

Научная статья
УДК 004.946
doi: 10.34987/vestnik.sibpsa.2022.52.17.008

Разработка виртуального тренажера исследования признаков аварийных режимов работы электрических приборов и оборудования

Ирина Николаевна Пожаркова¹
Евгений Юрьевич Трояк²
Александр Николаевич Слепов³
Александр Сергеевич Горбунов⁴

Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Железногорск, Россия

¹<https://orcid.org/0000-0003-1153-350X>

²<https://orcid.org/0000-0002-9446-9226>

³<https://orcid.org/0000-0001-8625-5116>

Автор ответственный за переписку: Ирина Николаевна Пожаркова, pozharikova@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена разработке виртуального тренажера, предназначенного для повышения качества решений, принимаемых сотрудниками органов дознания по результатам процессуальных действий на месте происшествия при расследовании пожаров. Представлена архитектура соответствующего программно-аппаратного комплекса, а также функциональная модель проведения на его основе практических занятий по исследованию признаков аварийных режимов работы электрических приборов и оборудования. Проведена оценка эффективности разработанного тренажера на основе сравнительного анализа результатов выполнения контрольных заданий по применению технико-криминалистических методов и средств поиска, обнаружения, фиксации, изъятия и предварительного исследования вещественных доказательств на месте пожара.

Ключевые слова: виртуальная реальность, виртуальный тренажер, аварийные режимы работы, расследование пожаров, пожарная безопасность

Для цитирования: Пожаркова И.Н., Трояк Е.Ю., Слепов А.Н., Горбунов А.С. Разработка виртуального тренажера исследования признаков аварийных режимов работы электрических приборов и оборудования // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2022. № 3 (26). С. 48-54. [http: 10.34987/vestnik.sibpsa.2022.52.17.008](http://10.34987/vestnik.sibpsa.2022.52.17.008).

Original article

DEVELOPMENT OF A VIRTUAL SIMULATOR FOR STUDYING THE SIGNS OF EMERGENCY OPERATION MODES OF ELECTRICAL DEVICES AND EQUIPMENT

Irina N. Pozharkova¹
Eugeny Yu. Troyak²
Alexander N. Slepov³
Alexander S. Gorbunov⁴

Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia, Zheleznogorsk, Russia

¹<https://orcid.org/0000-0003-1153-350X>

²<https://orcid.org/0000-0002-9446-9226>

³<https://orcid.org/0000-0001-8625-5116>

Corresponding author: Irina N. Pozharkova, pozharkova@mail.ru

Abstract. The article is devoted to the development of a virtual simulator designed to improve the quality of decisions made by employees of the inquiry bodies based on the results of procedural actions at the scene of the incident during the investigation of fires. The architecture of the corresponding software and hardware complex is presented, as well as a functional model for conducting practical lessons based on it on the study of signs of emergency modes of operation of electrical devices and equipment. The effectiveness of the developed simulator was evaluated based on a comparative analysis of the results of the control tasks for the use of forensic methods and means for searching, detecting, fixing, withdrawing and preliminary study of material evidence at the fire site.

Keywords: virtual reality, virtual simulator, emergency operation modes, fire investigation, fire safety

For citation: Pozharkova I.N., Troyak E.Yu., Slepov A.N., Gorbunov A.S. Development of a virtual simulator for studying the signs of emergency operation modes of electrical devices and equipment // Siberian Fire and Rescue Bulletin 2022. № 3 (26). С. 48-54. (In Russ.) [http: 10.34987/vestnik.sibpsa.2022.52.17.008](http://10.34987/vestnik.sibpsa.2022.52.17.008).

Качество проводимых пожарно-технических экспертиз, а также адекватность полученных на их основе выводов во многом определяется практическими навыками дознавателей государственного пожарного надзора. Изъятие вещественных доказательств на месте пожара для последующей экспертизы осуществляется на основании предварительного визуального исследования, в частности, выявления признаков аварийной работы электрооборудования (короткого замыкания, перегрузки по току и напряжению, большого переходного сопротивления) [1; 2]. При этом, качество принимаемых дознавателем решений об отборе участков кабелей и проводов, электрических соединений, приборов и т.д. во многом определяется компетенциями, формирование и развитие которых осложняется, в частности, необходимостью создания, и хранения обширной базы электрических приборов и оборудования, в том числе крупногабаритных, с признаками аварийных режимов, приводящих к пожару. Одним из решений данной проблемы является внедрение в образовательный процесс подготовки дознавателей технологий виртуальной реальности (VR), позволяющих сократить число образцов используемых для развития практико-ориентированных навыков вещественных объектов, изъятых с места пожара, за счет замены их виртуальными копиями. Как было показано в [3], такой подход позволяет не только повысить эффективность формирования компетенций, определяющих качество проводимых пожарно-технических экспертиз, но и снизить временные и финансовые затраты на организацию образовательного процесса подготовки специалистов в области расследования пожаров путем частичного переноса процессуальных действий в виртуальную среду.

