

А. О. Чупакова, С. В. Гудин

(Академия ГПС МЧС России; e-mail: bazarovaann@gmail.com)

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Проведён анализ статистики пожаров производственных объектов и основных программных продуктов в области управления пожарными рисками. Выявлены основные проблемы управления пожарной безопасностью производственных объектов. Предложен способ оптимизации управления пожарной безопасностью производственных объектов на основе искусственных нейронных сетей.

Ключевые слова: система снижения пожарных рисков, производственные объекты, пожарные риски, искусственный интеллект, нейронные сети.

В процессе функционирования производственных объектов используются технологические процессы, зачастую связанные с транспортировкой, переработкой и хранением таких опасных материалов как нефть, бензин, дизельное топливо, сжиженные углеводороды и т.п. Использование таких веществ и материалов связано с большими производственными рисками.

Помимо использования и хранения пожаровзрывоопасных веществ и материалов на производственных объектах, существует тенденция к снижению количества рабочего персонала за счёт автоматизации технологических процессов, что, в свою очередь, приводит к тому, что производственные площади сокращаются за счёт более компактного расположения технологических установок [1], что значительно увеличивает пожаровзрывоопасность объекта, а также, при возникновении пожара быстрое распространение огня и опасных факторов пожара по всей производственной территории, что влечёт за собой огромные материальные потери и вероятность человеческих жертв.

Для анализа имеющихся статистических данных об авариях и пожарах на объектах с хранением пожароопасных веществ и материалов был проведён обзор исследований по подобным пожарам в России. Дополнительно для проведения анализа были собраны данные о крупных пожарах на производственных объектах в России за период с 2013 по 2016 год, которые были систематизированы и обобщены в разработанной специализированной базе данных.

Источником информации были: статистические данные федеральной базы "Пожары"¹, материалы описаний пожаров, данные из публикаций в сети Интернет.

За указанный период на объектах с хранением пожароопасных веществ и материалов произошло 7 % от общего количества пожаров и пришлось 41,3 % материального ущерба.

¹ Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. <http://www.gks.ru>

Таблица 1

**Прямой материальный ущерб от крупных пожаров в Российской Федерации
за период 2013-2016 гг.**

Год	2013	2014	2015	2016
Количество пожаров	9360	8620	8043	7232
Прямой материальный ущерб, млн руб.	1655	1953	1011	2799

Ниже приведены статистические гистограммы по пожарам и их последствиям (рис. 1 и 2).

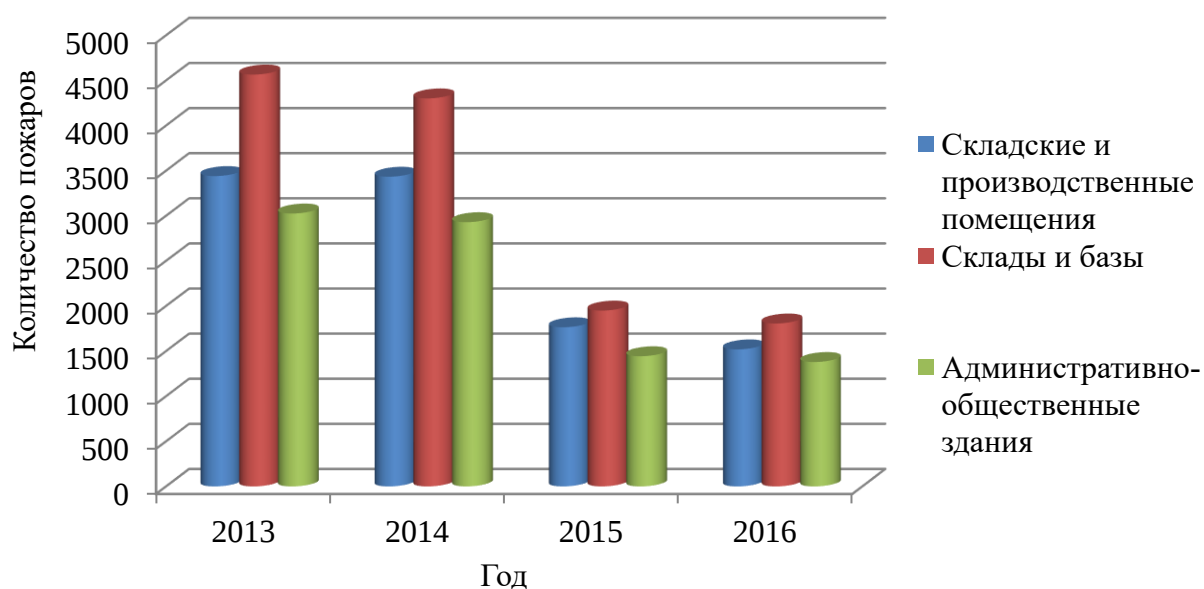


Рис. 1. Количество пожаров на объектах с хранением пожароопасных веществ и материалов

