АКАДЕМИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ
ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ
МЧС РОССИИ

ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ – 2022

МАТЕРИАЛЫ

XI МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ

19 апреля 2022, Москва



STATE FIRE ACADEMY
OF EMERCOM OF RUSSIA

PROBLEMS OF TECHNOSPHERE SAFETY – 2022

PROCEEDINGS

of the XI INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE OF YOUNG SCIENTISTS AND SPECIALISTS

19 April 2022, Moscow

АКАДЕМИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ
МЧС РОССИИ

«ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ – 2022»

МАТЕРИАЛЫ

XI МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ

19 апреля 2022, Москва

STATE FIRE ACADEMY
OF EMERCOM OF RUSSIA

«PROBLEMS OF TECHNOSPHERE SAFETY – 2022»

PROCEEDINGS

OF THE XI INTERNATIONAL
SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE
OF YOUNG SCIENTISTS AND SPECIALISTS

19 April 2022, Moscow

УДК 614.8 (043)
ББК 68.9
М 34

Материалы XI Международной научно-практической конференции молодых учёных и специалистов «Проблемы техносферной безопасности – 2022». М.: Академия ГПС МЧС России, 2022. 289 с.

ISBN 978-5-9229-0256-4

Материалы XI международной научно-практической конференции молодых учёных и специалистов «Проблемы техносферной безопасности – 2022» адресованы молодым учёным и специалистам из вузов, научных институтов, государственных учреждений и промышленности.

Целью конференции является создание площадки для формирования творческих связей и обмена опытом между молодыми учёными и специалистами, обсуждение вопросов развития научных исследований и внедрения инновационных разработок в области техносферной безопасности.

Издано в авторской редакции

УДК 614.8 (043)
ББК 68.9

ISBN 978-5-9229-0256-4

© Академия Государственной
противопожарной службы, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1
ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Khuat Quang Son, Nguyen Tuan Anh (Vietnam). Chemicals for extinguishing fire at solar panel manufacturing facilities 7

Энхжаргал Энхбаяр (Монголия). Пожарная безопасность высотных зданий в Монголии 11

Фам Куок Хынг, Соколов С.В. (Вьетнам, Россия). Особенности функционирования противопожарной службы Вьетнама 17

Ле Вьет Хай, Рубцов В.В., Чан Ван Хан (Вьетнам, Россия). Пожаровзрывоопасность резервуара с плавающей крышей на нефтехранилищах Вьетнама 22

Буй Куанг Тиен, Швырков С.А. (Вьетнам, Россия). Влияние наклонного волноотражающего козырька на высоту защитной стенки резервуара типа "стакан в стакане" 29

Чыонг Ван Хынг, Присяжнюк Н.Л. (Вьетнам, Россия). Анализ состояния пожарной обстановки и рекомендации по снижению пожарных рисков в социалистической республике Вьетнам 35

Халиков Р.В., Роенко В.В., Ищенко А.Д., Кустышев И.Н. Исследование эффективности объёмного пожаротушения температурно-активированной водой с ингибирующими свойствами 41

Габдуллин В.Б., Ищенко А.Д. Устройство обеспечения непрерывной работы пожарных в непригодной для дыхания среде 46

Крючков Г.И., Голованов В.И., Комиссаров А.А., Тен Д.В. Исследование прочностных характеристик основных марок строительных сталей при повышенных температурах 51

Михиенкова А.А., Козырев В.Н., Ртищев С.М., Илеменов М.В., Минайлов Д.А., Ермолаев А.И. Рукавные катушки с полужёсткими напорными пожарными рукавами для противопожарной защиты зданий и сооружений 55

Михиенкова А.А., Козырев В.Н., Ртищев С.М., Илеменов М.В., Минайлов Д.А., Ермолаев А.И. Особенности технического обслуживания и ремонта пожарных рукавов высокопроизводительных насосно-рукавных комплексов 61

Мельдер Е.В., Сивенков А.Б. Эффективность комбинации вспучивающихся огнезащитных покрытий для стальных конструкций 68

Федотов И.О., Сивенков А.Б. Влияние коксообразующих антипиренов на интенсивность обугливания и температурный прогрев деревянных конструкций 74

Калиев О.С., Федоров А.В. Совершенствование систем аспирации для технологических операций с обращением горючей пыли 80

Петрилин Д.А., Реформатская И.И. Пожарная безопасность вертикальных стальных резервуарах с сернистой нефтью 86

Солоненко А.М., Колбасин А.А., Иощенко Д.А. Концепция испытательного стенда для автоматических установок пожаротушения электрооборудования под напряжением 91

Щербаков Н.А., Двоенко О.В. Анализ эффективности автоматических установок и модулей при тушении пожаров на складах 95

Федяев В.Д., Стругов А.О. Современные технологии тушения пожаров на объектах энергетики 100

Сорокоумов В.П., Стрельцов А.А. Критерии оценки готовности мобильных средств пожаротушения для штатно-табельного предназначения 106

Сорокоумов В.П., Хасыков Д.А. Надёжность эксплуатации мобильных средств пожаротушения при чрезвычайных ситуациях 110

Свиридова Н.В., Никитин Н.М., Овчинников А.О. Регулирование требований пожарной безопасности объектов культурного наследия 114

Шаров И.Н., Барбосов А.Н. Проблемы учёта критериев технических средств противопожарной защиты при расчёте пожарного риска 119

Ефимов А.А. Влияние действий сотрудников службы безопасности на процесс эвакуации 123

Иванов А.А. Проблемы управления величиной риска во время и после эвакуации 128

Елтышев И.П. Перспективный негорючий смесевой хладагент на основе R-1243 с $C_6F_{12}O$ для применения в энергетике 132

Данилов Р.А. Коррозия как фактор снижения огнестойкости железобетонных конструкций 137

Тангиев М.М. Пожаровзрывобезопасность огневых работ на нефтяных резервуарах 142

Бурлаченко К.Г. Применение метода анализа иерархий для проведения профилактики пожаров 147
Сизов Е.Ю. Критерии оценки готовности мобильных средств пожаротушения по обеспечению горюче-смазочными материалами 151
Бобровников Р.А. Обеспечение безопасности людей на пожаре 155
Гензе Н.Д. Актуальные проблемы пожарной безопасности и пути их решения 161

СЕКЦИЯ 2
ПРОБЛЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ, БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Энхтувшин Байгалмаа (Монголия). Анализ чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Монголии за период 2015-2020 годов 165
Энхтайван Уганбаяр (Монголия). Оценка и анализ статистики пожаров в жилых зданиях и сооружениях (юртах) Монголии 173
Чыонг Ван Хынг, Ле Вьет Ву (Вьетнам). Анализ состояния системы подготовки специалистов в образовательных учреждениях пожарно-технического профиля во Вьетнаме 179
Ву Куанг Тханг (Вьетнам). Применение права в работе по обеспечению пожарной безопасности промышленных кластеров во Вьетнаме сегодня 184
Фам Куок Хынг, Соколов С.В. (Вьетнам, Россия). Анализ потоков вызовов подразделений противопожарной службы Вьетнама 188
Цокурова И.Г., Аникин С.Н., Данилов М.М., Денисов А.Н. Критерий многозадачности управления силами при тушении подвижного железнодорожного состава на металлургических предприятиях 194
Копылов П.С., Копылов С.Н., Бегишев И.Р. Влияние перехода к водородной энергетике на разрушение озонового слоя земли 199
Таныгина А.А., Присяжнюк Н.Л., Халиков Р.В. Оценка экономической эффективности применения инноваций в системе обеспечения пожарной безопасности газокомпрессорных станций 204
Михайлов К.А., Степанов Е.В., Тараканов Д.В. Разработка критерия эффективности пожарно-спасательных подразделений при мониторинге пожара в зданиях 208
Рябцев Н.А., Буцынская Т.А., Членов А.Н. Влияние технических средств обнаружения на уровень автоматизации системы тревожной сигнализации 213

Шихалев Д.В. Оценка состояния пожарной безопасности объекта на основе мониторинга уровня безопасности людей 217
Шихалев Д.В. Результаты опроса руководителя объекта в области управления системой обеспечения пожарной безопасности объекта 222
Будаковская Ю.А., Аристархов В.А., Сарафанова М.Ю. Актуальные проблемы распоряжения высвобождающимися образцами техники МЧС России 227
Фещенко А.Н., Макаров С.А., Третьяков А.В., Григорьевская И.И., Битуев Р.Б. Исследование изолирующего действия противопожарной пены на поверхности криогенной жидкости 232
Фещенко А.Н., Макаров С.А., Дегтярев С.В., Битуев Р.Б. Определение минимальной кратности пены при подслойном пожаротушении топлив с различным содержанием спирта 238
Тимохин В.В., Грохотов М.А., Комарова Е.А. Причины и определяющие факторы формирования взрывных нагрузок при внутренних аварийных взрывах 242
Ничепорчук В.В., Гилёк С.А. К вопросу о прогнозировании чрезвычайных ситуаций 248
Сафронов Н.А., Смирнов А.В. Исследование причин ложных срабатываний дымовых пожарных извещателей 254
Апарин А.А. Информационно-аналитическое обеспечение видеомониторинга при оперативном реагировании на пожар на основе данных со стационарных систем 258
Степанов Е.В. Об оценке сложности зданий для действий пожарных в непригодной для дыхания среде 263
Кадиев Ш.К. Анализ проведённого опроса среди сотрудников центра управления в кризисных ситуациях МЧС России в виде анкетирования 267
Аникин С.Н. Особенности применения нейросетей при тушении подвижных железнодорожных составов 271
Николаенко Е.В. Психоинформационный подход при отборе кандидатов на обучение в образовательные организации системы МЧС России 277
Костенко О.Н. Некоторые особенности кадровой работы в системе МЧС России 283

Информация о конференции "Проблемы техносферной безопасности – 2023" 287
Авторский указатель 287

СЕКЦИЯ 1

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

***Khuat Quang Son, Nguyen Tuan Anh* (*Vietnam*)**
(Fire Safety Institute of the Ministry of Public Security of Vietnam;
e-mail: khuatson168@gmail.com)

CHEMICALS FOR EXTINGUISHING FIRE AT SOLAR PANEL MANUFACTURING FACILITIES

An analysis of the risk of fire and explosion of chemicals at enterprises for the production of solar panels was carried out. The main chemicals used in the production process are considered. The risk of chemical incidents here is very diverse and there are many potential risks, especially fire and explosion. The fire extinguishing mechanism is analyzed and the procedure for using chemicals to extinguish a fire is determined.

Keywords: incident, chemical, danger, solar panel, fire extinguishing.

Хуат Куанг Шон Нгуен Туан Ань

ХИМИКАТЫ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПО ПРОИЗВОДСТВУ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ

Проведён анализ риска возгорания и взрыва химических веществ на предприятиях по производству солнечных панелей. Рассмотрены основные химические вещества, используемые в процессе производства. Риск химических инцидентов здесь очень разнообразен и существует много потенциальных рисков, особенно пожара и взрыва. Проанализирован механизм пожаротушения и определён порядок использования химических веществ для тушения пожара.

Ключевые слова: инцидент, химическое вещество, опасность, солнечная батарея, пожаротушение.

1. *The role of some chemicals in the solar panel manufacturing process*

Solar energy is a clean form of energy, today it is widely used in many countries around the world. The most important device in the system is the solar panel. The chemicals in the solar panel manufacturing process have the following roles:

To obtain pure silicon, people often use silicon dioxide (SiO_2) and silane (SiH4), now silane is more commonly used because the process of preparing silicon from silicon dioxide requires the use of carbon to reduce, this process obtains silicon that is less pure than the production of silicon from silane.

To create porosity and increase electron activity, phosphorus (P_4) and boron (B) are mixed with silicon wafer

For thin film deposition, Al_2O_3 dielectric is usually made from trimethyl aluminum (TMA, $Al(CH_3)_3$).

To create an anisotropic alkaline texture for the pyramidal monocrystalline silicon layers on the wafer surface, a chemical mixture is used: potassium hydroxide (KOH), isopropanol (IPA, $(CH_3)_2CHOH$).

To create texture to isotropic polycrystalline silicon wafers, a mixture of fluorinated hydrogen acid (HF), nitric acid (HNO_3) is often used.

The bezel, inner panels, protective, covering and binding materials are typically made of poly ethylene-vinyl acetate (PEVA), butylryl-based resin.

The optoelectronic junction is a material made of metals such as Palladium, Silver, Nickel and Copper.

The most common anti-reflective coating is made from silicon nitride (Si_3N_4), titanium dioxide (TiO_2), because silicon is able to reflect up to 35 % of light.

To gather sealed cells together on the back panel of a solar panel. The support structure is usually made of Mylar or Tedlar. Tedlar is a polyvinyl fluoride (PVF) polymer and mylar is an abbreviation for biaxially oriented polyester polyethylene terephthalate (PET) material [3].

2. *Fire and explosion hazards of chemicals in solar panel manufacturing facilities*

Each stage in the processes of raw material preparation, inventory, manufacturing, packaging, storage of finished products, and transportation can cause chemical problems. In which, the danger of fire and explosion can be noted in the presence of chemicals SiH_4, $Al_2(CH_3)_6$), P_4 and $(CH_3)_2CHOH$ (see table 1) [5].

Table 1

Some dangerous properties of fire, explosion and toxicity of chemicals

Properties	Silane	TMA	Phosphorus	IPA
UN code	2203	3051	2447	1219
Danger of fire (NFPA 704)	4	4	4	3
Health effect (NFPA 704)	1	3	4	1
Chemical instability (NFPA 704)	1	3	2	0
Special warning (NFPA 704)		W		
GHS				
Ignition point (°*C*)	Pyrophoric	Pyrophoric	31	399
Flash Point (°*C*)	–112	–17	NI	11,7-18,3
Ignition concentration (%)	2-98	NI	NI	2-13,7
Standard Elthapy ($kJ.mol^{-1}$)	34,3	–136,4	0	–318,7
Thermal capacity C_p ($J.mol^{-1}.K^{-1}$)	42,8	155,6	23,2	155,2

Pyrophoric: Substances with ignition point < 54 °*C*; NI: No information

Chemical reactions on fire:

$$SiH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow SiO_{2(s)} + 2H_2O_{(g)}; \quad (1)$$

$$2Al(CH_3)_{3(\ell)} + 12O_{2(g)} \rightarrow Al_2O_{3(s)} + 6CO_{2(g)} + 9H_2O_{(g)}; \quad (2)$$

$$P_{4(s)} + 5O_{2(g)} \rightarrow P_4O_{10(g)}; \quad (3)$$

$$C_3H_8O_{(\ell)} + 2O_{2(g)} \rightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(g)}. \quad (4)$$

Substances SiH_4, TMA and P_4 are very flammable substances in the air; The ignition concentration of SiH_4 is only from 2 % by volume. In particular, TMA reacts violently with water at normal temperature, forming CH_4 which causes fire according to the following reactions [2,4]:

$$2Al(CH_3)_{3(\ell)} + 3H_2O_{(g)} \rightarrow 6CH_{4(g)} + Al_2O_{3(s)}; \quad (5)$$

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}; \quad (6)$$

SiH_4 reacts with hot water:

$$SiH_{4(g)} + 2H_2O_{(g)} \rightarrow SiO_{2(s)} + 4H_{2(g)}. \quad (7)$$

When a fire occurs, the fire will grow complex. In terms of thermodynamics, it is shown from table 2 that: The above reactions all give off a large amount of heat, stimulating the combustion of the surrounding combustible substances and the remaining combustibles themselves, and at the same time, the heat radiation causes the fire to spread. Particularly SiH_4 in the vapor state, it can spontaneously ignite and explode in the air.

When the temperature of a fire increases (> 600 °*C*), the following reaction will result:

$$SiH_{4(g)} \rightarrow Si_{(r)} + 2H_{2(g)}; \quad (8)$$

$$Si_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow SiO_{2(g)}. \quad (9)$$

H_2 gas is flammable according to the reaction:

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)}. \quad (10)$$

The reactions from (1) to (10) are all exothermic reactions, showing that when a fire has the presence of SiH_4 or $Al(CH_3)$, it will give off strong thermal radiation and cause the fire to spread easily, because in the fire environment there is water vapor from combustible substances of organic origin [1].

In areas with TiO_2, if the fire has the presence of water, water will catalyze with TiO_2 to cause decomposition:

$$H_2O_{(g)} \rightarrow 2H_{2(g)} + O_{2(g)}. \quad (11)$$

When the (11) reaction occurs, it will release H_2 and O_2, making the fire worse.

In the manufacturing process, additives such as bytyryl, PEVA, PET, PVF are also substances with a fire hazard. Therefore, at solar panel manufacturing facilities, the risk of fire and explosion is very diverse, due to the presence of pyrophoric substances.

Table 2

Thermodynamic parameters of chemical reactions

Reaction	$\Delta H^{o}_{re,298}(kJ)$	Reaction	$\Delta H^{o}_{re,298}(kJ)$
(1)	– 1428,82	(6)	– 802,3
(2)	– 6070,92	(7)	– 461,5
(3)	– 2984,0	(8)	– 34,3
(4)	– 1829,15	(9)	– 910,86
(5)	– 1120,72	(10)	– 483,66

3. *Chemicals for extinguishing fire*

For common combustible substances such as bytyryl, PEVA, PET, PVF, chemicals can be used initially as powders $(NH_4)_3PO_4$ (ABC); $NaHCO_3$ (BC), CO_2, foam, water are not recommended.

For P_4 chemicals, we can use ABC, BC, CO_2, foam and even water to extinguish the fire, however, it is not recommended to spray water directly at the chemical storage location, to avoid chemical release. It is recommended to use the irrigation technique combined with indirect spraying on the ceiling of the burning warehouse.

For TMA fires: it is necessary to move unburnt parts and potentially combustible substances around the fire to a safe area to isolate the fire, absolutely do not use fire extinguishing chemicals containing water, fire extinguishing chemicals such as CO_2, BC or ABC also do not have much effect. Although in principle CO_2 can have an extinguishing effect, but due to the high temperature of the fire, the formation of hot soot will occur, so CO_2 will not be effective in this case. The recommended chemical for extinguishing TMA fires must be powder D, NaCl or an inert gas such as Ar, Ne, and He. However, we recommend an additional fire extinguishing method that is to use cement as a fire extinguishing chemical in this case, because it does not contain water and is based on metal oxides, has the ability to form a coating, which has the effect of isolating TMA from O_2.

For silane fires: sand, anhydrous NaCl or highpressure CO_2 should be used to extinguish the fire. When a fire breaks out, if possible, move silane-containing steel cylinders out of the danger area, then spray water around and try to cool them down to avoid an explosion. If a gas leak is detected, the air valves should be closed promptly. After the fire is completely extinguished, it is necessary to carefully inspect the air valves, ensure that there is no gas leakage, avoiding the case of gas leakage causing re-ignition. Water and water-based chemicals are not permitted for silane fires.

People participating in fire fighting and rescue need to use oxygen masks and heat-resistant clothing to protect their bodies from heat radiation, poisoning and dust exposure. Both P_4, TMA and SiH_4 are toxic substances.

References

1. Chen J.R., Tsai H.Y., Chen S.K., Pan H.R., Hu S.C., Shen C.C., Kuan C.M., Lee Y.C., Wu C. C. Analysis of a silane explosion in a photovoltaic fabrication plant. *Process Safety Progress* 2006; 25 (3): 237-244. https://doi.org/10.1002/prs.10136

2. Krause Michael J., Orlandi Frank, Saurage Alfred T., Zietz Joseph R. *Aluminum Compounds, Organic*. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Weinheim: Wiley-VCH. 2000. https://doi.org/10.1002/14356007.a01_543

3. K. Birmann, M. Zimmer, J. Rentsch, *Fast alkaline etching of monocrystalline wafers in KOH/CHX*, Proc. of the 23rd European Photovoltaic Solar Energy Conf. and Exhibition, 2008, Valencia, Spain.

4. Krause, Michael J.; Orlandi, Frank; Saurage, Alfred T.; Zietz, Joseph R, *Aluminum Compounds, Organic*. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Weinheim: Wiley-VCH, 2000, https://doi.org/10.1002/14356007.a01_543.

5. U.S. Department of Transportation, Transport Canada, and Secretariat of Communications and Transport of Mexico, with collaboration from Argentina's Centro de Información Química para Emergencias. 2020 *Emergency Response Guidebook*. https://www.phmsa.dot.gov/hazmat/

Энхжаргал Энхбаяр (Монголия)

(Университет внутренних дел Монголии; e-mail: enkhbayarenkhbayar315@gmail.com)

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ В МОНГОЛИИ

Рассматривается поиск решений, способных обеспечить безопасность человека при возникновении пожара в помещении высотного здания и способов их оценки в рамках разработки рекомендаций по обеспечению пожарной безопасности высотных комплексов Монголии.

Ключевые слова: пожарная безопасность, высотное здание, лестничная клетка, эвакуация, Монголия.

***Enkhzhargal Enkhbayar* (*Mongolia*)**

FIRE SAFETY IN HIGH-RISE BUILDINGS IN MONGOLIA

The article discusses the search for solutions that can ensure human safety in the event of a fire in a high-rise building and ways to evaluate them as part of the development of recommendations for ensuring the fire safety of high-rise complexes in Mongolia.

Keywords: fire safety, high-rise building, stairwell, evacuation, Mongolia.

Потребности в строительстве высотных зданий на территориях крупных городов Монголии объясняются неуклонным ростом экономических показателей страны, сопровождающихся концентрацией промышленного производства и развитием сложных систем управления, для которых необходим новый формат крупного делового здания. Именно этот фактор явился движущей силой в 1870-1920 гг. (период расцвета американского капитализма) для появления первых офисных зданий в административных центрах американских городов. Для Монголии, помимо этого, строительство многоэтажных зданий в городах вместо национальных юрт, отапливаемых углём или дровами, способствует сохранению их экологической безопасности.

Высотные здания на современном этапе стали многофункциональными. Если необходимость строительства высотных зданий определяется укрупнением управленческих структур современных предприятий, то их многофункциональность – коммерческой целесообразностью.

Для анализа проектных решений выбран высотный комплекс Улаанбаатара, имеющий следующие характеристики:

- высота более 75 *м*;
- этажность надземной части здания – 25 этажей (включён верхний технический этаж);
- этажность подземной части здания – 2 этажа (на минус первом этаже размещена встроенная автостоянка);
- площадь этажа – до 750 *м*^{2};
- класс конструктивной пожарной опасности – многофункциональное с группами помещений Ф1.3, Ф1.2, Ф3.2, Ф4.3, Ф5.2;
- степень огнестойкости – I с повышенными пределами огнестойкости несущих конструкций зданий до REI 150;
- класс конструктивной пожарной опасности – С0;
- категория пожарного отсека встроенной автостоянки по пожарной опасности – В (категория помещения автостоянки В2).

Генеральный план (рис. 1).

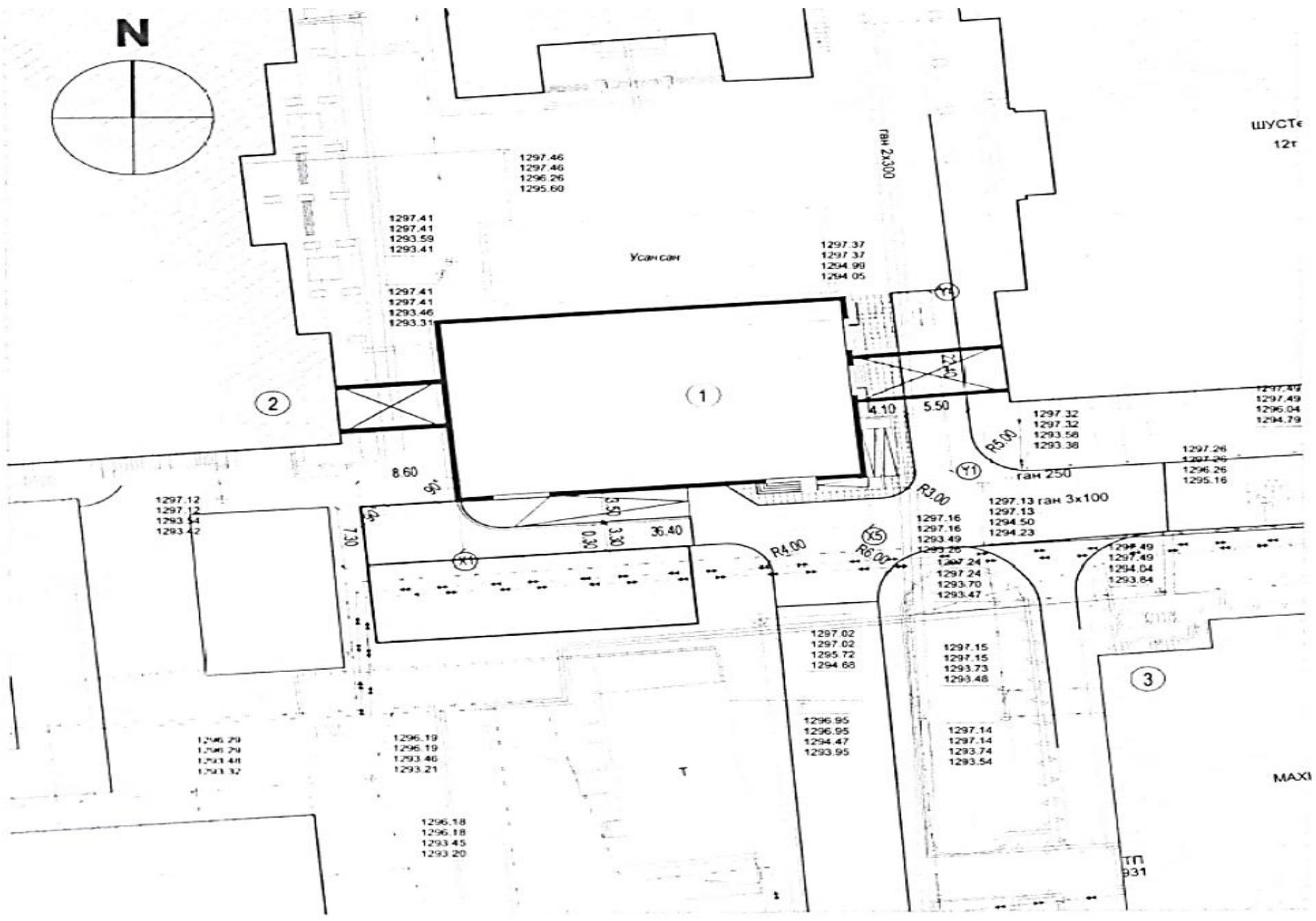


Рис. 1. Генеральный план высотного здания

На генеральном плане видны нарушения требований пожарной безопасности, заключающиеся в:

- ширине дорог для проезда пожарной техники 3,3 *м* и 5,5 *м*, при которой невозможна установка необходимой для спасения людей и тушения пожара пожарной техники [1-3].

- отсутствие кругового проезда, обеспечивающего доступ пожарных подразделений в любое помещение каждого этажа [1-3].

Объёмно-планировочные решения

Автостоянка (рис. 2).

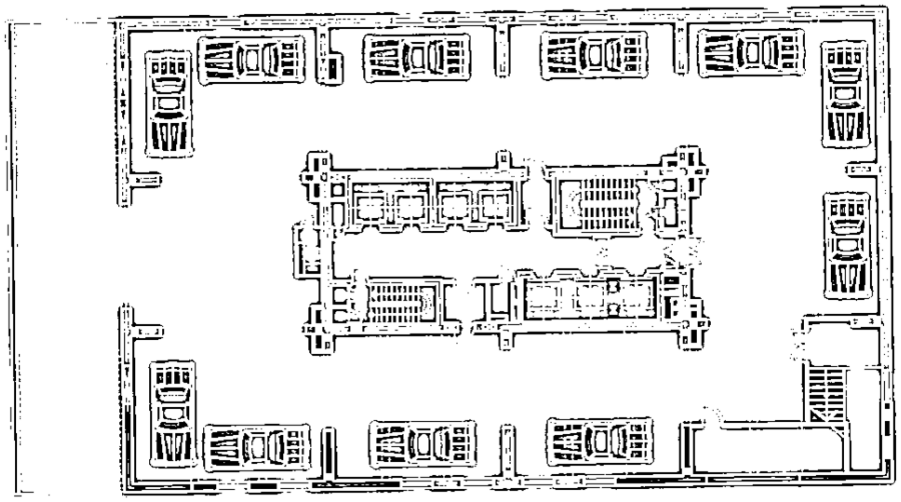


Рис. 2. Схема этажа встроенной подземной автостоянки

На представленном планировочном решении (рис. 2), определены следующие нарушения требований пожарной безопасности:

- не предусмотрена система удаления продуктов горения (дымоудаление с естественным побуждением через открывающиеся окна в наружных стенах) [4];

- насосная станция пожаротушения имеет выход в помещение автостоянки, а не наружу [5];

- если не считать эвакуационными выходы в лестничные клетки наземной части здания, протяжённость пути движения человека от наиболее удалённого машиноместа до выхода наружу через рампу составляет 45 *м*, что в два с лишним раза превышает допустимое значение;

- лифтовые шахты, сообщающие автостоянку со всеми наземными этажами здания не обеспечены двойным шлюзованием [4];

- на рампе не выделены тротуары шириной не менее 0,8 *м* для обеспечения эвакуации;

- проем рампы защищен подъёмно-опускными воротами, а значит в них отсутствует распашная калитка, которая могла бы являться эвакуационным выходом;

- лестничная клетка, размещённая в нижнем правом углу плана, является вторым эвакуационным выходом для технического этажа на минус втором этаже здания, поскольку эвакуация через помещение автостоянки допускается только для помещений её обслуживающих, а лестничные клетки высотной части здания не могут быть общими для подземной и надземной частей можем сделать вывод о том, что нижний технический этаж вовсе не имеет эвакуационных выходов.

Помещения общественного назначения на 1, 2 этажах (рис. 3.)