На базе ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России была проведена разработка программно-аппаратного комплекса (виртуального тренажера), предназначенного для визуального исследования признаков аварийных режимов работы электрических приборов и оборудования с применением технологий VR [4]. Виртуальный полигон тренажера представляет собой набор локаций, каждая из которых включает помещение (виртуальное пространство – рис. 1), в котором произошёл пожар с визуализацией очаговых признаков и вещной обстановкой, а также определенное множество объектов (виртуальных копий электрических приборов и оборудования) с термическими повреждениями (рис. 2).



Рис. 1. Фрагмент визуализации виртуального пространства места происшествия

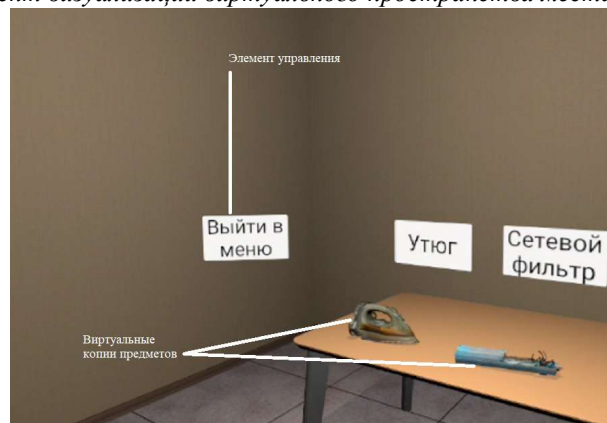


Рис. 2. Фрагмент визуализации виртуальных копий электрических приборов и оборудования

Представленный программно-аппаратный комплекс реализует основные функции, позволяющие перемещаться по виртуальному пространству, проводить осмотр места происшествия и манипуляции (вращение, перемещение, приближение) с виртуальными копиями электрических приборов и оборудования с целью выявления признаков аварийных режимов работы, получать дополнительную информацию по объекту при помощи текстовых комментариев и т.д. При этом, поддерживается два режима работы: обучающий, включающий инструкции, подсказки, комментарии, и контрольный, который предназначен для проверки правильности проведения процессуальных действий на месте происшествия при расследовании пожара: выявления места расположения очага пожара, обнаружения предметов, способных послужить вещественными доказательствами при установлении причин пожара и т.д.

Аппаратная и программная архитектуры виртуального тренажера представлены на рис. 3-4 и в табл. 1-2.

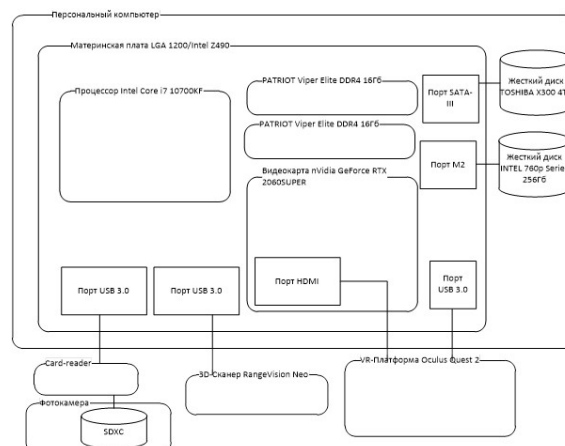


Рис. 3. Аппаратная архитектура виртуального тренажера

Таблица 1. Назначение основных элементов аппаратной архитектуры

Наименование	Назначение
Персональный компьютер	Создание, хранение, редактирование, демонстрация виртуального полигона, функционирование виртуального тренажера
VR-платформа	Погружение в пространство виртуального полигона, осмотр, манипулирование с виртуальными копиями предметов
Фотокамера	Создание панорамных снимков для последующего формирования виртуального пространства места пожара
3D-сканер	Создание трехмерных изображений для последующего формирования виртуальных копий предметов