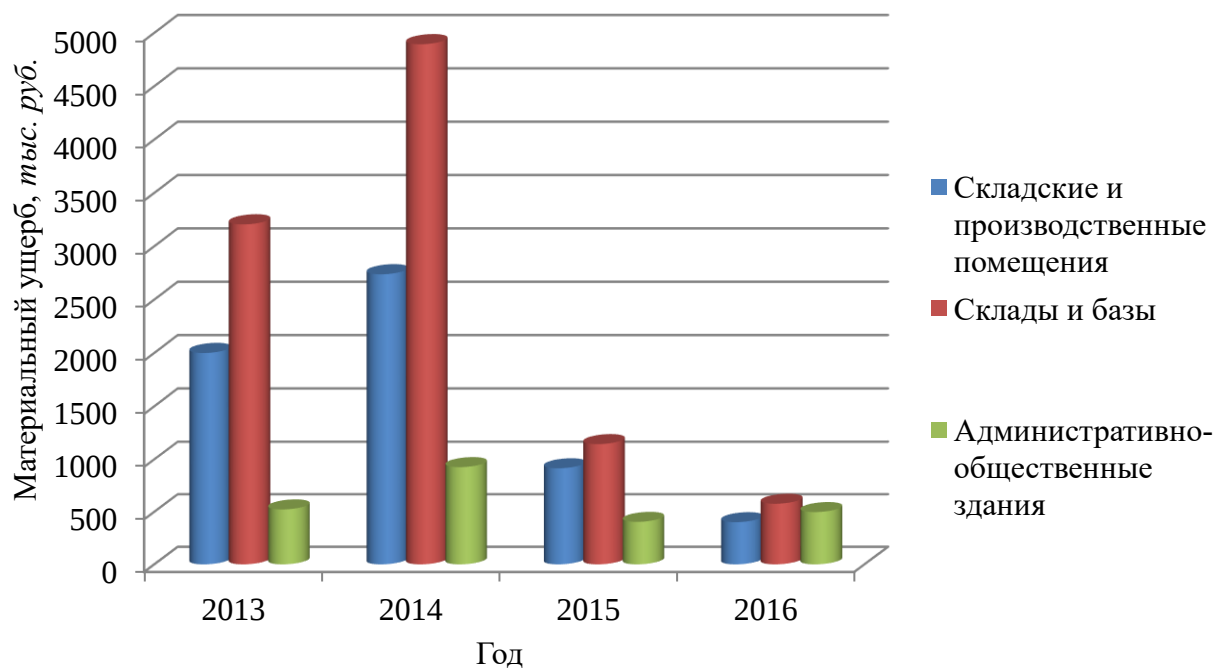


Рис. 2. Прямой материальный ущерб от пожаров на объектах с хранением пожароопасных веществ и материалов

Исходя из проведенного анализа можно сделать вывод том, что с каждым годом количество пожаров на объектах с хранением пожароопасных веществ уменьшается, в то время как материальный ущерб остается довольно большим и может составлять до 50 % от общего материального ущерба. На ликвидацию последствий аварий на объектах с хранением пожароопасных веществ и материалов требуется намного больше сил и средств, чем для профилактики пожаров на подобных объектах.

С недавнего времени для оценки пожарной опасности объекта защиты применяется методика расчёта пожарных рисков для производственных объектов² и общественных зданий. На основе этих методик разработаны программные комплексы, автоматизирующие проведение расчётов. Если проанализировать данные системы поддержки и принятия решений становится понятно, что большинство из них не имеет собственной базы статистических данных и возможных сценариев развития пожара, а также интеллектуальных алгоритмов поиска оптимальных комбинаций мероприятий, направленных на снижение пожарной опасности объектов защиты. В табл. 2 приведены результаты проведённого анализа существующих программных продуктов, разработанных в качестве систем поддержки и принятия управленческих решений при проведении работ по расчёту пожарных рисков отечественного производства.

