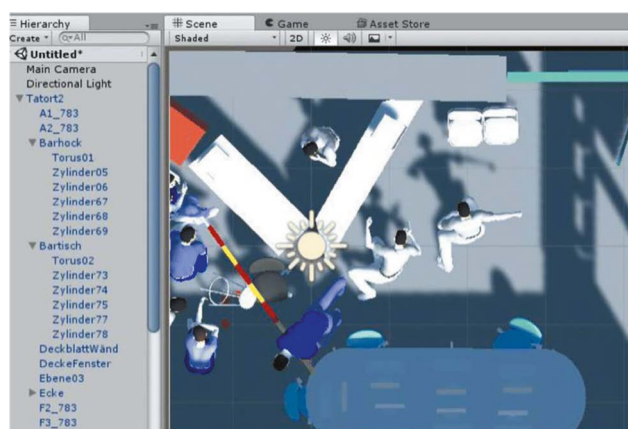


Рис. 2. Моделирование ситуации с помощью технологий виртуальной реальности [17].

Fig. 2. Simulation of the situation using virtual reality technologies [17].

свидетелей, а технология захвата движений реализует точное отображение их жестов и мимики. Алгоритмы искусственного интеллекта используются для имитации натуральных реакций свидетелей на вопросы, а система обработки речи распознаёт устные показания и преобразует их в текст. Виртуальная среда обогащается интерактивными элементами, создавая динамичный опыт виртуального допроса. Запись данных и аналитика обеспечивают документацию процесса, включая видео, аудио, данные движения и анализ поведенческих реакций свидетелей.

Виртуальный анализ газов для выявления причин взрыва. На данном этапе акцент делается на исследовании химических составов и свойств газов, которые могли быть связаны с причинами взрыва. Примеры включают в себя моделирование динамики распространения газов, анализ их концентраций в пространстве и времени, идентификацию потенциально опасных соединений и т.д. В процессе виртуального анализа газов используются высокоточные математические модели, учитывающие физические и химические свойства газов. Разрабатываются виртуальные инструменты, включая детекторы и анализаторы газов, которые визуализируют данные виртуальной среды. Трёхмерная графика позволяет наглядно представить распределение газов с изменяющимися цветами и формами. Алгоритмы обработки сигналов и машинного обучения обеспечивают автоматическую обработку данных, выявление паттернов и аномалий. Интерактивность для пользователя включает возможность изменения параметров анализа и манипуляции данными в режиме реального времени через устройства ввода виртуальной реальности. Учёт реалистичных условий виртуальной среды, обучение системы на основе данных о химических характеристиках газов и интеграция дополнительных виртуальных инструментов, таких как тепловизоры, расширяют функциональность анализа газов. Такой виртуальный анализ способствует выявлению причин взрывов и предоставляет детальную информацию о химической динамике газов в виртуальной среде.

Интерактивное моделирование сцены для перемещения по виртуальному месту происшествия с выделением деталей и взаимодействием с доказательствами. Использование интерактивных моделей виртуального места происшествия обосновано стремлением к повышению эффективности и точности процесса расследования. В процессе интерактивного моделирования сцены используются специализированные программы для создания высокодетализированных 3D-моделей виртуального места происшествия. Технологии виртуальной реальности, включая VR-очки и контроллеры, обеспечивают полное взаимодействие с виртуальным окружением. Создаются интерактивные элементы для навигации и выделения деталей, а также интегрируются механизмы выделения доказательств. Моделирование света и теней обеспечивает реалистичное освещение сцены, а интеграция с базами данных поддерживает доступ к информации о доказательствах в реальном времени. Возможности многопользовательской поддержки позволяют совместную работу следователей в виртуальном пространстве. Оптимизация для различных платформ обеспечивает удобство использования на различных устройствах. Обучение персонала включает в себя освоение навигации, выделение доказательств и взаимодействие с интерактивными элементами, содействуя более эффективному и детальному исследованию виртуального места происшествия.

Создание виртуального отчёта для эффективного обмена информацией и коллективного анализа виртуальными командами. Виртуальные отчёты представляют собой цифровые документы, содержащие детальную информацию о месте происшествия, виртуальные модели, фотографии, анимации и другие данные, собранные в процессе расследования.

