
ИНЖЕНЕРНОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Научная статья

УДК 614.842; DOI: 10.61260/2307-7476-2023-4-30-36

ИНТЕГРАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРЕ

✉ Мельников Григорий Олегович;

Турсенев Сергей Александрович.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

✉ grinyam@list.ru

Аннотация. Рассмотрено применение технологии искусственного интеллекта для улучшения системы управления эвакуацией людей на пожарах. Основное внимание уделяется недостаткам традиционных методов эвакуации и потенциалу искусственного интеллекта в обработке больших данных для оптимизации управления движением потока людей.

Рассматривается интеграция алгоритмов искусственного интеллекта с моделями человеческого поведения для разработки более эффективных сценариев эвакуации, учитывающих психологические и физиологические аспекты поведения людей в экстренных ситуациях.

Ключевые слова: эвакуация, эффективность, искусственный интеллект, машинное обучение

Для цитирования: Мельников Г.О., Турсенев С.А. Интеграция технологии искусственного интеллекта для повышения эффективности эвакуации людей при пожаре // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2023. № 4 (48). С. 30–36. DOI: 10.61260/2307-7476-2023-4-30-36.

Scientific article

INTEGRATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGY TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF EVACUATION OF PEOPLE IN CASE OF FIRE

✉ Melnikov Grigoriy O.;

Tursenev Sergey A.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia

✉ grinyam@list.ru

Abstract. The application of artificial intelligence technology to improve the evacuation control system at fires is considered. The focus is on the shortcomings of traditional evacuation methods and the potential of artificial intelligence in big data processing to optimize the flow of people.

The integration of artificial intelligence algorithms with models of human behavior to develop more effective evacuation scenarios that take into account the psychological and physiological aspects of human behavior in emergency situations is discussed.

Keywords: evacuation, improvement, artificial intelligence, machine learning

For citation: Melnikov G.O., Tursenev S.A. Integration of artificial intelligence technology to improve the efficiency of evacuation of people in case of fire // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty) = Natural and man-made risks (physico-mathematical and applied aspects). 2023. № 4 (48). P. 30–36. DOI: 10.61260/2307-7476-2023-4-30-36.

Введение

В современном мире, где повседневная жизнь неразрывно связана с использованием различных зданий и сооружений, вопрос обеспечения безопасности людей при чрезвычайных ситуациях, таких как пожары, становится особенно актуальным. Важным аспектом безопасности является эффективность эвакуации, от которой может зависеть здоровье и жизнь многих людей. Традиционные подходы к эвакуации часто не учитывают динамичность ситуаций и разнообразие факторов, влияющих на безопасность людей в экстренных условиях. Например, специфика здания, поведение людей в стрессовых ситуациях, их физическое состояние и многие другие аспекты. Такой подход может приводить к неоптимальному использованию эвакуационных маршрутов и, как следствие, к увеличению времени эвакуации и рисков для жизни.

Традиционные методы эвакуации во многом основаны на проектировании зданий и включают в себя расчет оптимальных путей и геометрии эвакуационных выходов, учитывая максимально возможную «нагрузку» людей. Разработка планов эвакуации часто опирается на стандарты и нормы, которые определяют минимальные требования к пожарной безопасности и доступности выходов в случае пожара [1–3]. Значительная часть исследований в области традиционных методов эвакуации посвящена изучению поведения людей в экстренных ситуациях [4–5]. Эти исследования включают анализ таких факторов, как психологические реакции на пожар или другие чрезвычайные события, влияние толпы и групповое поведение. Они показывают, что человеческий фактор может значительно влиять на эффективность эвакуационного процесса.

Новый уровень в безопасности и эффективности эвакуации людей

На сегодняшний день существует пять типов системы оповещения и управления эвакуацией людей (СОУЭ), которые были разработаны поэтапно, от простого к сложному [6]. Последний, пятый, тип СОУЭ обладает функциональностью для автоматизации процессов оповещения и разработки сценариев эвакуации, адаптированных под конкретные зоны. Данный подход значительно упрощает реагирование на чрезвычайные ситуации и повышает эффективность эвакуации.