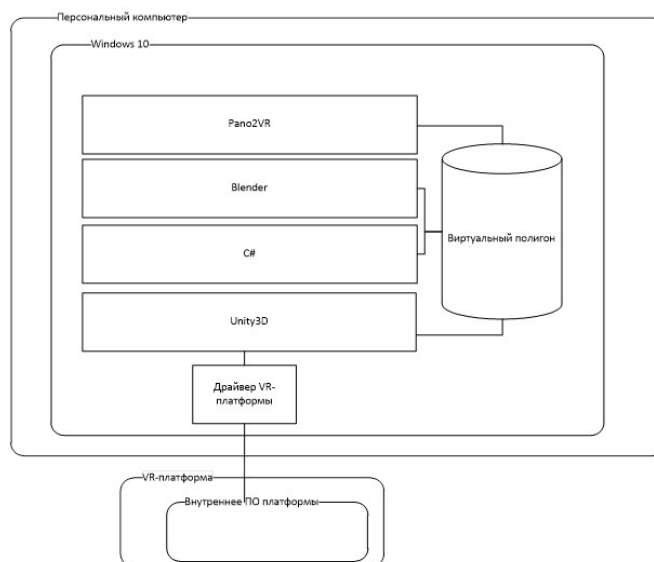


Рис. 4. Программная архитектура виртуального тренажера

Таблица 2. Назначение основных элементов программной архитектуры

Наименование	Назначение
Unity3D	Создание, хранение, редактирование, демонстрация виртуального полигона, функционирование виртуального тренажера
C#	Реализация управляющих элементов в виртуальном полигоне
Pano2VR	Создание из панорамных снимков виртуального пространства места пожара
Blender	Создание трехмерных моделей предметов и их виртуальных копий

Использование представленного программно-аппаратного комплекса при подготовке специалистов в области расследования пожаров заключается в проведении практических занятий с погружением в виртуальное пространство места происшествия, проведения в нем необходимых процессуальных действий, в том числе определения вещественных доказательств для изъятия. На рис. 5 представлена соответствующая функциональная модель [5] как с использованием виртуального тренажера, так и без него – традиционные формы занятий с использованием натурального исследования при установлении непосредственной технической причины пожара. Пунктиром выделены элементы, которые характерны только для учебного процесса с использованием виртуального тренажера.

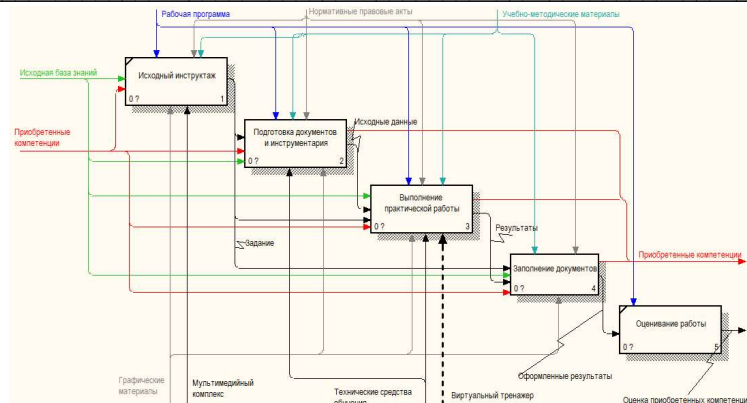


Рис. 5. Функциональная модель проведения практических занятий по исследованию признаков аварийных режимов работы электрических приборов и оборудования

Как видно, структура практических занятий по исследованию признаков аварийных режимов работы электрических приборов и оборудования в традиционной форме и с использованием виртуального тренажера одинакова, что позволяет внедрить его без значительных изменений учебного процесса.

С целью оценки эффективности применения разработанного виртуального тренажера для повышения качества решений, принимаемых по результатам процессуальных действий на месте происшествия, на базе ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России в рамках практических занятий по дисциплине «Расследование пожаров» был проведена апробация. Для этого из обучающихся по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность» было сформировано две группы: контрольная и экспериментальная. В первой группе, численностью 40 человек, практика исследований признаков аварийных режимов работы проводилась с использованием только имеющейся натурной базы электрических приборов и оборудования. Во второй, численностью 41 человек, соответствующие занятия проходили как в традиционной форме, так и с использованием виртуального тренажера. Группы формировались по результатам входной аттестации знаний по дисциплине «Расследование пожаров» так, чтобы обеспечить совпадение их основных характеристик согласно критерию Пирсона [6] при уровне значимости 0,05. Результаты входной аттестации контрольной и экспериментальной групп (в трехбалльной шкале оценок) представлены на рис. 6.