Технология обеспечивает лёгкий обмен информацией между органами расследования и экспертами (а также иными участниками, входящими в орбиту расследования), даже если они находятся в разных местах. Виртуальные отчёты позволяют им взаимодействовать с материалами расследования, делиться своими наблюдениями, выделять важные детали и совместно анализировать данные в реальном времени. Такой подход способствует более оперативному и согласованному принятию решений, поскольку виртуальные отчёты обеспечивают команду всесторонней информацией и предоставляют средства для коллективного обсуждения результатов. Эффективный обмен виртуальными отчётами также способствует повышению общей прозрачности расследования, минимизации возможных ошибок и более быстрому выявлению ключевых аспектов происшествия.

Предложенный нами вариант является на сегодняшний день лишь проектом алгоритма, в связи с чем на практике не применялся, однако мы полагаем, что благодаря технологиям виртуальной реальности и 3D-моделирования воссоздание детальной картины места происшествия при взрыве на шахте предоставит возможность

исследования сцены в любой момент после первичного осмотра в реальности. Это особенно важно в случаях, когда не представляется возможным повторно осмотреть место происшествия из-за изменения обстановки, угрозы для жизни и здоровья участников осмотра или передачи дела следователю, не принимавшему участия при первоначальном осмотре.

На основании вышеизложенного считаем, что изменение алгоритма проведения осмотра места происшествия при взрыве на шахте или пожаре, проведённого с использованием технологии виртуальной реальности и 3D-моделирования, существенно улучшит ход расследования. Создание виртуальной копии сцены, виртуальное документирование и воссоздание характеристик взрыва позволят более точно реконструировать событие. Виртуальный допрос свидетелей и анализ следов газов в виртуальной среде обеспечат дополнительные детальные данные. Интерактивные модели сцены упростят взаимодействие с данными. Это обеспечит более точное представление об инциденте, улучшит аналитические возможности и поможет в выявлении причин взрыва, создаст более безопасные и эффективные методы проведения осмотра места происшествия в сложных сценариях, что существенно повлияет на объективность и эффективность расследования и будет служить важным подспорьем в судебном процессе.

СРАВНИТЕЛЬНО-ПРАВОВОЙ АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАНАХ И КАЗАХСТАНЕ

Применение информационных технологий в уголовном судопроизводстве делает реальным на практике, а не иллюзорным и умозрительным, закреплённое в Европейской Конвенции о защите прав человека и основных свобод и инкорпорированное в уголовно-процессуальное законодательство право каждого на справедливое и публичное разбирательство дела в разумный срок. Инновационные технологии, такие как виртуальная и дополненная реальность, открывают возможности в области уголовного судопроизводства. Крупные технологические компании, такие как Sony, Microsoft, Google, Facebook и Valve, уже активно занимаются аппаратными (hard) и программными (soft) разработками в данных сферах.

Исследования австралийских учёных указывают на потенциал использования VR-шлемов в улучшении процесса принятия решений в суде. Участниками, принимавшими участие в VR-осмотре места преступления, продемонстрированы более согласованные вердикты по сравнению с теми, кем просто рассматривал фотографии. VR-просмотр также существенно улучшил запоминание

деталей места преступления, что сказалось на качестве выносимых вердиктов¹. Указанное свидетельствует о положительном влиянии рассматриваемой технологии представления информации на восприятие и интерпретацию доказательств в судебных процессах, давая тем самым полное, детальное и иммерсивное представление о месте преступления и способствуя более однозначному и согласованному вынесению вердиктов в суде.

Осмотры места преступления, особенно при участии присяжных, редко проводятся непосредственно на самом месте в силу различных ограничений. Вместо этого используется оглашение протоколов следственных действий, изучение фотографий сомнительного качества. Сканирование места преступления и предоставление возможности суду, присяжным и сторонам исследовать его в виртуальной реальности повышает эффективность судебного осмотра, преодолевая временные ограничения и сохраняя точность восприятия происшедшего.