Однако традиционные подходы сопряжены с рядом проблем и ограничений. Они часто не учитывают динамичность и непредсказуемость чрезвычайных ситуаций, включая изменения в структуре здания, блокировку маршрутов и изменение поведения людей в панике. Такие непредсказуемые проблемы могут привести к неэффективной эвакуации и в худшем случае к трагедиям [7–8].

Следует подчеркнуть, что даже современные и технологически продвинутые СОУЭ могут оказаться недостаточными в определенных условиях. Примером таких условий являются объекты с большим скоплением людей, где требуется не только автоматизированное оповещение, но и дополнительные меры безопасности и детально проработанные планы эвакуации. Данные аспекты важны для предотвращения паники и обеспечения организованности эвакуации, а также для минимизации рисков для жизни и здоровья людей в экстренных ситуациях. В таких случаях важно учитывать индивидуальные особенности объекта и возможные специфические риски, чтобы обеспечить максимально эффективное и безопасное управление эвакуацией людей [8–9].

С развитием информационных технологий и методов искусственного интеллекта (ИИ) появляется возможность значительно улучшить процессы эвакуации. Использование данных технологий позволяет анализировать большие объемы данных в реальном времени, прогнозировать развитие ситуации и определять оптимальные маршруты движения людских потоков. Данный подход способствует не только более быстрой и безопасной эвакуации, но и сокращению времени на выход из здания в безопасную зону, уменьшению скопления при движении людских потоков и минимизации возможных проблем [10–11].

Выбор алгоритмов ИИ для оптимизации эвакуационных процессов является ключевым аспектом. Основное направление данного выбора – разработка систем, способных адаптироваться к динамично меняющимся условиям и эффективно обрабатывать большие объемы данных в реальном времени. Потребуется обрабатывать данные от множества датчиков и систем видеонаблюдения, которые предоставляют актуальную информацию о состоянии здания, расположении людей, конструктивных решениях зданий, а также препятствиях во время чрезвычайной ситуации [12]. Важность такого подхода заключается в способности системы не только реагировать на текущие события, но и прогнозировать будущие изменения, оптимизируя маршруты эвакуации на их основе.

При выборе алгоритмов функционирования СОУЭ на основе технологий ИИ особое внимание следует уделять их адаптивности к анализу текущей ситуации и последующему прогнозированию сценариев эвакуации, что требует использования машинного обучения и нейронных сетей. Данные технологии позволяют системе обучаться на основе массива полученных данных и принимать обоснованные решения в сложных условиях. Также акцентируется внимание на гибкости и масштабируемости алгоритмов, что позволяет адаптировать систему к зданиям и сооружениям различного функционального назначения [13–15].

Кроме того, ключевым моментом является интеграция алгоритмов ИИ с поведенческими моделями людей. Важно учитывать человеческий фактор в процессе эвакуации, включая психофизиологические аспекты поведения людей, для разработки оптимальных путей эвакуации [10]. Для решения этой задачи могут использоваться различные типы моделей поведения людей, такие как:

- агентно-ориентированная модель, основанная на применении взаимодействия множества независимо действующих агентов-людей, автономных единиц, способных принимать решения и взаимодействовать друг с другом и с окружающей средой [16–18];
- система массового обслуживания, которая позволяет моделировать и анализировать людские потоки, распределять их по различным маршрутам движения, минимизируя задержки и уменьшая риски образования скоплений. Данная модель не только помогает управлять эвакуацией людей во времени, но и позволяет в дальнейшем проводить глубокий анализ статистики данных, обработанных на пожаре [19–20];
- модели машинного обучения в контексте повышения эффективности эвакуации могут использоваться в качестве прогнозирования поведения людей, оптимизации маршрутов эвакуации, анализа визуальных данных и мониторинга обстановки на пожаре в реальном времени [10, 21].