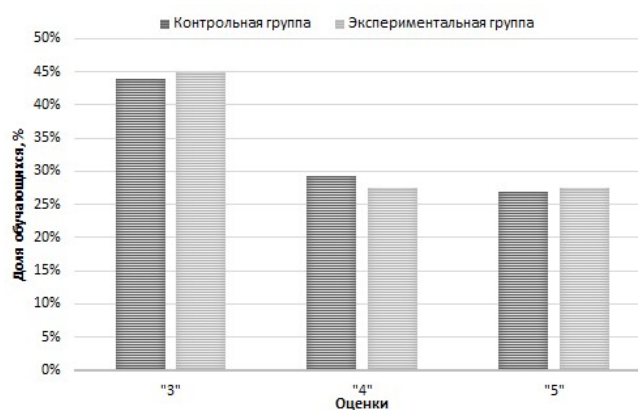


Рис. 6. Распределение оценок по результатам входной аттестации обучающихся контрольной и экспериментальной групп

Полученное по результатам входной аттестации обучающихся эмпирическое значение критерия Пирсона ($\chi^2_{\text{эмп}}=0,031$) не превышает пороговое для уровня значимости 0,05 значение ($\chi^2_{\text{пор}}=5,991$), что говорит о незначительном различии исходных знаний и навыков в сформированных контрольной и экспериментальной группах.

Качество принимаемых решений в каждой из групп оценивалось на основе результатов выполнения итогового практического задания по применению технико-криминалистических

методов и средств поиска, обнаружения, фиксации, изъятия и предварительного исследования вещественных доказательств с использованием только натуральных объектов. На рис. 7 представлено распределение оценок итоговой аттестации обучающихся в контрольной и экспериментальной группах.

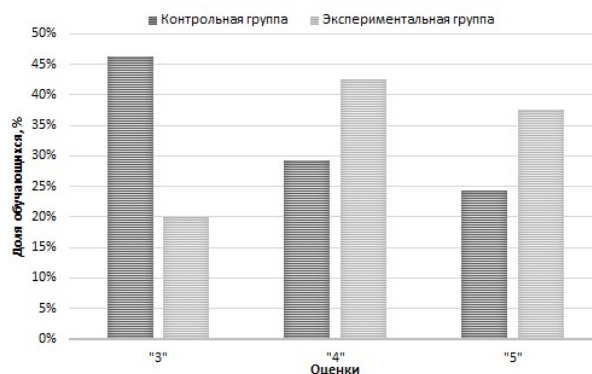


Рис. 7. Распределение оценок по результатам выполнения итогового задания обучающимися контрольной и экспериментальной групп

Как видно, доля оценок «4» и «5» в группе, в которой практические занятия по исследованию признаков аварийных режимов работы электрических приборов и оборудования проходили, в том числе, с использованием виртуального тренажера, выше по сравнению с контрольной. При этом, полученное по результатам выполнения обучающимися итогового задания эмпирическое значение критерия Пирсона ($\chi^2_{\text{эмп}}=6,332$) превышает пороговое для уровня значимости 0,05 значение ($\chi^2_{\text{пор}}=5,991$), что говорит о существенном различии оценок, характеризующих качество принимаемых на основе процессуальных действий решений, в контрольной и экспериментальной группах.

На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что применение виртуального тренажера позволяет повысить эффективность формирования и развития навыков, необходимых для проведения исследования при установлении непосредственной технической причины пожара, что обусловлено дополнением натуральных занятий виртуальным экспериментом с обеспечением доступа, в том числе и удаленного, обучающихся к обширной базе виртуальных копий электрических приборов и оборудования с признаками аварийных режимов, приводящих к пожару. Кроме того, использование разработанного программно-аппаратного комплекса позволит снизить временные и финансовые затраты на организацию образовательного процесса подготовки специалистов в области расследования пожаров путем частичного переноса процессуальных действий на месте происшествия в виртуальную среду, а также снять ограничения, обусловленные необходимостью хранения большого числа образцов вещественных объектов, изъятых с места пожара и используемых в учебном процессе, за счет замены их виртуальными копиями.