Таблица 2

Анализ программных продуктов по расчёту рисков

	Проведение расчёта риска	Алгоритмы поиска оптимальных комбинаций мероприятий	Техническая поддержка пользователей
PromRisks	+	-	-
Sigma ПБ	+	-	+
ПК Русь	+	-	-
Фогард	+	-	+
Токси + Риск	+	-	+
"Прогноз-Анализ безопасности"	+	-	-
Fenix +2	+	-	+
FireRisks	+	+	+

Анализ существующих программ показал, что в настоящее время алгоритмы определения оптимальной комбинации мероприятий в них не используются. Исходя из этого, сформирован текущий порядок проведения расчётов пожарных рисков на производственных объектах при использовании современных программных продуктов по расчёту пожарных рисков (рис. 3).

² Постановление Правительства РФ от 31 марта 2017 г. № 404 "О внесении изменений в приложение № 2 к постановлению Правительства Российской Федерации от 25 июля 2006 г. № 458

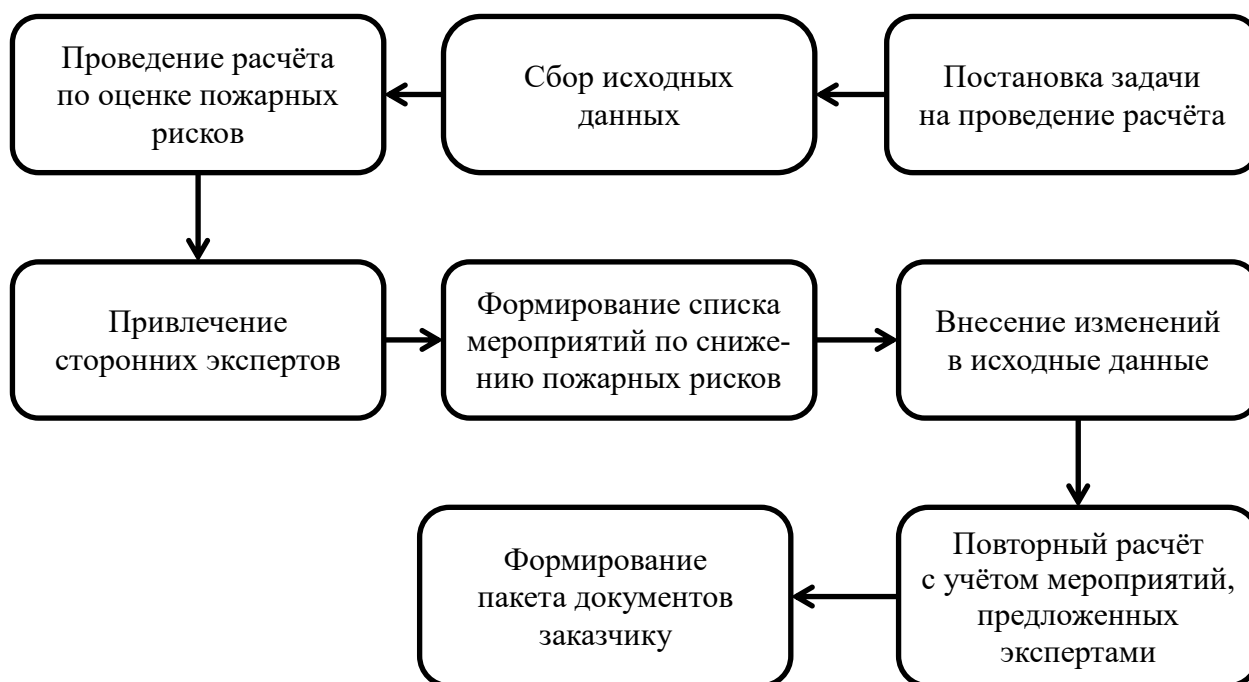


Рис. 3. Этапы проведения расчётов пожарных рисков на производственных объектах

Проведён анализ проблем и связей управления пожарной безопасностью производственных объектов с использованием разработанной диаграммы связей [3] (рис. 4).



Рис. 4. Проблемы управления пожарной безопасностью производственных объектов.

По результатам анализа определено, что к основным проблемам можно отнести:

1. Привлечение большого количества высококвалифицированных специалистов с опытом работы на производственных объектах.
2. Невозможность рассмотрения всех возможных путей обеспечения пожарной безопасности ввиду большого количества исходных данных и управленческих альтернатив обеспечения противопожарной защиты.
3. Трудоемкий процесс создания списков компенсирующих мероприятий.
4. Большие временные затраты из-за большого объема работы и проведения повторных расчётов с учётом скорректированного списка мероприятий.

