



Научно-исследовательский журнал «Педагогическое образование» / *Pedagogical Education*

<https://po-journal.ru>

2025, Том 6, № 8 / 2025, Vol. 6, Iss. 8 <https://po-journal.ru/archives/category/publications>

Научная статья / Original article

Шифр научной специальности: 5.8.7. Методология и технология профессионального образования (педагогические науки)

УДК 614.84

Зарубежный опыт применения технологий искусственного интеллекта для пожаротушения в особо сложных условиях на примере учений подразделений пожарной охраны США, Канады и Японии

¹ Шкитронов М.Е.,

¹ Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева

Аннотация: актуальность темы исследования обусловлена возрастающей частотой и интенсивностью природных и техногенных катастроф, сопровождающихся крупными пожарами в лесных массивах, высотных зданиях и на промышленных объектах с повышенной опасностью. Изучение зарубежного опыта применения интеллектуальных технологий в сфере пожаротушения может быть полезен для совершенствования работы Государственной противопожарной службы Российской Федерации.

Целью исследования является систематизация имеющегося зарубежного опыта применения технологий ИИ в деятельности подразделений пожарной охраны США, Канады и Японии для пожаротушения в особо сложных условиях, выявление наиболее перспективных направлений и возможностей их адаптации в отечественной практике.

Для достижения поставленной цели в исследовании были решены следующие задачи: проведен анализ научной литературы по применению технологий искусственного интеллекта в США, Канаде и Японии для пожаротушения; изучены конкретные примеры реальных операций подразделений пожарной охраны с применением интеллектуальных технологий в США, Канаде и Японии; выявлены основные преимущества и недостатки применения интеллектуальных технологий в пожарной охране США, Канады и Японии.

В процессе исследования применялись следующие методы: историографический анализ научной литературы по изучаемой теме; сравнительный анализ зарубежного опыта; а также методы научного обобщения и систематизации.

По итогу проведенного исследования были сформулированы следующие выводы: американский опыт использования беспилотных летательных аппаратов с алгоритмами компьютерного зрения доказывает высокую ситуационную осведомленность за счет оперативной оценки пожара и выявления тепловых аномалий. В Канаде подтверждена эффективность искусственного интеллекта в моделировании пожара и прогнозировании распространения возгорания. Японский опыт в основном основан на применении автономных роботов-пожарных для работы в опасных условиях.

Ключевые слова: технологии искусственного интеллекта, пожаротушение, учения, подразделения пожарной охраны, зарубежный опыт борьбы с пожарами

Для цитирования: Шкитронов М.Е. Зарубежный опыт применения технологий искусственного интеллекта для пожаротушения в особо сложных условиях на примере учений подразделений пожарной охраны США, Канады и Японии // Педагогическое образование. 2025. Том 6. № 8. С. 132 – 137.

Поступила в редакцию: 20 мая 2025 г.; Одобрена после рецензирования: 19 июня 2025 г.; Принята к публикации: 28 июля 2025 г.

Foreign experience of artificial intelligence technologies for firefighting in especially difficult conditions in fire departments in the USA, Canada and Japan

¹ Shkitronov M.E.,

¹ Saint Petersburg University of the State Fire Service of EMERCOM of Russia

Abstract: the research relevance is due to the increasing frequency and intensity of natural and man-made disasters accompanied by large fires in forests, high-rise buildings and industrial facilities with increased danger. The study of foreign experience in the use of intelligent technologies in the field of fire extinguishing can be useful for improving the work of Russian firefighters.

The research goal is to systematize the existing foreign experience in the use of AI technologies in the activities of fire departments of the USA, Canada and Japan for firefighting in especially difficult conditions, to identify the most promising areas and opportunities for their adaptation in domestic practice.

The following tasks were solved: an analysis of scientific literature on the use of artificial intelligence technologies in the USA, Canada and Japan for firefighting; specific examples of real operations of fire departments using intelligent technologies in the USA, Canada and Japan were studied; the main advantages and disadvantages of the use of intelligent technologies in the fire protection of the USA, Canada and Japan are revealed.