Одновременное применение нескольких способов обработки данных в целях интеграции алгоритмов ИИ и поведенческих моделей людей позволяет реализовать комплексный подход для создания системы, способной эффективно реагировать на разнообразные, непредсказуемые условия чрезвычайных ситуаций, обеспечивая тем самым более безопасную и эффективную эвакуацию.

Очевидно, что внедрение данных технологий значительно улучшит функциональность СОУЭ. Появится способность быстро адаптироваться к изменяющимся условиям, таким как распространение пожара во времени, динамика развития опасных факторов пожара, а также изменение плотности людских потоков. Особенно заметно улучшится точность прогнозирования оптимальных маршрутов эвакуации, что способствует уменьшению времени, необходимого для безопасного выхода людей из здания.

В любом случае придется столкнуться с определенными ограничениями и недостатками. Например, с вопросами, связанными с точностью и надежностью выходных данных, которые сгенерировал алгоритм ИИ. Также много проблем может доставить мобильность системы, она должна адаптироваться и масштабироваться под объекты различных классов функциональной пожарной опасности, особенности проектирования объемно-планировочных решений.

Заключение

Сравнение предлагаемых подходов с традиционными методами организации эвакуации, очевидно, демонстрирует их преимущества в сложных и динамически изменяющихся сценариях. Однако в определенных случаях, где сценарии были более предсказуемы и статичны, традиционные методы – надежнее и эффективнее. На простых объектах, где требуется СОУЭ, лучше всего спроектировать функционирование традиционного подхода, так как внедрение инновационного подхода никак не повлияет на изменение эффективности эвакуации. В связи с этим необходимо применять гибкий подход к выбору методов организации эвакуации, учитывающий специфику каждой отдельной ситуации. При этом важно учитывать поведенческие и психофизиологические особенности эвакуирующегося контингента и индивидуальные характеристики каждого здания, а также потенциальные риски, связанные с внедрением новых технологий.

ИИ обладает значительным потенциалом в применении в СОУЭ, особенно в условиях, требующих быстрой адаптации к меняющимся обстоятельствам и сложному психофизическому поведению и реакции людей. Данный инновационный подход позволит анализировать различные сценарии и определять оптимальные маршруты эвакуации, улучшая тем самым ее скорость и безопасность.

Список источников

1. Мироньчев А.В., Турсенев С.А. Методы технического регулирования пожарной безопасности объектов капитального строительства // Пожарная безопасность общественных и жилых зданий. Нормативы, проектирование, устройство и эксплуатация: материалы науч.-техн. конф. / сост. С.А. Турсенев. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2018. С. 5–8.
2. Актуальные вопросы по обеспечению пожарной безопасности, расчету пожарного риска и защиты от чрезвычайных ситуаций объектов общественного назначения / С.А. Турсенев [и др.] // Пожарная безопасность: современные вызовы. Проблемы и пути решения: материалы Междунар. науч.-практ. конф. / сост. Т.В. Мусиенко, В.А. Онов, Н.В. Федорова. Т. 2. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2020. С. 61–62.
3. Особенности обеспечения пожарной безопасности на объектах защиты / С.А. Турсенев [и др.] // Пожарная безопасность: современные вызовы. Проблемы и пути решения: материалы Междунар. науч.-практ. конф. / сост. Т.В. Мусиенко, В.А. Онов, Н.В. Федорова. Т. 2. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2020. С. 53–54.
4. Матвеев А.В., Коткова Е.А. Психофизиологические аспекты поведения людей при эвакуации в случае пожара // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сб. материалов IV междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 30-й годовщине МЧС России. Иваново: Ивановская пож.-спас. акад. ГПС МЧС России, 2020. С. 379–381.
5. Коткова Е.А. Анализ подходов к исследованию поведения людей при эвакуации в экстремальных ситуациях // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2021. Т. 16. № 4. С. 1476–1479. EDN SKRFSM.
6. Екименко Д.В., Куденко В.Б., Чечевицын И.Д. Классификация систем оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре // Наука и Образование. 2021. Т. 4. № 3. EDN LTORGМ.
7. Актуальные вопросы обеспечения пожарной безопасности объектов защиты / С.А. Турсенев [и др.] // Пожарная безопасность: современные вызовы. Проблемы и пути решения: материалы Междунар. науч.-практ. конф. / сост. Т.В. Мусиенко, В.А. Онов, Н.В. Федорова. Т. 2. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2020. С. 50–52.
8. Кутузов В.В., Талировский К.С., Хамаза Д.С. Эффективность применения СОУЭ на объектах с массовым пребыванием людей, проблемы и пути их решения // Достижения науки и образования. 2018. № 15 (37). С. 9–13.
9. Мудаев Р.Р. Предложения по повышению эффективности проведения безопасной эвакуации из зданий с массовым пребыванием людей // Мирская наука. 2023. № 1 (70). С. 111–114. EDN UDARMT.