Для того, чтобы определить пути решения имеющихся проблемных вопросов были проанализированы технологии, используемые системами поддержки принятия решений в различных сферах деятельности для оптимизации обработки больших массивов данных и принятия управленческих решений. В результате проведённого анализа было выявлено, что для решения таких задач целесообразно применение моделей искусственных нейронных сетей. Проанализировав работы [4, 6] был сделан вывод о том, что искусственные нейронные сети нашли своё применение в сфере экономики, решая, по сути своей, схожие задачи. Использование нейронных сетей в экономике обосновано тем, что происходит стремительный рост баз данных и их обработка, и анализ человеком становится затратным, малоэффективным и долгим. Их применяют для анализа большого количества значений в базах данных и, на основе полученных значений, моделирования социально-экономического прогноза. Опыт, приведённый в [6], доказывает эффективность применения нейронных сетей для составления прогноза финансового рынка.

Помимо этого, нейронные сети нашли своё применение в медицине [5] для установления диагноза на основе симптоматики. На основе нейронных сетей разрабатываются системы безопасности, связанные с распознаванием лиц [8] и во многих других сферах деятельности.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что избежать вышеуказанных проблем при управлении пожарной безопасностью производственных объектов возможно при помощи технологий искусственного интеллекта на основе обученных моделей искусственных нейронных сетей, которые, как показывает анализ, успешно применяются в различных сферах деятельности для анализа и обработки данных, и прогнозирования, а также внедрения алгоритмов поиска оптимальных комбинаций мероприятий по снижению пожарной опасности производственных объектов.

Внедрение алгоритмов поиска оптимальных комбинаций мероприятий позволит проводить анализ всех имеющихся систем и методов противопожарной защиты производственных объектов и проводить расчёт пожарных рисков с учётом сформированного списка бесчисленное количество раз [9]. Большим плюсом является то, что, при должном обучении, искусственная нейронная сеть может обрабатывать большое количество данных в минимальные сроки, параллельно формируя базу статистических данных на основе полученных выходных значений.

Применение технологий искусственного интеллекта поможет значительно снизить информационную нагрузку на экспертный совет при определении мероприятий по управлению пожарной безопасностью, что приведёт к снижению количества этапов проведения расчётов пожарных рисков на производственных объектах (рис. 5)

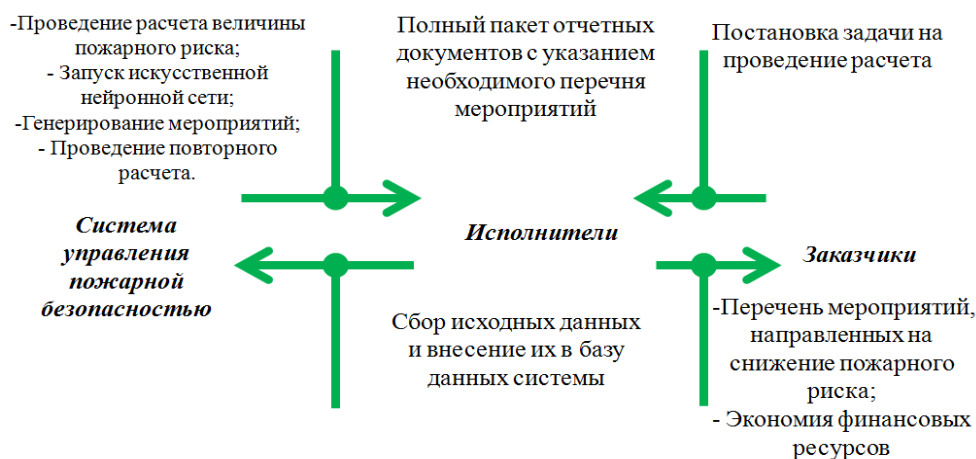


Рис. 5. Схема работы оптимизированного программного продукта по расчёту пожарного риска с применением модели искусственной нейронной сети

Заключение. Исходя из вышесказанного можно сделать вывод о том, что на данном этапе управление пожарной безопасностью производственных процессов довольно трудоёмкий и длительный процесс, требующий больших финансовых вложений. Существующие программные комплексы являются пассивными системами поддержки и принятия решений и в них отсутствуют алгоритмы поиска оптимальных комбинаций мероприятий противопожарной защиты. Таким образом, при использовании технологий искусственного интеллекта на основе обученных моделей искусственных нейронных сетей, алгоритмов поиска оптимального списка компенсирующих мероприятий, а также базы данных статистических значений, возможна автоматизация этапов управления пожарной безопасностью производственных объектов, что повлечёт за собой снижение себестоимости работ по обеспечению пожарной безопасности объекта защиты, а также значительно сократит время, затрачиваемое на проведение этих работ и повысит их эффективность за счёт рассмотрения большего количества возможных управленческих решений.