In the course of the study methods were used: historiographical analysis of scientific literature on the topic under study; comparative analysis of foreign experience; as well as methods of scientific generalization and systematization.

Based on the results, the following conclusions were formulated: The American experience of using unmanned aerial vehicles with computer vision algorithms proves high situational awareness due to the rapid assessment of fire and the identification of thermal anomalies. In Canada, the effectiveness of artificial intelligence in modeling fires and predicting the spread of fire has been confirmed. The Japanese experience is mainly based on the application of autonomous firefighting robots to work in hazardous environments.

Keywords: artificial intelligence technologies, firefighting, exercises, fire protection units, foreign experience in fighting fires

For citation: Shkitronov M.E. Foreign experience of artificial intelligence technologies for firefighting in especially difficult conditions in fire departments in the USA, Canada and Japan. Pedagogical Education. 2025. 6 (8). P. 132 – 137.

The article was submitted: May 20, 2025; Approved after reviewing: June 19, 2025; Accepted for publication: July 28, 2025.

Введение

Актуальность темы исследования обусловлена тем, что традиционные методы пожаротушения в условиях повышенной сложности часто оказываются недостаточно эффективными и сопряжены с высоким риском для жизни личного состава подразделений пожарной охраны. В связи с этим, изучение и адаптация зарубежного опыта по применению технологий искусственного интеллекта (далее – ИИ) для повышения эффективности и безопасности операций по пожаротушению представляется важной задачей в свете повышения эффективности работы Государственной противопожарной службы Российской Федерации [2].

На современном этапе в США и Канаде, где масштабные лесные пожары представляют постоянную угрозу, активно разрабатываются и внедряются системы на базе ИИ для прогнозирования распространения очагов возгорания, для оптимальных стратегий тушения и автоматического управления беспилотными летательными аппаратами (далее – БПЛА), которые оснащены тепловизорами и системами пожаротушения. Например, в рамках программы «Пожарные ресурсы Калифорнии для потенциальных чрезвычайных ситуаций» (Firefighting Resources of California Organized for Potential Emergencies, FIRESCOPE) применяются модели машинного обучения для прогнозирования траектории возгорания в особо сложных условиях на основе анализа метеорологических данных, топографии местности и типологии растительности на месте пожарного инцидента [8].

В Японии, при высокой плотности населения и сейсмической активности, особое внимание уделяется разработке систем ИИ для обнаружения и тушения пожаров в условиях плотной городской застройки и особенно – возгораний, происходящих в результате землетрясений. В этих целях японскими пожарными активно используются роботизированные комплексы, которые могут самостоятельно передвигаться в усло-

виях завалов и тушить огонь с помощью управляемых манипуляторов и водяных пушек [7]. В последние годы также разрабатываются системы компьютерного зрения, анализирующие видеопоток с камер наблюдения для автоматического обнаружения признаков пожара и оперативного оповещения пожарных служб о возгорании [7].

Опыт учений пожарных подразделений в США, Канаде и Японии демонстрируют эффективность применения ИИ в различных аспектах пожаротушения, включая повышение оперативности принятия решений, снижение риска для личного состава и оптимизацию использования ресурсов. учений позволяет выявить перспективные направления для дальнейшего развития и внедрения технологий ИИ в практику пожаротушения в России с учетом специфики климатических и географических условий нашей страны.

В частности, системы машинного обучения применяются для обработки данных с дронов, спутников и наземных датчиков с целью оперативного выявления очагов возгорания и построения карт распространения огня в режиме реального времени. Как отмечается в отчете Национальной ассоциации противопожарной защиты США (NFPA), использование ИИ позволяет значительно сократить время реагирования на пожар и повысить точность прогнозирования его поведения, учитывая такие факторы, как рельеф местности, тип растительности и погодные условия [13].