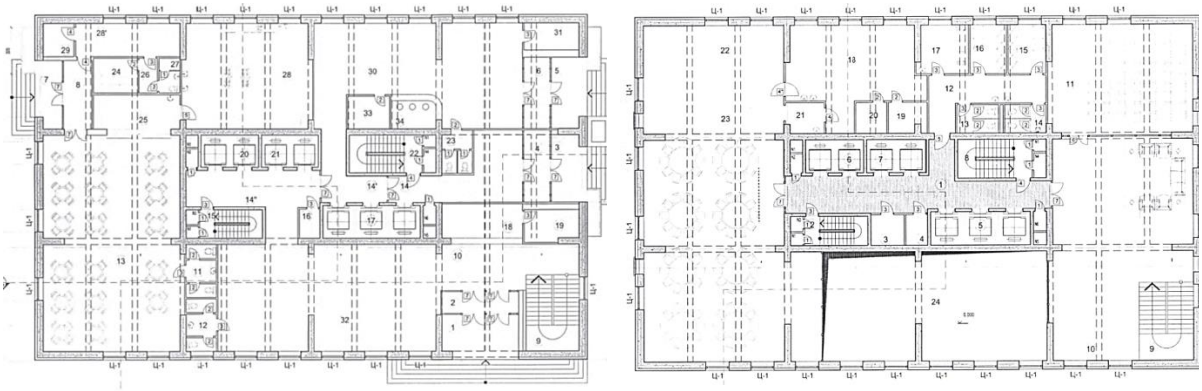


Рис. 3. Схемы 1 и 2 этажей здания с помещениями общественного назначения

В этом случае, наблюдаются следующие нарушения требований пожарной безопасности:

- ни одна лестничная клетка (ЛК) не обеспечена выходом наружу несмотря на то, что обе ЛК имеют выход на первом этаже в общий объём лифтового холла;

- в некоторых случаях отсутствует защита проёмов в лифтовом холле;

- направление открывания дверей не учитывает направления пути эвакуации людей – к лестничной клетке и по лестничной клетке вниз на первый этаж;

- очевидно отсутствие лифта для перевозки пожарных подразделений, который должен обеспечиваться отдельным тамбуром и иметь грузоподъёмность 1000 *кг*.

Жилые этажи (рис. 4)

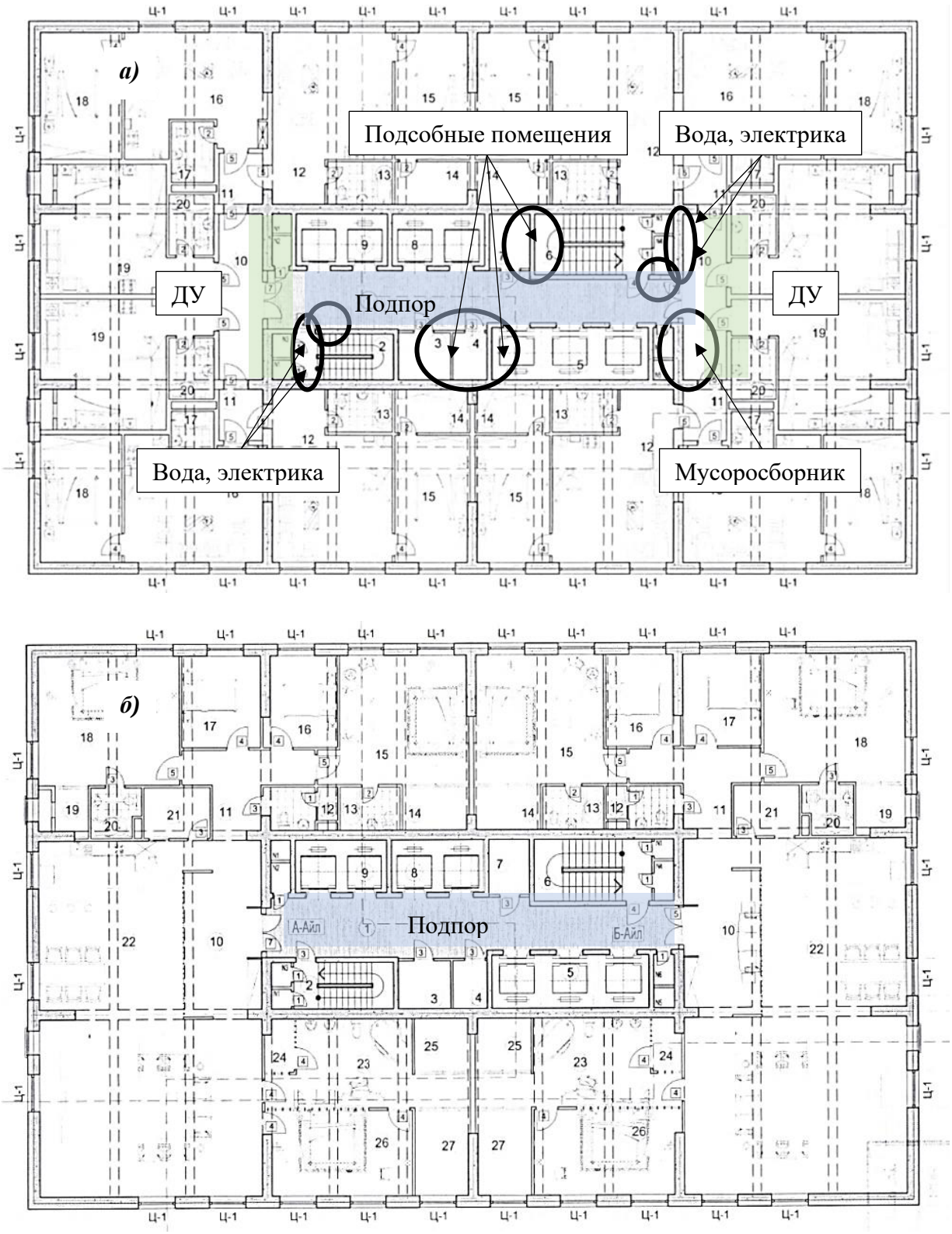


Рис. 4. Схемы планов:
а) – 21-24 этажей; *б*) – 18-20 этажей

Не прослеживается единство планировочного решения. Даже если предположить, что центральное ядро с лестничными клетками защищено системами противодымной вентиляции и обеспечено системой подачи воздуха при пожаре, непонятно почему на 21-24 этажах при выходе из ячеек организован коридор с дымоудалением, а на 18-20 этажах ячейки выходят сразу в безопасную зону.

Нет ответа на вопросы – что за ниши устроены в объёмах лестничных клеток и почему двери в лестничные клетки открываются не по ходу движения людского потока, какие помещения размещены в безопасной зоне кроме лестничных клеток и лифтовых шахт. Ни одна ячейка здания независимо от назначения не обеспечена аварийным выходом.

Заключение

Статья посвящена анализу параметров пожарной нагрузки в многофункциональных зданиях и планировочных решений одного из высотных зданий Монголии.

Подчёркнута особенность системы нормирования как в России, так и в Монголии – здание сначала строится и только потом следует разработка нормативного документа.

Разработаны концептуальные положения противопожарной защиты высотного здания.

Анализ планировочных решений показал слабые моменты, нуждающиеся в устранении.

Литература

1. СП 4.13130.2013. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объёмно-планировочным и конструктивным решениям: свод правил (утв. Приказом МЧС России от 24.04.2013 № 288) // Гарант: информ.-правовое обеспечение. Электрон. Дан. М., 2017.

2. СП 267.1325800.2016. Здания и комплексы высотные. Правила проектирования. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации Техэксперт. http://docs.cntd.ru/document/456044284

3. СП 118.13330.2012*. Общественные здания и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 31-06-2009 (с Изменениями № 1, 2). Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации Техэксперт. http://docs.cntd.ru/document/1200092705

4. СП 7.13130.2013. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Противопожарные требования: свод правил (утв. Приказом МЧС России от 25.03.2013 № 177) // Гарант: информ.-правовое обеспечение. Электрон. Дан. М., 2017.

5. СП 5.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования (с Изменением № 1): свод правил // Гарант: информ.-правовое обеспечение. Электрон. дан. М., 2017.

Фам Куок Хынг, С.В. Соколов (Вьетнам, Россия)
(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: phamquochung133@gmail.com)

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ ВЬЕТНАМА

Рассматриваются некоторые особенности системы обеспечения пожарной безопасности в народном хозяйстве Вьетнама. Сформулированы основные проблемы в деятельности подразделений противопожарной службы, обоснована необходимость применения современных технологий моделирования при пожаротушении и проведении аварийно-спасательных работ в населённых пунктах Вьетнама.

Ключевые слова: пожарная безопасность, пожарная опасность, имитационные модели, населённый пункт, Вьетнам.

***Fam Kuok Khyng, S.V. Sokolov* (*Vietnam*)**

FEATURES OF FUNCTIONING OF THE FIRE FIGHTING SERVICE OF VIETNAM

The article discusses some features of the fire safety system in the national economy of Vietnam. The main problems in the activities of the departments of the teaching staff are formulated, the need for the use of modern modeling technologies in fire fighting and emergency rescue operations in the settlements of Vietnam is substantiated.

Keywords: fire safety, fire danger, simulation models, populated locality, Vietnam.

Пожарная опасность – возможность возникновения и (или) развития пожара. Под пожарной опасностью, в широком смысле, понимают возможность возникновения и развития пожаров, приносящих вред отдельным личностям, имуществу, обществу и государству.

Количественная характеристика возможности реализации пожарной опасности представляет собой пожарный риск.

Пожарная безопасность – это состояние, при котором все пожарные риски имеют минимальные значения.

Одной из наиболее важных задач, стоящих перед администрацией и руководством противопожарной службы (ППС) любого населённого пункта, является обеспечение пожарной безопасности. Для решения этой задачи государством создана специальная система обеспечения пожарной безопасности (СОПБ), то есть совокупность сил и средств, а также мер правового, организационного, экономического, социального и научно-технического характера, направленных на борьбу с пожарами [1].

Система обеспечения пожарной безопасности – это совокупность сил и средств, а также мер правового, организационного, экономического, социального и научно-технического характера, направленных на профилактику пожаров, их тушение и проведение аварийно-спасательных работ.

Одной из подсистем СОПБ является система противопожарной защиты (СПЗ). Система противопожарной защиты – комплекс организационных мероприятий и технических средств, направленных на защиту людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и (или) ограничение последствий воздействия опасных факторов пожара на объект защиты. Одним из способов защиты людей и имущества. от воздействия опасных факторов пожара является организация деятельности подразделений пожарной охраны.

Таким образом, важнейшей составляющей СПЗ является гарнизон пожарной охраны, который представляет собой совокупность расположенных на определенной территории органов управления, подразделений и организаций независимо от их ведомственной принадлежности и форм собственности, к функциям которых отнесены профилактика и тушение пожаров, а также проведение аварийно-спасательных работ [2]. Поэтому от того, как будет организована ППС в том или ином населённом пункте напрямую будет зависеть жизнь и благополучие его жителей

Пожарная опасность обусловлена большим числом различных причин, вызванных воздействием следующих факторов: природных, социальных, техногенных. Мировая пожарная статистика показывает, что природные факторы вызывают примерно 5 % пожаров, социальные – 65 %, техногенные – 30 % всех пожаров в мире. Анализ социальных факторов показывает, что 35 % всех пожаров возникают в зданиях (чаще всего в жилых домах, в которых погибает 80 % всех жертв пожаров).

В значительной степени на уровень пожарной опасности в большинстве стран влияет показатель энергопотребления на душу населения. Результаты статистических исследований показывают, что чем ниже уровень энерго потребления, тем ниже пожарный риск R_1 (число пожаров на 1000 чел в год). Например, в 1994 году в США уровень энергопотребления был 7819 *кг* нефтяного эквивалента на душу населения, в России – 4014, в Японии – 3856, во Вьетнаме – 101 *кг* на душу населения. Соответственно пожарный риск R по данном CTIF в 2011 году составлял: в США – 4,5; в России – 1,2; в Японии – 0,4; во Вьетнаме – 0,02 [3].

Одним из важных факторов пожарной опасности является горючая биомасса, которая способна воспламеняться и гореть. К ней относят тропические и субтропические леса.

Территория Вьетнама на 39,7 % покрыта лесами и каждый лесной пожар приносит большой ущерб народному хозяйству страны. Примерно 80 % лесных пожаров происходит по вине человека (неосторожное обращение с огнём, сжигание порубочных остатков, поджоги) и только 5-7 % из-за природных факторов. Пожары в лесах в значительной мере зависят от сезонности. Сезон дождей способствует снижению числа пожаров в лесах, а сухой сезон – их увеличению.

Исследования профессора Исаевой Л.К. показали, что лесные пожары приводят к следующим последствиям:

1. Лесные пожары являются мощным источником загрязнения атмосферы.

2. В результате пожаров деревья высыхают и леса гибнут.

3. Гибель лесов приводит к региональным и климатическим изменениям.

4. В результате уничтожения от пожаров растительности изменяется кислородный баланс в атмосфере.

5. Диоксид углерода, выделяющийся при лесных пожарах, приводит к глобальным изменениям климата.

6. Лесные пожары способствуют разрушению почвенного покрова, который подвергается дождевой и ветровой эрозии.

7. В горной местности лесные пожары способствуют повышению опасностей оползней и обвалов.

8. Уничтожение лесов в результате пожаров изменяет водный режим рек и озёр, что приводит к их пересыханиям в сухом сезоне и к наводнениям в сезоне дождей.

9. Многие продукты горения при лесных пожарах токсичны и поэтому приводят к отравлению людей и животных.

10. Крупные лесные пожары создают угрозу, а иногда и уничтожают населённые пункты и объекты экономики и инфраструктуры.

Все эти последствия лесных пожаров характерны и для Вьетнама. Влияние на экологию планеты "техногенных" пожаров можно изучать по видам хозяйственной деятельности: энергетика, транспорт, добыча горючих полезных ископаемых, отрасли промышленности, складирование отходов, сельское хозяйство и т.д.

Пожары в жилых помещениях являются наиболее распространёнными. Они составляют до 80 % от числа всех пожаров. От этих пожаров в мире погибают десятки тысяч людей. Из них до 70 % гибнут от отравления продуктами горения. Во Вьетнаме в жилых домах число жертв составляет более половины числа погибших на пожарах.

Современные представления о том, как должна быть организована ППС в населённых пунктах, основываются на следующих положениях: она должна быть организована таким образом, чтобы в любой момент времени на любое возникшее в городе деструктивное событие (ДС) немедленно отреагировать набором сил и средств, адекватным характеру возникшего события.

При этом должны выполняться два основных ограничения:

- прибытие сил и средств данной службы к месту вызова должно укладываться в допустимые временные интервалы, обусловленные, прежде всего, физико-химическими закономерностями развития пожара;

- общее количество сил и средств ППС в населённом пункте должно быть экономически оправданным, то есть соответствовать приемлемому уровню риска, заданному для ДС каждого типа.

Для выполнения указанных условий, в каждом населённом пункте должны быть обоснованы объём работы, подлежащих выполнению силами и средствами подразделений ППС, а также затраты на его выполнение (требуемые технические, людские и временные ресурсы) [4].

Такую работу невозможно провести без соответствующего научного инструментария. Поэтому с начала 60-х годов прошлого столетия была начата работа по разработке математических моделей и расчётных методов, в результате чего был разработан целый ряд математических моделей для исследования различных аспектов оперативной деятельности пожарной охраны. Также были созданы и первые имитационные модели, однако до конца прошлого века они не имели широкого применения И только с появлением имитационных систем на базе современных персональных компьютеров удалось значительно расширить их использование для целей ППС городов [5].

Такой имитационной системой является система КОСМАС (от сокращения Компьютерная Система Моделирования Аварийных Служб), первые современные версии которой были созданы российскими специалистами в середине 90-х годов прошлого века. За последние 15 лет эта система была адаптирована и внедрена в более чем 35 городах и территориях по всему миру.

В России опыт использования этой системы пожарной охраной связан в первую очередь с крупнейшими городами и территориями (например – субъектами РФ). С помощью КОСМАС были определены долгосрочные планы по развитию ППС в Москве (до 2020 г.) и в Санкт-Петербурге (до 2025 г.). Однако напряженная ситуация с пожарами в небольших городских и сельских поселениях указывает на необходимость принятия управленческих решений для улучшения работы ППС именно в указанных категориях населённых пунктов. Для решения этой проблемы наиболее целесообразно провести исследование по всей стране в целом.

С точки зрения математического моделирования, особенностями исследуемой территории, влияющими на процесс моделирования ППС Вьетнама, являются:

- существующие населённые пункты Вьетнама имеют разную численность сил и средств ППС и обстановку с различными видами ДС (пожары, ДТП, аварии и др.);

- постоянное изменение численности населённых пунктов, за счёт миграции жителей в наиболее крупные городские поселения; увеличение численности населения областного центра, и как следствие, появление новых микрорайонов, увеличение плотности застройки;

- значительные расстояния между населёнными пунктами и расстояний между ППС и удалённости от населённых пунктов;

- различные дорожные условия в этом районе и на территории области, поэтому контакт с некоторыми отдалёнными поселениями носит сезонный характер.

Таким образом, нужно отметить, что в полной мере учитывать все эти и многие другие особенности при доказательстве численности пожарных сил и средств в населённых пунктах Вьетнама, только использовать современные технологии моделирования, фактически нет ограничений в описании изучаемых процессов.

Литература

1. Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ "О пожарной безопасности" // СПС КонсультантПлюс.

2. Федеральный закон "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ // СПС КонсультантПлюс.

3. Брушлинский Н.Н., Соколов С.В., Вагнер П. Человечество и пожары. М.: Маска, 2007. 142 с.

3. Brushlinsky N.N., Ahrens M., Sokolov S.V., Wagner P. World Fire Statistics. Moscow, State Fire Academy of EMERCOM of Russia, 2013, 60 p. https://www.ctif.org/world-fire-statistics

4. Брушлинский Н.Н., Соколов С.В., Морозов В.И. Проблема государственной важности (как обосновать численность противопожарной службы России?) // Пожаровзрывобезопасность. 2009. Т. 18, № 6. С. 7-12.

5. Брушлинский Н.Н., Соколов С.В., Алехин Е.М. и др. Опыт применения компьютерных имитационных систем моделирования деятельности экстренных служб // Пожаровзрывобезопасность. 2016. Т. 25, № 8. С. 6-16. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.08.6-16

Ле Вьет Хай[1], В.В. Рубцов[1], Чан Ван Хан[2] (Вьетнам, Россия)
([1]Академия Государственной противопожарной службы МЧС России,
[2]Институт противопожарной безопасности МОБ Вьетнама;
e-mail: viethai.pccc@gmail.com)

ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНОСТЬ РЕЗЕРВУАРА С ПЛАВАЮЩЕЙ КРЫШЕЙ НА НЕФТЕХРАНИЛИЩАХ ВЬЕТНАМА

Проведён анализ пожаров на нефтехранилищах в России, Вьетнаме и других странах. Рассмотрена пожарная опасность вертикальных стальных резервуаров с плавающими крышами для хранения нефти и предложены мероприятия по повышению их пожарной безопасности, особенно снижению концентрации горючих паров.

Ключевые слова: резервуар, резервуарный парк, концентрационные и температурные пределы распространения пламени, источники зажигания.

***Le Vyet Khay, V.V. Rubtsov, Chan Van Khan* (*Vietnam, Russia*)**

FIRE AND EXPLOSION HAZARD OF A FLOATING ROOF TANK IN VIETNAM OIL RESERVOIRS

An analysis of fires at oil storage facilities in Russia, Vietnam and other countries was carried out. The fire hazard of vertical steel tanks with floating roofs for oil storage is considered and measures are proposed to improve their fire safety, especially to reduce the concentration of combustible vapors.

Keywords: tank, tank farm, concentration and temperature limits of flame propagation, ignition sources.

В рамках официального визита Президента Социалистической Республики Вьетнам (СРВ) Нгуен Суан Фука в Россию 30 ноября 2021 г. в ходе переговоров в Москве, Президент СРВ и Президент Российской Федерации Владимир Владимирович Путин заключили соглашение о расширении деятельности нефтегазовых предприятий двух стран.

Лидеры двух стран договорились поддерживать и расширять деятельность вьетнамских нефтегазовых предприятий в России и российских нефтегазовых предприятий на континентальном шельфе Вьетнама в соответствии с нормами международного права, включая Конвенцию ООН 1982 г. по морскому праву (UNCLOS).

Вьетнам обладает 0,6 *млрд т* (4,4 *млрд* баррелей) доказанных запасов нефти и является крупнейшим в Азии после Китая и Индии обладателем запасов сырой нефти, которую перерабатывают на двух вьетнамских нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ) – Нги Шон и Зун Куат. Нефть хранится в резервуарах вертикальных стальных с плавающей крышей (РВСПК) большой вместимости от 14 *тыс* $м^3$ до 120 *тыс* $м^3$. Поэтому пожары в РВСПК нефтехранилищ Вьетнама могут привести к катастрофическим последствиям для экономики страны, что подтверждает актуальность настоящей работы.

Пожарная опасность технологических процессов хранения нефти в основном определяется пожаровзрывоопасными свойствами обращающейся нефти и особенностями работы технологического оборудования, опасностью повреждения резервуаров, насосов и коммуникаций, возможностью появления источников зажигания, путями распространения пожара и угрозой для жизни людей [5].

1. *Примеры пожаров в РВСПК*

Принято считать, что РВСПК менее пожароопасны по сравнению с другими видами резервуаров. Однако пожары в них происходят, но не так часто, как в других видах резервуаров.

Возникновению пожара в РВСПК способствуют: наличие источников зажигания (разряды статического и атмосферного электричества, занос огня с соседнего горящего резервуара, искрообразование при обрушении и перекосе плавающей крыши (ПК) и др.), образование зон взрывоопасных концентраций горючей среды над и под ПК в различные периоды эксплуатации, конструктивные особенности ПК и резервуара [2]. В работе рассматриваются особенности заноса огня от соседнего горящего резервуара.

Обзор пожаров на РВСПК в России и за рубежом

В 2002 г. произошёл пожар на Омской ЛПДС ОАО "Транссибнефть". Три слесаря начали очистку пространства под опущенной на стойки крышей РВСПК-50 000 от парафинистых отложений струёй воды из пожарного рукава. От искры разряда статического электричества произошёл взрыв. Нефтяные остатки на дне вспыхнули. Сверху, сорванная с опор, на слесарей упала многотонная крыша, перекрыв собой нижние люки. Опорные стойки крыши разрушились. При горении под крышей 2 слесаря погибли, третий с сильными ожогами выбрался наружу.

В Италии на НПЗ в результате взрыва установки этилирования произошло загорание РВСПК-20 000. Пламя высотой около 50 *м* при порывах ветра достигало соседних резервуаров $V = 3000$ $м^3$ с мазутом и $V = 5000$ $м^3$ с нефтью. Крыша горящего резервуара частично погрузилась в нефть, стационарные системы пожаротушения были повреждены. В тушении принимало участие 149 пожарных на 27 автомобилях, 5 передвижных мониторов, израсходовано 32 *т* пенообразователя.

19 июля 1996 г. на НПЗ Саноко, Онтарио, Канада, от удара молнии возник пожар на РВСПК-19 000, диаметром 42,7 *м*, высотой 15 *м*, площадью 1430 $м^2$. В резервуаре было 11 400 $м^3$ бензина. ПК затонула, резервуар горел по всей площади. В течение двух дней использовали 13250 *л* пенообразователя для охлаждения и тушения, пока из резервуара не откачали остаток продукта.

7 июня 2001 г. во время тропического шторма на НПЗ Orion Refinery, в штате Луизнана (США) в РВСПК (объёмом 51675 $м^3$ диаметром 82,4 *м*, высотой 9,8 *м*, площадью 5325 $м^2$) под весом скопившейся ливневой воды затонула ПК и от молнии возник пожар по всей площади резервуара. В резервуаре было 47700 $м^3$ бензина, уровень взлива 8,5 *м*. Пожарные спасли около 26 $м^3$ бензина и успешно потушили пожар большого РВСПК.

17 августа 2016 г. загорелась нефть, хранящаяся в РВСПК, вмещающем около 40 *тыс т*, в резервуарном парке Пуэрто-Сандино, Никарагуа. Горящая нефть вскипела и выбросилась на соседние три резервуара и в обвалование каре резервуаров. Затем произошло вскипание воды на днищах горящих и обогреваемых пожаром резервуаров в каре, что привело к выбросу значительного количества горящей нефти наружу и увеличению площади пожара [2].

Распространению пожара в резервуарном парке может способствовать выход наружу нефти при повреждении корпуса или днища РВСПК, трубопроводов и арматуры.

Путями распространения пожара в резервуарных парках РВСПК на соседние здания и сооружения могут быть: поверхности разлившихся нефти или нефтепродуктов при повреждении горящих резервуаров; тепловое излучение открытого пламени горящего резервуара; дыхательные и предохранительные клапаны резервуаров, соседних с горящим; паровоздушные облака горючих концентраций, возникающих при больших дыханиях резервуаров; грунт, пропитанный нефтепродуктом; кабельные линии, каналы и тоннели для прокладки трубопроводов; горящая нефть при вскипании и выбросе её из горящего резервуара; трубопроводы производственно-ливневой канализации; местах скопления горючей жидкости на плавающей крыше с последующим горением в зоне уплотняющего затвора и/или по всей поверхности ПК

Горение нефти по всей площади резервуара сопровождается мощным тепловым излучением в окружающую среду. Высота светящейся части пламени составляет один-два диаметра горящего резервуара. Отклонение факела пламени от вертикальной оси при скорости ветра около 4 *м*/*с* может составлять 60-70° [4].

При факельном горении чёрный дым и красное пламя свидетельствуют о высокой концентрации паров горючего в объёме резервуара и опасность взрыва незначительная. Факельное горение сине-зелёного цвета без дымообразования свидетельствует о том, что концентрация паров продукта в резервуаре близка к стехиометрической и существует реальная опасность взрыва в нём.

На резервуарах с плавающей крышей, расположенных рядом с горящим, возможно образование локальных очагов горения в зоне уплотняющего затвора, а также в местах скопления горючей жидкости на плавающей крыше при нарушении её герметичности.

Условия для возникновения пожара в обвалованиях горящих резервуаров: перелив хранимого продукта, нарушение герметичности резервуара, задвижек, фланцевых соединений, наличие пропитанной нефтепродуктом теплоизоляции на трубопроводах.

Пожары в РВСПК с нефтью, мазутом и другими нефтепродуктами иногда сопровождаются вскипанием этих горящих жидкостей, а при пожарах нефтяных резервуаров кроме вскипания нефти происходят её выбросы. Вскипание нефти происходит из-за наличия в ней взвешенной воды, которая при прогреве горящей жидкости выше 100 $°C$ испаряется с образованием пузырей водяного пара, которые вызывают вспенивание поверхности нефти с бурным горением вспенившейся массы. Вскипание нефти может произойти примерно через 60 *мин* свободного горения при содержании в ней влаги более 0,3 %. Вскипание также может произойти в начальный период пенной атаки при подаче пены (в растворе пенообразователя может содержаться 94-97 и более % воды) на поверхность горящей жидкости. При горении резервуаров с нефтями нередко происходят выбросы горящий жидкости из-за образования в них прогретого гомотермического слоя.

Источники зажигания в нефтяных резервуарах: удары молнии и (или) её вторичные проявления; разряды статического электричества; механические искры (искры удара и трения) при ручном замере уровня и отборе проб; самовозгорание пирофорных отложений; тепловые проявления электрической энергии; перегревы подшипников и сальников насосов в результате загрязнения или отсутствия их смазки; перегревы насосов при чрезмерной затяжке сальниковых устройств и подшипников.

Пути распространения пожара в резервуарных парках с нефтяными РВСПК: поверхности разлившейся нефти; паровоздушные облака горючих концентраций; воздуховоды вентиляции и технологические проёмы в насосных станциях; зоны загазованности паровоздушными смесями; грунт, пропитанный ЛВЖ и ГЖ; кабельные линии, каналы и тоннели для прокладки трубопроводов; трубопроводы и лотки производственно-ливневой канализации.

Пожар в РВСПК с нефтью большой вместимости, может продолжаться несколько дней и сопровождаться вскипанием и выбросом горящей жидкости, разрушением резервуара, переносом огня за пределы резервуарного парка. Плавающие крыши в нефтяных стальных вертикальных резервуарах снижают потери от испарения, способствуют снижению загазованности территории при больших и малых дыханиях резервуаров.

2. *Причины распространения огня от горящих резервуаров*

2.1. *Выброс нефти из горящего резервуара*

При пожарах резервуаров с обводнённой нефтью температура пожара на поверхности нагревает весь объём нефти, в том числе водяную подушку приводя к образованию пара, который выбрасывает горящую жидкость из резервуара. В результате горящие продукты распространяются на соседние резервуары, здания и сооружения, (рис. 1) [3, 4].

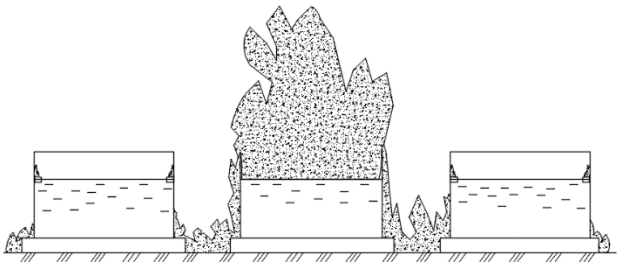


Рис. 1. Схема распространения пожара при вскипании и выбросе нефти

2.2. *Показатели пожарной опасности нефти*

Нефть – легковоспламеняющаяся жидкость (ЛВЖ) плотностью около 900 *кг*/*м*^{3}. Температура вспышки паров от -45 до 130 °*C*, температура самовоспламенения от -222 до 375°*C*; температура пламени 1100 °*C*; температурные пределы распространения пламени: нижний – от -45 до 31 °*C*, верхний – от -14 до 80 °*C*, нижний концентрационный предел распространения пламени около 1,1 % (*об.*), верхний – 9,5-10 % (об.); удельная массовая скорость выгорания 0,0283 *кг*/(*м*^{2} *с*), линейная скорость выгорания 0,12-0,15 *м*/*ч*. Нефти при горении прогреваются в глубину, образует гомотермический слой со скоростью прогрева $U_{\text{прогр}}$ = 0,24-0,36 *м*/*ч* [1].

2.3. *Влияние ветра*

Высота пламени над горящим резервуаром может быть в 1,5-2 раза больше диаметра резервуара, а лучистая тепловая энергия пожара, передаваемая от него в окружающее пространство, может способствовать развитию пожара (рис. 2).

Под действием ветра пожар способен распространиться на соседние объекты защиты, расположенные с подветренной стороны (рис. 3).