10. Коткова Е.А., Матвеев А.В. Методика интеллектуального прогнозирования эффективности управления эвакуацией людей из общественных зданий // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2021. № 4. С. 107–120. EDN PLARHX.
11. Кочегаров А.В., Горюнов А.С. Моделирование процесса эвакуации людей при помощи различных методов // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2018. № 1 (9). С. 229–234.
12. Богущ Р.П., Захарова И.Ю. Алгоритм сопровождения людей на видеопоследовательностях с использованием свёрточных нейронных сетей для видеонаблюдения внутри помещений // Компьютерная оптика. 2020. Т. 44. № 1. С. 109–116. DOI: 10.18287/2412-6179-CO-565. EDN NWRYKS.
13. Хабибрахманов Э.И., Аксенов С.Г., Харисова З.И. Использование возможностей искусственного интеллекта в области пожарной безопасности // Человек. Социум. Общество. 2022. № 14. С. 37–42. EDN ZUSEKX.
14. Ионов М.Ю., Сырбу С.А. Возможности применения технологий искусственного интеллекта в области обеспечения пожарной безопасности // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: сб. матер. X Всерос. науч.-практ. конф. Иваново: Ивановская пож.-спас. акад. ГПС МЧС России, 2023. С. 250–255. EDN NACHBI.
15. Лигун М.О. Проблемы управления пожарной безопасностью производственных объектов с использованием методов искусственного интеллекта // Техногенная и природная безопасность: материалы VI Всерос. науч.-практ. конф. Саратов: ООО «Центр социальных агроинноваций СГАУ», 2021. С. 308–312. EDN XEBRIE.
16. Shunkevich D.V. Agent-oriented models, method and tools of compatible problem solvers development for intelligent systems // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем. 2018. № 8. Р. 119–133. EDN YUCRZE.
17. Agent-based simulation of the 2011 great east japan earthquake/tsunami evacuation: An integrated model of tsunami inundation and evacuation / E. Mas [et al.] // Journal of Natural Disaster Science. 2012. Vol. 34. № 1. Р. 41–57.
18. Агентное моделирование процесса эвакуации людей при пожарах в зданиях: обзор подходов и исследований / Е.А. Коткова [и др.] // Современные наукоемкие технологии. 2023. № 10. С. 55–62. DOI: 10.17513/snt.39791. EDN CZHEJY.
19. Гадышев В.А., Пелех М.Т. Моделирование процессов управления тушением крупного пожара с помощью теории массового обслуживания // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2009. № 1. С. 93–102. EDN NBOFXN.
20. Rykova T.V. Towards the analysis of the performance measures of heterogeneous networks by means of two-phase queuing systems // Discrete and Continuous Models and Applied Computational Science. 2021. Vol. 29. № 3. Р. 242–250. DOI: 10.22363/2658-4670-2021-29-3-242-250. EDN PTELNJ.
21. Андреев А.В., Доронин А.С., Терехин С.Н. Перспективы построения систем пожарной сигнализации на принципах искусственного интеллекта (на примере газовых пожарных извещателей) // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2022. № 1. С. 65–74. EDN PQBODF.