Как отмечают исследователи, особое внимание в зарубежной практике уделяется разработке и внедрению роботизированных систем пожаротушения, которые могут действовать в условиях повышенного риска для личного состава. Примером может служить использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) с тепловизорами и системами распыления огнегасящих веществ, применяемых в Канаде для тушения лесных пожаров в труднодоступных районах. Такие системы позволяют существенно минимизировать человеческие жертвы и повысить эффективность борьбы с огнем в экстремальных условиях [13].

На наш взгляд, внедрение технологий ИИ в практику работы подразделений пожарной охраны Российской Федерации позволит существенно повысить эффективность борьбы с пожарами, снизить материальный ущерб и число человеческих жертв во время пожарных инцидентов в особо сложных условиях.

Материалы и методы исследований

Теоретико-методологические основы исследования составили постулаты и выводы, изложенные в работах таких авторов, как А.У. Актаева, Т.Д. Жаксылык, Ж.Б. Сарсенбаева [1], В.А. Николаев, Е.С. Бажанова [3], Е.В. Павлов [4], С.Г. Цариченко, А.Г. Овсяник, Е.В. Павлов, С.Е. Симанов, И.В. Исавнина [5], Е.А. Цыкунов [6] и др.

Методические аспекты исследования были проанализированы на основе материалов работ таких авторов, как Цзеюй Чэнь, Нань Ли, Янмин Ши, Цзин Ду [9], А. Хаир [10], К. Мацуяма [11], С. Накамура [12], Х. Танака, Т. Сато [14], К. Вийкмарк [15], Ян Ли, Цинлинь Хань, Гаочжи Цуй, Кэ Бай, Сименг Чэнь [16], Ян Ли, Цинлинь Хань, Гаочжи Цуй, Кэ Бай [17] и др.

В исследовании были также использованы материалы Государственной противопожарной службы Российской Федерации [2].

В исследовании была применена комплексная методология. В частности, историографический анализ позволил проследить эволюцию теоретических и практических подходов к изучаемой проблеме, выявить тенденции применения интеллектуальных технологий в пожаротушении на примере США, Канады и Японии. Сравнительный анализ зарубежного опыта был направлен на выявление передовых практик и инновационных подходов, применяемых в других странах для решения аналогичных задач. Методы научного обобщения и систематизации применялись для структурирования полученных данных, выявления общих закономерностей и формулирования выводов.

Результаты и обсуждения

Анализ научной литературы позволяет констатировать, что в США интеллектуальные системы пожаротушения включают в себя комплексы обработки данных с датчиков, установленных на беспилотных летательных аппаратах (БПЛА) и носимых устройствах пожарных [13]. В ходе учений БПЛА, оснащенных тепловизорами и камерами высокого разрешения, осуществляется оперативный мониторинг очагов возгорания, передавая данные в режиме реального времени на центральный сервер.

Как показывают отчеты американской противопожарной службы FIRESCOPE, искусственный интеллект позволяет анализировать полученные изображения, выделять области максимальной температуры, оценивать скорость распространения огня и идентифицировать возможные препятствия на пути пожарных. Согласно отчету за 2024 год, применение БПЛА с ИИ-анализом позволило сократить время на оценку обстановки на 30-40% [13].