Австралийскими учёными подсчитано, что использование существующих технологий сканирования места преступления и виртуального осмотра стоит значительно дешевле организации выезда суда присяжных на само место происшествия. В IT-сообществе также проявляется интерес к использованию виртуальной реальности в расследованиях, как показывает пример игры *Cyberpunk 2077* от компании CD PROJEKT RED². В игре применяется технология *Braindance*, которая позволяет изучать оцифрованное сознание участника события в аудио- и визуальных слоях, а также выявлять некоторые биологические следы. Это может быть использовано и в уголовном судопроизводстве, где звуковая картина и дополнительные слои информации могут быть решающими при рассмотрении уголовных дел.

Следует обратить внимание на то, что использование технологии виртуальной реальности достигло нового уровня и в медицине благодаря интеграции VR-игр в реабилитацию после инсульта. В 2015 году в госпитале Валь д'Эброн в Барселоне женщина, страдавшая от паралича после инсульта, успешно восстановила двигательные функции посредством участия в VR-игре. Этот метод, начиная с простых этапов и прогрессируя к более сложным уровням, включая игру в боулинг, является значительным достижением в использовании виртуальной реальности в медицинской реабилитации [18].

В рамках научного исследования ряд учёных Института судебной экспертизы Министерства юстиции Китайской Народной Республики показал, что реконструкция сцены преступления играет немаловажную роль в раскрытии преступлений, помогая определить ход событий. Неинвазивные измерения с высоким разрешением и глубокое

понимание всегда являются основным аспектом документации судебной медицины на месте преступления. Однако традиционные методы неэффективны для полной реконструкции целых мест преступлений. В данном исследовании были представлены портативная система, включающая лазерный сканер, два ручных структурированных световых сканера, и бюджетная гарнитура виртуальной реальности с мобильным источником питания для проведения трёхмерных пространственных измерений на месте преступления. Для демонстрации практического применения они проанализировали реальный случай, чтобы проверить осуществимость и эффективность системы. Система точно регистрирует информацию о травмах, возможных травмирующих инструментах и следах на месте происшествия. Различные виды улик с места преступления можно изучить совместно с использованием трёхмерной визуализации для создания связанной истории. Данные представляются через иммерсивную виртуальную реальность, а не на экранах компьютеров. Взаимосвязь между цепочками доказательств позволяет полностью реконструировать сцену преступления, используя специализированные знания экспертов и криминалистические компьютерные инструменты для анализа причин происшествия и выявления подозреваемых. Применение методов трёхмерной визуализации позволяет провести более детальное обследование и выполнить несколько полезных анализов, таких как точные измерения, определение относительного местоположения источника крови и сравнение инструментов, вызывающих травму [19].

В Казахстане технология виртуальной реальности, успешно внедрившись в игровую индустрию, теперь активно проникает в другие сферы. В промышленности страны она используется для обучения персонала на опасных участках, создания виртуальных руководств по обслуживанию и ремонту оборудования. Технология виртуальной реальности также эффективно применяется в обучении по вопросам пожарной безопасности и действий в аварийных ситуациях.

Развитие технологии виртуальной реальности в производстве стало заметным трендом, особенно усиленным пандемией. Виртуальная реальность успешно применяется для обучения персонала по вопросам безопасности на производстве, что обеспечивается созданием образовательных программ, наглядных пособий и симуляторов для визуализации рабочих процессов и взаимодействия с оборудованием. Примером успешной реализации VR-проекта стал опыт Казатомпрома и ТОО «Байкен-У». С использованием технологии LiDAR и дронов была создана виртуальная модель рудника, а VR-очки Oculus Quest 2 применены для обучения и визуализации опасных

¹ citforum [Интернет]. Авдеев P. VR-технологии австралийских учёных помогут присяжным выносить решения в суде [29.07.2021]. Режим доступа: <http://citforum.ru/news/42929/>. Дата обращения: 29.11.2023.

² cyberpunk [Интернет]. Полное погружение в Cyberpunk 2077. Режим доступа: <https://www.cyberpunk.net/ru/ru/>. Дата обращения: 29.11.2023.

сценариев на производстве. Этот подход эффективен в обучении персонала, особенно в условиях ограничений на личные встречи³. Такие инновации помогают улучшить понимание безопасности на производстве, обеспечивают реалистичное взаимодействие с оборудованием, а также экономят время и ресурсы компаний. Отмечается, что внедрение VR-технологий в производственные процессы является стратегическим направлением для Казатомпрома, позволяя эффективно управлять активами и поддерживать лидерские позиции на мировом рынке.