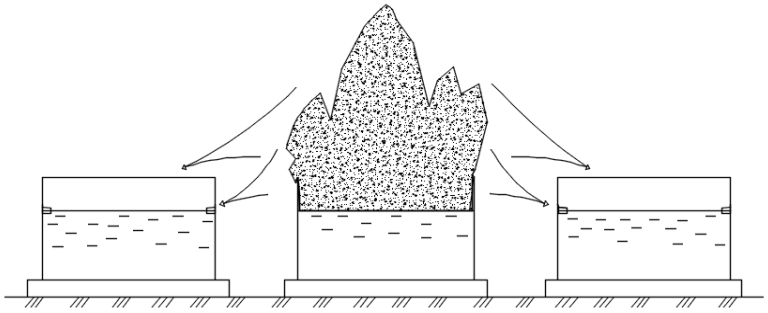
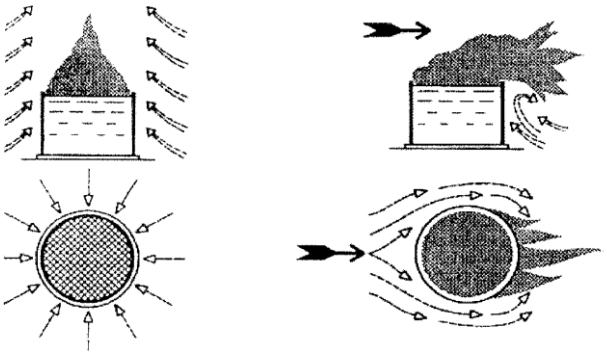


Рис. 2. Схема распространения лучистого теплового потока
от горящего резервуара к соседним РВСПК

1



2

Рис. 3. Влияние воздушных потоков на горение резервуара с горючей жидкостью:
1 – при отсутствии ветра; 2 – при ветре

2.4. *Условия образования взрывоопасных концентраций в паровоздушных пространствах РВСПК, соседних с горящим*

Принято считать, что в нормальных условиях концентрация паров углеводородов над ПК в нефтяных РВСПК не достигает нижнего концентрационного предела распространения. Однако, в процессе откачки нефти в кольцевом зазоре по окружности плавающей крыши между стенкой резервуара и пенобарьером над ПК (рис. 4) может образоваться загазованность с концентрацией смеси, достигающей нижний концентрационный предел возгораемости. Она формируется из паров лёгких фракций нефти, испаряющихся со стенки резервуара при опускании ПК, а также под влиянием теплового потока от горящего резервуара, который увеличивает температуру нефти у стенки и под ПК негорящего резервуара со стороны очага пожара.

При нормальной работе РВСПК под ПК отсутствует паровоздушное пространство, поэтому взрывопожароопасные пары над ПК могут появиться только в месте примыкания уплотняющего затвора к стенке в процессе движения ПК вниз при откачке.

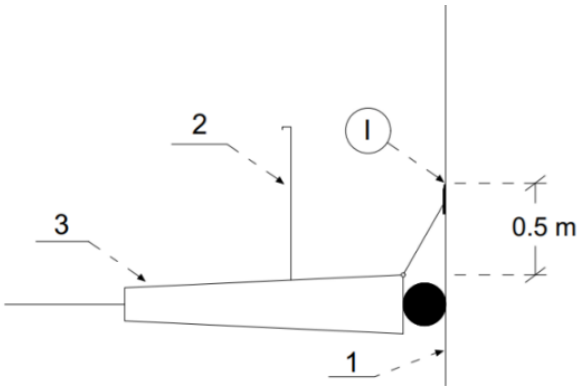


Рис. 4. Место образования зон взрывоопасных концентраций в РВСПК:
1 – стенка резервуара; 2 – пенобарьер плавающей крыши;
3 – плавающая крыша; положение I – край уплотняющего затвора

Выводы

На основе изучения характерных пожаров установлены пути и причины распространения пожара, источники зажигания, условия образования взрывоопасных концентарций над и под ПК РВСПК.

Для защиты от взрывоопасных концентрации паровоздушной смеси над ПК допустимо использовать системы охлаждения и пожаротушения в кольцевом зазоре ПК, которые позволят разбавить взрывопожаропасную паровоздушную смесь в пространстве между стенкой резервуара и пенобарьером до безопасных значений.

Литература

1. Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник. Т. 1, 2. М.: Химия, 2004.

2. Волков О.М. Пожарная безопасность резервуаров с нефтепродуктами: монография. СПб.: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ), 2010. 398 с.

3. Клубань В.С., Ле Вьет Хай, Нгуен Ле Зуй. Особенности безопасной откачки при горении нефти на плавающей крыше // Проблемы техносферной безопасности – 2019: матер. VIII междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов, 2019.

4. Клубань В.С., Ле Вьет Хай, Нгуен Ле Зуй, Панасевич Л.Т. Оценка пожарной опасности резервуарных парков для хранения нефти в Социалистической Республике Вьетнам // Гражданская оборона на страже мира и безопасности: матер. IV междунар. науч.-практ. конф., посвящённая Всемирному дню гражданской обороны, 2020.

5. Горячев С.А., Швырков С.А., Петров А.П. и др. Пожарная безопасность технологических процессов: учебник / под общ. ред. С.А. Горячева. М.: Академия ГПС МЧС России, 2021. 464 с.

Буй Куанг Тиен, С.А. Швырков (Вьетнам, Россия)
(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: pbtp@mail.ru)

ВЛИЯНИЕ НАКЛОННОГО ВОЛНООТРАЖАЮЩЕГО КОЗЫРЬКА НА ВЫСОТУ ЗАЩИТНОЙ СТЕНКИ РЕЗЕРВУАРА ТИПА "СТАКАН В СТАКАНЕ"

Экспериментально доказана возможность снижения высоты защитной стенки резервуара типа "стакан в стакане" при обустройстве на ней наклонного волноотражающего козырька. Получена эмпирическая формула для нахождения минимальной высоты защитной стенки в зависимости от геометрических параметров резервуара, межстенного расстояния и длины вылета волноотражающего козырька.

Ключевые слова: резервуар типа "стакан в стакане", разрушение, защитная стенка, наклонный волноотражающий козырёк, лабораторное моделирование.

Bui Quang Tien, S.A. Shvyrkov (Vietnam, Russia)

EFFECT OF THE I NCLINED WAVE-REFLECTIVE VISOR ON THE HEIGHT OF THE PROTECTIVE WALL OF THE "GLASS IN A GLASS" TYPE TANK

The possibility of reducing the height of the protective wall of the tank of the "glass in a glass" type when arranging an inclined wave-reflective visor on it has been experimentally proven. An empirical formula for finding the minimum height of the protective wall depending on the geometric parameters of the tank, the inter-wall distance and the outreach length of the wave-reflecting visor is obtained.

Keywords: "glass in a glass" tank, destruction, protective wall, inclined wave-reflective visor, laboratory modeling.

Для предупреждения чрезвычайных ситуаций, обусловленных аварийными разливами нефти и нефтепродуктов, на производственных объектах нефтегазовой отрасли применяются различные технологии и сооружения, в том числе, конструкции резервуаров с защитной стенкой типа "стакан в стакане" (РВСЗС). Перспективность строительства таких типов резервуаров обусловлена возможностью их эксплуатации вблизи жилых зон или по берегам водоёмов, а также на производственных объектах при недостаточности места для устройства обвалования или каре вокруг резервуаров, что отражено в нормативных документах по промышленной безопасности, например, в ГОСТ 31385-2016 "Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия" и в СТО-СА-03-002-2009 "Правила проектирования, изготовления и монтажа вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов".

В тоже время, требования нормативного документа по пожарной безопасности объектов хранения горючих жидкостей СП 155.13130.2014 "Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности" не распространяются на объекты с РВСЗС, что обуславливает необходимость разработки специальных технических условий, отражающих специфику обеспечения их пожарной безопасности. При этом, как следует из публикаций [1-3], проблема обеспечения пожарной безопасности РВСЗС остаётся до конца нерешённой, что требует продолжения исследований, результаты которых должны стать основной для разработки соответствующих нормативных положений в области обеспечения пожарной безопасности объектов с применением РВСЗС.

В частности, ранее выполненные исследования [4, 5] по удержанию волны прорыва, образующейся при разрушении основного резервуара, защитной стенкой показали, что для её локализации высота указанной стенки должна не менее чем на 10 % превышать первоначальный уровень жидкости в основном резервуаре. Очевидно, что строительство таких высоких ограждений, с учётом заполнения основного резервуара нефтью или нефтепродуктом на 95 %, экономически нецелесообразно. Кроме этого, при такой высоте защитной стенки могут создаваться условия для образования зон взрывоопасных концентраций даже при нормальной работе резервуара, как в его межстенном пространстве, так и снаружи защитной стенки. Понижение уровня хранимого продукта в основном резервуаре, как способа для снижения высоты защитной стенки, также является нецелесообразным исходя, прежде всего, из экономических соображений. При этом увеличение свободного пространства в основном резервуаре приведёт к более частому образованию в нём взрывоопасных концентраций, то есть повысится уровень опасности резервуара, что, очевидно, является неприемлемым.

В связи с вышесказанным актуальными представляются исследования, направленные на нахождение эффективного способа снижения высоты защитой стенки РВСЗС при максимальном уровне заполнения основного резервуара горючей жидкостью. Например, предлагается рассмотреть возможность обустройства на защитной стенке наклонного волноотражающего козырька (НВК), обращённого к стенке основного резервуара. Эффективность такой конструкции ограждения будет зависеть от геометрических параметров основного резервуара, межстенного расстояния и длины вылета волноотражающего козырька. На нахождение зависимости между указанными параметрами и были направлены исследования в лаборатории кафедры пожарной безопасности технологических процессов Академии ГПС МЧС России, результаты которых приводятся ниже.

В работах [4, 5] даётся подробное описание лабораторного стенда для определения характеристик потока жидкости, образующегося при полном разрушении основного резервуара, а также исследования его воздействия на защитную стенку РВСЗС. При этом показано соблюдение условий гидродинамического подобия изучаемого процесса, представлен сравнительный анализ с результатами натурного эксперимента по разрушению РВС-700 $м^3$ с водой и сделан вывод о возможности проведения лабораторных экспериментов и распространения полученных результатов на типовые резервуары номинальным объёмом от 700 до 30000 $м^3$.

Для достижения поставленной в настоящем исследовании цели и решения соответствующих задач указанный лабораторный стенд был модернизирован посредством обустройства в соответствующем масштабе моделирования защитных стен, оборудованных волноотражающим козырьком с длиной вылета от 0,5 до 1,5 *м*, обращённым в сторону основного резервуара под углом 135° к защитной стенке. На рис. 1 представлена принципиальная схема к определению минимальной высоты защитной стенки с НВК.

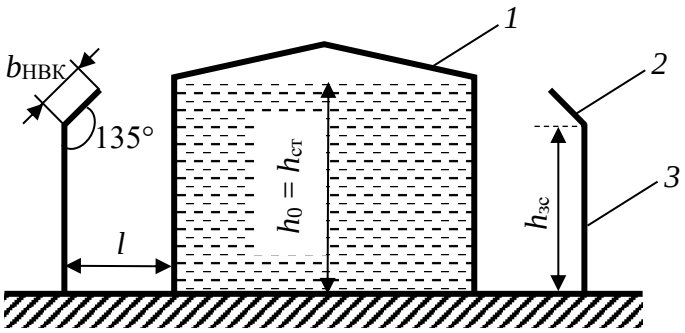


Рис. 1. Принципиальная схема к определению минимальной высоты защитной стенки с НВК РВСЗС:
1 – основной резервуар с внутренним диаметром $d_{вн}$ и уровнем жидкости $h_0 = h_{ст}$ (здесь $h_{ст}$ – высота стенки резервуара); 2 – наклонный волноотражающий козырёк с длиной вылета $b_{НВК}$; 3 – защитная стенка РВСЗС высотой $h_{зс}$, установленная на расстоянии l от стенки основного резервуара

На рис. 2 представлен общий вид лабораторного стенда для нахождения минимальной высоты защитной стенки РВСЗС в зависимости от её удалённости от стенки основного резервуара и длины вылета НВК.

Методика проведения экспериментов заключалась в следующем. На основании лабораторного стенда по периметру модельного резервуара в соответствующем масштабе моделирования обустраивалась защитная стенка, конструктивно выполненная в виде стальной обечайки. Стенка жестко крепилась к основанию стенда посредством болтового соединения, а её герметичность обеспечивалась за счёт применения герметика. Высота стенки соответствовала уровню, образуемому при гидростатическом

истечении жидкости из основного резервуара. Такая конструкция стенки позволяла закреплять на ней посредством использования замкового устройства дополнительную стальную обечайку, оборудованную НВК соответствующей длины вылета.



Рис. 2. Общий вид лабораторного стенда

Далее в ресивере компрессором создавалось давление и с помощью кнопок управления резервуар поршнем плавно опускался на уплотнительное резиновое кольцо, встроенное в основание стенда, обеспечивая герметичность. Внутрь резервуара устанавливалась вкладка из монолитного поликарбоната высотой, соответствующей максимальному уровню жидкости в каждом модельном резервуаре. Резервуар заполнялся водой до требуемого уровня, при этом вкладка плотно прижималась к стенкам резервуара, повторяя его оболочку. В ресивере компрессором вновь создавалось давление и с помощью кнопок управления резервуар поршнем резко поднимался вверх при этом вставка раскрывалась на 180°, имитируя разрушение резервуара с образованием волны и её воздействием на защитную стенку. В случаях визуального наблюдения перелива жидкости (рис. 3) высоту защитной стенки с НВК увеличивали, перемещая её вверх по внутренней стальной обечайке и закрепляя замковым устройством.



Рис. 3. Характерные кадры воздействия потока жидкости при разрушении резервуара на защитную стенку с наклонным волноотражающим козырьком

Опыты повторяли до тех пор, пока жидкость полностью не удерживалась в границах исследуемой конструкции ограждения. Вывод о нахождении минимальной высоты защитной стенки с НВК делался на основании равенства объёмов жидкости в модельном резервуаре до имитации аварии и в границах ограждения после разрушения резервуара.

В результате анализа опытных данных для каждого типа резервуара (от 700 до 30000 *м*^{3}) получены зависимости параметра ($h_{зс}/h_0$), определяющего минимальную высоту защитной стенки для удержания волны прорыва, от параметра (l/l_{min}), определяющего расстояние, на котором может быть установлена защитная стенка, и длины вылета наклонного волноотражающего козырька ($b_{НВК}$). Характерный вид зависимостей на примере разрушения РВСЗС-30000 *м*^{3} показан на рис. 4 (*а–д*), где для сравнения приведены зависимость необходимой высоты защитной стенки без НВК для удержания волны прорыва (1), уровень жидкости в резервуаре до разрушения (2), нормативная зависимость высоты защитной стенки без НВК для удержания волны прорыва (3) и расчётная зависимость высоты защитной стенки без НВК для удержания жидкости при гидростатическом истечении (4).

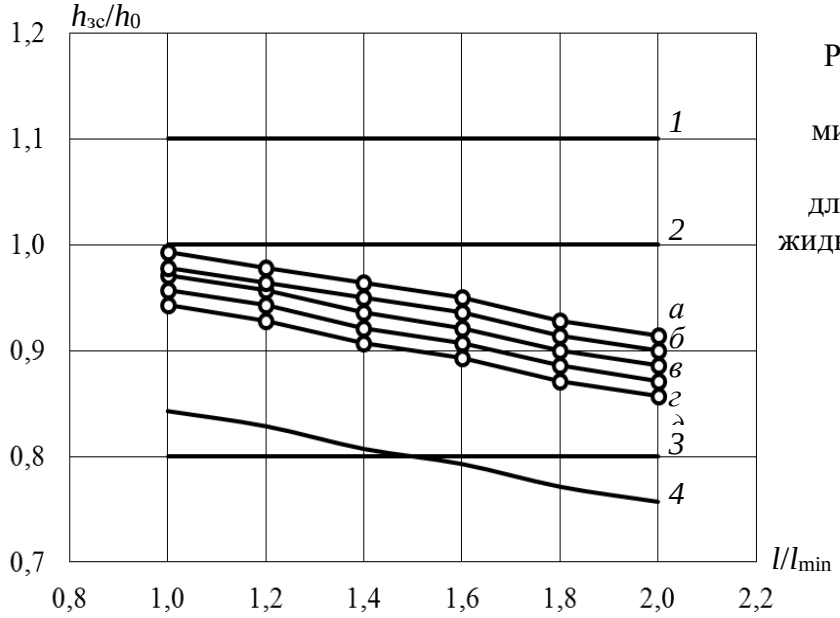


Рис. 4. Зависимости по определению минимальной высоты защитной стенки для удержания потока жидкости при разрушении РВСЗС-30000 *м*^{3}:
а – $b_{НВК}$ = 0,50 *м*;
б – $b_{НВК}$ = 0,75 *м*;
в – $b_{НВК}$ = 1,00 *м*;
г – $b_{НВК}$ = 1,25 *м*;
д – $b_{НВК}$ = 1,50 *м*

На рис. 4 отчётливо прослеживается эффективное влияние волноотражающего козырька на снижение высоты защитной стенки резервуара типа РВС-30000 *м*^{3}. Так, при обустройстве НВК с длиной вылета от 0,50 до 1,5 *м* высота защитной стенки не будет превышать первоначальный максимальный уровень жидкости в рассматриваемом резервуаре на всем исследуемом диапазоне межстенных расстояний (от 1,5 до 3,0 *м*).

Вследствие того, что для исследуемых типов резервуаров графическое отображение полученных массивов экспериментальных данных имеет схожий характер, выдвинуто предположение о наличии зависимости вида:

$$\frac{h_{зс}}{h_0} = f\left(\frac{d_{вн}}{h_0}; \frac{l}{l_{min}}; \frac{b_{НВК}}{b_{min}}\right). \quad (1)$$

В результате обработки опытных данных методом многофакторного регрессионного анализа в программе *STATGRAPHICS* получена искомая эмпирическая зависимость для соответствующего диапазона изменения параметров (10,43 *м* $\leq d_{вн} \leq$ 45,60 *м*; 9,0 *м* $\leq h_0 \leq$ 18,0 *м*; 1,5 *м* $\leq l \leq$ 3,0 *м*; 0,5 *м* $\leq b_{НВК} \leq$ 1,5 *м*), величина достоверности аппроксимации (R^2 = 96,09 %), критическое значение *F*-критерия Фишера ($F_{кр}$ = 2,662), значение *F*-критерия Фишера в модели ($F_м$ = 1441,75), а также доверительный интервал (Δ = 0,014) при уровне значимости α = 5 %:

$$\frac{h_{зс}}{h_0} = 1{,}14027 - 0{,}00866159\frac{d_{вн}}{h_0} - 0{,}0820143\frac{l}{l_{min}} - 0{,}0299667\frac{b_{НВК}}{b_{min}}. \quad (2)$$

Высокая достоверность аппроксимации, а также значительное превышение значения *F*-критерия Фишера в модели над его критическим значением, позволяют сделать вывод об удовлетворительной сходимости выборок, то есть полученная эмпирическая зависимость адекватно описывает изучаемый процесс и может использоваться на практике в соответствующем диапазоне изменения исходных параметров.

Таким образом установлено, что обустройство на защитной стенке НВК является эффективным способом по снижению её высоты до или ниже максимального уровня продукта в РВСЗС. Для оценки оптимального соотношения между длиной вылета козырька и межстенным расстоянием рекомендуется использовать полученную зависимость (2). В целом, защитная стенка с НВК позволит проектировать и эксплуатировать резервуары типа РВСЗС, обеспечивая требуемый уровень пожарной безопасности при условии соблюдения, в том числе, устойчивости защитной стенки и волноотражающего козырька к гидродинамическому воздействию потока жидкости и возможному динамическому воздействию разрушающихся при аварии основного резервуара стальных конструкций.

Литература
1. Демехин Ф.В., Таранцев А.А., Белов Д.И. О проблеме тушения пожаров в резервуарах с кольцевой защитной стенкой // Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. 2013. № 2. С. 68-75.
2. Хиль Е.И., Бастриков Д.Л., Воевода С.С., Шароварников А.Ф. Противопожарная защита резервуаров с дополнительной защитной стенкой // Технологии техносферной безопасности. 2014. Вып. 3 (55). 4 с. http://academygps.ru/ttb
3. Демехин Ф.В., Цой А.А. Проблемы обеспечения пожарной безопасности резервуаров с защитной стенкой // Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. 2015. № 1. С. 34-40.
4. Швырков С.А., Пузач С.В., Горячев С.А., Швырков А.С. Исследование параметров волны прорыва при разрушении резервуаров объёмом до 30000 м^3 в лабораторных условиях // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2019. № 1. С. 12-18.
5. Швырков А.С. Нормирование требований пожарной безопасности к геометрическим параметрам ограждений резервуаров типа "стакан в стакане": дис. … канд. техн. наук: 05.26.03. М.: Академия государственной противопожарной службы МЧС России, 2020. 141 с.

Чыонг Ван Хынг, Н.Л. Присяжнюк (Вьетнам, Россия)
(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: vanhungbm5t34@gmail.com)

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПОЖАРНОЙ ОБСТАНОВКИ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СНИЖЕНИЮ ПОЖАРНЫХ РИСКОВ В СОЦИАЛИСТИЧЕСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ ВЬЕТНАМ

Проведён анализ состояния пожарной обстановки в Социалистической Республике Вьетнам за последние 12 лет, в том числе сделана оценка индивидуального риска людей при чрезвычайных ситуациях, связанных с пожарами. Предложены основные рекомендации по снижению пожарных рисков во Вьетнаме.

Ключевые слова: пожар, последствие пожаров, пожарная обстановка, пожарная опасность, пожарный риск.

Chyong Van Khyng, N.L. Prisyazhnyuk (Vietnam, Russia)

ANALYSIS OF THE STATE OF THE FIRE SITUATION AND RECOMMENDATIONS FOR REDUCING FIRE RISKS IN THE SOCIALIST REPUBLIC OF VIETNAM

The article analyzes the state of the fire situation in the Socialist Republic of Vietnam over the past 12 years, including an assessment of the individual risk of people in emergencies associated with fires. The main recommendations for reducing fire risks in Vietnam are proposed.

Keywords: fire, fire consequences, fire situation, fire danger, fire risk.

Социалистическая республика Вьетнам (СРВ) – государство в Юго-Восточной Азии, расположенное на полуострове Индокитай. Население 98,6 *млн* человек, в том числе в городах – 37,2 *млн* человек (37,7 %), естественный прирост за последние 10 лет составляет в среднем 1,14 % в год. Плотность населения составляет 317 *чел*/*км*^{2}. Средняя продолжительность жизни: 73,6 года (71,0 лет у мужчин, 76,3 года у женщин).

В настоящее время СРВ продолжает оставаться одной из самых быстрорастущих экономик Азии. В период 2010-2019 гг., среднегодовой темп роста валового внутреннего продукта (ВВП) составляет порядка 6,5 %. Из-за негативных последствий, вызванных COVID-19, рост ВВП СРВ упал до 2,58 % в 2021 году, но остался выше, чем в среднем по региону, где показатель составляет 2,0 %. При общем масштабе экономики на конец 2021 г., достигающем около 280 *млрд* долл. (рис. 1) [3].

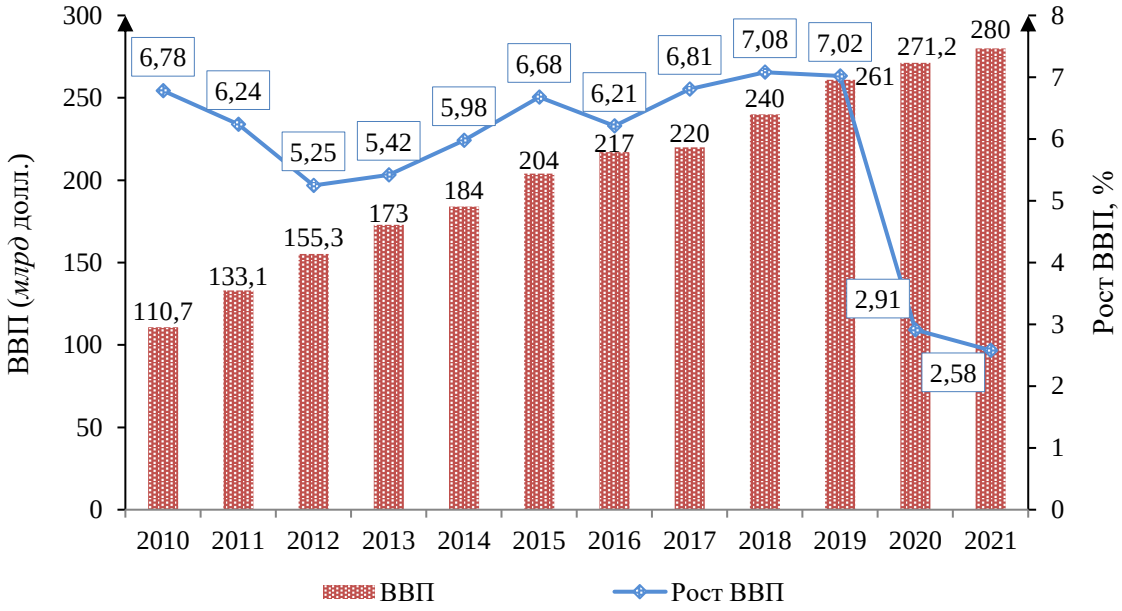


Рис. 1. Динамика изменения и роста ВВП в СРВ за период 2010-2021 гг.

Наряду с социально-экономическим развитием по всей стране во всё больших масштабах появляются индустриальные парки, экспортно-перерабатывающие комплексы, высокотехнологичные комплексы, концентрированные хозяйственные комплексы, все большую популярность приобретают технологические линии, увеличивается объем товаров и оборудования объектов. Огневзрывоопасные свойства многих новых устройств технологических процессов и материалов также стали более сложными и опасными.

Одним из важнейших показателей пожарной безопасности является пожарная обстановка. На её основе можно оценить соответствие состояния пожарной безопасности. На рис. 1-2 представлены основные показатели последствий пожаров в СРВ за период 2010-2021 гг. [4].

Из приведённого анализа видно, что количество пожаров в СРВ с 2010-2021 гг. в среднем свыше 2700 *пож./год*, в том числе в городах составляет 58,4 % и в сельской местности 41,6 %. Материальный ущерб в среднем составляет 51,22 *млн долл.*, а гибель людей 80 *чел./год*, травмировано при пожаре 180 *чел./год*.

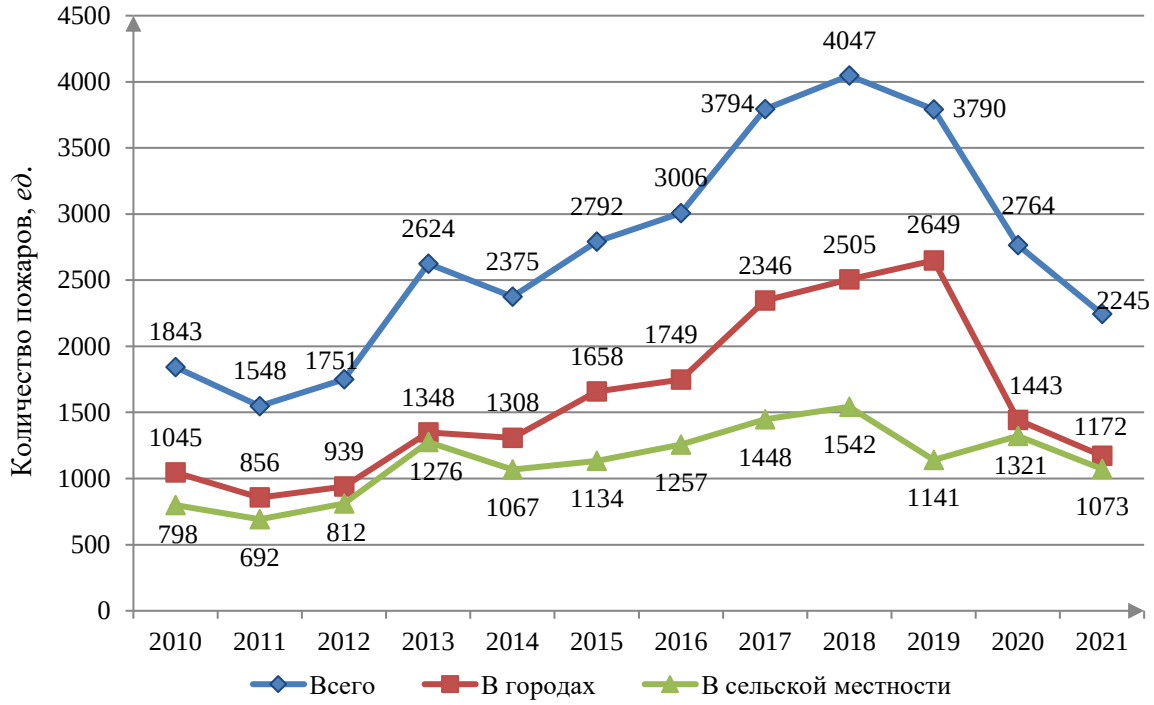


Рис. 2. Количество пожаров в СРВ за период 2010-2021 гг.