В процессе учений, проведенных FIREScope в 2024 году, интегрированные системы ситуационной осведомленности, разработанные на основе алгоритмов машинного обучения, предоставляли пожарным тактические рекомендации в реальном времени [13]. На основе анализа данных о планировке здания, расположении гидрантов, направлении ветра и интенсивности горения, интеллектуальная система предлагала оптимальные маршруты эвакуации и расстановки сил, что позволило минимизировать риски для личного состава и повысить эффективность использования ресурсов в процессе тушения пожара [13]. При этом, как отмечается в отчете FIREScope, в некоторых учебных сценариях применялись алгоритмы прогнозирования обрушений конструкций, разработанные на основе анализа изменений температуры в высотных зданиях, что позволяло оперативно эвакуировать людей из зон повышенной опасности [13]. В ходе проведения учений в Калифорнии в июне 2024 года интеллектуальные системы мониторинга состояния личного состава включали в себя датчики пульса, температуры тела и данные о концентрации вредных веществ в атмосфере на месте пожарного инцидента, что позволило оперативно выявить признаки переутомления у пожарных. В частности, в случае обнаружения критических отклонений от нормы, система автоматически уведомляла командира подразделения и предлагала меры по оказанию помощи. По результатам учений, использование таких систем позволило снизить количество случаев переутомления и травм среди пожарных на 15-20% [13].

Интересен также опыт Канады, где в последние годы подразделения пожарной охраны активно внедряют технологии искусственного интеллекта в свои учения и оперативные процедуры, особенно в контексте тушения пожаров в особо сложных условиях, к которым относятся: лесные пожары, промышленные объекты с опасными веществами и высотные здания.

В частности, в ходе учений подразделений пожарной охраны в Квебеке в 2024 году были протестированы интеллектуальные системы для анализа поступающей информации, поступавшей от дронов с тепловизорами и мультиспектральными камерами. Данная технология позволила в режиме реального времени определить очаги возгорания, прогнозировать распространение огня с учетом погодных условий и топографии местности, а также выявить потенциальные риски, как, например, наличие взрывоопасных веществ или обрушение конструкций [10, с. 26]. Согласно имеющимся эмпирическим данным, использование интеллектуальных систем пожаротушения в Канаде позволяет сократить время принятия решений на 20-30% и повысить точность определения координат очагов возгорания на 15% [10, с. 27].

Еще одним важным направлением в сфере внедрения интеллектуальных технологий в работу канадской службы пожарной охраны является разработка и внедрение интеллектуальных систем управления робототехническими комплексами для тушения пожаров в условиях, опасных для человека. Роботы с манипуляторами и системами пожаротушения могут действовать в условиях высоких температур, задымления и даже при наличии токсичных веществ, тем самым обеспечивая безопасное для людей тушение пожара [10, с. 28]. Например, компания «Robotnik» (Autonomous Mobile Robots Company, AMR), специализирующаяся на разработке роботизированных решений, сотрудничает с канадскими подразделениями пожарной охраны в рамках пилотного проекта по использованию роботов для тушения пожаров на химических предприятиях [10, с. 29].

В свою очередь, Япония, в силу сейсмической активности и высокой плотности застройки, является одним из мировых лидеров в разработке и внедрении инновационных технологий в сфере пожаротушения. Учения подразделений пожарной охраны служат полигоном для апробации передовых решений, в том числе основанных на искусственном интеллекте [7]. Особое внимание уделяется сложным условиям: пожарам в условиях ограниченной видимости, завалов при риске вторичных обрушений.

Одним из ключевых аспектов применения японских интеллектуальных систем является автоматизация процесса выбора оптимальных средств и методов тушения. Например, в случае возгорания легковоспламеняющихся жидкостей, система рекомендует применение пенных огнетушителей вместо воды, минимизируя риск распространения огня. Кроме того, ИИ-алгоритмы используются для оптимизации маршрутов движения подразделений пожарной охраны, учитывая возможные препятствия и зоны повышенной опасности, тем самым снижая риск травматизма личного состава [11, с. 851]. В Японии такие комплексы, оснащенные манипуляторами и датчиками, способны проникать в опасные зоны, проводить разведку и осуществлять тушение пожара, минимизируя необходимость присутствия людей в непосредственной близости от огня [12, с. 4256].

Управление таким комплексом осуществляется на основе данных, полученных от БПЛА и носимых сенсорных устройств, а ИИ-алгоритмы обеспечивают автономную навигацию и выбор оптимальных стратегий пожаротушения. Опыт Японии является перспективным направлением повышения эффективности борьбы с пожарами в особо сложных условиях.