References:

1. Miron'chev A.V., Tursenev S.A. Metody tekhnicheskogo regulirovaniya pozharnoj bezopasnosti ob"ektov kapital'nogo stroitel'stva // Pozharnaya bezopasnost' obshchestvennyh i zhilyh zdaniy. Normativy, proektirovanie, ustrojstvo i ekspluataciya: materialy nauch.-tekhn. konf. / sost. S.A. Tursenev. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2018. S. 5–8.
2. Aktual'nye voprosy po obespecheniyu pozharnoj bezopasnosti, raschetu pozharnogo riska i zashchity ot chrezvychajnyh situacij ob"ektov obshchestvennogo naznacheniya / S.A. Tursenev [i dr.] // Pozharnaya bezopasnost': sovremennye vyzovy. Problemy i puti resheniya: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. / sost. T.V. Musienko, V.A. Onov, N.V. Fedorova. T. 2. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2020. S. 61–62.

3. Osobennosti obespecheniya pozharnoj bezopasnosti na ob"ektah zashchity / S.A. Tursenev [i dr.] // Pozharnaya bezopasnost': sovremennye vyzovy. Problemy i puti resheniya: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. / sost. T.V. Musienko, V.A. Onov, N.V. Fedorova. T. 2. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2020. S. 53–54.
4. Matveev A.V., Kotkova E.A. Psihofiziologicheskie aspekty povedeniya lyudej pri evakuacii v sluchae pozhara // Sovremennye pozharobezopasnye materialy i tekhnologii: sb. materialov IV mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashch. 30-j godovshchine MCHS Rossii. Ivanovo: Ivanovskaya pozh.-spas. akad. GPS MCHS Rossii, 2020. S. 379–381.
5. Kotkova E.A. Analiz podhodov k issledovaniyu povedeniya lyudej pri evakuacii v ekstremal'nyh situacijah // Zdorov'e – osnova chelovecheskogo potentsiala: problemy i puti ih resheniya. 2021. T. 16. № 4. S. 1476–1479. EDN SKRFSM.
6. Ekimenko D.V. Kudenko V.B., Chechevicyn I.D. Klassifikaciya sistem opoveshcheniya i upravleniya evakuaciej lyudej pri pozhare // Nauka i Obrazovanie. 2021. T. 4. № 3. EDN LTORG.
7. Aktual'nye voprosy obespecheniya pozharnoj bezopasnosti ob"ektov zashchity / S.A. Tursenev [i dr.] // Pozharnaya bezopasnost': sovremennye vyzovy. Problemy i puti resheniya: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. / sost. T.V. Musienko, V.A. Onov, N.V. Fedorova. T. 2. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2020. S. 50–52.
8. Kutuzov V.V., Talirovskij K.S., Hamaza D.S. Effektivnost' primeneniya SOUE na ob"ektah s massovym prebyvaniem lyudej, problemy i puti ih resheniya // Dostizheniya nauki i obrazovaniya. 2018. № 15 (37). S. 9–13.
9. Mudaev R.R. Predlozheniya po povysheniyu effektivnosti provedeniya bezopasnoj evakuacii iz zdaniy s massovym prebyvaniem lyudej // Mirovaya nauka. 2023. № 1 (70). S. 111–114. EDN UDARMT.
10. Kotkova E.A., Matveev A.V. Metodika intellektual'nogo prognozirovaniya effektivnosti upravleniya evakuaciej lyudej iz obshchestvennyh zdaniy // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2021. № 4. S. 107–120. EDN PLARHX.
11. Kochegarov A.V., Goryunov A.S. Modelirovanie processa evakuacii lyudej pri pomoshchi razlichnyh metodov // Sovremennye tekhnologii obespecheniya grazhdanskoj oborony i likvidacii posledstvij chrezvychajnyh situacij. 2018. № 1 (9). S. 229–234.
12. Bogush R.P., Zaharova I.Yu. Algoritm soprovozhdeniya lyudej na videoposledovatel'nostyah s ispol'zovaniem svyortchnykh nejronnyh setej dlya videonablyudeniya vnutri pomeshchenij // Komp'yuternaya optika. 2020. T. 44. № 1. S. 109–116. DOI: 10.18287/2412-6179-CO-565. EDN NWRYKS.
13. Habibrahmanov E.I., Aksenov S.G., Harisova Z.I. Ispol'zovanie vozmozhnostej iskusstvennogo intellekta v oblasti pozharnoj bezopasnosti // Chelovek. Socium. Obshchestvo. 2022. № 14. S. 37–42. EDN ZUSEKX.
14. Ionov M.Yu., Syrbu S.A. Vozmozhnosti primeneniya tekhnologij iskusstvennogo intellekta v oblasti obespecheniya pozharnoj bezopasnosti // Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya inzhenernyh sistem obespecheniya pozharnoj bezopasnosti ob"ektov: sb. mater. X Vseros. nauch.-prakt. konf. Ivanovo: Ivanovskaya pozh.-spas. akad. GPS MCHS Rossii, 2023. S. 250–255. EDN NACHBI.
15. Ligun M.O. Problemy upravleniya pozharnoj bezopasnost'yu proizvodstvennyh ob"ektov s ispol'zovaniem metodov iskusstvennogo intellekta // Tekhnogennaya i prirodnyaya bezopasnost': materialy VI Vseros. nauch.-prakt. konf. Saratov: OOO «Centr social'nyh agroinnovacij SGAU», 2021. S. 308–312. EDN XEBRIE.
16. Shunkevich D.V. Agent-oriented models, method and tools of compatible problem solvers development for intelligent systems // Otkrytye semanticheskie tekhnologii proektirovaniya intellektual'nyh sistem. 2018. № 8. P. 119–133. EDN YUCRZE.
17. Agent-based simulation of the 2011 great east japan earthquake/tsunami evacuation: An integrated model of tsunami inundation and evacuation / E. Mas [et al.] // Journal of Natural Disaster Science. 2012. Vol. 34. № 1. P. 41–57.