В то же время в Казахстане активно обсуждается введение виртуального вскрытия (аутопсия). Виртуальная аутопсия — это компьютерное сканирование трупа человека и иссечение при помощи специальной 3D-программы. Подобный подход к проведению виртуальной аутопсии был изучен ранее казахстанскими учёными, в результате исследования авторами была предпринята попытка установить регулирующие нормы законодательства относительно перспективы использования результатов нового трёхмерного метода «вскрытия» трупа без использования скальпеля в качестве доказательства при расследовании и рассмотрении в суде уголовных дел.

Таким образом, внедрение виртопсии позволит ускорить процесс производства (оформление или выдачу) экспертизы, что в свою очередь будет способствовать сокращению сроков расследования, устранению административных барьеров, минимизации судебных издержек ввиду исключения назначения повторных экспертиз и необоснованного привлечения к уголовной ответственности. Виртопсия может стать обязательным и эффективным методом расследования случаев скоропостижной смерти, непознанного трупа, врачебных ошибок и других, что даст возможность существенно расширить доказательную базу с использованием трёхмерной реконструкции наряду с сохранением первоначальных данных для проведения аудита [20]. Следует отметить, что технология виртуальной реальности охватывает все отрасли жизнедеятельности и представляет собой технологию создания виртуального окружения, тогда как виртуальная аутопсия (виртопсия) есть часть медицинских процедур и исследований. В то же время данная позиция, предложенная исследователями, имеет колоссальное значение в совершенствовании мира науки и технологии в этой части.

В заключение можно подчеркнуть, что применение информационных технологий, в частности виртуальной и дополненной реальности, открывает в уголовном судопроизводстве новые перспективы для обеспечения более справедливого и эффективного разбирательства по уголовным делам. Проведённые исследования свидетельствуют о потенциале использования технологий виртуальной реальности для улучшения принятия решений

практически всеми участниками судопроизводства, в том числе экспертами и специалистами.

Виртуальная реальность предоставляет более полное и иммерсивное представление о месте преступления, что способствует более точному восприятию и интерпретации доказательств, что особо ценно в ситуациях, когда осмотр места преступления путём выезда на него всеми участниками судопроизводства затруднён или невозможен. Такие инновации могут существенно повысить эффективность судебного процесса, обеспечив более объективное рассмотрение дел и сократив время на принятие решений. Использование инновационных технологий в уголовном судопроизводстве содействует реализации принципов справедливости, закреплённых как в международных нормах, так и национальном законодательстве.

МЕТОДЫ 3D-ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СУДЕБНЫХ ЭКСПЕРТИЗ

Не всегда подходы, применяемые органами досудебного расследования при осмотре места происшествия в ходе расследования дел о нарушениях правил охраны труда, последствиями которых могут быть получение производственных травм разной степени тяжести либо летальные исходы, являются верными. Как правило, ввиду отсутствия необходимых компетенций следователями для проведения осмотра места происшествия приглашаются специалисты или эксперты. Последующий ход расследования дел напрямую зависит от сбора первоначально собранного материала. И если же данная стадия по каким-либо причинам была нарушена, то последующее изменение деталей обстановки ограничивает её дальнейшую реконструкцию и моделирование. Следовательно, для исключения таких фактов необходимо принятие более эффективных решений для документирования места преступления. В рамках изучения научной литературы в этой области мы выделили наиболее оптимальное решение среди исследований технологий виртуальной реальности.

Благодаря преимуществам неинвазивного и быстрого измерения высокой точности, а также обширной информационной наполненности, методы трёхмерной визуализации, такие как лазерное сканирование и структурированное световое сканирование, демонстрируют свою эффективность в различных областях криминалистических исследований. Следует отметить, что данная технология нашла применение во многих отраслях, в том числе в исследуемой нами судебной экспертизе (например, реконструкция места происшествия, анализ фактических данных, исследование травм и телесных повреждений,

³ sknews [Интернет]. Нигматулин Р. Предприятия Казатомпрома применяют технологии виртуальной реальности [05 окт. 2021]. Режим доступа: <https://sknews.kz/news/view/predpriyatiya-kazatomproma-primenyayut-tehnologii-virtualynoy-realynosti>. Дата обращения: 30.11.2023.