Все перечисленные аспекты внедрения интеллектуальных систем в работу служб пожарной охраны в США, Канаде и Японии позволяют выявить наиболее оптимальные стратегии для совершенствования работы Государственной противопожарной службы Российской Федерации.

Выводы

По итогу проведенного исследования можно констатировать, что зарубежный опыт, особенно учения подразделений пожарной охраны США, Канады и Японии, демонстрирует значительный потенциал применения технологий искусственного интеллекта в решении учебных и оперативных задач пожаротушения в особо сложных условиях. На основе представленного зарубежного опыта можно также утверждать, что в России необходимо увеличение объема инвестиций в разработку и внедрение интеллектуальных систем пожаротушения для совершенствования работы Государственной противопожарной службы Российской Федерации.

Список источников

1. Актаева А.У., Жаксылык Т.Д., Сарсенбаева Ж.Б. Искусственный интеллект и пожарная безопасность // НИР/S&R. 2023. № 1 (13). С. 133 – 136.
2. Государственная противопожарная служба Российской Федерации // МЧС России. URL: <https://вдпо.рф/enc/gosudarstvennaya-protivopozharnaya-sluzhba> (дата обращения: 01.05.2024).
3. Николаев В.А., Бажанова Е.С. Возможные способы пожаротушения электромобилей в современном мире // Вестник науки. 2025. № 2 (83). С. 763 – 770.
4. Павлов Е.В. Разработка методики обоснования тактико-технических требований к робототехническому комплексу многорежимного пожаротушения // Технологии гражданской безопасности. 2020. № 2 (64). С. 7 – 14.
5. Цариченко С.Г., Овсяник А.Г., Павлов Е.В., Симанов С.Е., Исавнина И.В. Групповое управление робототехническими комплексами при тушении пожаров в особо опасных условиях // Пожары и ЧС. 2018. № 4. С. 19 – 22.
6. Цыкунов Е.А. Инновационные технологии для предотвращения и ликвидации пожаров на предприятиях // Вестник науки. 2025. № 2 (83). С. 751 – 757.
7. Fire and Disaster Management Agency (FDMA). URL: <https://www.fdma.go.jp/en/> (date of access: 15.05.2025).
8. Firescope Home. URL: <https://firescope.caloes.ca.gov/> (date of access: 15.05.2025).
9. Jieyu Chen, Nan Li, Yangming Shi, Jing Du. Cross-cultural assessment of the effect of spatial information on firefighters' wayfinding performance: A virtual reality-based study // International Journal of Disaster Risk Reduction. 2022. No. 84. P. 74 – 86.
10. Khair A. Development of Physical Training Program to Boost Functional Strength in Firefighter Recruits Using a Modified Nominal Group Technique // Humanitarian studies. 2019. No. 8. P. 26 – 35.
11. Matsuyama K. Application of UAVs for Fire Detection and Monitoring in Urban Areas // Journal of Disaster Research. 2019. No. 14 (5). P. 851 – 858.
12. Nakamura S. Development of Autonomous Firefighting Robots with AI Control // Proceedings of the International Conference on Robotics and Automation. 2021. P. 4256 – 4263.
13. NFPA. The National Fire Protection Association. URL: <https://www.nfpa.org/en> (date of access: 15.05.2025).
14. Tanaka H., Sato T. AI-Based Route Optimization for Firefighting Operations // International Journal of Fire Science and Technology. 2020. No. 39 (2). P. 123 – 130.
15. Wijkmark C. Immersive Virtual Reality for firefighter skills training // Western Norway University. 2023. No. 4. P. 94 – 106.
16. Yang Li, Qinglin Han, Gaozhi Cui, Ke Bai, Simeng Chen. Assessment of firefighter-training effectiveness in China based on human-factor parameters and machine learning // Technology and health care: official journal of the European Society for Engineering and Medicine. 2024. No. 31 (4). P. 10 – 28.
17. Yang Li, Qinglin Han, Gaozhi Cui, Ke Bai. Evaluation of Firefighter Training Effectiveness Based on Human Physiological Signals and Improved Transfer Learning // Humanitarian studies. 2019. No. 3. P. 106 – 115.