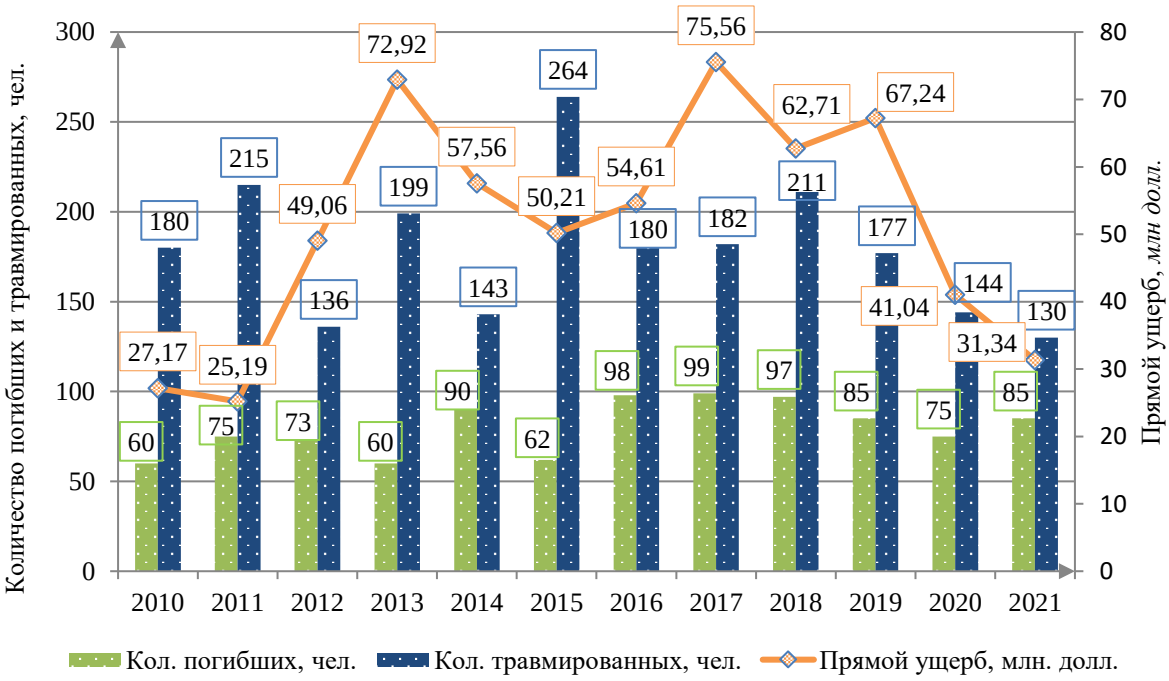


Рис. 3. Основные последствия пожаров в СРВ за период 2010-2021 гг.

Всестороннее исследование состояния пожарной опасности в СРВ за 2010-2021 гг. позволило представить в процентах их распределение по причинам и местам возникновения, которое представлено на рис. 4-5 [2].

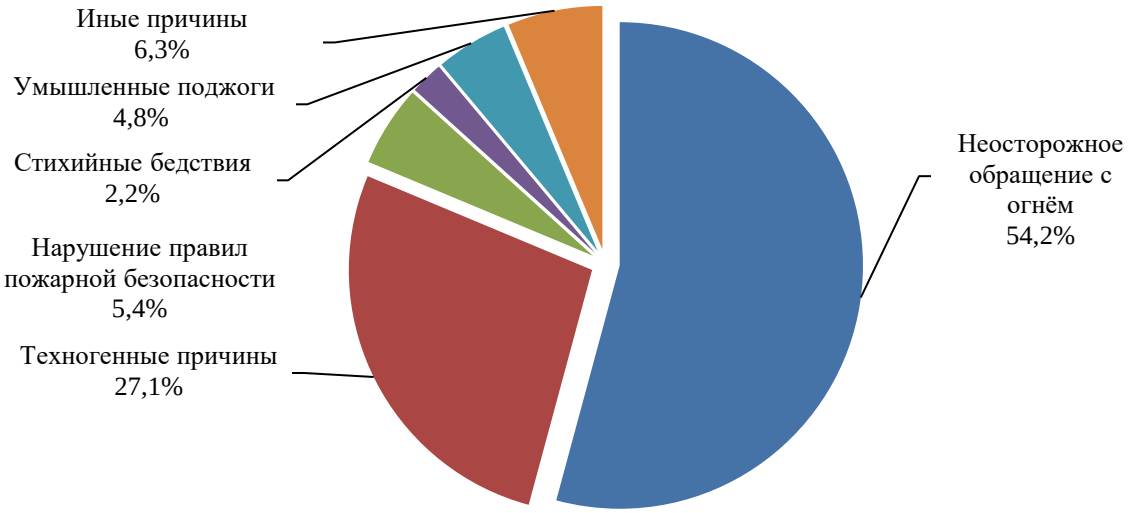


Рис. 4. Процентное распределение причин пожаров в СРВ
за период 2010-2021гг.

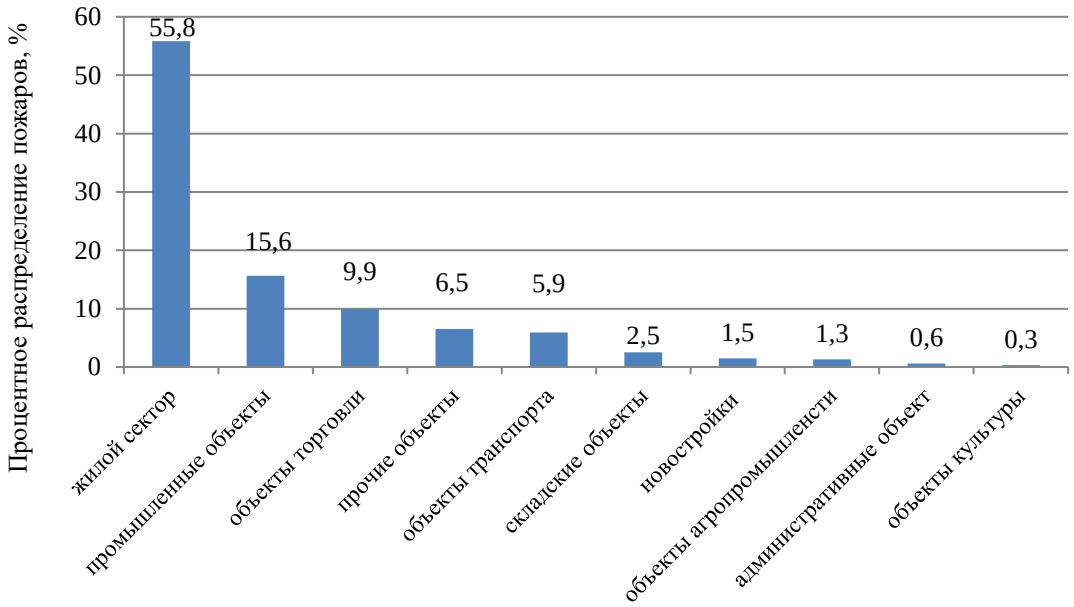


Рис. 5. Процентное распределение пожаров по местам их возникновения
в СРВ за 2010-2021гг.

Анализ причин пожаров в СРВ за период 2010-2021 гг. показывает, что основная причина – неосторожное обращение с огнём 54,2 % (использование огня, электрического оборудования, приготовление пищи, топлива, газа и т.д.). Вторая причина возникновения пожаров – техногенные причины 27,1 % и третья причина – иные причины, на них приходится 6,3 % от общего числа пожаров.

По местам возникновения пожаров самым частым местом возникновения пожаров являются объекты жилого сектора, именно они определяют основную динамику пожаров в СРВ, на которое приходится 55,8 % всех пожаров в стране. Вторым местом возникновения пожаров являются промышленные объекты, на них приходится 15,6 % от общего числа пожаров. Третьим местом возникновения пожаров в СРВ являются объекты торговли, на которые приходится 9,9 % от общего числа пожаров.

Для дальнейшего исследования обстановки с пожарами в СРВ воспользуемся индивидуальными пожарными рисками [1, 2]:

риск R_1 для человека столкнуться с пожаром в течение года

$$R_1^{\,i} = \frac{n^i_{пож.}}{N^i_{нас.}} \; [пож \cdot чел^{-1} \cdot год^{-1}]; \qquad (1)$$

риск R_2 для человека погибнуть на одном пожаре в течение года

$$R_2^{\,i} = \frac{N^i_{погиб.}}{n^i_{пож.}} \, [жертва \cdot пожар^{-1}]; \qquad (2)$$

риск R_3 для человека погибнуть от пожара в течение года

$$R_3^{\,i} = \frac{n^i_{погиб.}}{N^i_{нас.}} \, [жертва \cdot чел^{-1}.год^{-1}]. \qquad (3)$$

Оценка индивидуального пожарного риска в СРВ за период 2010-2021 гг. приведена в табл. 1.

Таблица 1

Индивидуальные пожарные риски в СРВ за период 2010-2021 гг.

Годы	$R_1 \cdot 10^{-5}$	$R_2 \cdot 10^{-2}$	$R_3 \cdot 10^{-6}$	Годы	$R_1 \cdot 10^{-5}$	$R_2 \cdot 10^{-2}$	$R_3 \cdot 10^{-6}$
2010	2,10	3,26	0,68	2016	3,21	3,26	1,05
2011	1,74	4,84	0,84	2017	4,01	2,61	1,05
2012	1,95	4,17	0,81	2018	4,24	2,40	1,02
2013	2,89	2,29	0,66	2019	3,93	2,24	0,88
2014	2,59	3,79	0,98	2020	2,84	2,71	0,77
2015	3,01	2,22	0,67	2021	2,28	3,79	0,86

Представленная оценка основных пожарных рисков свидетельствует, что объекты в Социалистической Республике Вьетнам не обеспечивают уровень нормативного риска (принятого в РФ) безопасности людей при пожарах.

Для улучшения системы противопожарной защиты и снижения пожарных рисков предлагается:

1. Углубление профилактической работы среди населения. Организация информационно-просветительных передач на радио, телевидении, публикации в местных печатях для повышения культурного уровня пожарной безопасности.

2. Сосредотачивание деятельности органов государственного пожарного надзора на проведение профилактической работы в жилом секторе с привлечением правоохранительных органов и жилищно-эксплуатационных управлений.

3. Повышение эффективности работы низовых добровольных пожарных формирований за счёт повышения уровня образования и подготовки добровольных пожарных формирований, ответственных за организацию режима пожаротушения на объектах.

4. Главное управление противопожарной и спасательной службы МОБ СРВ совместно с комитетом образования разработать целевую программу о культуре и мерах пожарной безопасности и организовать на её основе непрерывное образование в рамках школьных дисциплин, факультативов и семинаров.

5. Разработка допустимых значений пожарных рисков на основе социально-экономических показателей различных стран.

Литература

1. Брушлинский Н.Н., Клепко Е.А. К вопросу о вычислении рисков // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. 2004. № 1. С. 71-73.

2. Брушлинский Н.Н. Пожарные риски. Вып. 1. Основные понятия. М.: ВНИИПО МЧС России, 2004. 57 с.

3. Главное статистическое управление Вьетнама. Отчет экономическо-социального положения за 2010-2021 гг.

4. Статистика Главного управления пожарной охраны и аварийно-спасательных служб Вьетнама за 2010-2021 гг.

Р.В. Халиков, В.В. Роенко, А.Д. Ищенко, И.Н. Кустышев
(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: vokilah@rambler.ru)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЪЁМНОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНО-АКТИВИРОВАННОЙ ВОДОЙ С ИНГИБИРУЮЩИМИ СВОЙСТВАМИ

Представлены результаты экспериментального исследования объёмного пожаротушения замкнутого объёма температурно-активированной водой с ингибирующими свойствами на основе температурно-временных показателей. Проведено сравнение с результатами предыдущих исследований в исследуемой области.

Ключевые слова: температурно-активированная вода (ТАВ), объёмное пожаротушение, экспериментальные исследования, ингибитор горения, эффективность тушения.

R.V. Khalikov, V.V. Royenko, A.D. Ishchenko, I.N. Kustyshev

INVESTIGATION OF THE EFFECTIVENESS OF VOLUMETRIC FIRE EXTINGUISHING OF TEMPERATURE-ACTIVATED WATER WITH INHIBITORY PROPERTIES

The article presents the results of an experimental study of volumetric fire extinguishing of a closed volume with temperature-activated water with inhibitory properties based on temperature-time indicators. A comparison is made with the results of previous studies in the studied area.

Keywords: temperature-activated water, volumetric firefighting, experimental research, flame inhibitor, firefighting efficiency.

Безопасность газокомпрессорных станций (ГКС) во многом определяется пожарной безопасностью, находящихся на ней объектов. Согласно статистическим данным ВНИИПО в период с 2013 по 2019 гг. на территории ГКС происходило от 15 до 18 пожаров и аварий ежегодно. Чрезвычайное происшествие на данных объектах может стать причиной гибели более 10 человек, а нанесённый ущерб может достигать 1 *млрд* руб. [1, 3]. Более 70 % всех пожаров ГКС происходило в замкнутых объёмах. Это обуславливает необходимость совершенствования объёмного пожаротушения данных объектов. Одним из способов повышения объёмного пожаротушения газокомпрессорных станций является введения ингибирующих составов [4] в температурно-активированную воду (ТАВ).

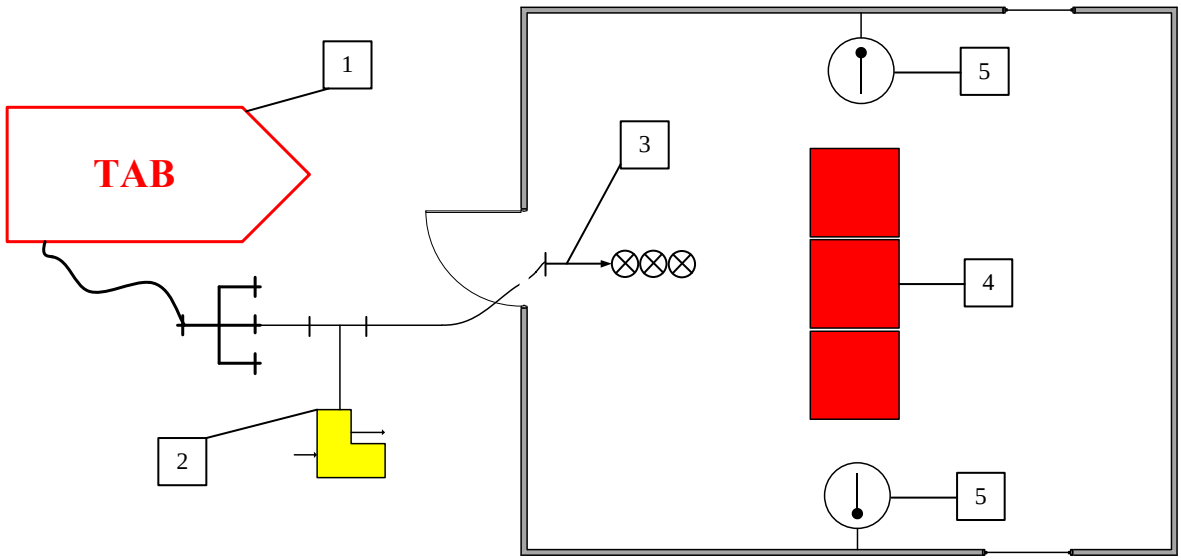
Экспериментальное исследование эффективности объёмного пожаротушения ТАВ с ингибирующими свойствами было проведено было проведено с использованием результатов математического моделирования [2]. При проведении экспериментальных исследований регистрировались следующие параметры:

- удельный расход ТАВ, $q_{тав}$, *г/м*^{3};
- интенсивность подачи ТАВ, $I_{тав}$, *г/(м*^{3} *·с)*;
- температура в замкнутом объёме на высоте 2000 *мм* и на расстоянии 5000 *мм* от очага, *Т °С*;
- удельный расход ТАВ при дозировании ингибирующего вещества, $q_{тави}$, *г/м*^{3};
- интенсивность подачи ТАВ при дозировании ингибирующего вещества, $I_{тави}$, *г/(м*^{3} *·с)*;
- время подавления горения модельных очагов струями ТАВ, $t_{тав}$, *с*;
- время подавления горения модельных очагов струями ТАВ при дозировании ингибирующих веществ, $t_{тави}$, *с*;
- надёжность подавления горения без повторного возгорания.

Экспериментальное исследование проводилось в Учебном центр ФПС МЧС России (г. Волгодонск). Для создания ТАВ был использован АПМ 3-2/100-1,38/100-100 (43118) мод. ПиРо3 – МПЗ (далее – АПМ), укомплектованный переносным дозатором для получения раствора недогретой воды и ингибирующего состава. Подача раствора ингибитора в этом автомобиле осуществлялась через гибкие шланги и вставку в напорный патрубок подачи воды из АПМ или перед стволами-распылителями ТАВ.

Эксперименты проводились в помещении с ограждающими конструкциями из негорючих материалов. Объём помещения – 300 *м*^{3} с суммарным параметром негерметичности для группы помещений 0,012 *м*$^{-1}$. Отношение площади приточного проёма к вытяжному составляло 3:1, а также имелась тяга, вызванная перепадом высот приточного и вытяжного проёмов в 1500 *мм*. Очаг был размещён в центре помещения на расстоянии 5000 *мм* от стен помещения. Очаг представлял собой три прямоугольных металлических противня размерами 1000×500×200 *мм*, выставленные в ряд в каждый противень заливалось 16 литров воды и 32 литра бензина по ГОСТ Р 51105. Для повышения сложности тушения очага было принято решение поверх противней с бензином равномерно сложить 10 автомобильных покрышек 180/50/R15. Средняя температура воздуха в момент проведения экспериментального исследования составляла 10 *°С*. Для измерения температуры

в замкнутом объёме были использованы термопары, которые располагались в пристеночном пространстве, на одной линии с очагом, на высоте 2000 *мм* от уровня пола. Схема расстановки оборудования при проведении экспериментального исследования указана на рис. 1.



1 – АПМ; 2 - устройство дозирования; 3 – ствол ТАВ; 4 – очаг; 5 – термопары

Рис. 1. Схема расположения очагов, ствола подачи ТАВ и дозирующего устройства

Тушение производилось с через 9 *мин* с момента поджога бензина (рис. 1). Было проведено две серии экспериментов по три измерения в каждой. В первой и второй серии тушение производилось струями ТАВ и ТАВ при дозировании ингибирующих солей соответственно. Во всех сериях экспериментов время тушения не превысило 14 *мин* с момента начала подачи огнетушащего вещества. Повторного воспламенения не произошло во всех сериях экспериментов.

Результаты измерения температуры были обработаны методом математической статистики [5] и представлены на рис. 2, при этом за начало измерения было принято начало подачи огнетушащего состава в замкнутый объём. Расчётные значения определялись в соответствии с моделью, разработанной в [5].

Результаты экспериментального исследования хорошо соотносятся с результатами математического моделирования (расхождение не более 15 %), что позволяет верифицировать модель и использовать её в дальнейших исследованиях.

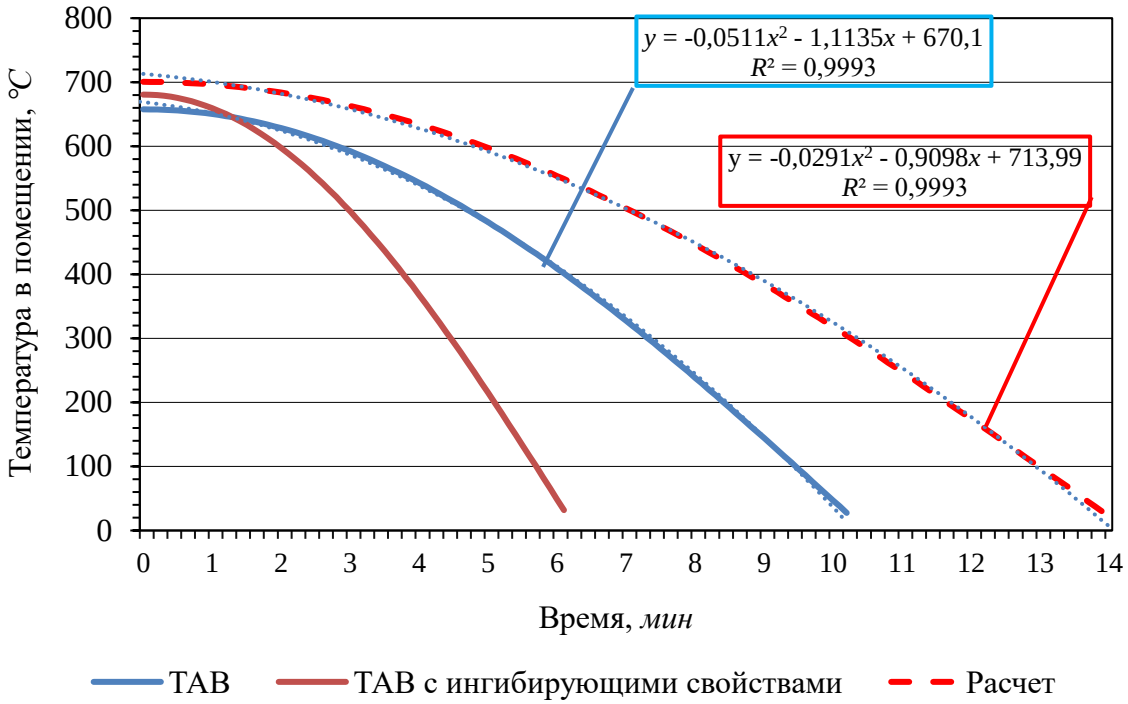


Рис. 2. График изменения среднеобъёмной температуры в замкнутом объёме в зависимости от времени тушения

Проанализируем результаты экспериментов и их соответствие теоретическим основам. В первой серии экспериментов в условно герметичный объём были поданы струи ТАВ без растворенных солей ингибитора, среднее время подавления горения составило 682 *с*. Во второй серии экспериментального исследования были получены следующие результаты:

- среднее время тушения по сравнению с подачей струй ТАВ без ингибирующей соли было снижено более чем в 1,65 раза и составило 413 *с*;

- в предыдущих исследованиях [2] было установлено, что при дозировании ингибирующих солей время подавления пламенного горения снижается не менее 1,5, в данном исследовании этот показатель равен 1,65, его повышение связано с тем, что тушение производилось не поверхностным способом как в [2], а объёмным.

Анализ рис. 2 показал, что температурные кривые расчётной и экспериментально установленной моделей имеют параболический характер, при этом отношение величины коэффициента при x^2 для экспериментальной модели тушек соответствующему значению расчётной зависимости равно 1,75. Это подтверждает то, что тушение струями ТАВ имеет накопительный эффект. То есть, температура в замкнутом объёме стала меньше температуры воспламенения горючей нагрузки раньше, чем произошло подавление

пламенного горения, благодаря объёмному распределению ТАВ. Достижение среднеобъёмной температуры 60 °С при дозировании ингибирующих веществ произошло в 1,64 раза быстрее, что практически соответствует выше установленному временному коэффициенту (1,65), однако времени на это потребовалось меньше.

Таким образом на основании экспериментально установленных данных и вышеприведённых теоретических результатах можно считать, эффективность применения ТАВ при дозировании ингибирующих солей соответствующих концентраций эффективность объёмного тушения повышается не менее чем в 1,5 раза, а эффективность охлаждения зоны горения не менее чем 1,6 раза.

Исследование проводится при поддержке Фонда содействия инновациям по договору №15204ГУ/2020 от 05.06.2020

Литература

1. Быков А.И. Методика оценки массы природного газа, участвующего в образовании огненного факела при разрыве магистрального газопровода // Пожаровзрывобезопасность. 2015. Т. 24, № 9. С. 48-54.

2. Халиков Р.В., Роенко В.В., Дегтярев С.В. Эффективные концентрации ингибирующих солей в температурно-активированной воде, используемой для пожаротушения // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2021. № 1. С. 40-47.

3. Пожары и пожарная безопасность в 2019 году: Статистический сборник. Под общ. ред. Д.М. Гордиенко. М.: ВНИИПО, 2020. 125 с.

4. Азатян В.В. Цепные реакции в процессах горения, взрыва и детонации газов: монография. Российская академия наук, Объединённый институт высоких температур, Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения. Черноголовка, 2017. 431 с.

5. Стрижак П.А. Численный анализ диффузионно-конвективных процессов тепломассопереноса при движении капель воды через высокотемпературные продукты сгорания // Пожаровзрывобезопасность. 2013. Т. 22, № 7. С. 11-21.

В.Б Габдуллин., А.Д. Ищенко
(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: vlad_gabdulin_17@mail.ru)

УСТРОЙСТВО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НЕПРЕРЫВНОЙ РАБОТЫ ПОЖАРНЫХ В НЕПРИГОДНОЙ ДЛЯ ДЫХАНИЯ СРЕДЕ

Проведён эксперимент по возможности организовать непрерывную подачу воздуха в дыхательные аппараты пожарных, находящихся в непригодной для дыхания среде. Исследована применимость разработанного устройства с точки зрения подключения к дыхательным аппаратам. Проанализировано поведение рукавной линии, заполненной воздухом под давлением.

Ключевые слова: звено газодымозащитной службы, дыхательный аппарат, время, непрерывная работа, пожар.

V.B. Gabdullin, A.D. Ishchenko

DEVICE TO ENSURE CONTINUOUS OPERATION OF FIREFIGHTERS IN AN UNBREATHABLE ENVIRONMENT

An experiment on the possibility of organizing a continuous supply of air into the breathing apparatuses of firefighters who are in an unsuitable environment for breathing was carried out. The applicability of the developed device in terms of connection to breathing apparatuses was investigated. The behavior of the hose line filled with pressurized air was analyzed.

Keywords: link of the gas and smoke protection service, breathing apparatus, time, continuous operation, fire.

Пожарные в своей деятельности сталкиваются с различными по величине пожарами. Для того чтобы минимизировать ущерб от пожара, нужно выполнить одну из основных задач – обеспечить непрерывность тушения пожара с момента подачи огнетушащих веществ до его ликвидации. Нахождение пожарного в условиях воздействия опасных факторов пожара определяет время защитного действия (ВЗД) средств защиты и непосредственно этот факт влияет на время тушения пожара. Закономерно, что ВЗД должно превышать время тушения пожара. На пожарах небольшого размера это условие выполняется и проблем с тушением не возникает [1]. Но отмечаются и затяжные пожары, продолжительностью более двух часов.

Исходя из результатов анализа времени работы звеньев газодымозащитной службы (ГДЗС) при тушении затяжных пожаров из статьи [2] отмечено, что ВЗД дыхательного со сжатым воздухом недостаточно для того, чтобы эффективно и быстро ликвидировать очаг возгорания на крупном промышленном объекте. Поэтому актуальным продолжает оставаться

необходимость увеличения времени защитного действия дыхательного аппарата со сжатым воздухом (ДАСВ) при сохранении веса и конструкции аппарата, либо изыскание других способов обеспечения непрерывной работы газодымозащитников у очага пожара.

Для решения данной проблемы был разработан способ и техническое устройство непрерывной подачи воздуха к дыхательным аппаратам со сжатым воздухом, находящимся в непригодной для дыхания среде (рис.1, 2).

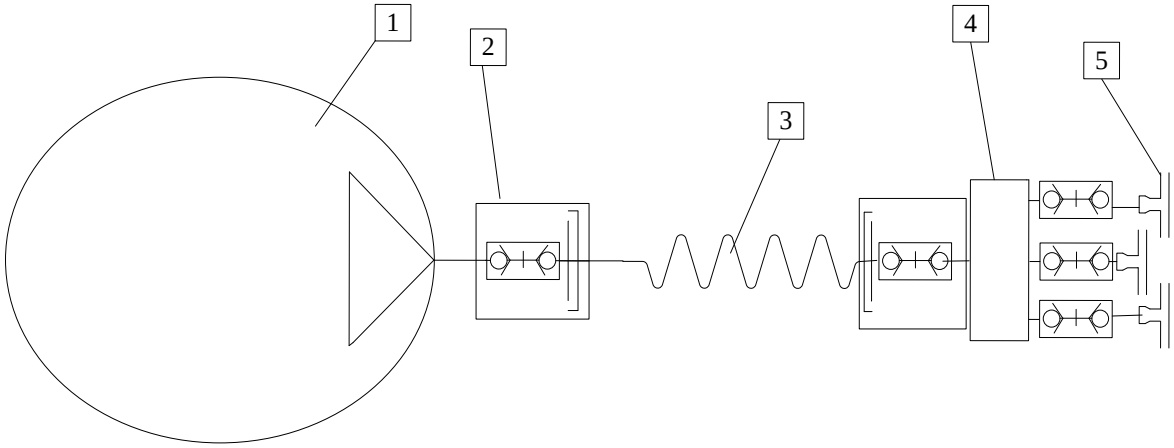


Рис. 1. Схема для реализации способа с воздушной линией
из пожарных напорных рукавов:
1 – компрессор сжатого воздуха; 2 – переходное устройство;
3 – напорный пожарный рукав; 4 – коллектор; 5 – система
редуцированного (вторичного) давления дыхательного аппарата

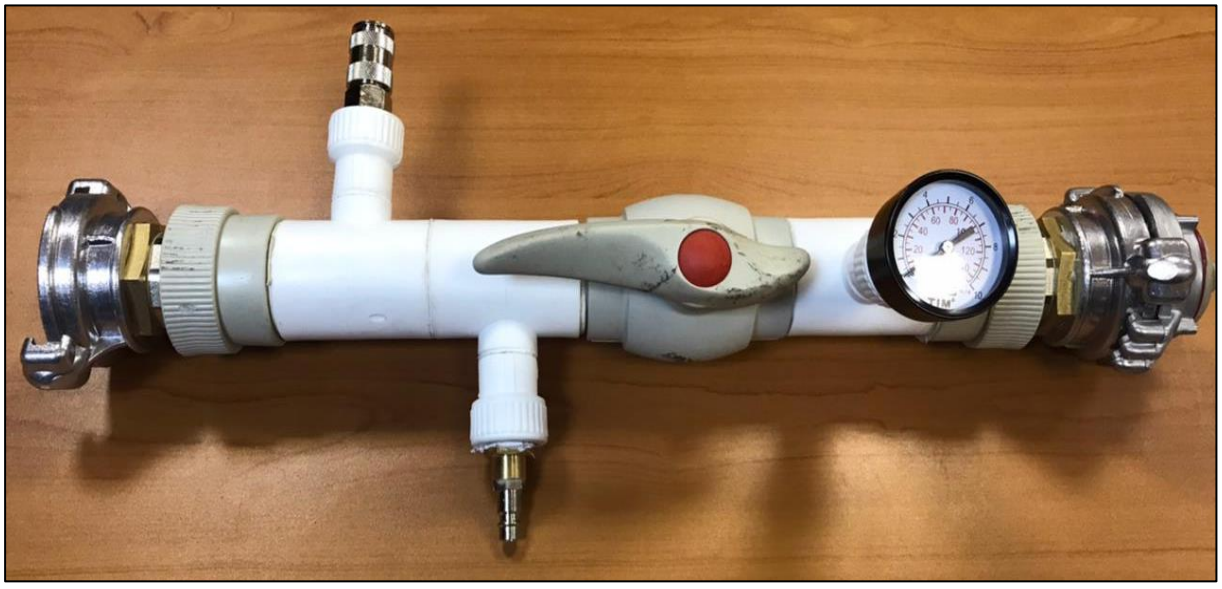


Рис. 2. Коллектор (распределитель) воздуха

Результат способа достигается тем, что перемещение воздуха происходит от компрессора по последовательно соединённым между собой напорным пожарным рукавам к коллектору (распределителю) воздуха, переносимому группой людей (пожарных), использующих ДАСВ. От коллектора воздух по воздуховодным шлангам поступает в систему редуцированного (вторичного) давления дыхательного аппарата каждого пожарного группы, что обеспечивает подачу достаточного для дыхания воздуха и позволяет не расходовать сжатый воздух из баллона(ов) ДАСВ.