реконструкция лиц и т.д.). Методы 3D-визуализации, такие как лазерное сканирование и сканирование структурированным светом, играют важную роль в криминологических исследованиях и судебной экспертизе и обладают существенным преимуществом по сравнению с традиционными методами фиксации, которые используются в настоящее время. Характерными особенностями метода 3D-визуализации в судебно-экспертной деятельности выступают обеспечение высокой точности измерений вне зависимости от масштабов исследуемого объекта, что значительно сокращает время исследования. В то же время вся информация, полученная в ходе исследования, сохранится в первозданном состоянии без возможности какого-либо вмешательства извне, что позволит эксперту провести всевозможные манипуляции с целью воссоздания общей картины произошедшего в режиме реального времени.

Интегрированная платформа 3D-сканирования использует методы лазерного сканирования для получения всех потенциальных улик с места происшествия. Данные лазерного сканирования могут быть визуализированы в 3D с помощью гарнитуры виртуальной реальности, что даёт пользователям возможность перемещаться в виртуальной среде, при этом все данные 3D-моделирования постоянно сохраняются и легко передаются (рис. 3) [18]. При расследовании дел о нарушении правил охраны труда такие платформы позволят с высокой степенью вероятности установить истину и виновных лиц по делу и, как следствие, обеспечить неотвратимость наказания и восстановление социальной справедливости.

Для наглядности хотим сделать обзор нескольких вариантов применения методов в данной области:

- восстановление рабочих сценариев, согласно которым эксперту предоставляется ресурс по извлечению предопределённых факторов, выступивших предикатом к нарушению правил охраны труда;
- идентификация опасных зон с повышенным риском травматизма, внедрение которого послужит отличным симбиозом традиционного метода с технологическим прорывом, а также исключит вероятность воздействия внешних угроз на участника, входящего в орбиту расследования уголовного дела;
- в целях оптимизации рабочего пространства путём оценки качества соответствия установленным нормам эксперты с помощью 3D-визуализации смогут провести анализ, направленный на улучшение условий рабочего места;
- с помощью 3D-визуализации эксперту предоставляется возможность документально закрепить обстановку места происшествия в первоначальном состоянии, информация о котором не подлежит каким-либо изменениям, соответственно, применение метода исключит и коррупционные составляющие.

Таким образом, интегрированные платформы 3D-сканирования помимо предоставления точных

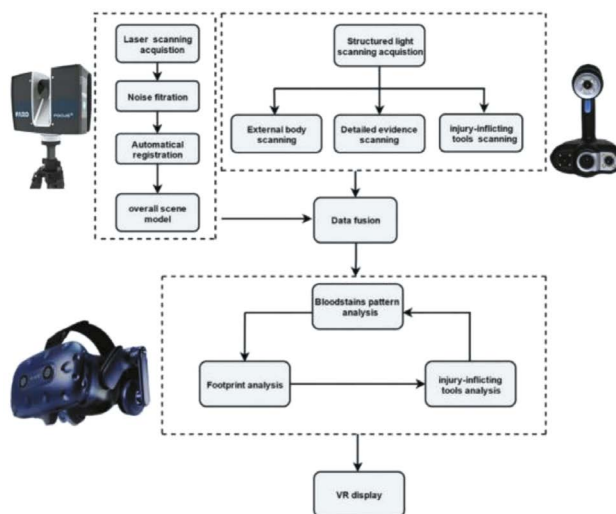


Рис. 3. Схема интегрированной платформы 3D-сканирования [18].
Fig. 3. Scheme of the integrated 3D scanning platform [18].

данных для судебных экспертиз поддерживают проактивные меры по обеспечению безопасности труда на предприятии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты нашего исследования свидетельствуют о том, что в современном мире виртуальная реальность представляет собой инновационный инструмент, имеющий значительный потенциал для улучшения судебной экспертизы по делам о нарушении правил охраны труда. Научный обзор подчёркивает ключевые аспекты влияния технологии виртуальной реальности на судебные процессы и методы экспертизы в области безопасности труда.

Виртуальная аутопсия с использованием технологий виртуальной реальности открывает новые перспективы для реалистичного воссоздания сценариев инцидентов и реконструкции происшествий, связанных с нарушениями правил охраны труда. Это не только предоставляет судебным экспертам более точные инструменты для анализа происшествий, но и улучшает понимание последствий нарушений для жертв и свидетелей.