Дальнейшим направлением исследования является создание модели искусственной нейронной сети, выбор обучающей модели и обучение её отнесению объектов защиты к определённым категориям риска, а также проверке эффективности обученной модели искусственной нейронной сети.

Литература

1. Гудин С. В., Хабибулин Р. Ш., Рубцов Д. В. Проблемы управления пожарными рисками на территории объектов нефтепереработки с использованием современных программных продуктов // Пожаровзрывобезопасность. 2015. Т. 24. № 12. С. 40-45. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.12.40-45.
2. Гудин С. В., Хабибулин Р. Ш. Классификация мероприятий для управления пожарными рисками на территории производственных объектов // Матер. 5-й междунар. науч.-практ. конф. молодых учёных и специалистов "Проблемы техносферной безопасности – 2016". М.: Академия ГПС МЧС России. С. 125-130.
3. Sibbet David. Visual Meetings / How Graphics, Sticky Notes & Idea Mapping Can Transform Group Productivity. М.: Альпина Паблишер, 2013. 280 с.
4. Курников Д. С., Петров С. А. Использование нейронных сетей в экономике // *Juvenis scientia*. 2017. № 6. <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-neyronnyh-setey-v-ekonomike>.
5. Деменко А. Е., Исламутдинов В. Ф. Предпосылки формирования в Российской Федерации социально-экономического прогнозирования на основе аппарата искусственных нейронных сетей // Управление экономическими системами. 2013. № 11 (59). <https://cyberleninka.ru/article/n/predposylki-formirovaniya-v-rossiyskoy-federatsii-sotsialno-ekonomicheskogo-prognozirovaniya-na-osnove-apparata-iskusstvennyh-1>.
6. Соловьева Ю. С., Грекова Т. И. Моделирование экономических процессов с применением нейросетевых технологий // Вестн. Том. гос. ун-та. Управление, вычислительная техника и информатика. 2009. № 1 (6). <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-ekonomicheskikh-protsessov-s-primeneniem-neyrosetevyh-tehnologiy>.
7. Lin D., Vasilakos A. V., Tang Y., Yao Y. Neural networks for computer-aided diagnosis in medicine: A review (2016) // *Neurocomputing*. 2016. Pp. 700-708.
8. Youssef Hbali, Mohammed Sadgal, Abdelaziz El Fazziki. Object detection based on HOG features: Faces and dual-eyes augmented reality // *Computer and Information Technology (WCCIT) 2013. World Congress on*. Pp. 1-4, 2013.
9. Gaur P. Neural networks in data mining // *International Journal of Electronics and Computer Science Engineering*. 2012. Т. 1. № 3. С. 1449-1453.
10. Till Janner, Christoph Schroth, Beat Schmid. Modelling Service Systems for Collaborative Innovation in the Enterprise Software Industry – The St. Gallen Media Reference Model Applied // *Services Computing 2008. SCC '08. IEEE International Conference on*. Vol. 2. Pp. 145-152, 2008.

Материал поступил в редакцию 3 сентября 2018 г.

Для цитирования: Чупакова А. О., Гудин С. В. Проблемы управления пожарной безопасностью производственных объектов с использованием методов искусственного интеллекта // Технологии техносферной безопасности. – Вып. 6 (82). – 2018. – С. 32-39. DOI: 10.25257/TTS.2018.6.82.32-39.