Чтобы понять, как применять данный способ на практике, был проведён практический эксперимент по изучению свойств воздушной линии и применимости данного способа для обеспечения непрерывности нахождения пожарных в НДС.

Краткое описание эксперимента.

Все исследования проводились в подвале 1-го корпуса Академии ГПС МЧС России с участием испытателей-добровольцев.

Состав звена ГДЗС – 2-3 газодымозащитника

Первый этап исследований. Перед началом движения звена, рукавная линия заполнялось сжатым воздухом под давлением 4-6 *атм.*

Второй этап заключался в прокладке воздушной рукавной линии 20 *м* диаметром 38 *мм* (рис.3).

Третий этап представлял под собой подключение 2-х дыхательных аппаратов пожарных к коллектору (распределителю) воздуха (рис. 4).

Четвертый этап включал в себя возможность группового дыхания при различной нагрузке (приседания);

Пятый этап исследований заключался в передвижении звена газодымозащитной службы, а именно:

1) Разворот на 180° звена с воздушной линией;

2) Движение по узкому коридору.

Результаты эксперимента по применению способа непрерывной подачи воздуха к дыхательным аппаратам со сжатым воздухом, находящимся в непригодной для дыхания среде, показали следующее:

• Наиболее эффективное применение способа будет достигнуто, только после разведки пожара, когда имеется информация о местонахождении очага горения и безопасного пути до него. Подключившись к воздушной линии на месте подачи огнетушащих веществ, пожарный обеспечивает себя воздухом и прекращает расходовать воздух из баллона дыхательного

аппарата, тем самым оставляет резерв воздуха на непредвиденные обстоятельства, в случае обрыва воздушной линии или какой-либо аварийной ситуации;

• Конструкция коллектора требует изменений, так как подключение к данному коллектору (рис.4) вызывало некий дискомфорт при передвижении и выполнения какой-либо работы. Возможно, необходимо разработать несколько таких коллекторов меньшего размера, для того чтобы каждый пожарный в звене мог свободно подключиться, тем самым исключив неудобства при выполнении работ;

• При транспортировке воздуха по рукавной линии 20 *м* под давлением от 4 до 10 *атм* к дыхательному аппарату, рукав имеет следующие характеристики: рукав не проминается под весом человека (80-100 кг); рукавом можно управлять во все стороны без особых физических усилий; с рукавом можно передвигаться;

• Конструкция коллектора (распределителя) выдерживает давление сжатого воздуха 4-10 атм.; исправно распределяет воздух как в систему редуцированного давления дыхательного аппарата, так и напрямую в легочный автомат; позволяет не использовать воздух из баллонов.



Рис. 3. Поведение рукавной линии при подаче сжатого воздуха под давлением 6



Рис. 4. Подключение газодымозащитника
к коллектору (распределителю) воздуха

В результате проведённого эксперимента была успешно исследована возможность обеспечения непрерывного тушения пожара за счёт подачи воздуха с помощью рукавной линии к дыхательному аппарату из безопасной зоны.

Литература

1. Габдуллин В. Б., Ищенко А. Д. Влияние периодов работы звеньев газодымозащитной службы на непрерывность тушения пожара // Технологии техносферной безопасности. Вып. 1 (87). 2020. С. 25-37. DOI: 10.25257/TTS.2020.1.87.25-37

2. Габдуллин В.Б., Ищенко А.Д. Исследование механизма действий звеньев газодымозащитной службы в условиях, приближенных к реальным// Системы безопасности – 2019: матер. 28-й междунар. науч.-техн. конф. М.: Академия ГПС МЧС России, 2019.

3. Ищенко А. Д., Коршунов И. В., Соковнин А. И. Зависимость скорости движения звена ГДЗС от снижения видимости в дыму // Актуальные вопросы профессиональной подготовки пожарных и спасателей: сб. матер. межвузовской науч.-практ. конф. Иваново: ИПСА ГПС МЧС России, 2017. С. 45-47.

4. Габдуллин В.Б., Ищенко А.Д. Обеспечение непрерывности тушения пожаров на объектах энергетики в условиях непригодной для дыхания среды // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2021. № 3. С. 44–51, DOI: 10.25257/FE.2021.3.44-51

Г.И. Крючков[1], В.И. Голованов[1], А.А. Комиссаров[2], Д.В. Тен[2]
([1]Академия Государственной противопожарной службы МЧС России,
[2]Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС;
e-mail: dmuxa@bk.ru)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОСНОВНЫХ МАРОК СТРОИТЕЛЬНЫХ СТАЛЕЙ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Представлены результаты экспериментальных исследований механических свойств различных марок сталей наиболее широко применяемого в настоящее время строительного металлопроката, включая прокат с повышенными показателями термостойкости. Результаты исследований и испытаний оформлены в виде справочных данных (графиков, таблиц), содержащих информацию о зависимостях, температурно-прочностные характеристики.

Ключевые слова: строительный металлопрокат, огнестойкость, класс прочности, модуль упругости, предел текучести.

G.I. Kryuchkov, V.I. Golovanov, A.A. Komissarov, D.V. Ten

STUDY OF STRENGTH CHARACTERISTICS OF THE MAIN GRADES OF BUILDING STEELS AT ELEVATED TEMPERATURES

The paper presents the results of experimental studies of mechanical properties of different steel grades of the most widely used nowadays construction rolled metal products, including rolled products with increased heat resistance characteristics. The results of research and tests are presented in the form of reference data (graphs, tables), containing information about dependences, temperature-strength characteristics.

Keywords: construction rolled metal products, fire resistance, strength class, modulus of elasticity, yield strength.

В настоящее время при строительстве зданий и сооружений широко используется стальной прокат. Основным требованием к строительным сталям является наличие высокой конструкционной прочности, под которой следует понимать сопротивление стали нагрузкам, имеющим место при эксплуатации сооружений: статическим, ударным, циклическим, которые происходят не только в условиях естественных агрессивных сред, отрицательных климатических температур, но и при высокотемпературном нагреве стальных конструкций [1]. При пожаре элементы стальных конструкций, каркасов зданий, оказавшиеся в зоне высоких температур, теряют свои прочностные свойства, в результате чего сооружение может разрушиться [2]. Поэтому строительными и противопожарными нормами

устанавливаются требования к пределам огнестойкости строительных конструкций, определены способы обеспечения требуемых пределов огнестойкости, в первую очередь посредством применения огнезащитных покрытий.

В результате проведённых исследований современная наука располагает достоверной информацией о физико-химических процессах, происходящих в стали при нагревании, установлены общие зависимости прочностных характеристик стали при повышенных температурах [3]. Однако необходимо отметить, что в отчётах о проведённых ранее исследованиях, научно-технической, нормативной, методической литературе отсутствуют систематизированные, актуальные результаты исследований по определению зависимости прочностных свойств современных наиболее распространённых марок строительных сталей (в том числе с повышенными показателями термостойкости) от температуры [4].

В рамках выполнения данной работы проведено исследование механических характеристик стали при повышенных температурах в соответствии с ГОСТ 9651-84 "Металлы. Методы испытаний на растяжение при повышенных температурах" на малогабаритных образцах строительных сталей (включая с повышенными показателями термостойкости) классов прочности: С255, С345, С355П, С390. Статические испытания механических свойств проводили на цилиндрических образцах тип В, с резьбой М10 на головках и рабочим диаметром 4 мм. Методика определения высокотемпературных механических свойств проката, предусматривала нагрев указанных образцов со скоростью не более 10 °*С*/*мин* до заданной температуры испытания, выдержку в течение 15 *мин* и проведение испытания на статическое одноосное растяжение. При проведении испытаний температуру образцов варьировали на различном уровне от комнатной (20 °*С*) до 650-700 °*С* с шагом 50-100 °*С*. Скорость движения захватов разрывной машины составляла 5 *мм*/*мин*.

Характер изменения прочностных характеристик проката при нагреве, необходимых для расчёта строительных металлоконструкций, установленный для исследованных образцов в ходе экспериментальных исследований, показан на графиках (рис. 1-3). Ключевым параметром для оценки огнестойкости рассматриваемых опытных образцов проката является предел текучести при огневом воздействии, поскольку именно он определяет начало и интенсивность пластической деформации строительных металлоконструкций, сопровождающейся их разрушением в условиях пожара. По действующим нормативам за условную температуру этого огневого воздействия принимается 500-600 °*С* [1, 5].

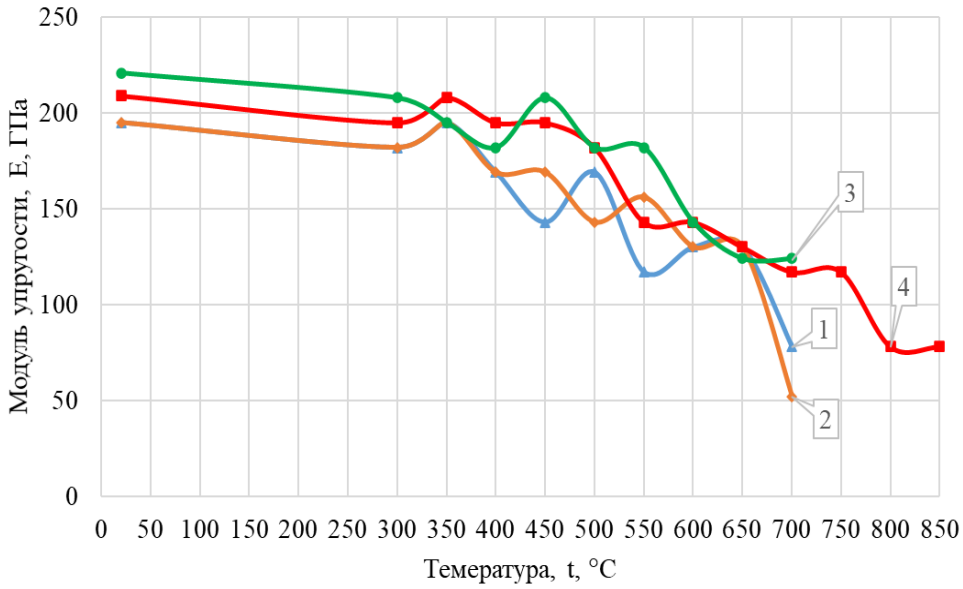


Рис. 1. График зависимости модуля упругости от температуры
1 – С255, 2 – С345, 3 – С390, 4 – С355П

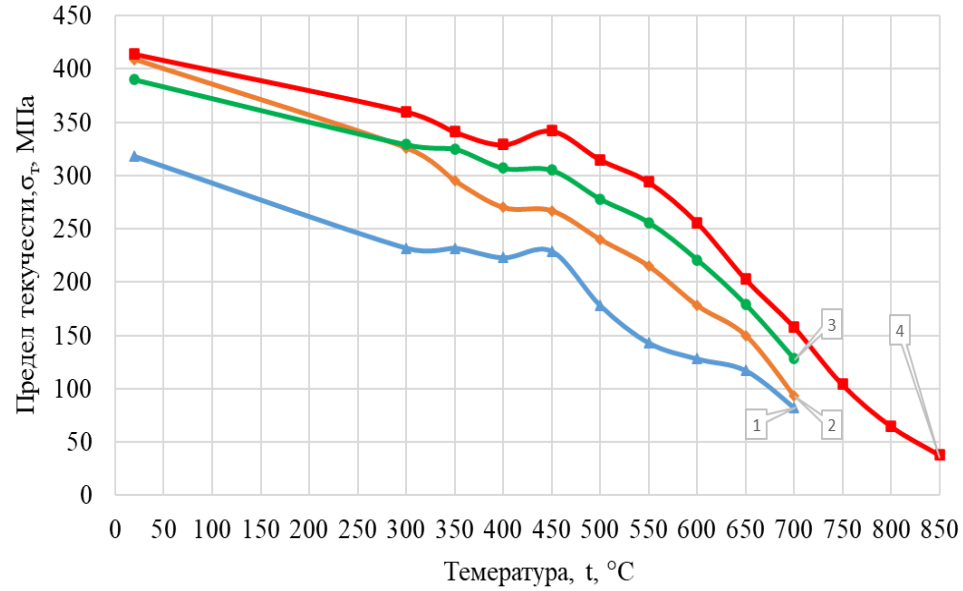


Рис. 2. График зависимости предела текучести от температуры
1 – С255, 2 – С345, 3 – С390, 4 – С355П

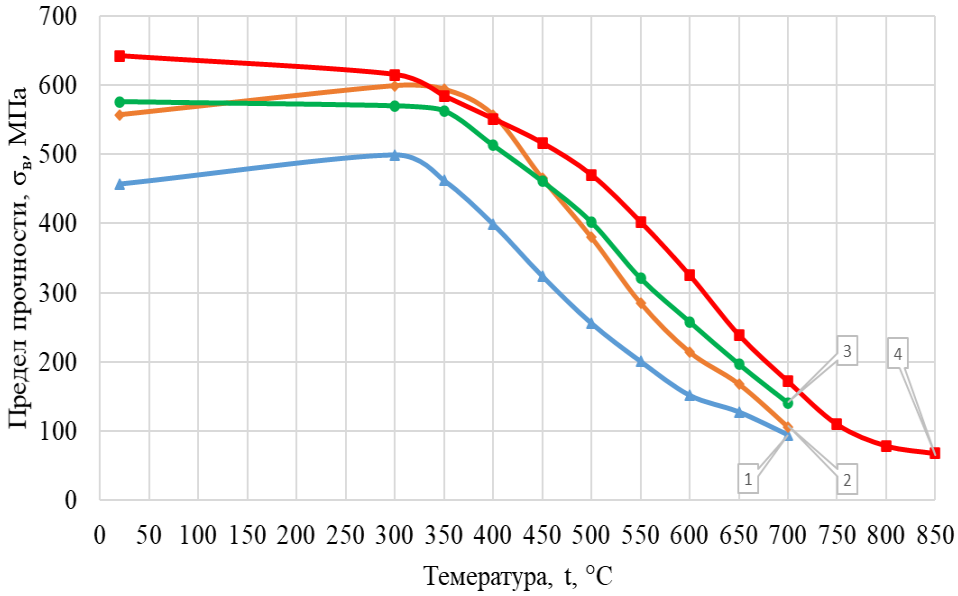


Рис. 3. График зависимости предела прочности от температуры
1 – С255, 2 – С345, 3 – С390, 4 – С355П

В результате проведённых экспериментов установлено, что строительные стали различных групп и классов прочности (марок стали) имеют существенные различия в характере изменения прочностных характеристик при повышенных температурах. Так для стали С255 предел текучести при повышении температуры до 300°С снижается до 73 % от первоначального значения, для С345 до 80 %, С355П до 87 %, С390 до 84 %. При достижении температуры 500 °*С* предел текучести стали С255 снижается до 56 % от первоначального значения, для С345 до 59 %, С355П до 76 %, С390 до 71 %. Снижение предела текучести до 50 % от первоначального значения текучести для стали С255 происходит в диапазоне температур 500-550 °*С*, для С345 в диапазоне температур 550-600 °*С*, для С355П при температуре 650 °*С*, для С390 в диапазоне температур 600-650 °*С*.

Из полученных результатов видно, что металлопрокат с повышенными показателями термостойкости имеет более высокие показатели сохранности прочностных характеристик при повышенных температурах. Применение огнестойких сталей при изготовлении строительных конструкций может рассматриваться как один из способов повышения огнестойкости зданий и сооружений.

По результатам проведённых испытаний образцов проката различных классов прочности С255 (сталь Ст3сп), С345 (сталь 09Г2С), С390 (сталь 14Г2), включая класс прочности с повышенными показателями огнестойкости С355П (сталь 06МБФ), определены показатели их прочностных

характеристик при повышенных температурах, которые могут быть использованы при проектировании и изготовлении металлоконструкций строительного назначения, а также при разработке расчётно-аналитических методов определения пределов их огнестойкости. Рассмотрена динамика изменения этих свойств в процессе нагрева металлопроката в диапазоне температур, установленном для огнестойких сталей.

Полученные данные по прочностным характеристикам указанной металлопродукции позволяют повысить точность расчётов при оценке огнестойкости несущих стальных конструкций и осуществлять более обоснованное проектирование в строительстве, обеспечивая повышение безопасности и устойчивости зданий и сооружений к огневому воздействию при пожаре. Расширение возможностей для использования сортамента проката с повышенной огнестойкостью позволит снизить металлоёмкость и себестоимость строительства, повысит конкурентоспособность и привлекательность применения стальных конструкций в строительстве зданий и сооружений различного назначения.

Исследования были проведены в рамках комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства по теме "Разработка и освоение инновационной технологии производства высокопрочного стального проката для изготовления строительных конструкций с нормируемым пределом огнестойкости с целью обеспечения эксплуатационной безопасности производственных и гражданских объектов в экстремальных условиях" (Постановление Правительства РФ №218 от 09.04.10, договор №075-11-2020-042 от 14.12.2020).

Литература

1. Яковлев А.И. Расчёт огнестойкости строительных конструкций. М., 1988. 143 с.

2. Голованов В.И., Пронин Д.Г. Влияние развития нормативной базы в области пожарной безопасности на применение стали в строительстве // Промышленное и гражданское строительство. 2021. № 10. С. 24-29.

3. Голованов В.И., Крючков Г.И. Оценка огнестойкости стальных конструкций при нормируемых температурных режимах пожара // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2021. № 3. С. 52-60.

4. Комиссаров А.А., Тихонов С.М., Тен Д.В., Матросов М.Ю., Глухов П.А., Пехотиков А.В., Кузнецов Д.В. Сравнительная огнестойкость современных строительных сталей // Сталь. 2021. № 11. С. 40-45.

5. Одесский П.Д., Ведяков И.И. Сталь в строительных металлических конструкциях. М.: Металлургиздат, 2018. 906 с.

А.А. Михиенкова, В.Н. Козырев, С.М. Ртищев, М.В. Илеменов, Д.А. Минайлов, А.И. Ермолаев
(Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России; e-mail: bukaka51@mail.ru)

РУКАВНЫЕ КАТУШКИ С ПОЛУЖЁСТКИМИ НАПОРНЫМИ ПОЖАРНЫМИ РУКАВАМИ ДЛЯ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Рассмотрены основные нормативные документы, действие которых распространяется на рукавные катушки с полужёсткими пожарными рукавами для тушения пожаров в зданиях и сооружениях с внутренним противопожарным водопроводом. Исследованы основные преимущества применения рукавных катушек с полужёсткими напорными пожарными рукавами, а также их технические характеристики.

Ключевые слова: рукавные катушки, полужёсткие напорные пожарные рукава, внутренний противопожарный водопровод.

A.A. Mikhiyenkova, V.N. Kozyrev, S.M. Rtishchev, M.V. Ilemenov, D.A. Minaylov, A.I. Yermolayev

HOSE REELS WITH SEMI-RIGID PRESSURE FIRE HOSES FOR FIRE PROTECTION OF BUILDINGS AND STRUCTURES

The main regulatory documents are considered, the effect of which applies to hose reels with semi-rigid fire hoses for extinguishing fires in buildings and structures with internal fire water supply. The main advantages of using hose reels with semi-rigid pressure fire hoses, as well as their technical characteristics, are investigated.

Keywords: hose reels, semi-rigid pressure fire hoses, internal fire-prevention pipeline.

В системах противопожарной защиты иностранных государств применяются катушки с полужёсткими напорными пожарными рукавами и традиционные плоско-складывающиеся напорные пожарные рукава.

В России рукавные катушки с полужёсткими рукавами применяются только в составе пожарно-технического вооружения пожарных автомобилей.

Сложившаяся ситуация обусловлена отсутствием нормативных документов, однозначно определяющих назначение и технические характеристики рукавных катушек с полужёсткими рукавами, а также отсутствием какого-либо упоминания о подобных устройствах в технических регламентах [1, 2].

В настоящее время ведётся инициативная разработка идентичного межгосударственного стандарта ГОСТ EN 671-1 "Стационарные установки пожаротушения. Рукавные системы. Рукавные катушки с полужёстким рукавом".

Актуальность внедрения ГОСТ EN 671-1 состоит в необходимости внедрения более прогрессивных систем противопожарной защиты в ряду первичных средств пожаротушения.

Рукавная катушка с полужёстким напорным пожарным рукавом представляет собой устройство, состоящее из запорного устройства, рукавной катушки и намотанного на него полужёсткого напорного пожарного рукава к которому присоединён перекрывной ручной пожарный ствол с распылителем. Особенностью рукавной катушки является то, что полужёсткий пожарный рукав присоединён к узлу катушки с уплотнителями, который обеспечивает герметичность соединения при его вращении под избыточным давлением рукавной катушки (рис. 1).



Рис. 1. Рукавная катушка с полужёстким напорным пожарным рукавом присоединена к запорному пожарному клапану

Рукавные катушки могут быть на ручном или автоматическом пуске воды. На рис. 1 показана рукавная катушка на ручном пуске, осуществляемом за счёт вращения маховика запорного клапана. Рукавные катушки на автоматическом пуске оборудованы автоматическим клапаном, который открывается после трёх или четырёх оборотов рукавной катушки.

Эффективная дальность полёта струи при давлении 0,2 *МПа* составляет:

при компактной струе – не менее 10 *м*;

при распылённой струе – не менее 6 *м*;

при конической распылённой струе – не менее 3 *м*.

Номинальный диаметр технических средств, входящих в состав ПК-м, должен составлять DN 5, DN 10, DN 15, DN 20, DN 25 или DN 40 [4], что противоречит данным [3], приведённым в табл. 1.

В настоящее время действует стандарт ГОСТ Р 58540-2019 "Техника пожарная. Рукава пожарные напорные полужёсткие. Общие технические требования. Методы испытаний", который является не эквивалентным (NEQ) по отношению к международным стандартам:

- EN 694-2007 "Рукава пожарные. Рукава полужёсткие для стационарных систем";

- EN 1947-2007 "Рукава пожарные. Полужёсткие напорные рукава и рукава в сборе для насосов и автомобилей".

Полужёсткие рукава малого давления (РМД), предназначенные для стационарных систем пожаротушения зданий и сооружений с внутренним противопожарным водопроводом (ВПВ), подразделяются в зависимости от рабочего давления, которое должно варьироваться от 0,7 до 1,2 *МПа*.

Номинальные и внутренние диаметры полужёстких рукавов для стационарных систем пожаротушения приведены в табл. 1.

Таблица 1

Номинальный диаметр рукава, DN	Внутренний диаметр рукава, *мм*	
	Номин.	Пред. откл.
20	19	+1,0
		-0,5
25	25	±1,0
32	33	+1,5
		-1,0

Согласно EN 671-1 длина полужёсткого пожарного рукава на рукавной катушке может варьироваться в пределах от 10 до 30 *м*, что значительно превышает длину обычных плоско складывающихся напорных пожарных рукавов, составляющую от 10 до 21 *м*. Конструкция полужёсткого рукава позволяет прокладывать рукавную линию в удалённые и трудно доступные помещения, что повышает эффективность тушения возгораний и пожаров.

Технические характеристики рукавных катушек по герметичности и прочности при испытательном и минимальном разрывном гидравлических давлениях, установленные в стандарте EN 671-1, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Номинальный, диаметр рукава	Рабочее давление, *МПа*	Испытательное давление, *МПа*	Минимальное разрывное, *МПа*
20	1,2	1,8	3,0
25	1,2	1,8	3,0
32	0,7	1,05	1,75

Рабочее давление для рукавных катушек номинальными диаметрами 20, 25 составляет 1,2 *МПа*.

Минимальный расход воды через рукавную катушку в зависимости от диаметра насадка ствола, приведён в табл. 3.

Таблица 3

Диаметр насадка, *мм*	Расход, *л/с* при давлении *МПа*		
	0,2	0,4	0,6
4	0,2	0,3	0,37
5	0,3	0,43	0,52
6	0,4	0,57	0,68
7	0,51	0,73	0,88
8	0,65	0,93	1,13
9	0,77	1,1	1,33
10	0,98	1,4	1,70
12	1,5	2,13	2,6

В СП 10.13130 [4] введены требования к рукавным катушкам, которые попадают под определение малорасходный пожарный кран (ПК-м): пожарный кран с расходом не более 1,5 *л/с*.

Анализ расходных характеристик рукавных катушек показывает, что согласно СП 10.13130 [4] они могут отнесены как среднерасходным, так и к малорасходным пожарным кранам. Широкий спектр расходных характеристик расширяет функциональные возможности рукавных катушек. В первую очередь это экономное применение огнетушащего вещества в том числе с использованием тонкораспылённой воды (ТРВ) с возможностью точного направления потока в области разряжения создаваемого очагом возгорания или пожара.

Рукавные катушки позволяют развёртывать рукавную линию одним пожарным или человеком. Применение рукавной катушки в составе малорасходного крана, не требует от человека, специальной физической подготовки, достаточно простого ознакомительного инструктажа о приведении в действие устройства и техники безопасности тушения возгораний на начальной стадии. Внедрение рукавных катушек может значительно повысить степень г гражданкой защиты от пожаров до прибытия пожарных подразделений.

Рукавные катушки с полужёсткими напорными рукавами обеспечивают стандартные [3] напорные и расходные характеристики.

Выводы: рукавные катушки с полужёстким напорным пожарным рукавом обладают целым рядом преимуществ по сравнению с пожарным краном, в комплект которого входит плоско-складывающийся напорный пожарный рукав.

1. Значительно меньшее, примерно в два раза, время развёртывание рукавной линии на всю длину.

2. Возможность тушения пожара с начальной точки развёртывания и манёвра, то есть изменение направления и длины прокладки рукавной линии в зависимости от развития горения и распространения опасных факторов пожара. Пуск воды в плоско-складывающийся напорный пожарный рукав возможен только после полного его развёртывания.

3. Возможность развёртывание рукавной линии одним человеком в отличие от плоско-складывающегося напорного пожарного рукава, развёртывание которого необходимо осуществлять двумя людьми.

4. Отсутствует явление перегиба рукава по сравнению с плоско складывающимся напорным пожарным рукавом вследствие того, что рукавная линия всегда находится под давлением.

5. Простота и удобство применения, в частности, могут использоваться людьми, прошедшими инструктаж.

Литература

1. Технический регламент Евразийского экономического союза "О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения" ТР ЕАЭС 043/2017.

2. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".

3. EN 671-1-2012. Fixed firefighting systems. Hose systems Hose reels with semi-rigid hose.

4. СП 10.13130. Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Нормы и правила проектирования.

А.А. Михиенкова, В.Н. Козырев, С.М. Ртищев, М.В. Илеменов,
Д.А. Минайлов, А.И. Ермолаев
(Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России; e-mail: bukaka51@mail.ru)

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ НАСОСНО-РУКАВНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Рассмотрены вопросы нормативного обеспечения и организации технического обслуживания рукавов насосно-рукавного комплексов высокой производительности. Проанализированы особенности технического обслуживания и ремонта пожарных рукавов в полевых условиях и в условиях пожарных частей и сделаны выводы о возможных путях решения проблем технического обслуживания и ремонта.

Ключевые слова: напорные рукава больших диаметров, эксплуатация, техническое обслуживание, высокопроизводительные насосно-рукавные комплексы.

A.A. Mikhiyenkova, V.N. Kozyrev, S.M. Rtishchev, M.V. Ilemenov,
D.A. Minaylov, A.I. Yermolayev

FEATURES OF MAINTENANCE AND REPAIR OF FIRE HOSES OF HIGH-PERFORMANCE PUMP-HOSE COMPLEXES

The paper considers the issues of regulatory support and organization of maintenance of hoses of high-performance pumping-bag complexes. The features of maintenance and repair of fire hoses in the field and in the conditions of fire stations are analyzed and conclusions are drawn about possible ways to solve problems of maintenance and repair.

Keywords: pressure hoses of large diameters, operation, maintenance, high-performance pump-bag complexes.

Применение воспроизводительных насосных комплексов для защиты промышленных объектов и инфраструктуры населённых пунктов при тушении ландшафтных пожаров и при ликвидации последствий природных и техногенных наводнений является актуальной проблемой для подразделений МЧС России.

Для решения этой проблемы кроме оснащения МЧС насосно-рукавными комплексами высокой производительностью необходимо иметь соответствующую подготовку для осуществления технически грамотной эксплуатации данной техники.

Приказом МЧС России от 1 октября 2020 г. № 737 утверждено "Руководство по организации материально-технического обеспечения МЧС России" (далее – Руководство) [1] в состав, которого включён "Порядок эксплуатации пожарных рукавов", приведённый в приложении № 43 к Руководству (п. 273).

Положения "Порядка эксплуатации пожарных рукавов" предусматривают указания по эксплуатации и техническому обслуживанию для напорных пожарных рукавов, в том числе с номинальным диаметром (DN) свыше 150, включая DN 200, 250 и 300.

Основные технические характеристики данных рукавов приведены в ГОСТ Р 51049-2019 [2].

В п. 1.4.3 "Порядка эксплуатации пожарных рукавов" определены особенности технического обслуживания напорных рукавов с DN свыше 150. Таким образом, согласно Руководству, техническое обслуживание напорных рукавов с DN свыше 150, в том числе DN 200, 250 и 300 включает в себя:

- мойку;
- внешний осмотр;
- ремонт;
- испытания;
- хранение.

Технологическая схема технического обслуживания (ТО) рукавов с DN свыше 150 приведена на рис. 1.