Обучение судебных экспертов с использованием виртуальной реальности может значительно повысить их квалификацию, обеспечив практические навыки и опыт в реалистичных условиях, которые трудно воссоздать в традиционных тренировочных средах.

Таким образом, внедрение виртуальной реальности в судебную экспертизу по делам о нарушении правил охраны труда будет способствовать эффективности, объективности, полноте и обеспечению достоверности не только заключений судебных экспертиз, но и судопроизводства в целом. Помимо этого, данное направление развития технологий предоставляет значительные преимущества для судебной системы, способствуя сокращению времени и справедливому судебному разбирательству как по делам в области охраны труда, так и иным категориям уголовных дел.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источник финансирования. Статья подготовлена в рамках реализации научного проекта грантового финансирования по научным и (или) научно-техническим проектам на 2023–2025 годы Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан, АР19676297 «Меры противодействия совершению некоторых видов правонарушений посредством чипирования отдельных категорий лиц».

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Вклад авторов. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение поисково-аналитической работы и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующим образом: С.О. Касенова — концепция и дизайн работы, сбор и обработка материала, написание текста рукописи, научное редактирование рукописи, рассмотрение и одобрение окончательного варианта рукописи; Д.В. Воеводкин — концепция и дизайн работы, сбор и обработка материала, написание текста рукописи, научное редактирование рукописи.

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. The article was prepared as part of the implementation of a scientific project of grant funding for scientific and (or) scientific and technical projects for 2023–2025 of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan, AP19676297 "Measures to counter the commission of certain types of offenses through chipping of certain categories of persons".