Список источников

1. Чешко И.Д., Плотников В.Г. Анализ экспертных версий возникновения пожара. В 2-х книгах. СПбФ ФГУ ВНИИПО МЧС России, Т. 1 – СПб: Береста, 2010. – 708 с.
2. Галишев М.А., Шарапов С.В., Попов А.В. Расследование пожаров. Учебник. – СПб.: Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России, 2013. – 192 с.
3. Pozharkova I., Lagunov A., Slepov A., Gaponenko M., Troyak E., Bogdanov A. Virtual reality technology application to increase efficiency of fire investigators' training //Computer Science On-line Conference. – Springer, Cham, 2020. – с. 295-303.
4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021680890 Российская Федерация. Программа осмотра места пожара и изучения очаговых признаков

в виртуальной среде: заявка № 2021680625 от 16.12.2021 / Слепов А.Н., Кукотенко А.В., Пожаркова И.Н., Трояк Е.Ю.

5. Manenti G., Ebrahimiarijestan M., Yang L., Yu M. Functional modelling and IDEF0 to enhance and support process tailoring in systems engineering //2019 International Symposium on Systems Engineering (ISSE). – IEEE, 2019. – с. 1-8.

6. Afyouni S., Smith S. M., Nichols T. E. Effective degrees of freedom of the Pearson's correlation coefficient under autocorrelation //NeuroImage. – 2019. – Т. 199. – с. 609-625.

List of sources

1. Cheshko I.D., Plotnikov V.G. Analysis of expert versions of the fire occurrence. In 2 books. SPbF FSU VNIPO EMERCOM of Russia, T. 1 – St. Petersburg: Beresta, 2010. – 708 p.

2. Galishev MA, Sharapov SV, Popov A.V. Fire Investigation. Textbook. – St. Petersburg University of the State Fire Service of the Russian Emergencies Ministry, 2013. – 192 s.

3. Pozharkova I., Lagunov A., Slepov A., Gaponenko M., Troyak E., Bogdanov A. Virtual reality technology application to increase efficiency of fire investigators' training //Computer Science On-line Conference. – Springer, Cham, 2020. – p. 295-303.

4. Certificate of State Registration of the Computer Program No. 2021680890 of the Russian Federation. Program for inspecting the fire site and studying focal signs in a virtual environment: application No. 2021680625 from 16.12.2021 /Slepov A.N., Kukotenko A.V., Pozharkova I.N., Troyak E. Yu.

5. Manenti G., Ebrahimiarijestan M., Yang L., Yu M. Functional modelling and IDEF0 to enhance and support process tailoring in systems engineering //2019 International Symposium on Systems Engineering (ISSE). – IEEE, 2019. – p. 1-8.

6. Afyouni S., Smith S. M., Nichols T. E. Effective degrees of freedom of the Pearson's correlation coefficient under autocorrelation //NeuroImage. – 2019. – Т. 199. – с. 609-625.

Информация об авторах

И.Н. Пожаркова - кандидат технических наук, доцент

Е.Ю. Трояк - кандидат педагогических наук

Information about the author

I.N. Pozharkova - Ph.D. of Engineering Sciences, Docent

E.Yu. Troyak - Ph.D. of Pedagogical Sciences

Вклад авторов: Пожаркова И.Н. – научное руководство; концепция исследования; планирование апробации; написание исходного текста; итоговые выводы. Трояк Е.Ю. – проведение апробации; доработка текста. Слепов А.Н. – разработка программной и технической архитектуры виртуального тренажера; доработка схем. Горбунов А.С. – участие в разработке виртуального тренажера, создание виртуальных пространств; доработка рисунков.

Contribution of the authors: Pozharkova I.N. - scientific leadership; research concept; Approbation planning writing the original text; final conclusions. Troyak E.Yu. - testing; revision of the text. Slepov A.N. - development of software and technical architecture of virtual simulator; refinement of schemes. Gorbunov A.S. - participation in the development of a virtual simulator, creation of virtual spaces; refinement of drawings.

Статья поступила в редакция 12.09.2022; одобрена после рецензирования 22.09.2022; принята к публикации 29.09.2022.

The article was submitted 12.09.2022, approved after reviewing 22.09.2022, accepted for publication 29.09.2022.