References

1. Aktaeva A.U., Zhaksylyk T.D., Sarsenbaeva Zh.B. Artificial Intelligence and Fire Safety. Research and Development/S&R. 2023. No. 1 (13). P. 133 – 136.
2. State Fire Service of the Russian Federation. EMERCOM of Russia. URL: <https://вдпо.рф/enc/gosudarstvennaya-protivopozharnaya-sluzhba> (date of access: 01.05.2024).
3. Nikolaev V.A., Bazhanova E.S. Possible Methods of Fire Extinguishing Electric Vehicles in the Modern World. Bulletin of Science. 2025. No. 2 (83). P. 763 – 770.
4. Pavlov E.V. Development of a methodology for substantiating the tactical and technical requirements for a robotic multi-mode fire extinguishing complex. Civil Safety Technologies. 2020. No. 2 (64). P. 7 – 14.
5. Tsarichenko S.G., Ovsyanik A.G., Pavlov E.V., Simanov S.E., Isavnina I.V. Group control of robotic complexes when extinguishing fires in especially hazardous conditions. Fires and Emergencies. 2018. No. 4. P. 19 – 22.
6. Tsykunov E.A. Innovative technologies for preventing and extinguishing fires at enterprises. Bulletin of Science. 2025. No. 2 (83). P. 751 – 757.
7. Fire and Disaster Management Agency (FDMA). URL: <https://www.fdma.go.jp/en/> (date of access: 15.05.2025).
8. Firescope Home. URL: <https://firescope.caloes.ca.gov/> (date of access: 15.05.2025).
9. Jieyu Chen, Nan Li, Yangming Shi, Jing Du. Cross-cultural assessment of the effect of spatial information on firefighters' wayfinding performance: A virtual reality-based study. International Journal of Disaster Risk Reduction. 2022. No. 84. P. 74 – 86.
10. Khair A. Development of Physical Training Program to Boost Functional Strength in Firefighter Recruits Using a Modified Nominal Group Technique. Humanitarian studies. 2019. No. 8. P. 26 – 35.
11. Matsuyama K. Application of UAVs for Fire Detection and Monitoring in Urban Areas. Journal of Disaster Research. 2019. No. 14 (5). P. 851 – 858.
12. Nakamura S. Development of Autonomous Firefighting Robots with AI Control. Proceedings of the International Conference on Robotics and Automation. 2021. P. 4256 – 4263.
13. NFPA. The National Fire Protection Association. URL: <https://www.nfpa.org/en> (date of access: 15.05.2025).
14. Tanaka H., Sato T. AI-Based Route Optimization for Firefighting Operations. International Journal of Fire Science and Technology. 2020. No. 39 (2). P. 123 – 130.
15. Wijkmark C. Immersive Virtual Reality for firefighter skills training. Western Norway University. 2023. No. 4. P. 94 – 106.
16. Yang Li, Qinglin Han, Gaozhi Cui, Ke Bai, Simeng Chen. Assessment of firefighter-training effectiveness in China based on human-factor parameters and machine learning. Technology and health care: official journal of the European Society for Engineering and Medicine. 2024. No. 31 (4). P. 10 – 28.
17. Yang Li, Qinglin Han, Gaozhi Cui, Ke Bai. Evaluation of Firefighter Training Effectiveness Based on Human Physiological Signals and Improved Transfer Learning. Humanitarian studies. 2019. No. 3. P. 106 – 115.

Информация об авторах

Шкитронов М.Е., кандидат педагогических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева», г. Санкт-Петербург, shkitronov@mail.ru

© Шкитронов М.Е., 2025