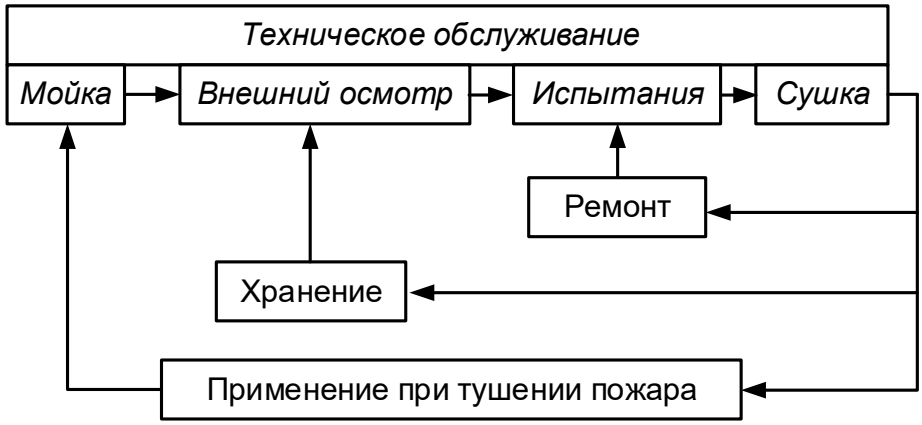


Рис. 1. Технологическая схема эксплуатации пожарных напорных рукавов с DN свыше 150

Для рукавов с DN свыше 150 за счёт технических особенностей и массогабаритных характеристик, возможно, применение следующих схем ТО:

- обслуживание в полевых условиях;
- обслуживание в условиях пожарно-спасательной части.

В полевых условиях для обслуживания рукав после их применения проводятся следующие операции:

- удаление остатков воды;
- первичная очистка рукавов и укладка рукавной линии в отсек высокопроизводительного насосно-рукавного комплекса (ВП НРК).

Для реализации возможности удаления воды и сушки рукавов в полевых условиях необходим компрессор, работающий от двигателя внутреннего сгорания ВП НРК, а также устройство подогрева воздуха.

Удаление остатков воды может проводиться с помощью продувки рукавов сжатым воздухом, а также прогонкой внутри рукава специального мягкого пыжа в виде шара или цилиндра размером, соответствующим номинальному диаметру рукава. При этом продувку воздухом или прогонку пыжом можно осуществлять, как одного отдельного рукава, так и нескольких соединённых последовательно между собой.

Первичная очистка, сушка наружной поверхности могут осуществляться с помощью водяных распылителей или форсунок для обдува сжатым воздухом. Укладка рукава в отсек МСП производится с помощью размещённого на нём специального механизированного устройства прокладывания рукавов на местности и укладки их после применения обратно в отсек.

В условиях пожарно-спасательной части для обслуживания рукавов, возможно, использование следующего специального оборудования:

- рукавные катушки для сматывания рукавов в процессе ТО или специальных бункеров;
- кран-балка или аналогичное устройство для снятия и установки рукавных катушек на опоры;
- две опоры для рукавных катушек с механическим приводом для реверсного вращения катушек;
- передвижное высоконапорное устройство подачи воды для мойки рукавов (типа мойки для автомобилей);
- специальная тепловая пушка для сушки внешней поверхности рукавов.

Чистка пожарных рукавов может осуществляться с помощью агрегата и оборудования автоматизированной сборки и первичной очистки рукавов, входящих в состав ВП НРК.

Для удаления и временного хранения воды или раствора пенообразователя, заполнявших рукава, целесообразно использовать ёмкости пожарных цистерн или временные эластичные полимерные ёмкости (резервуары).

При проведении технического обслуживания в условиях рукавных баз необходимо учитывать массогабаритные характеристики пожарных рукавов от DN 200 до DN 300, их испытания на герметичность и прочность следует проводить с использованием специального насосного оборудования.

Указанное оборудование предполагает следующую процедуру обслуживания рукавов.

Рукавная линия из отсека рукавного автомобиля наматывается на катушку, установленную на опору. Допустимая длина наматываемой рукавной линии, устанавливается в конструкторской документации на рукавную катушку, исходя из массы рукавной линии, удобства её обслуживания, габаритных размеров катушки и опоры.

После этого, свободный конец намотанной рукавной линии наматывается на другую рукавную катушку, установленную на вторую опору с одновременной мойкой рукавов с помощью устройства подачи воды.

После завершения процесса мойки рукавная линия наматывается на первую катушку с одновременной сушкой рукавов тепловой пушкой. При этом проводится визуальная оценка внешнего вида и технического состояния рукавов и соединительной арматуры на наличие механических, термических и других повреждений. При необходимости проводятся испытания рукавов на герметичность при рабочем давлении рукава с использованием гидравлического оборудования, входящего в состав ВП НРК.

По окончании намотки сухой рукавной линии, катушка с ней снимается с опоры с помощью кран-балки или аналогичного устройства и укладывается на твёрдую ровную поверхность. На свободную опору устанавливается пустая катушка. Описанный процесс повторяется для следующего участка рукавной линии.

Далее, каждая катушка с вымытыми и просушенными рукавами ставится на опору и с помощью устройства механизированного прокладывания рукавов и их укладки, рукавные линии обратно укладываются в просушенный рукавный отсек и одновременно соединяются в одну рукавную линию.

В соответствии с положениями "Порядка эксплуатации пожарных рукавов" дополнительные указания по транспортированию и хранению, а также ремонт напорных рукавов с DN свыше 150 проводятся с учётом рекомендаций предприятий-изготовителей, указанных в КД на

В 2020 г. специалистами ВНИИПО МЧС России проведён анализ применения насосно-перекачивающей техники и плоскосворачиваемых полиуретановых напорных рукавов DN 100, используемых при аварийной перекачке водно-дизельной смеси из зоны ликвидации розлива нефтепродуктов на реке Амбарная в Норильском городском округе Красноярского края, где Решением правительственной комиссии был введён режим ЧС федерального характера, поскольку произошёл розлив 21163 тонны дизельного топлива. За время ликвидации ЧС откачано 33084 $м^3$ водно-дизельной смеси.

Анализ применения плоскосворачиваемых полиуретановых напорных рукавов DN 100 (далее – рукава) выявил ряд особенностей эксплуатации и технического обслуживания рукавов с внутренним и наружным покрытием из полиуретана, которые могут быть применимы, в том числе для рукавов с DN 200, 250 и 300.

Таким образом, данные рукава перед эксплуатацией должны подвергаться осмотру на наличие возможных внешних повреждений или дефектов. При этом внешняя поверхность рукава не должна иметь порезов, разрывов, отслоений, вздутий и тому подобных дефектов.

При прокладке рукавных линий необходимо следить, чтобы рукава не имели перекручивания или резких перегибов, не допускать их прокладку по острым или горящим (тлеющим) предметам и поверхностям, залитым горюче-смазочными материалами или химикатами.

При обнаружении повреждения текстильного каркаса рукава к дальнейшей эксплуатации они не допускается.

В процессе работы по всей длине рукавной линии проводится периодический осмотр на наличие протечек. Следует обращать внимание на любые вышеуказанные отклонения и потери давления. В случае обнаружения протекания или порыва рукавов, необходимо немедленно остановить систему и провести ремонт.

При эксплуатации рукавов запрещается:

а) превышать давление в рукавах выше максимально допустимого рабочего давления;

б) эксплуатация при потере герметичности или с повреждённым текстильным каркасом;

в) отогревать рукава с замершим или загустевшим перекачиваемым веществом применением открытого огня, пара и других источников с температурой более 80 °*C*;

г) оказывать на рукава колющие, режущие и другие ударные воздействия различными предметами, осуществлять наезд транспортными средствами или другие действия, которые могут повлечь за собой повреждения рукавов или соединительной арматуры;

д) перетаскивать рукава по поверхностям и предметам, которые могут вызвать механические повреждения;

е) использовать рукава с неисправными соединительными головками. Неисправные соединительные головки необходимо заменить на исправные.

В процессе обращения с рукавами необходимо соблюдать следующие меры безопасности:

а) не отсоединять рукав или соединительную головку, если в рукаве есть давление. Если в месте, где предполагается произвести разъединение не будет рядом манометра, необходимо встать на рукав, чтобы убедиться, что он мягкий. Если давление жидкости или воздуха в рукаве составляет более 0,3 *кгс*/*см*^{2}, он будет чувствоваться твёрдым и отсоединение в это время может привести к телесным повреждениям.

б) необходимо помнить, что рукав при прикладывании растягивающих усилий может натянуться и при резком снижении давления подействовать как резиновая лента, которая может вызвать резкие сокращения подобно "хлысту" и вызвать телесные повреждения.

в) не следует находиться рядом с незакреплённым концом рукава, когда он продувается сжатым воздухом или по нему подаётся вода или другая среда. Незакреплённый конец может взлететь в воздух и нанести телесные повреждения человеку.

г) стараться не допускать попадания в систему камней или других твёрдых предметов, поскольку они могут повредить рукав.

В процессе эксплуатации и технического обслуживания рукава могут получать различные повреждения.

При наличии видимых механических повреждений (проколы, абразивный износ, порывы и т. п.), потере герметичности, в зависимости от характера повреждения, их ремонтируют одним из следующих способов:

а) приваркой заплат или наваривaнием при помощи промышленного фена слоя полиуретана на наружную поверхность ремонтируемого рукава при наличии целостности тканевой основы (корда);

б) при сквозном проколе или разрыве тканевой основы (корда) рукава – повреждённый участок вырезают и монтируют на неповреждённые его концы соединительные головки. В дальнейшем такой рукав при положительных результатах гидравлических испытаний, может эксплуатироваться без ограничений с учётом уменьшенной длины.

Восстановление работоспособности рукавной линии в полевых условиях, возможно, производить вырезанием повреждённого участка рукава и перестановкой соединительных головок.

В случае порыва рукава работник должен:

- по доступному средству связи немедленно дать команду оператору на остановку насосного агрегата;
- подождать пока давление в рукаве упадёт до нуля и только после этого приступить к ремонту;
- пережать рукав струбциной сначала со стороны насосного агрегата, затем со стороны линии выхода потока. В случае, если на местности имеются уклоны, пережим следует начинать со стороны более высокого уровня;
- промыть водой место порыва;
- вырезать ножом место порыва с обеих сторон;
- надеть на рукавные концы новые соединительные головки и произвести их монтаж в соответствии с требованиями эксплуатационной документации на них;
- снять зажимные струбцины.

Для выполнения операций ремонта применяются следующие средства:

- угольник для разметки линии отреза рукава;
- маркер;
- нож для отрезания рукава.

Отремонтированные рукава от DN 200 до DN 300, включая рукава с покрытием из полиуретана, подвергают гидравлическим испытаниям на герметичность при рабочем давлении рукава в соответствии с п. 1.4.3 "Порядка эксплуатации пожарных рукавов".

На испытываемом рукаве и в местах соединений с головками не должно быть появления свищей, просачивания и капель воды, разрывов и местных вздутий.

По окончании ремонта в паспорт (формуляр) изделия вносят сведения о ремонте (вид ремонта, характер повреждения, изменение длины).

В 2020 г. специалистами ВНИИПО МЧС России выполнялась НИР: "Проведение научных исследований по разработке исходных данных и проекта технического задания на опытно-конструкторскую работу по разработке и созданию новых образцов пожарных рукавов, пожарной техники, оборудования и испытательной базы к ним с улучшенными характеристиками и применением современных материалов" (НИР "Перспектива-ПТВ") (п. 26 раздела III Плана научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ МЧС России на 2020 год и плановый период 2021 и 2022 годов, утверждённого приказом МЧС России от 29 апреля 2020 г. № 274).

Для выполнения работ по НИР были привлечены в качестве соисполнителей следующие организации:

- Академия ГПС МЧС России;
- Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России;
- Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России;
- Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

По информации, представленной в научно-технических отчётах от организаций-соисполнителей НИР "Перспектива-ПТВ", можно констатировать, что в настоящее время специальное оборудование по техническому обслуживанию и ремонту пожарных рукавов от DN 200, до DN 300 на вооружении пожарно-спасательных подразделений не состоит.

Вместе с этим, возможно использование существующего технологического оборудования для удаления остатков воды и талькирования (при необходимости) пожарных рукавов с DN свыше 150 при проведении соответствующей модернизации его конструктивных элементов.

Выводы:

1. На высокопроизводительных рукавных комплексах по возможности должно быть предусмотрено размещение оборудование для удаления воды, первичной очистки пожарных рукавов и сушки наружной поверхности в полевых условиях.

2. В целях технически правильного оснащения пожарно-спасательных необходимо проведение НИР и ОКР по разработке и созданию специального оборудования по техническому обслуживанию и ремонту пожарных

рукавов от DN 200, до DN 300 в условиях стационарных рукавных баз для оснащения ими пожарно-спасательных подразделений с учётом массогабаритных характеристик рукавов.

3. Высокопроизводительных рукавных комплексах должны быть оснащены инструментом и вспомогательным оборудованием для проведения ремонта пожарных рукавов в полевых условиях.

Литература

1. Приказ МЧС России от 1 октября 2020 г. № 737 "Об утверждении Руководства по организации материально-технического обеспечения Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий".

2. ГОСТ Р 51049-2019 "Техника пожарная. Рукава пожарные напорные. Общие технические требования. Методы испытаний".

Е.В. Мельдер, А.Б. Сивенков
(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: gokamel@yandex.ru)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМБИНАЦИИ ВСПУЧИВАЮЩИХСЯ ОГНЕЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Рассматривается вопрос оценки эффективности вспучивающихся огнезащитных покрытий для стальных строительных конструкций. Показана возможность повышения эффективности вспучивающихся (интумесцентных) покрытий путём их комбинации. Впервые установлена перспективность разработки и применения комбинированных интумесцентных покрытий для повышения предела огнестойкости стальных конструкций.

Ключевые слова: вспучивающиеся составы, стальные конструкции, предел огнестойкости, огнезащитная эффективность, комбинированные способы огнезащиты.

Y.V. Melder, A.B. Sivenkov

TH E EFFICIENCY OF THE COMBINATION OF BULGING FLAME RETARDANT COATINGS FOR STEEL CONSTRUCTIONS

The article deals with the issue of evaluating the effectiveness of bulging flame retardant coatings for steel building structures. The possibility of increasing the efficiency of bulging (intumescent) coatings by combining them is shown. For the first time, the prospects for the development and application of combined intumescent coatings to increase the fire resistance limit of steel structures have been established.

Keywords: swelling compounds, steel structures, fire resistance limit, flame retardant efficiency, combined methods of fire protection.

Достаточно перспективным направлением в области огнезащиты является применение комбинированных покрытий для повышения огнестойкости стальных строительных конструкций. Известно, что в отличие от монолитных конструкций, стальные конструкции обладают меньшим весом при больших пролётах, лёгкостью монтажа, транспортабельностью, технологичностью.

Однако основным недостатком данных конструкций является незначительный предел их огнестойкости (около 15 *мин*). В соответствии с Федеральным законом от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности", требуемые пределы огнестойкости конструкций, используемых при строительстве, соответствуют показателям от 15 до 120 *мин* (в зависимости от степени огнестойкости здания).

Для повышения пределов огнестойкости используются различные пассивные средства противопожарной защиты [1]. Среди них наиболее востребованными на сегодняшний день являются вспучивающиеся (интумесцентные) огнезащитные составы, преимуществами которых перед другими средствами огнезащиты являются: небольшой вес и толщина покрытия, относительно низкая трудоёмкость при нанесении, ремонтопригодность и вибростойкость, а также хорошие декоративные качества [2]. Данные системы способны значительно снижать скорость прироста температуры защищаемой поверхности при огневом воздействии благодаря следующим факторам [3, 4]:

- поглощением тепла, связанного с различного рода физическими и химическими преобразованиями вспучивающегося материала в ходе формирования теплоизолирующего пенококса;

- тепловым сопротивлением формирующегося карбонизированного слоя, обусловленного его структурой, плотностью каркаса, теплопроводностью, термостабильностью и условиями его получения.

В ходе научных исследований были проведены испытания на прогрев стальных пластин (250×270×2 *мм*) с нанесёнными разработанными огнезащитными покрытиями. Режим пожара, поддерживаемый печью, был близким к стандартному температурному режиму. Испытания проводились до момента достижения температуры 1000 °*C* внутри муфельной печи ЭКПС-10. Покрытия, которые повергались испытаниям, представляли собой обособленные вспучивающиеся составы, с толщиной нанесения 1 *мм* (±0,1 *мм*).

На рис. 1, 2 представлены результаты испытаний разработанных интумесцентных покрытий. Отмечается достаточно высокая температура активации процесса вспучивания (350-450 °*C*). До момента вспучивания огнезащитное тонкослойное покрытие действует в качестве монолитного единого слоя, обеспечивающего незначительный эффект снижения прироста температуры на необогреваемой поверхности образца. Опираясь на результаты испытаний (рис. 1, 2), необходимо отметить, что до момента вспучивания прирост температуры уже составляет порядка 150-200 °*C*, что в конечном итоге снижает общий огнезащитный эффект.

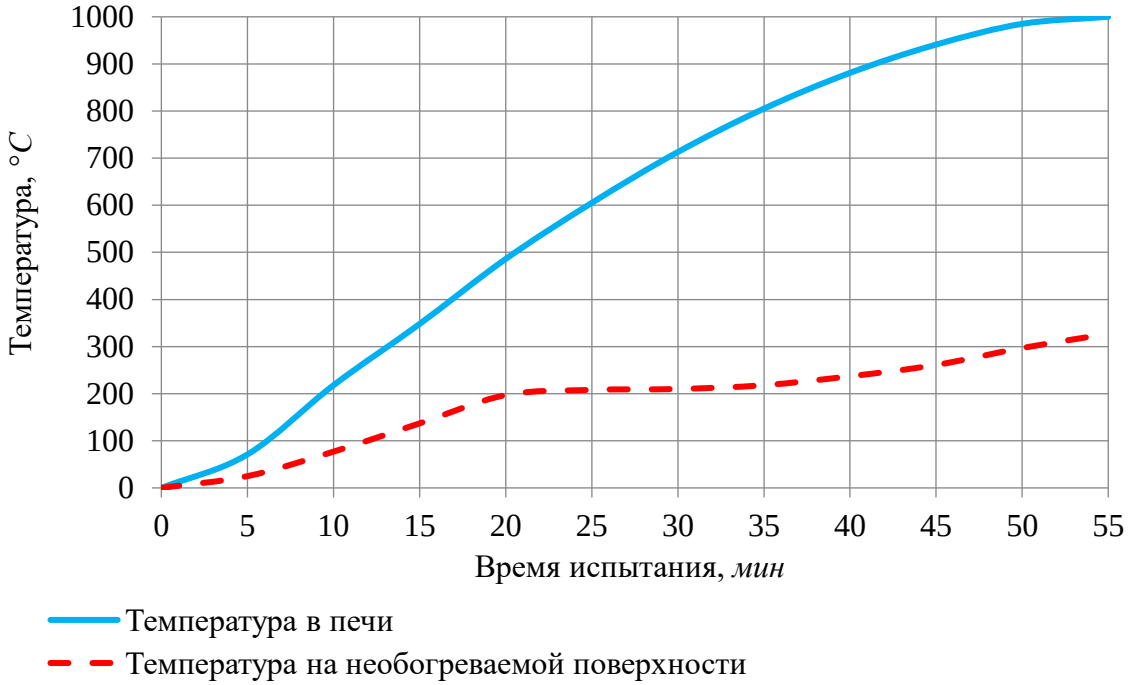


Рис. 1. Изменение температуры во время испытания опытного образца
с огнезащитным вспучивающимся покрытием (состав 1)
на основе классических антипиренов и структурирующих компонентов

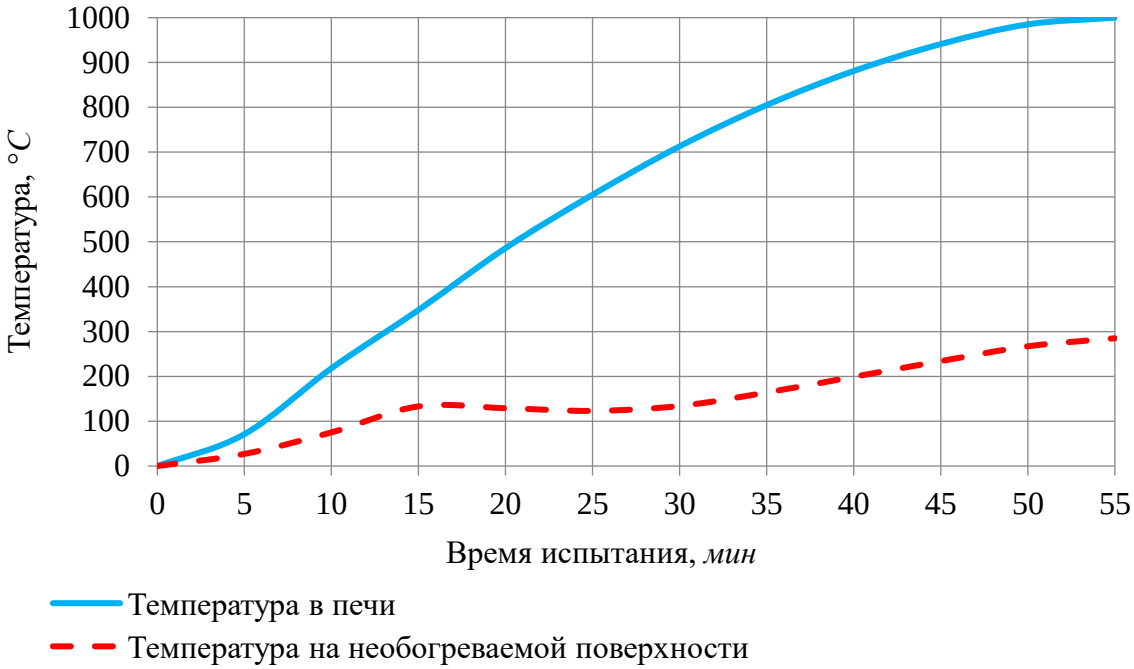


Рис. 2. Изменение температуры во время испытания опытного образца
с огнезащитным вспучивающимся покрытием (состав 2)
на основе классических антипиренов и термостойких компонентов

На взгляд авторов, повысить эффективность средств огнезащиты для стальных конструкций возможно путём применения комбинаций разнородных вспучивающихся покрытий. В ходе научных исследований были проведены испытания такой комбинации (состав 3) на основе состава № 1 (внутренний слой – 0,5 *мм*) и состава 2 (внешний слой – 0,5 *мм*). Суммарная толщина покрытия составляла 1 *мм*. Результаты испытания представлены на совмещённых графиках (рис. 3, 4).

Необходимо отметить, что ранее высказанная гипотеза [5] повышения эффективности в результате применения огнезащитных покрытий в комбинации подтвердилась. В ходе сравнения результатов испытаний следует выделить тот факт, что температура на необогреваемой поверхности образца с нанесённым комбинированным покрытием значительно ниже. Кроме этого, в течение испытаний образцов с обособленными покрытиями наблюдается достаточно стремительный прирост температуры на необогреваемой поверхности, начиная с 40 *мин* (рис. 1) и с 35 *мин* (рис. 2). Это объясняется тем, что пенококсовый слой обособленных покрытий на данной стадии начинает подвергаться процессам озоления, усадки и выгорания. Однако в результате испытания комбинации покрытий данного процесса не происходит. Пенококсовый слой достаточно плотный, без повреждений. Толщина вспученного слоя составляет около 40 *мм*.

Весьма высокий огнезащитный эффект разработанного комбинированного покрытия основывается на том, что его составляющие оказывают теплоизолирующий эффект защищаемого образца в различных температурных диапазонах. Внешнее покрытие комбинации (состав 2) подвергается процессу вспучивания при температуре в печи 350 °С, тем самым сдерживая влияние теплового потока непосредственно на внутренний слой покрытия. Данный факт подтверждается поведением кривой 1 (начиная с 15 мин огневого воздействия и до 35 мин значительного прироста температуры на необогреваемой поверхности образца не наблюдается). Внутреннее покрытие, по всей видимости, начинает оказывать основное температурное сопротивление при 750 °С. Явно выраженного эффекта снижения прироста температуры, подобного действию внешнего покрытия, не наблюдается. Однако, судя по поведению кривой 1, следует отметить, что защитный слой комбинированного покрытия обладает более низким показателем теплопроводности на данной стадии (это объясняется снижением скорости прироста температуры на защищаемой поверхности образца).

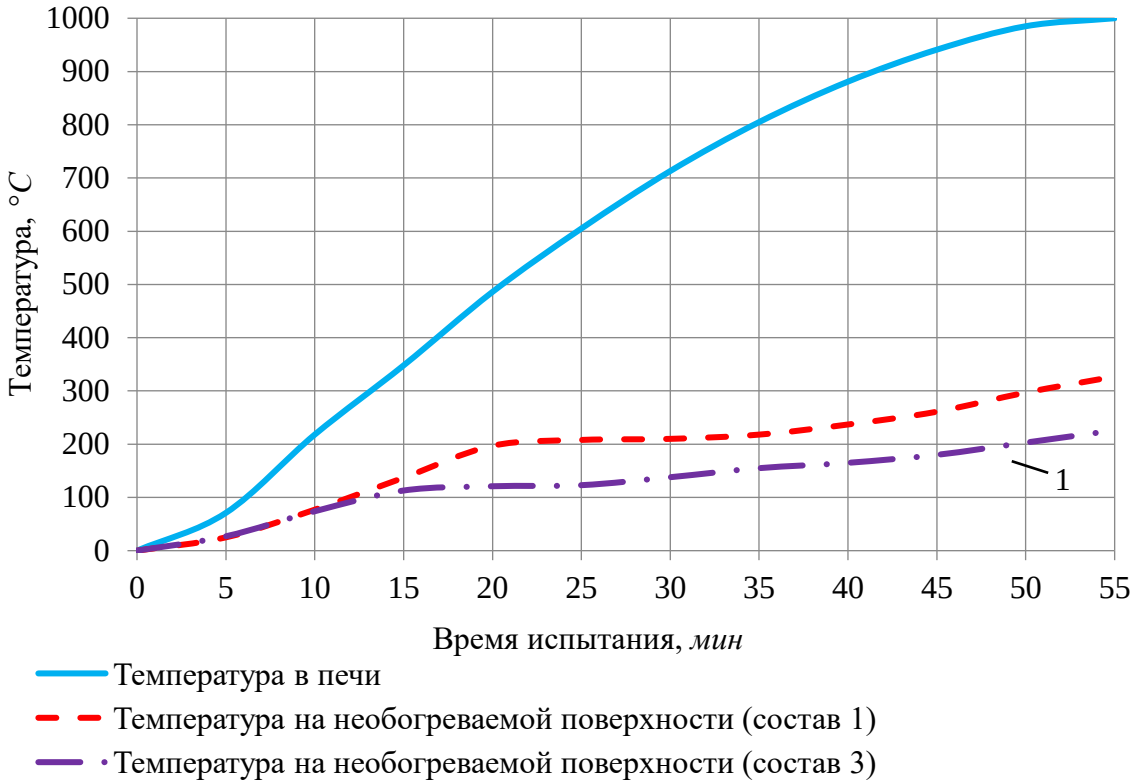


Рис. 3. Совмещённый график испытаний состава № 1 и состава № 3

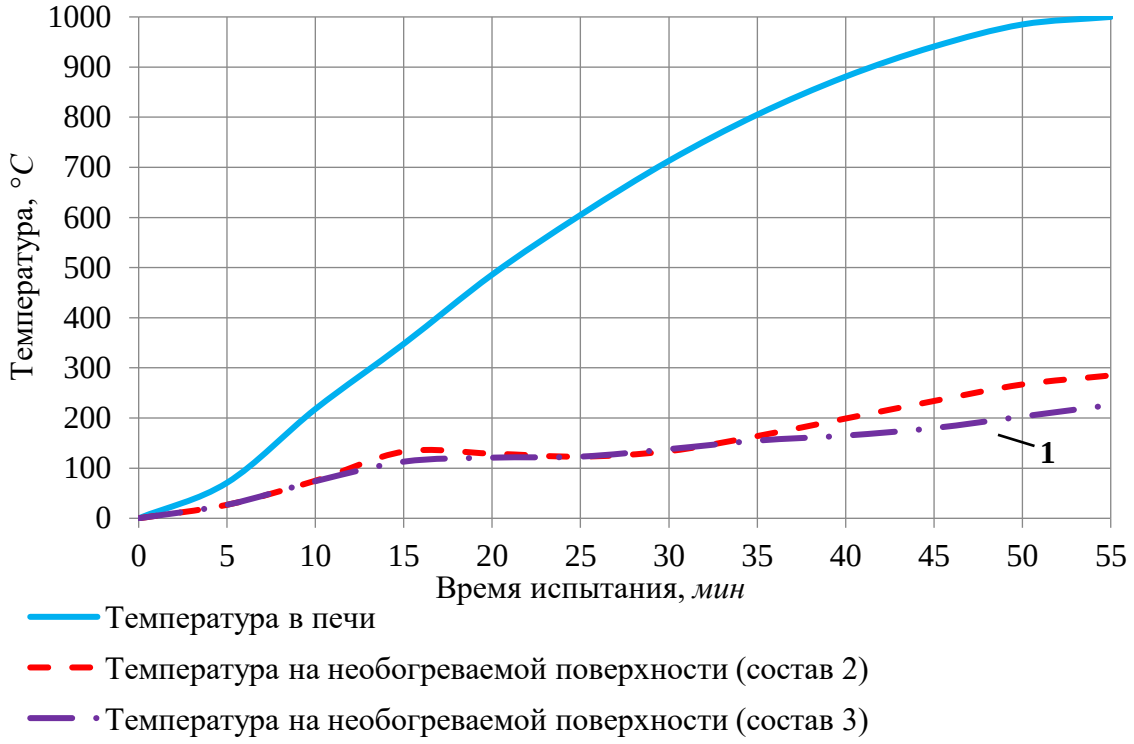


Рис. 4. Совмещённый график испытаний состава 2 и состава 3

Таким образом, впервые было установлено повышение эффективности вспучивающихся (интумесцентных) покрытий путём их комбинации. По результатам исследований было получено эффективное комбинированное огнезащитное покрытие по сравнению с обособленными вспучивающимися покрытиями. Опираясь на динамику прироста температуры на необогреваемой поверхности образца в результате огневых испытаний, установлено явление избирательного вспучивания внутреннего и внешнего слоя комплексной огнезащиты с реализацией огнезащитного механизма в конкретных температурных областях. Температура и интенсивность её нарастания на необогреваемой поверхности образца, защищённого комбинированным покрытием, значительно ниже, а пенококсовый слой комбинированного состава в сравнении с пенококсом индивидуальных покрытий обладает более высокими адгезионными и качественными показателями.

Литература

1. ГОСТ Р 53295-2009. Средства огнезащиты для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности (с изм. № 1).

2. Халилова Р.А. Повышение огнестойкости металлических конструкций объектов нефтегазовой отрасли применением вспучивающихся красок: дис. … канд. тех. наук. Уфа, 2008.