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. S.O. Kasenova — conception and design of the work, collection and processing of material, manuscript writing, scientific editing of the manuscript, review and approval of the final manuscript; D.V. Voevodkin — conception and design of the work, collection and processing of material, manuscript writing, scientific editing of the manuscript.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кокин А.В. 3D-оружие и перспективы его криминалистического исследования // Теория и практика судебной экспертизы. 2017. Т. 12, № 2. С. 34–41. EDN: ZBLEB doi: 10.30764/18192785-2017-12-2-34-41
2. Воеводкин Д.В., Рустемова Г.Р., Бегалиев Е.Н., и др. К вопросу выявления поддельных заключений судебно-медицинских экспертиз посредством применения технологии искусственного интеллекта по опыту Республики Казахстан: научный обзор // Судебная медицина. 2023. Т. 9, № 3. С. 287–298. EDN: EFNJIE doi: 10.17816/fm8270
3. Cornet L., van Gelder J.L. Virtual reality: A use case for criminal justice practice // Psychology. Crime and Law. 2020. Vol. 26, N 4. P. 1–17. doi: 10.1080/1068316X.2019.1708357
4. Bailenson J. Experience on demand: What virtual reality is, how it works, and what it can do. New York: Norton and Company, Inc., 2018. 304 p.
5. Солодкина Е.А. К определению понятия «виртуальная реальность» // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Философия. 2004. № 1. С. 189–196. EDN: IIZFPN
6. Wiederhold B.K., Jang D.P., Kim S.I., Wiederhold M.D. Physiological monitoring as an objective tool in virtual reality therapy // Cyberpsychol Behav. 2002. Vol. 5, N 1. P. 77–82. doi: 10.1089/109493102753685908
7. Riva G., Mantovani F., Capideville C.S., et al. Affective interactions using virtual reality: The link between presence and emotions // Cyberpsychol Behav. 2007. Vol. 10, N 1. P. 45–56. doi: 10.1089/cpb.2006.9993
8. North M.M., North S.M. A comparative study of sense of presence of virtual reality and immersive environments // Australasian J Information Systems. 2016. Vol. 20. P. 1–15. doi: 10.3127/ajis.v20i0.1168
9. Lin Q., Xu Z., Li B., et al. Immersive virtual reality for visualization of abdominal CT // Proc SPIE Int Soc Opt Eng. 2013. Vol. 8673. doi: 10.1117/12.2008050
10. González B.S., Martínez L., Cerdà M., et al. Assessing practical skills in cardiopulmonary resuscitation: Discrepancy between standard visual evaluation and a mechanical feedback device // Medicine (Baltimore). 2017. Vol. 96, N 13. P. e6515. doi: 10.1097/MD.0000000000006515
11. Пискунова Е.В. 2014.04.042. Использование 3D-технологий в криминалистике и судебной экспертизе (реферативный обзор) // Социальные и гуманитарные науки. Отечественная и зарубежная литература. Серия 4: Государство и право. 2014. № 4. С. 153–164. EDN: VZZYTP
12. Van Gelder J.L., Otte M., Luciano E.C. Using virtual reality in criminological research // Crime Science. 2014. Vol. 3, N 10. P. 1–12. doi: 10.1186/s40163-014-0010-5
13. Poelman R., Akman O., Lukosch S., Jonker P. As if being there: Mediated reality for crime scene investigation // Conference: CSCW '12 Computer Supported Cooperative Work, Seattle, WA, USA, February 11–15, 2012. doi: 10.1145/2145204.2145394
14. Barazzetti L., Sala R., Scaioni M., Cattaneo C. 3D scanning and imaging for quick documentation of crime and accident scenes // Proceedings of SPIE: The International Society for Optical Engineering. 2012. Vol. 8359. P. 835910/1–13. doi: 10.1117/12.920728
15. Jamieson A. A rational approach to the principles and practice of crime scene investigation: I. Principles // Sci Justice. 2004. Vol. 44, N 1. P. 3–7. doi: 10.1016/S1355-0306(04)71678-0
16. Rattfält S. Brottsplatsdokumentation med laserskannern sammanfattning av området. 2015.
17. Sieberth T., Dobay A., Affolter R., Ebert L.C. Applying virtual reality in forensics: A virtual scene walkthrough // Forensic Sci Med Pathol. 2019. Vol. 15, N 1. P. 41–47. EDN: BRYLIP doi: 10.1007/s12024-018-0058-8
18. Сотников А.М., Тычков А.Ю., Золотарев П.В., и др. Использование AR и VR в медицине // Вестник Пензенского государственного университета. 2021. № 4. С. 112–116. EDN: TCJFWL
19. Wang J., Li Z., Hu W., et al. Virtual reality and integrated crime scene scanning for immersive and heterogeneous crime scene reconstruction // Forensic Sci Int. 2019. Vol. 303. P. 109943. doi: 10.1016/j.forsciint.2019.109943
20. Оракбаев А.Б., Курмангали Ж.К., Бегалиев Е.Н., и др. К вопросу об использовании результатов виртуальной аутопсии (виртопсии) в ходе расследования преступлений: научный обзор // Судебная медицина. 2023. Т. 9, № 2. С. 183–192. EDN: OEERGD doi: 10.17816/fm774