18. Agentnoe modelirovanie processa evakuacii lyudej pri pozharah v zdaniyah: obzor podhodov i issledovanij / E.A. Kotkova [i dr.] // *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*. 2023. № 10. S. 55–62. DOI: 10.17513/snt.39791. EDN CZHEJY.

19. Gadyshev V.A., Pelekh M.T. Modelirovanie processov upravleniya tusheniem krupnogo pozhara s pomoshch'yu teorii massovogo obsluzhivaniya // *Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii»*. 2009. № 1. S. 93–102. EDN NBOFXN.

20. Rykova T.V. Towards the analysis of the performance measures of heterogeneous networks by means of two-phase queuing systems // *Discrete and Continuous Models and Applied Computational Science*. 2021. Vol. 29. № 3. P. 242–250. DOI: 10.22363/2658-4670-2021-29-3-242-250. EDN PTELNJ.

21. Andreev A.V., Doronin A.S., Terekhin S.N. Perspektivy postroeniya sistem pozharnej signalizacii na principah iskusstvennogo intellekta (na primere gazovyh pozharnyh izveshchatelej) // *Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii»*. 2022. № 1. S. 65–74. EDN PQBODF.

Информация о статье:

Поступила в редакцию: 17.09.2023

Принята к публикации: 19.11.2023

The information about article:

Article was received by the editorial office: 17.09.2023

Accepted for publication: 19.11.2023

Информация об авторах:

Мельников Григорий Олегович, адъюнкт Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: grinyam@list.ru, <https://orcid.org/0009-0003-8459-7317>

Турснев Сергей Александрович, начальник кафедры организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, доцент, email: stursenev@yandex.ru, SPIN-код: 7751-4312

Information about the authors:

Melnikov Grigoriy O., adjunct of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), email: grinyam@list.ru, <https://orcid.org/0009-0003-8459-7317>

Tursnev Sergey A., head of the department of fire extinguishing and emergency rescue operations of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of technical sciences, associate professor, e-mail: stursenev@yandex.ru, SPIN: 7751-4312