3. Халтуринский Н.А., Крупкин В.Г. О механизме образования огнезащитных вспучивающихся покрытий // Пожаровзрывобезопасность. 2011.

4. Баженов С.В., Наумов Ю.В. Определение срока службы огнезащитных покрытий по результатам натурных и ускоренных климатических испытаний // Пожаровзрывобезопасность. 2005.

5. Мельдер Е.В., Сивенков А.Б. Проблема создания комбинированных видов огнезащиты для повышения пределов огнестойкости стальных конструкций // Актуальные проблемы обеспечения безопасности в Российской Федерации: сб. тез. докл. всерос. конф. Екатеринбург, 2022.

И.О. Федотов, А.Б. Сивенков
(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: ilafedotov367@gmail.com)

ВЛИЯНИЕ КОКСООБРАЗУЮЩИХ АНТИПИРЕНОВ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ОБУГЛИВАНИЯ И ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ПРОГРЕВ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Рассматривается влияние коксообразующих антипиренов на прогрев и интенсивность обугливания в условиях пожара. Показано, что применение средств огнезащиты может существенно влиять на показатель скорости обугливания деревянных конструкций. Показана необходимость продолжения изучения влияния различных огнезащитных систем на прогрев и скорость обугливания деревянных конструкций.

Ключевые слова: огнестойкость, огнезащитная эффективность, деревянные конструкции, огнезащитные средства, антипирены.

I.O. Fedotov, A.B. Sivenkov

INFLUENCE OF COKE-FORMING FLAME RETARDANTS ON THE INTENSITY OF CHARRING AND TEMPERATURE HEATING OF WOODEN STRUCTURES

The article examines the effect of coke-forming flame retardants on heating and the intensity of charring in fire conditions. It is shown that the use of fire protection means can significantly affect the rate of charring of wooden structures. It is shown that it is necessary to continue studying the influence of various flame-retardant systems on the heating and the rate of charring of wooden structures.

Keywords: fire resistance, flame retardant efficiency, wooden structures, flame retardants, flame retardants.

Последние десятилетия мировая строительная индустрия была ознаменована разработкой и применением многих эффективных материалов и конструкций для зданий и сооружений различного функционального назначения. Особенную популярность в строительстве приобрели технологии создания надёжных, функциональных и эстетичных несущих и ограждающих конструкций на основе древесины. В России революционные тенденции развития масштабного строительства зданий и сооружений с применением индустриальных конструкций из древесины были сформированы под воздействием многих инновационных проектов в области деревянного домостроения.

Наиболее важной проблемой при использовании деревянных конструкций является обеспечение требуемых показателей огнестойкости и пожарной опасности. В зависимости от степени огнестойкости и класса конструктивной пожарной опасности объекта возможны достаточно высокие значения предела огнестойкости R45-R120 и К0(45)-К2(45). Предел

огнестойкости незащищённой массивной деревянной конструкции может иметь свои достаточно высокие пределы огнестойкости более R45 при имеющемся классе пожарной опасности К3 (пожароопасные).

В соответствии со ст. 52, 58 Федерального закона 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" предопределена важность применения огнезащитных средств для достижения требуемых показателей пожарной опасности и огнестойкости строительных конструкций, а также для снижения вероятности образования опасных факторов пожара. В этой связи существенно возрастает потребность в разработке новых эффективных средств огнезащиты данных конструкций и материалов на их основе.

Значительный опыт по разработке и применению различных способов и видов огнезащиты был накоплен ещё в советский период, что подтверждается наличием многочисленных разработок в сфере огнезащитных технологий. Проведённый анализ работ таких учёных как: Таубкин С.И., Горшин С.Н., Покровская Е.Н., Леонович А.А., Балакин В.М., Бирюков В.Г. и многих других [1, 2] свидетельствует о значительных успехах в сфере создания технологий огнезащиты, а также изучения эффективности различных способов и видов огнезащиты.

Главным процессом, определяющим пожарную опасность и огнестойкость деревянных конструкций, является процесс обугливания. В нормативной практике Российской Федерации скорость обугливания цельных деревянных конструкций из древесины хвойных пород принимается 0,7 *мм*/*мин*. В европейских нормативных документах значение скорости обугливания для различных видов деревянных конструкций (цельные конструкции из хвойных и лиственных пород древесины, конструкции из клееного шпона типа LVL, ДКК), изменяется в пределах от 0,5 до 1,0 *мм*/*мин*. Вопросам определения скорости обугливания цельной, клееной и огнезащищённой древесины посвящены работы многих учёных, таких как Иванова Е.К., Хрулев В.М., Харитонов В.С., White R.H., Nordheim E.V. и других исследователей [3,4]. Результаты проведённых исследований показывают, что скорости обугливания нативной и огнезащищённой древесины в конструкциях различного поперечного сечения практически идентичны, за исключением работы Ивановой Е.К. В данной работе было установлено, что скорость обугливания древесины с поверхностной огнезащитной обработкой выше, чем у необработанной древесины. Было установлено, что скорость обугливания нативной древесины в среднем составляет 0,6 *мм*/*мин*, а глубина обугливания является линейной функцией продолжительности теплового воздействия.

Попыткой выяснить влияние различных видов огнезащиты на интенсивность процесса обугливания стали ранее проведённые исследования в испытательном центре "ПОЖПОЛИТЕСТ" на образцах древесины с размерами 100х150 *мм*, толщиной до 40 *мм* в условиях стандартного температурного режима на маломасштабной экспериментальной огневой печи, результаты которых подтверждают идею влияния различных видов огнезащиты на параметры обугливания элементов деревянных конструкций. Для деревянных конструкций в условиях стандартного температурного режима пожара параметры обугливания составили 0,7-0,86 *мм*/*мин*, что сопоставимо с нормативным значением скорости обугливания 0,7 *мм*/*мин*. При использовании классических P-, N-содержащих антипиренов, обладающих механизмом каталитической дегидратации, скорость обугливания меняется в пределах 0,83-0,94 *мм*/*мин,* то есть фактически интенсифицируется процесс обугливания, что укладывается в научные представления о снижении горючести материалов на основе целлюлозы и древесины [5]. Наиболее эффективными в снижении скорости обугливания древесины являются вспучивающиеся (интумесцентные) огнезащитные покрытия и защитные материалы на минеральной основе. Скорость обугливания древесины с указанными видами огнезащиты составила 0,33-0,56 *мм*/*мин*.

Очевидно, что вопрос влияния различных видов и способов огнезащиты на параметры обугливания древесины должен быть переведён в плоскость рассмотрения проблемы пожарной опасности и огнестойкости деревянных конструкций. Априори, анализируя значения скоростей обугливания древесины с огнезащитой, можно сделать однозначный вывод о том, что огнезащитные системы, имеющие различную химическую природу и механизм огнезащитного действия, будут оказывать влияние и на значения пределов огнестойкости конструкций. В пользу этого говорят и проведённые огневые испытания в испытательном центре "ПОЖПОЛИТЕСТ" деревянных конструкций (балок) с двумя видами антипиренов под нагрузкой в условиях стандартного температурного режима пожара. При испытании деревянной балки с поверхностным нанесением антипирена, обладающего комплексным механизмом огнезащитного действия, основным из которых является способность к коксообразованию, было обнаружено повышение предела огнестойкости на 10 %. При этом для деревянной балки с типичным P-, N-содержащим антипиреном предел огнестойкости фактически не изменился по сравнению с незащищённой деревянной конструкции.

В данном случае интерес представляет не только факт повышения предела огнестойкости деревянных конструкций с использованием коксообразующих антипиренов, но и выяснения причины эффективного их воздействия на процессы обугливания древесины. Снижение интенсивности процесса обугливания и, как следствие, повышение предела огнестойкости

деревянных конструкций позволяет выделить в отдельный класс пропиточные составы, имеющие комплексный механизм огнезащитного действия с проявлением эффекта коксообразования, поскольку в соответствии с ГОСТ 12.1.033 механизм действия антипиренов направлен исключительно на снижение горючести материала. В этом плане важными представляются также исследования влияния антипиренов и на другие пожароопасные свойства материала, в том числе на дымообразующую способность и токсичность продуктов горения.

Для установления особенностей реакции древесины с огнезащитой на воздействие высоких температур была сконструирована экспериментальная установка с многоступенчатым режимом работы, позволяющим обеспечивать изотермический и динамический температурный нагрев до максимальной температуры 1200 °*С*. Во время огневых испытаний проводилась регистрация температуры в испытательной камере, а также показания температуры на расстоянии 5 и 10 *мм* от обогреваемой поверхности деревянного образца. Образец с размерами 270×250 *мм* испытывался в вертикальном положении с учётом равномерного воздействия лучистого радиационного теплового потока по всей площади его экспонируемой поверхности.

Для огневых испытаний были выбраны две огнезащитные системы на основе коксообразующих антипиренов, включающих P-, N-содержащие вещества, а также полигидратные и ароматические функциональные соединения. Сочетание указанных соединений в определенном соотношении позволяет достичь характерного эффекта коксообразования на защищаемой поверхности материала или конструкции (рис. 1).



Рис. 1. Пенококсовый слой на поверхности деревянной конструкции
после огневого воздействия

Огнезащитные средства наносились на поверхность образцов древесины с установленным расходом нанесения не менее 400 *г*/*м*^{2} (2-слойное поверхностное нанесение состава). В качестве испытуемых образцов были взяты образцы из древесины хвойной породы сосны (заболонь сосны), влажностью 10-12 % (так называемая комнатно-сухая влажность), плотностью в пределах 450-500 *кг*/*м*^{3}.

При огневом воздействии для выбранных огнезащитных систем на основе: Р-содержащих веществ, полигидратных и ароматических соединений, N-содержащих газообразователей (состав № 1) и Р-содержащих веществ и комплексом полигидратных соединений (состав № 2) на защищаемой поверхности формируется плотный пенококсовый слой с толщиной ($\delta_к$) вспучивания 5 и 3 *мм* соответственно (табл.1).

Таблица 1

Результаты испытаний образцов древесины с огнезащитой

Характеристика образца, химическая природа состава	δ_0, *мм*	$\delta_к$, *мм*	Толщина обугленного слоя, *мм*	Скорость обугливания, *мм/мин*
Нативная древесина сосны	21,5	-	13	0,96
Состав № 1 на основе Р-содержащих веществ, полигидратных и ароматических соединений, N-содержащих газообразователей	21	5	11	0,8
Состав № 2 на основе Р-содержащих веществ и комплексом полигидратных соединений	23	3	14	0,82

Полученные результаты свидетельствуют о снижении интенсивности обугливания древесины на 15-17 % при использовании рассматриваемых огнезащитных составов, что может объяснить их способность повышать пределы огнестойкости деревянных конструкций. Нужно осознавать, что снижение интенсивности процесса обугливания древесины достигается не только образованием на защищаемой поверхности пенококсового слоя с соответствующей структурой и свойствами, но и протекающими процессами межмолекулярной дегидратации углеводной части древесины. Об этом также свидетельствует снижение величины угольного слоя, а также визуальное изменение величины слоя, потерявшего свои первоначальные прочностные свойства. Очевидно, что характерные слои в поверхностной зоне древесины сформированы под влиянием замедлителей горения, действие которых направлено на регулирование процессов обугливания и карбонизации внутренних слоев древесного материала.

Разделение на характерные зоны по толщине древесины с учётом применения средств огнезащиты в данном случае позволяет уточнить расчётные значения пределов огнестойкости деревянных конструкций, а также понять сущность протекающих физико-химических явлений.

Результаты испытаний по оценке эффективности рассматриваемых огнезащитных составов в снижении интенсивности прогрева деревянных конструкций показали, что для древесины нативной при достижении температуры в муфельной печи 850-900 °*С* (время испытаний 28 *мин*), температура на расстоянии 10 *мм* от необогреваемой поверхности образца достигла значения 256 °*С*, а на расстоянии 5 *мм* от необогреваемой поверхности – 136 °*С*.

При рассмотрении результатов температурного прогрева можно свидетельствовать о том, что нарастание температуры на глубине 10 *мм* от необогреваемой поверхности для всех испытанных образцов древесины с огнезащитой происходит фактически одновременно. Однако в дальнейшем при реализации комплексного механизма огнезащитного действия составов наблюдается более высокий прирост температуры по толщине образца нативной древесины по сравнению с огнезащищенными образцами. Действительно, к 28-й минуте испытания температура на расстоянии 10 *мм* от необогреваемой поверхности нативного образца древесины составляла 256 °*C*, что на 16 % больше, чем у образца с огнезащитным составом на основе P-содержащих веществ и комплексом полигидратных соединений (состав № 2) и на 23 % больше, чем у образца с огнезащитным составом на основе P-содержащих веществ, полигидратных и ароматических соединений, N-содержащих газообразователей (состав № 1).

Полученные результаты подтверждают возможность снижения интенсивности процесса обугливания и температурного прогрева деревянных конструкций при использовании коксообразующих огнезащитных систем, что в итоге должно привести к повышению огнестойкости деревянных конструкций. При этом данные составы, обладая соответствующим огнезащитным эффектом (I и II группа огнезащитной эффективности по ГОСТ Р 53292-2009 для 1 и 2 состава соответственно), должны способствовать эффективному снижению пожарной опасности древесины, материалов и конструкций на её основе. В большей степени это обусловлено образованием плотного пенококсового слоя на защищаемой поверхности, имеющего сравнительно небольшую величину (до 5 *мм*), который способствует снижению скорости обугливания древесины в пределах 0,8-0,82 *мм*/*мин* (табл. 1). В условиях стандартного температурного режима пожара прогнозируемые значения скоростей обугливания для этих образцов могут составлять в пределах 0,5-0,6 *мм*/*мин*. В данном случае эффекты в снижении интенсивности обугливания и температурного прогрева для образцов древесины с огнезащитными составами являются своеобразным откликом на результаты огневых испытаний по ГОСТ Р 53292-2009.

Результаты проведённых исследований свидетельствуют о необходимости реализации новых подходов к оценке эффективности огнезащитных средств с учётом способности огнезащиты сдерживать процессы температурного прогрева материала конструкции, оказывать влияние на процессы углеобразования (формирование угольного слоя с требуемыми параметрами и свойствами), а также интенсивность потери несущей способности деревянных конструкций.

Литература
1. Aseeva R.M., Serkov B.B., Sivenkov A.B. Fire Behavior and Fire Protection in Timber Buildings. Germany: Springer Series in Wood Science, Springer. 2014. 280 p.
2. Асеева Р.М., Серков Б.Б., Сивенков А.Б. Горение древесины и её пожароопасные свойства. М.: Академия ГПС МЧС России, 2010. 262 с.
3. Харитонов, В.С. Горючесть клеедеревянных балок с огнезащитой // Огнестойкость строительных конструкций: сборник научных трудов. М.: ВНИИПО МВД СССР, 1979. С. 138-143.
4. Гаращенко Н.А. Исследования эффективности огнезащиты деревоклееных конструкций: дисс ... канд. техн. наук. М.: Московский государственный строительный университет, 2007. 157 с.
5. Сивенков А.Б. Снижение пожарной опасности материалов на основе целлюлозы: дисс. ... канд. техн. наук. М.: Академия ГПС МЧС России, 2002. 197 с.

О.С. Калиев, А.В. Федоров
(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: olegkaliev95@yandex.ru)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ АСПИРАЦИИ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ С ОБРАЩЕНИЕМ ГОРЮЧЕЙ ПЫЛИ

Обосновывается актуальность решения вопроса пылеулавливания на производстве. В качестве примера рассмотрены технологические процессы, связанные с обработкой магниевых сплавов. Для аспирации потоков от операций механической обработки металлов предложен новый пылеуловитель, описан принцип его работы.

Ключевые слова: пылеулавливание, горючая пыль, взрывопожаробезопасность, производственные объекты, пылеосадительная камера.

O.S. Kaliyev, A.V. Fedorov

IMPROVEMENT OF ASPIRATION SYSTEMS FOR TECHNOLOGICAL OPERATIONS WITH COMBUSTIBLE DUST HANDLING

The article substantiates the relevance of solving the issue of dust collection in production. As an example, technological processes related to the processing of magnesium alloys are considered. A new dust collector is proposed for aspiration of flows from metal machining operations and the principle of its operation is described.

Keywords: dust collector, combustible dust, explosion and fire safety, production units, dust collection chamber.

На многих промышленных производствах, в частности, на металлургических или пищевых, образуется мелкая пыль, которая при определённых концентрациях и наличии источника зажигания имеет свойство взрываться. Поэтому на таких производствах необходимо устанавливать систему аспирации, включающую пылеуловители, например, фильтры.

Борьба с производственной горючей пылью представляет одну из важнейших задач пожарной безопасности. Пыль является основной проблемой для многих отраслей промышленности: в горнодобывающей промышленности (добыча угля, металлических руд и др.), в производстве строительных материалов (огнеупорные изделия, кирпич, цемент), фарфора-фаянсовый, мукомольной промышленности, чугуна-медно-сталелитейных и других цехах металлургической и машиностроительной промышленности, в подготовительных и прядильных цехах текстильной промышленности, сельском хозяйстве и многих других.

За последние несколько лет произошло немалое количество взрывов и пожаров, связанных с выделением в процессе производства горючей пыли.

29 апреля 2013 г. произошёл взрыв из-за воспламенения мучной пыли на Иркутском масложиркомбинате. Четверо человек пострадало.

14 мая 2014 г. в городе Семей (Казахстан) на мукомольно-комбикормовом комбинате произошёл сильный взрыв зерновой пыли. ЧП произошло в бункере предприятия. Четверо рабочих, находившихся на момент взрыва в бункере, получили серьёзные увечья от огня. Через три года на данном предприятии снова прогремел взрыв. 21 августа 2017 года на рабочей башне элеваторе произошёл взрыв зерновой пыли. Во время взрыва пострадал один человек.

2 августа 2014 г. в городе Куньшань (КНР) произошёл взрыв в цехе по полировке автомобильных дисков металлургической компании "Чжунжун". Причиной ЧП могло стало воспламенение взвешенной в воздухе пыли, образовавшейся в процессе производства. Погибло 75 человек.

15 августа 2014 г. на элеваторе "Кошоктон" (США, штат Огайо) произошёл взрыв кукурузной пыли. Семь людей, находившиеся внутри зернового бункера на элеваторе, получили травмы.

21 декабря 2016 г. в г. Торецке на участке № 45 на шахте "Центральная" ГП "Торецкуголь" на горизонте 1146 *м* произошёл взрыв угольной пыли. Один шахтёр получил переломы рёбер. Как видно из приведённых примеров, отрасли промышленности, в которых могут происходить пылевые взрывы, весьма разнообразны.

Ни один производственный процесс сегодня невозможно реализовать без таких технологических операций как дробление и измельчение, напыление, окраска, перемешивание и дозирование, транспортировка, сушка, которые характеризуются образованием и обращением большого количества пыли. Очевидно, что пыль наносит огромный вред здоровью человека и окружающей среде, способна приводить к коррозии и выходу из строя оборудования и материалов, но, пожалуй, самой негативной характеристикой пыли целого спектра веществ является способность взрываться в состоянии аэровзвеси и гореть в состоянии аэрогеля.

Одной из самых взрывоопасных металлических пылей является пыль сплавов, содержащих магний. Магниевые сплавы широко используются в современной технике, в первую очередь, благодаря низкой плотности, что позволяет существенно снизить вес изделий и конструкций. Например, разработанные в последние годы промышленные магниевые сплавы, содержащие литий, имеют плотность 1,35-1,6 $г/см^3$ при достаточно высоких прочностных свойствах и хорошем модуле упругости. Кроме того, сплавы магния химически устойчивы в щелочах, минеральных маслах, фторсодержащих газовых средах. Из-за высокого электрического потенциала эти сплавы используются в качестве протекторов при электрохимической защите стальных конструкций от коррозии в морской воде и подземных сооружениях.

По сравнению с алюминиевыми сплавами их преимущество заключается в лёгкости. Что касается обрабатываемости материалов, то необходимо учитывать такие факторы, как коррозия и воспламеняемость в случае использования магния. Несмотря на то, что магний можно обрабатывать без смазочных охлаждающих масел (СОЖ), опасность взрывов магниевой пыли настолько велика, что магний почти никогда не обрабатывают всухую.

10 апреля 2013 г. произошёл взрыв и пожар в помещении механической обработки магниевых сплавов ОАО "Редуктор ПМ", который привёл к гибели двух работников предприятия. По результатам экспертной оценки имеющейся системы обеспечения безопасности на участке по механической обработке изделий из магниевых сплавов в ОАО "Редуктор ПМ" и специальной оценки условий труда на участке по механической обработке изделий из магниевых сплавов в ОАО ПМЗ (запылённость в воздухе рабочей зоны токарно-карусельного и горизонтально-расточного станков, которые заняты на обработке деталей из магниевых сплавов, содержит механические примеси с концентрацией в 20 раз превышающие ПДК), устаревшая общеобменная приточно-вытяжная вентиляция не справлялась с выведением взрывоопасной пыли. Концентрация взрывоопасной пыли в воздухе или в системе воздуховодов достаточна для воспламенения или взрыва, а эксплуатация оборудования не предотвращает возможного возникновения искр, то есть источника зажигания. Следует также отметить, что эксплуатация и техническое обслуживание систем вентиляции были организованы с нарушениями основных нормативных актов и внутренних руководящих документов.

Одним из главных требований с точки зрения пожарной безопасности к предприятиям, где образуются и обращаются горючие пыли, является обустройство и грамотная эксплуатация системы аспирации, и правильный подбор пылеуловителя.

Являясь с одной стороны средством снижения уровня пожарной опасности производственных помещений и оборудования, аспирационная система, с другой стороны, является потенциальным источником этой опасности, так как именно в ней создаются условия для быстрого достижения нижнего концентрационного предела воспламенения пыли. Однако более безопасной альтернативы системам аспирации нет, поэтому целесообразно разработка таких рабочих узлов и параметров, которые позволили бы снизить уровень опасности.

Одним из ключевых элементов системы аспирации является пылеуловитель, в качестве которого может выступать циклон, осадительная камера, скруббер, фильтр, электрофильтр. Чаще всего в системах, работающих с горючей пылью, применяют циклоны и фильтры, причём предприятия предпочитают циклоны вследствие простоты конструкции, эксплуатации и дешевизны.

При решении вопроса о выборе пылеуловителя для аспирации потоков после механической обработки материалов со сплавами магния следует учесть:

- требования пожарной безопасности по размещению пылеуловителя.
- характеристики пылегазового потока, который кроме пыли может содержать аэрозоль СОЖ и водород;
- необходимую степень очистки.

С учётом всего вышесказанного достаточно тяжело выбрать аппарат из уже существующих. С учётом поставленных требований нами был разработан новый аппарат для пылеулавливания – трубчатый пылеосадитель – рис. 1.

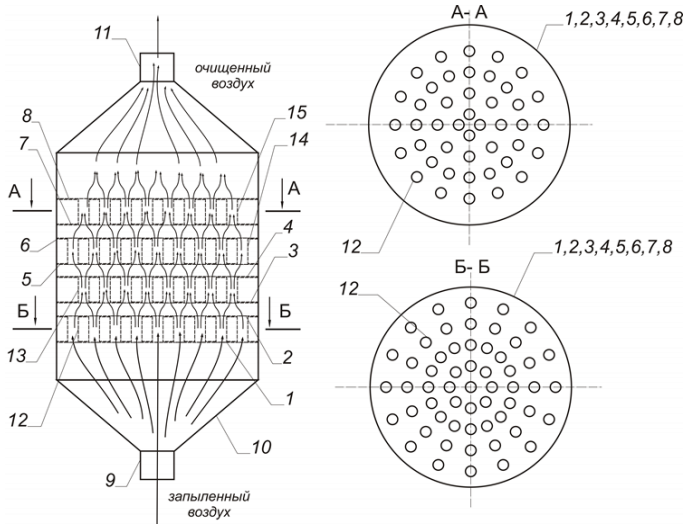


Рис. 1. Схема трубчатого пылеосадителя:
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 – перфорированные диски; 9 – входной патрубки; 10 – корпус;
11 – патрубок выхода очищенного газа; 12, 13, 14, 15 – трубки

Трубчатый пылеосадитель включает: цилиндроконический корпус с нижним входным и верхним выходным патрубками, расположенными соосно, укреплённые в корпусе перфорированных дисков, в каждой паре которых закреплены трубки.

Трубчатый пылеосадитель работает следующим образом. Запылённый газ поступает в устройство через нижний входной патрубок 9, поднимается по трубкам 12, 13, 14, 15, закреплёнными в перфорированных дисках 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8. Благодаря расположению трубок, укреплённых в каждой последующей паре перфорированных дисков, запылённый поток изгибается, частицы пыли активно соударяются со стенками трубок и друг другом, коагулируют и оседают. После чего очищенный воздух выходит через верхний выходной патрубок.

Основным недостатком представленного пылеуловителя является создаваемое гидравлическое сопротивление, поэтому были проведены эксперименты с целью определения создаваемого перепада давления. Для проведения экспериментов были разработаны кассеты трубчатого пылеосадителя, которые были установлены в модульную фильтровальную установку (МФУ) [2-4]. Результаты замеров давления пустой МФУ, синтетического фильтра и трубчатого пылеосадителя представлены в виде графических зависимостей на рис. 2.

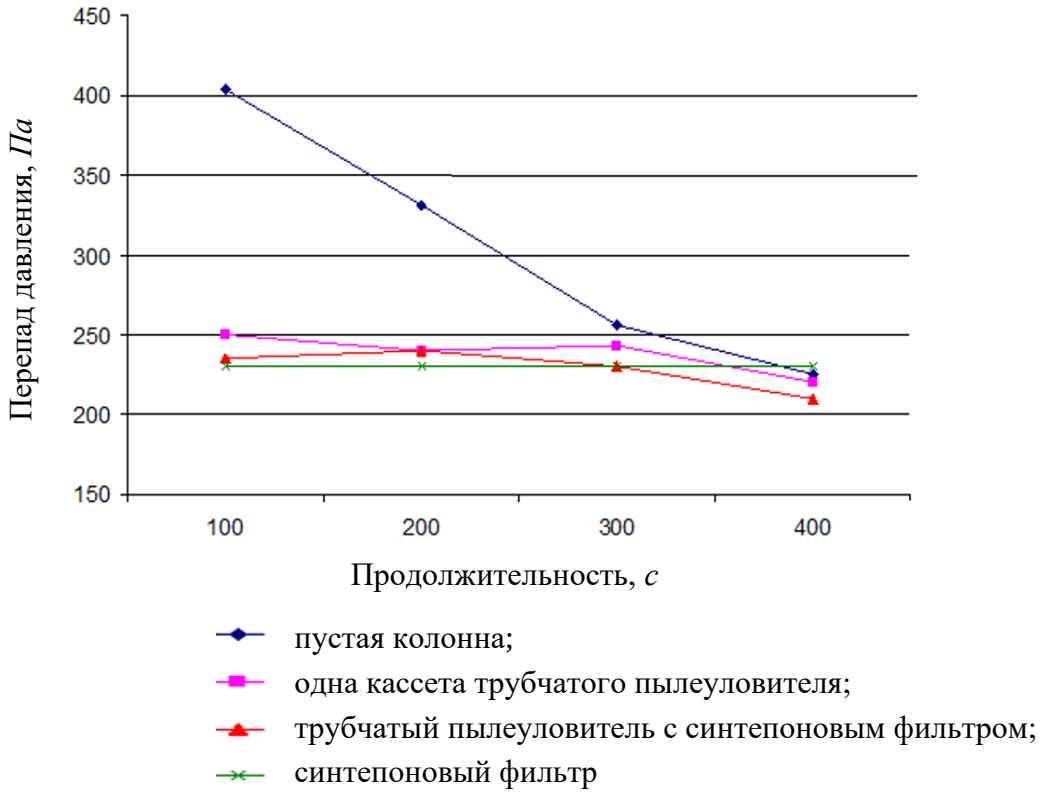


Рис. 2. Перепад давлений на различных пылеулавливающих устройствах

Как видно, общий перепад давлений через какое-то время снижается, а потом становится незначительно выше, чем перепад давлений в пустом колоне. При этом эффективность пылеулавливания составляет порядка 70 % и может быть повышена за счёт подбора диаметра трубок и количества трубок в кассете.

Таким образом, предложенный трубчатый пылеосадитель позволяет повысить качество очистки воздуха за счёт коагуляции и укрупнения частиц, сэкономить производственные площади, увеличить ресурс работы фильтра в двухступенчатых системах пылеулавливания.

Литература

1. Ветошкин А. Г. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. М.: Высш. шк., 2008. 639 с.

2. ГОСТ 12.1.041-83. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожаровзрывобезопасность горючих пылей. Общие требования.

3. ГОСТ 31826-2012. Оборудование газоочистительное и пылеулавливающие. Фильтры рукавные. Пылеуловители мокрые. Требования безопасности. Методы испытаний.

4. Романюк Е.В., Пигловский Н.В., Красовицкий Ю.В., Каргашилов Д.В. Совершенствование систем аспирации с использованием комбинированных фильтровальных структур: монография. Воронеж: ВИ ГПС МЧС России, 2015. 201 с.

5. Водолага Т.М., Романюк Е.В. Разработка новых конструкций сухих огнепреградителей для производств, связанных с образованием и обращением горючих аэрозолей // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций: сб. ст. по матер. IX всерос. науч.- практ. конф. курсантов, слушателей, студентов и молодых ученых с междунар. уч. Воронеж: Воронежский институт – филиал ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России, 2018. С. 65-67.

Д.А. Петрилин, И.И. Реформатская
(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: petrilind@mail.ru)

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТАЛЬНЫХ РЕЗЕРВУАРАХ С СЕРНИСТОЙ НЕФТЬЮ

Россия – один из мировых лидеров по уровню добычи нефти. Материальный фонд нефтехимической отрасли промышленности подвержен сильному износу. На внутренней поверхности вертикальных стальных резервуаров с сернистой нефтью образуются коррозионные отложения. Это является причиной пожаров. Существующие способы защиты от образования коррозии недостаточно эффективны. Необходимо усовершенствование методов защиты, в том числе с использованием антикоррозионных лакокрасочных покрытий.

Ключевые слова: коррозия, резервуар, пирофорные отложения, защита, антикоррозионные покрытия.