A. O. Chupakova, S. V. Gudín

PROBLEMS OF FIRE SAFETY MANAGEMENT OF PRODUCTION FACILITIES USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS

The analysis of the relationship between the number of fires at production facilities and the material damage caused over four years was carried out and it was found that despite the reduction in the number of fires at production facilities, the material damage does not remain at the same level. The analysis of the main software products in the field of fire risks management, based on the developed methodology for the calculation of fire risks at production facilities was carried out, the advantages and disadvantages of existing software products were identified. A scheme of stages of fire risk calculation and formation of a list of optimal combinations of fire protection measures of the object is drawn up on the basis of the analysis and the main problematic issues related to the calculation of fire risks and fire safety management of production facilities, set out in the form of a structural scheme are identified. To identify the optimal solutions to the problems encountered while calculating the fire risk analyzed technology used in other areas to optimize the work with a large amount of data and analysis and processing of data sets (medicine, Economics, security). It was found that artificial intelligence technologies based on models of artificial neural networks are successfully used for the processing and analysis of a large number of initial data, which allow to exclude a person from routine tasks that require a large concentration of attention, as a result, it was decided to use models of artificial neural networks as an optimization of fire safety management processes for the analysis of alternatives to management decisions and the formation of a list of measures for fire protection of production facilities.

Key words: system of reducing fire risks, production facilities, fire risks, artificial intelligence, neural network.

References

1. Gudín S. V., Khabibulin R. S., Rubtsov D. N. Problems of decision making in the fire risks management at the territories of oil processing facilities using modern software products. *Pozharovzryvbezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2015, vol. 24, no. 12, pp. 40-45 (in Russian). DOI: 10.18322/PVB.2015.24.12.40-45.
2. Gudín S. V., Khabibulin R. S. *Klassifikatsiya meropriyatij dlya upravleniya pozharnymi riskami na territorii proizvodstvennykh ob"ektov* [Classification of measures for fire risk management on the territory of production facilities]. *Mater. 5-j mezhdunar. nauch.-prakt. konf. molodykh uchyonnykh i specialistov "Problemy tekhnosfernoj bezopasnosti – 2016"* [Proceed. of 5th International Scientific and Practical Conference "Problems of technosphere safety – 2016"], Moscow, Academy of State Fire Service of Emercom of Russia Publ., pp. 125-130.
3. Sibbet David. Visual Meetings, How Graphics, Sticky Notes & Idea Mapping Can Transform Group Productivity, Moscow, Alpina Publisher Publ., 2013, 280 p.
4. Kurnikov D. S., Petrov S. A. Ispol'zovanie nejronnykh setej v ehkonomie [The use of neural networks in the economy]. *Juvenis scientia*, 2017, no. 6. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-nejronnykh-setey-v-ekonomike>.
5. Demenko A. E., Islamutdinov V. F. Predposylki formirovaniya v Rossijskoj Federatsii social'no-ehkonomicheskogo progno-zirovaniya na osnove apparata iskusstvennykh nejronnykh setej [Prerequisites for the formation of socio-economic forecasting in the Russian Federation based on the apparatus of artificial neural networks]. *Upravlenie ehkonomicheskimi sistemami / Management of economic systems*, 2013, no. 11 (59). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/predposylki-formirovaniya-v-rossiyskoj-federatsii-sotsialno-ekonomicheskogo-prognozirovaniya-na-osnove-apparata-iskusstvennykh-1>.
6. Solov'eva Yu. S., Grekova T. I. Modelirovanie ehkonomicheskikh processov s primeneniem nejrosetevykh tekhnologij [Modeling of economic processes using neural network technologies]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika / Bulletin of Tomsk state University. Management, computer engineering and Informatics*, 2009, no. 1 (6). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-ekonomicheskikh-protsessov-s-primeneniem-nejrosetevykh-tehnologiy>.
7. Lin D., Vasilakos A. V., Tang Y., Yao Y. Neural networks for computer-aided diagnosis in medicine: A review (2016). *Neurocomputing*, 2016, pp. 700-708.
8. Youssef Hbali, Mohammed Sadgal, Abdelaziz El Fazziki. Object detection based on HOG features: Faces and dual-eyes augmented reality. *Computer and Information Technology (WCCIT) 2013 World Congress on*, pp. 1-4, 2013.
9. Gaur P. Neural networks in data mining. *International Journal of Electronics and Computer Science Engineering*, 2012, vol. 1, no 3, pp. 1449-1453.
10. Till Janner, Christoph Schroth, Beat Schmid. Modelling Service Systems for Collaborative Innovation in the Enterprise Software Industry – The St. Gallen Media Reference Model Applied. *Services Computing 2008. SCC '08. IEEE International Conference on*, vol. 2, pp. 145-152, 2008.

For citation: Chupakova A. O., Gudín S. V. Problems of fire safety management of production facilities using artificial intelligence methods. *Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti / Technology of technosphere safety*, vol. 6 (82), 2018, pp. 32-39 (in Russian). DOI: 10.25257/TTS.2018.6.82.32-39.