REFERENCES

1. Kokin AV. 3D printed firearms and prospects for their forensic examination. *Theory and practice of forensic science*. 2017;12(2):34-41. EDN: ZBMLEB doi: 10.30764/18192785-2017-12-2-34-41
2. Voevodkin DV, Rustemova GR, Begaliev EN, et al. Identifying fake conclusions of forensic medical examinations using an artificial intelligence technology based on the experience in the Republic of Kazakhstan: A review. *Russ J Forensic Med*. 2023;9(3):287-298. EDN: EFNJIE doi: 10.17816/fm8270
3. Cornet L, van Gelder JL. Virtual reality: A use case for criminal justice practice. *Psychology, Crime and Law*. 2020;26(4):1-17. doi: 10.1080/1068316X.2019.1708357
4. Bailenson J. *Experience on demand: What virtual reality is, how it works, and what it can do*. New York: Norton and Company, Inc.; 2018. 304 p.
5. Solodkina EA. Virtual reality: Problem of definition. *Bulletin of Peoples' Friendship University of Russia*. Series: Philosophy. 2004;(1):189-196. EDN: IIZFPN
6. Wiederhold BK, Jang DP, Kim SI, Wiederhold MD. Physiological monitoring as an objective tool in virtual reality therapy. *Cyberpsychol Behav*. 2002;5(1):77-82. doi: 10.1089/109493102753685908
7. Riva G, Mantovani F, Capideville CS, et al. Affective interactions using virtual reality: The link between presence and emotions. *Cyberpsychol Behav*. 2007;10(1):45-56. doi: 10.1089/cpb.2006.9993
8. North MM, North SM. A comparative study of sense of presence of virtual reality and immersive environments. *Australasian J Information Systems*. 2016;20:1-15. doi: 10.3127/ajis.v20i0.1168
9. Lin Q, Xu Z, Li B, et al. Immersive virtual reality for visualization of abdominal CT. *Proc SPIE Int Soc Opt Eng*. 2013;8673. doi: 10.1117/12.2008050
10. González BS, Martínez L, Cerdà M, et al. Assessing practical skills in cardiopulmonary resuscitation: Discrepancy between standard visual evaluation and a mechanical feedback device. *Medicine (Baltimore)*. 2017;96(13):e6515. doi: 10.1097/MD.00000000000006515
11. Piskunova EV. 2014.04.042. Use of 3D-technologies in criminalistics and forensic examination (Abstract review). *Sotsial'nye i gumanitarnye nauki. Otechestvennaya i zarubezhnaya literatura*. Seriya 4: Gosudarstvo i pravo. 2014;(4):153-164. EDN: VZZYTP
12. Van Gelder JL, Otte M, Luciano EC. Using virtual reality in criminological research. *Crime Science*. 2014;3(10):1-12. doi: 10.1186/s40163-014-0010-5
13. Poelman R, Akman O, Lukosch S, Jonker P. *As if being there: Mediated reality for crime scene investigation*. In: Conference: CSCW '12 Computer Supported Cooperative Work, Seattle, WA, USA, February 11-15, 2012. doi: 10.1145/2145204.2145394
14. Barazzetti L, Sala R, Scaioni M, Cattaneo C. *3D scanning and imaging for quick documentation of crime and accident scenes*. In: Proceedings of SPIE: The International Society for Optical Engineering. 2012. Vol. 8359. P. 835910/1-13. doi: 10.1117/12.920728
15. Jamieson A. A rational approach to the principles and practice of crime scene investigation: I. Principles. *Sci Justice*. 2004;44(1):3-7. doi: 10.1016/S1355-0306(04)71678-0
16. Rattfält S. *Brottsplatsdokumentation med laserskannern sammanfattning av området*. 2015.
17. Sieberth T, Dobay A, Affolter R, Ebert LC. Applying virtual reality in forensics: A virtual scene walkthrough. *Forensic Sci Med Pathol*. 2019;15(1):41-47. EDN: BRYLIP doi: 10.1007/s12024-018-0058-8
18. Sotnikov AM, Tychkov AYu, Zolotarev RV, et al. The use of AR and VR in medicine. *Vestnik Penzenskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2021;(4):112-116. EDN: TCJFWL
19. Wang J, Li Z, Hu W, et al. Virtual reality and integrated crime scene scanning for immersive and heterogeneous crime scene reconstruction. *Forensic Sci Int*. 2019;303:109943. doi: 10.1016/j.forsciint.2019.109943
20. Orakbayev AB, Kurmangali ZhK, Begaliyev YeN, et al. On the issue of using the results of a virtual autopsy in criminal investigation: A review. *Russ J Forensic Med*. 2023;9(2):183-192. EDN: OEERGD doi: 10.17816/fm774

ОБ АВТОРАХ

* Касенова Самал Омарбековна;

адрес: Республика Казахстан, 021804, Косшы,
ул. Республика, д. 94;
ORCID: 0000-0003-3812-9275;
eLibrary SPIN: 1031-4186;
e-mail: samalkassenova122@gmail.ru

Воеводкин Денис Викторович;

ORCID: 0000-0002-1763-1808;
eLibrary SPIN: 5512-0338;
e-mail: voevodkin.denis@gmail.ru

AUTHORS' INFO

* Samal O. Kassenova;

address: address: 94 Republic street, 021804 Kosshy,
Republic of Kazakhstan;
ORCID: 0000-0003-3812-9275;
eLibrary SPIN: 1031-4186;
e-mail: samalkassenova122@gmail.ru

Denis V. Voyevodkin;

ORCID: 0000-0002-1763-1808;
eLibrary SPIN: 5512-0338;
e-mail: voevodkin.denis@gmail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author