D.A. Petrilin, I.I. Reformatskaya

FIRE SAFETY OF VERTICAL STEEL TANKS WITH SULPHUROUS OIL

Russia is one of the world leaders in terms of oil production. The material fund of the petrochemical industry is subject to severe wear and tear. Corrosive deposits form on the inner surface of vertical steel tanks with sulfurous oil. This is the cause of fires. The existing methods of protection against corrosion are not effective enough. It is necessary to improve the methods of protection, including the use of anticorrosive paint coatings.

Keywords: corrosion, tank, pyrophoric deposits, protection, anticorrosive coatings.

Российская Федерация – одна из крупнейших стран по уровню добычи нефти. В последние годы Россия неизменно находится в тройке мировых лидеров по уровню нефтедобычи. Например, по итогам 2021 г. объёмы добытой нефти составили более 524 *млн* тонн. Сохранение таких высоких темпов требует постоянного поддержания имеющегося материального фонда в работоспособном состоянии.

Одной из центральных проблем нефтехимической отрасли промышленности является высокая степень изношенности оборудования, в том числе и вертикальных стальных резервуаров (РВС) для хранения сернистой нефти. В настоящее время на территории России насчитывается 667 резервуарных парков с общим количеством резервуаров более 50 *тыс* единиц и общим уровнем износа более 80 %. Это создаёт высокий уровень аварийности на объектах нефтегазового комплекса. По словам статс-секретаря – заместителя руководителя Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору Александра Дёмина рост числа аварий на опасных объектах нефтегазового комплекса в 2021 году составил 21 %, при этом рост по несчастным случаям со смертельным исходом составил 26 % [1]. Одним из основных видов аварий традиционно являются пожары.

Наиболее опасным является наземное хранение добываемых углеводородов. Самая распространённая ёмкость для хранения нефти – РВС. Согласно проведённым исследованиям и данным статистики, на наземных резервуарах типа РВС в России за последние 20 лет произошло 93,3 % пожаров и аварий (32,4 % пожаров произошло на резервуарах с сернистой нефтью) [2].

В России на объектах нефтехимической отрасли промышленности средняя частота пожаров с серьёзными последствиями составляет примерно 12 пожаров в год. Наиболее пожароопасным периодом является весенне-летний период (около 73 % от общего числа пожаров). При этом наиболее интенсивно подразделения пожарной охраны работают в зимний период. Средняя продолжительность тушения пожаров на РВС в зимнее время составляет 8,5 часов (при температуре воздуха ниже -25 °*C* – 10 часов), в весеннее и осеннее время – 6,6 часов, в летнее время – 5,5 часов. Большинство пожаров, которые происходят зимой, носят затяжной характер и требует сосредоточения значительного количества сил и средств [2].

Одна из основных причин возникновения пожаров на резервуарах с сернистой нефтью – самовозгорание пирофорных коррозионных отложений. Основа данных отложений – дисульфиды железа, образующиеся в результате химических реакций (пирит). Основные источники зажигания на объектах нефтехимической отрасли промышленности представлены на рисунке 1 [3]. Большая часть пожаров происходит на резервуарных парках (48,25 %).



Рис. 1. Основные источники зажигания на объектах нефтехимической отрасли промышленности

Ниже представлены примеры пожаров на РВС с сернистой нефтью, причиной возникновения которых послужило самовозгорание пирофорных коррозионных отложений [4-5].

В 1985 г. произошло два схожих по сценарию происшествия – на нефтяных парках объединений "Самаранефть" и "Оренбургнефть". После взрыва паровоздушной среды в РВС с сернистой нефтью произошёл пожар, сопровождаемый взрывом. Причина приведённых случаев – самовозгорание пирофорных коррозионных отложений.

В 1994 г. на Ардатовском нефтегазодобывающем управлении "Туймазанефть" Республики Башкортостан при быстром опорожнении нефтяного резервуара РВС-5000 произошёл взрыв в газовоздушном пространстве. Ёмкость эксплуатировалась длительный период времени, из-за чего её внутренняя поверхность подверглась многочисленным коррозионным поражениям. Это и стало причиной пожара – самовозгорание пирофорных коррозионных отложений. В результате пожара удалось избежать человеческих жертв, однако нефтепарку предприятия был нанесён существенный материальный ущерб.

В том же году в Тюменской области на нефтебазе г. Лангипас в результате самовозгорания пирофорных коррозионных отложений произошло полное разрушение резервуара типа РВС-5000 с сернистой нефтью. Площадь пожара составила примерно 30 *тыс м*^{2}. Поток нефти размыл земляное обвалование и попал в очистные сооружения и промышленную канализацию. Результатом данного происшествия стал не только материальный ущерб, но и большие экологические последствия.

В последние 20 лет проблеме защиты резервуаров с сернистой нефтью от образования пирофорных коррозионных отложений стало уделяться значительно больше внимания научного сообщества. Причиной послужили события, произошедшие 14 февраля 2000 г. на территории Радаевского месторождения в Самарской области. На нефтяном резервуаре с неочищенной нефтью произошёл пожар, инициированный самовозгоранием пирофорных отложений. Через некоторое время огонь перекинулся на три соседних резервуара с нефтью общим объёмом около 11 *тыс м*^{3} (к этому времени из них большую часть горючего удалось выкачать).

Подразделениям пожарной охраны удалось потушить пожар только спустя двое суток после его начала. Сгорело около 3-х *тыс* тонн нефти, материальный ущерб составил около полумиллиона рублей, был нанесён серьёзный экологический ущерб.

Проведённые обследования резервуаров других площадок Радаевской установки подготовки нефти (УПН) выявили наличие пирофорных коррозионных отложений на внутренней поверхности практически всех резервуаров, что позволило сделать вывод о причине произошедшего пожара.

После данной аварии значительно увеличилось количество исследований в сфере обеспечения защиты РВС от коррозии.

Одним из последних крупных пожаров на РВС с сернистой нефтью являются события 21 мая 2014 г. На нефтепарке в Республике Коми на УПН "Уса" ООО "ЛУКОЙЛ-Коми" произошёл взрыв в нефтяном резервуаре ёмкостью 5000 $м^3$. Последующее возгорание нефти и распространение пожара на два соседних РВС привели к полному разрушению оборудования (рис. 2).



Рис. 2. Фрагмент развития пожара в резервуарном парке УПН "Уса" [4]

Причиной взрыва паров нефти и дальнейшего пожара стало самовозгорание пирофорных коррозионных отложений, образовавшихся на поверхности резервуара. В результате данного происшествия был нанесён беспрецедентный материальный ущерб, превышающий 50 *млн* руб.

В настоящее время известно несколько способов защиты внутренней поверхности резервуара с сернистой нефтью от образования коррозионных отложений. Наиболее эффективным считается вытеснение кислорода из парогазового пространства резервуара инертным газом – азотом. При применении данного способа используется азот. Этот метод имеет и свои недостатки. К ним относятся высокая стоимость оборудования, необходимость создания комплекса коммуникаций, включающих систему разделения воздуха, обвязку резервуарных площадок, ресиверы для хранения азота и сопутствующая запорная аппаратура. Указанный комплекс представляет собой самостоятельный сегмент нефтегазового оборудования и требует постоянного обслуживания при эксплуатации.

При этом недостаточно внимания уделяется другому традиционному способу защиты резервуара от коррозии. Он заключается в обработке внутренней поверхности РВС с сернистой нефтью антикоррозионными лакокрасочными покрытиями. Применяемые в настоящее время лакокрасочные материалы формально соответствуют требованиям нормативной документации, но не обеспечивают защиту внутренней поверхности резервуаров от коррозии и образования пирофоров в экстремально агрессивных условиях хранения и переработки сернистой нефти. Таким образом, нанесение защитных покрытий недостаточно эффективно, так как они не выполняют свои защитные функции в течение всего необходимого срока. Требуется разработка новых антикоррозионных покрытий.

Как видно из описанного выше, пожары на резервуарах с сернистой нефтью часто имеют серьёзные последствия. Большой материальный и экологический ущерб говорит об опасности образования пирофорных коррозионных отложений на внутренней поверхности нефтяных РВС. Факт их происхождения указывает на недостаточный уровень защиты резервуаров от коррозии. Необходимы разработка новых и усовершенствование уже существующих способов защиты, в том числе с использованием антикоррозионных лакокрасочных покрытий.

Литература

1. Число аварий на объектах нефтегазового комплекса выросло в 2021 году. Информационное агентство "Индустрия безопасности". 2021. https://www.securitymedia.ru/ news_one_14241.html

2. Астафьева Н.В. Повышение безопасности при аварии с выбросом горящих облаков // Молодой учёный. 2015. № 10 (90). С. 149-153.

3. Королев Д.С., Калач А.В. К вопросу обеспечения пожарной безопасности в нефтегазовой отрасли // Техносферная безопасность. 2018. № 4 (21). С. 3-9.

4. ЧП на нефтегазовых предприятиях в России в 2012-2014 гг. http://ria.ru/spravka/20140522/1008831870.html#ixzz 45LjIrtTp

5. Когда развеялся дым. Интернет-газета "Независимая газета". 2000. https:/www.ng.ru/regions/2000-03-23/4_smoke.html

А.М. Солоненко, А.А. Колбасин, Д.А. Иощенко
(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: san4eeesss01@gmail.com)

КОНЦЕПЦИЯ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ПОЖАРОТУШЕНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ

Проведён анализ существующих стендов для измерения тока утечки по струе огнетушащего вещества. Предложена концепция испытательного стенда для автоматических установок пожаротушения электрооборудования под напряжением. Данный стенд позволит испытывать различные виды автоматических установок пожаротушения при тушении электрооборудования под напряжением на их работоспособность и эффективность. Также позволит оценить физику процесса влияния нагрева электрооборудования под напряжением на величину тока утечки.

Ключевые слова: автоматические установки пожаротушения, ток утечки, электрооборудование под напряжением.

A.M. Solonenko, A.A. Kolbasin, D.A. Ioshchenko

THE CONCEPT OF A TEST BENCH FOR AUTOMATIC FIRE EXTINGUISHING INSTALLATIONS OF ELECTRICAL EQUIPMENT UNDER VOLTAGE

In this article, an analysis of existing stands for measuring the leakage current through a jet of extinguishing agent is carried out. The concept of a test bench for automatic fire extinguishing installations of electrical equipment under voltage is proposed. This stand will allow testing various types of automatic fire extinguishing systems when extinguishing electrical equipment under voltage for their operability and efficiency. Also, it will allow you to evaluate the physics of the process of the influence of heating electrical equipment under voltage on the leakage current.

Keywords: automatic fire extinguishing installations, leakage current, live electrical equipment.

За 2020 г. в Российской Федерации произошло 51930 пожаров по причине нарушения правил устройства и эксплуатации электрооборудования с прямым материальным ущербом 13250,19 *млн* рублей. Материальный ущерб, который наносят пожары по данной причине превышает ущерб от других причин пожаров и занимает первое место в Российской Федерации [2].

Автоматические установки пожаротушения (далее – АУПТ), используются для тушения пожаров на начальной стадии горения, однако их применение на объектах энергетики при тушении возгораний электрооборудования под напряжением ограниченно нормативно правовыми актами Российской Федерации.

В СП 485.1311500.2020 "Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования" [1], указано что в помещениях, где находится электрооборудование под напряжением подача огнетушащего вещества возможна только после отключения электроэнергии.

На особо важных объектах таких как, атомные электростанции, существует ряд помещений, в которых нет возможности обесточить находящееся там оборудование. Поэтому целесообразно защитить данные помещения АУПТ.

Возникает вопрос, при отсутствии людей в помещении, целесообразно ли запрещать возможность использования автоматических установок пожаротушения электрооборудования под напряжением, ведь ущерб от пожара, который будет свободно развиваться до прибытия пожарных подразделений, будет возрастать с каждой секундой.

Для исследования проблематики предлагается разработать испытательный стенд, который позволит оценить возможность безопасного и эффективность применения автоматических установок пожаротушения электрооборудования под напряжением. В связи с этим необходимо проанализировать существующие стенды, определяющие ток утечки по струе огнетушащего вещества.

В ГОСТ Р 51057-2001 Техника пожарная. Огнетушители переносные. Общие технические требования. Методы испытаний.[3], описывается методика испытания огнетушителей на ток утечки по струе огнетушащего вещества, которая представлена на рис. 1.

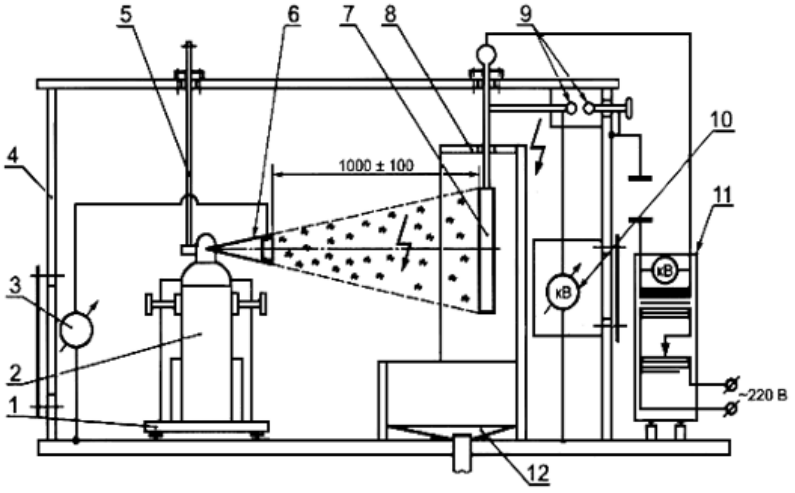


Рис. 1. Принципиальная схема испытательного стенда определения тока утечки по струе заряда огнетушителя [3]:
1 - изолирующая подставка; 2 - испытываемый огнетушитель; 3 - измеритель тока утечки; 4 - защитный каркас испытательного стенда; 5 - устройство запуска огнетушителя; 6 - насадок огнетушителя с электропроводным элементом; 7- мишень; 8 - экран; 9 - разрядник; 10 - киловольтметр; 11 - источник высокого напряжения; 12 - емкость для сбора, отработанного ОТВ

Данный метод испытаний основывается на измерении величины тока утечки между насадком огнетушителя и мишенью под напряжением который проходит по струе огнетушащего вещества.

Данный стенд и методику по определению тока утечки по струе заряда огнетушителя необходимо взять за основу при разработке испытательного стенда для автоматических установок пожаротушения.

В 2012 г. в Академии ГПС МЧС России был разработан стенд для определения тока утечки по струе огнетушащего вещества из ручных пожарных стволов. Принципиальная схема которого представлена на рис. 2 [4].

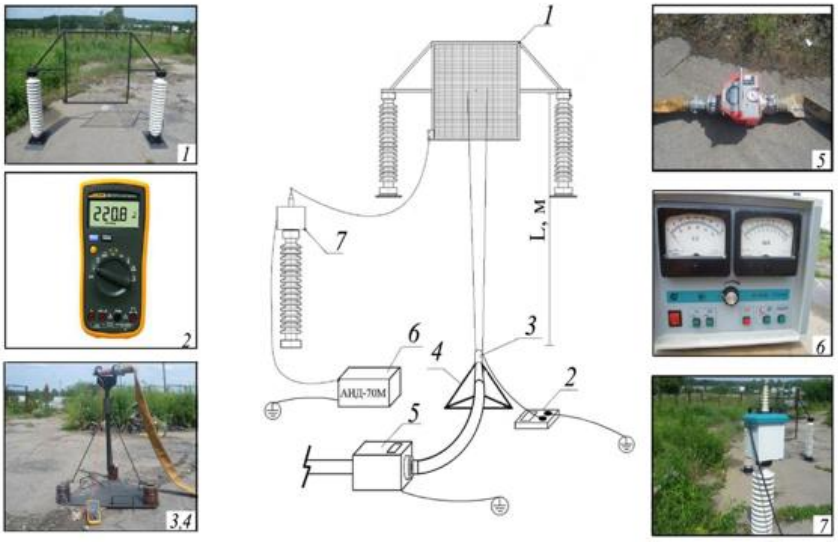


Рис. 2. Принципиальная схема стенда по определению тока утечки по струе огнетушащего вещества из ручных пожарных стволов [4]:
1 – мишень; 2 – цифровой мультиметр; *3* – испытываемый пожарный ствол; *4* – изолированная опора для установки пожарного ствола; *5* – расходомер; *6, 7* – аппарат испытания диэлектриков «АИД-70М»

При помощи данного стенда были определены безопасные расстояния для тушения пожаров электрооборудования под напряжением при помощи ручных пожарных стволов, токи утечки по струе различных огнетушащих средств.

Проведя анализ вышеупомянутых стендов, следует вывод что на них сложно испытать автоматические установки пожаротушения, в связи с этим опираясь на существующие стенды необходимо разработать собственный. К тому же, в этих стендах не учитывается влияние нагрева мишени, как в условиях реального пожара. Исходя из теории, нагрев металлической мишени приводит к уменьшению электропроводности, потому что при увеличении температуры сопротивление металлов увеличивается. В связи с этим, для более точных экспериментов на разрабатываемом стенде необходимо

под мишенью расположить модельные очаги типа 1В, что позволит оценить влияние нагрева металлической мишени на ток утечки по струе огнетушащего вещества.

На рис. 3 представлена схема разрабатываемого стенда для определения безопасности и эффективности использования автоматических установок пожаротушения.

Кроме измерения тока утечки по струе огнетушащего вещества, так же предлагается измерять ток утечки на корпусе автоматической установки пожаротушения и на приборе приёмно-контрольном и управления системой пожаротушения, для оценки безопасности ручного пуска оператором. На корпусе измерения необходимо для определения работоспособности системы пожаротушения при тушении электрооборудования под напряжением.

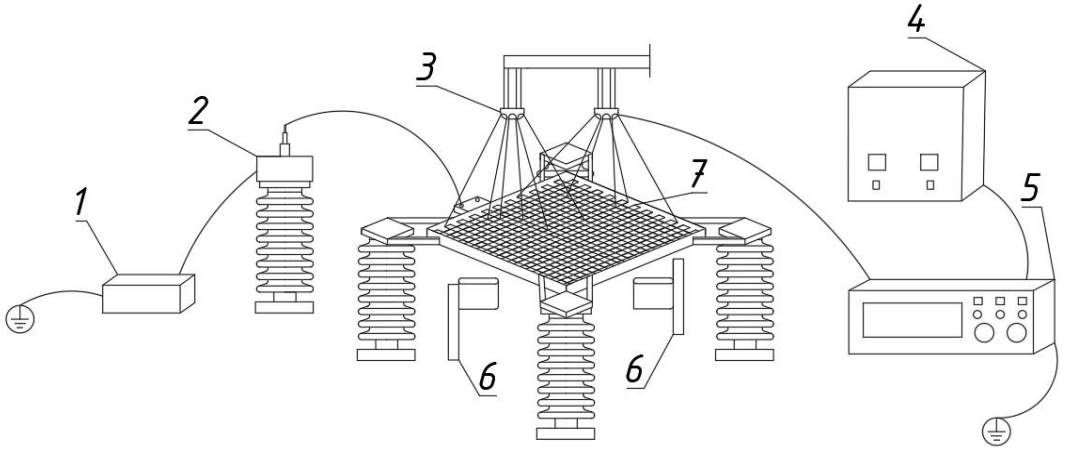


Рис. 3. Схема разрабатываемого стенда по определению тока утечки по струе огнетушащего вещества из автоматических установок пожаротушения:
1, *2* – аппарат испытания диэлектриков; *3* – форсунка распылитель;
4 – прибор приёмно-контрольный и управления системой пожаротушения;
5 – осциллограф; *6* – модельный очаг пожара класса В; *7* – мишень

Предлагаемый стенд позволит исследовать возможность применения различных типов автоматических установок пожаротушения, с разными видами огнетушащих веществ для ликвидации возгораний электрооборудования под напряжением. Данные исследования позволят определить влияние тока утечки по струе огнетушащего вещества на работоспособность и эффективность АУПТ. Так же, позволит оценить физику процесса влияния нагрева электрооборудования под напряжением на величину тока утечки. Определить максимальное возможное значение напряжения на электрооборудовании, при тушении которого автоматические установки пожаротушения смогут выполнить свою задачу.

Литература
1. Приказ МЧС России от 31 августа 2020 г. № 628 "Об утверждении свода правил "Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования".
2. Пожары и пожарная безопасность в 2020 г.: статистический сборник / под общ. ред. Д.М. Гордиенко. М.: ВНИИПО МЧС России, 2021. 80 с.
3. ГОСТ Р 51057-2001. Техника пожарная. Огнетушители переносные. Общие технические требования. Методы испытаний.
4. Колбасин А.А. Экспериментальное исследование величины тока утечки по струе огнетушащего вещества из ручных пожарных стволов // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2012. № 2. С. 10-16.

Н.А. Щербаков, О.В. Двоенко
(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: snikolais@bk.ru

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМАТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК И МОДУЛЕЙ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ НА СКЛАДАХ

Проведён обзор особенностей развития пожаров на складах. На основании статистического анализа выполнена оценка эффективности систем и модулей автоматического пожаротушения при пожарах на складах. Рассмотрена классификация систем автоматического пожаротушения.

Ключевые слова: автоматические установки пожаротушения, модули пожаротушения, пожары складских зданий и сооружений, статистика пожаров на складах.

N.A. Shcherbakov, O.V. Dvoyenko

ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF AUTOMATIC INSTALLATIONS AND MODULES FOR EXTINGUISHING FIRES IN WAREHOUSES

The article provides an overview of the features of the development of fires in warehouses. Based on statistical analysis, the effectiveness of automatic fire extinguishing systems and modules in case of fires in warehouses was evaluated. The classification of automatic fire extinguishing systems is considered.

Keywords: automatic fire extinguishing installations, fire extinguishing modules, fires of storage buildings and structures, warehouse fire statistics.

В настоящее время, вектор развития научно-технического прогресса направлен в приоритете на современные потребности общества. Пандемия COVID-19 стала своего рода катализатором для развития ряда интернет-платформ для реализации онлайн торговли. Многим крупным компаниям пришлось перестраивать бизнес-процессы, отказываясь от привычных нам магазинов. Произошло формирование новых торгово-логистических систем и способов доставки товаров до потребителей. Основным и неотъемлемым элементом этих систем является наличие складских зданий и сооружений для хранения различных видов продукции.

Основу стабильности функционирования и ведения подобного бизнеса является обеспечение пожарной безопасности объектов складского хранения. Зачастую, исходя из экономической составляющей собственники прибегают к многоуровневой стеллажной системе хранения товаров, а также используют сложную планировку внутри складских помещений.

Пожары в складских зданиях и сооружениях ежегодно приносят огромный прямой и косвенный материальный ущерб, как государству, так и предпринимателям. Связанно это непосредственно с наличием большого количества материальных ценностей, на сравнительно небольшой по размеру площади. Анализируя произошедшие пожары на складах и исследования в этом направлении, можно сделать вывод о том, что средняя линейная скорость распространения фронта пламени, в зависимости от вида горючей нагрузки, варьируется в очень широких пределах от 0,1 до 4 *м/мин*, а в определенных случаях превышает 10 *м/мин* [1].

Следует отметить, что сложность ликвидации пожаров в складских зданиях и сооружениях связана не только с высокой скоростью распространения пламени, но и большим дымообразованием. Дымообразующая способность горючей нагрузки напрямую связана с потерей видимости при пожаре и относится к одному из основных опасных факторов пожара. Дымообразующая способность согласно п. 9 ст. 13 Федерального закона РФ № 123 "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" классифицируется на 3 группы (Д1 – малая, Д2 – умеренная, Д3 – высокая). Наиболее опасные по этому параметру являются склады кабельной и электротехнической продукции, а также склады резинотехнических изделий с коэффициентами дымообразования 635 $м^2 \cdot кг^{-1}$ и 850 $м^2 \cdot кг^{-1}$ [2].

В создавшихся условиях, на момент прибытия первого подразделения пожарной охраны площадь пожара уже может достигать больших размеров, что потребует привлечение большего количества сил и средств, а также создаст дополнительные сложности при эвакуации и спасении работников склада.

Резюмируя вышеперечисленное, можно сделать заключение о сложности тушения складов и повышенном риске для личного состава пожарно-спасательных подразделений. Ликвидация пожаров на объектах данного функционального назначения должна проводиться в кратчайшие сроки. Первичные средства пожаротушения не показывают высокой результативности по причине особенностей развития пожара, описанных выше. Наибольшую эффективность, на первоначальном этапе развития пожара в предотвращении распространения пламени, показывают автоматические системы пожаротушения.

Используя результаты статистического анализа, можно наиболее точно отразить и сформировать понимание об эффективности систем автоматического пожаротушения при пожарах в складских зданиях и сооружениях [4, 5]. При относительно небольшом росте количества пожаров на данных объектах (рис. 1), за последние 4 года произошёл рост количества спасённых материальных ценностей, в том числе благодаря установкам и модулям автоматического пожаротушения.

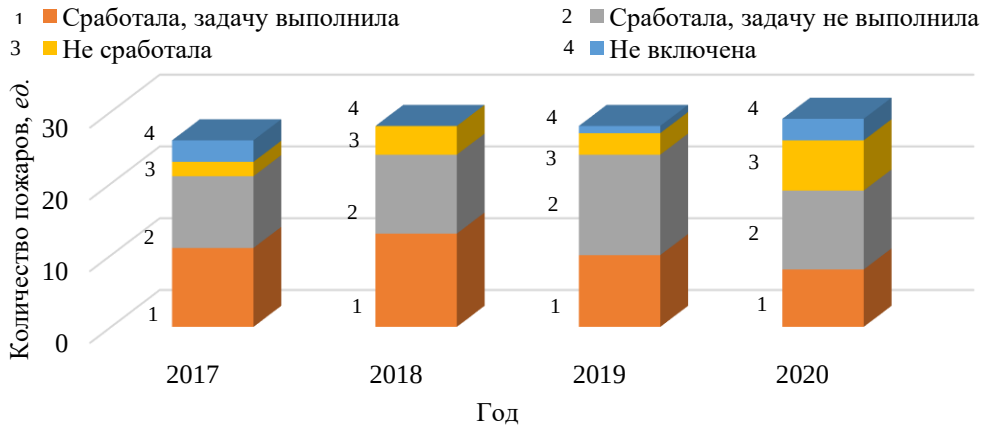


Рис. 1. Эффективность работы установок и модулей пожаротушения при пожарах в складских зданиях и сооружениях

Согласно статистическим данным величина спасённых материальных ценностей при пожарах на складах приблизилась к миллиарду рублей в год (рис. 2) [4, 5].

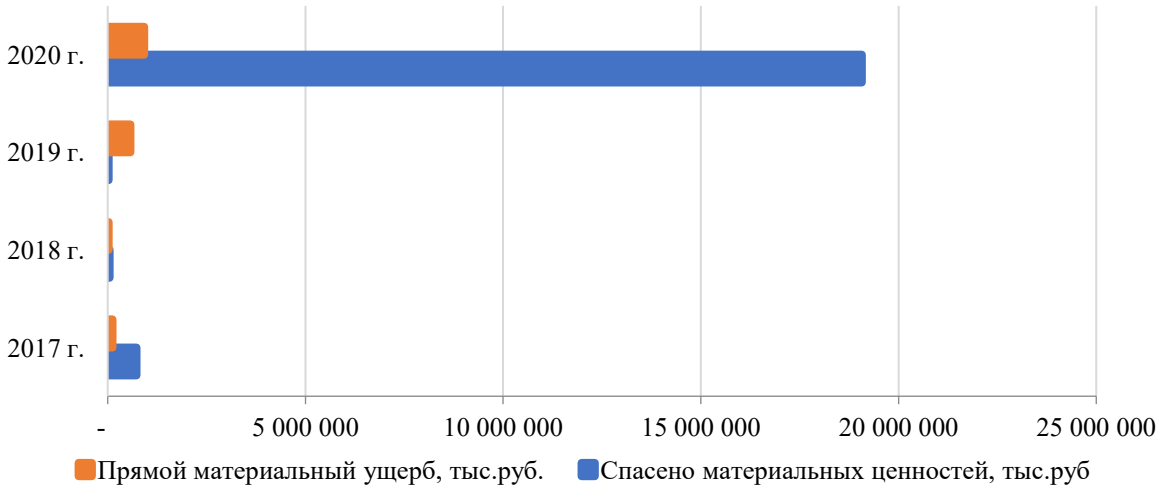


Рис. 2. Количество спасенных материальных ценностей и прямой материальный ущерб от пожаров в складских зданиях и сооружениях с установленными автоматическими установками и модулями пожаротушения

Очевидный рост количества сохраненных материалов и товаров хранящихся на складах, подтверждает задействованный по максимуму потенциал складского помещения. Данный вид оптимизации, в хранении большего количества материальных ценностей, отражается в свою очередь на увеличениии прямого материального ущерба при пожарах в складских зданиях и сооружениях. Обратившись к статистическим данным, можно убедиться в существующей закономерности [4, 5].

Основными причинами пожаров в складских зданиях и сооружениях являются:

- нарушение требований нормативных документов в области пожарной безопаснсоти;
- нарушение правил эксплуатации электроприборов, отопительного оборудования и т.д.;
- несоблюдение правил складского хранения товаров;
- неосторожное обращение с огнем.

С целью повышения пожарной безопасности, здания складов подлежат категорированию по взрывопожарной и пожарной опасности, на этапе проектирования или реконструкции объекта. Согласно СП 12.13130.2009 "Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности" принято выделять категории объектов "А", "Б", "В1-В4", "Г", "Д".

На сегодняшний день склады должны обязательно оснащаться системами автоматического пожаротушения в нижеперечисленных случаях [3]:

- наличие 2-х и более этажей;
- здание относится к категории "А", "Б", "В";
- в случае хранения материальных ценностей на стеллажах, имеющих высоту 5,5 *м*.

В настоящее время системы автоматического пожаротушения можно разделить по следующим признакам (рис. 3).

Резюмируя вышеперечисленное, может сложиться впечатление, что выбор типа системы автоматического пожаротушения на объекте ориентирован исключительно на категорию помещения по взрывопожарной и пожарной опасности, но данное суждение является не верным. При выборе системы следует учитывать также ряд факторов:

- основные геометрические параметры объекта (площадь, высота потолков);
- особенности объекта защиты (наличие высокого напряжения, причиняемый вред от огнетушащего вещества);
- наличие людей в помещении;
- наличие путей эвакуации и времени эвакуации;
- место размещения оборудования.

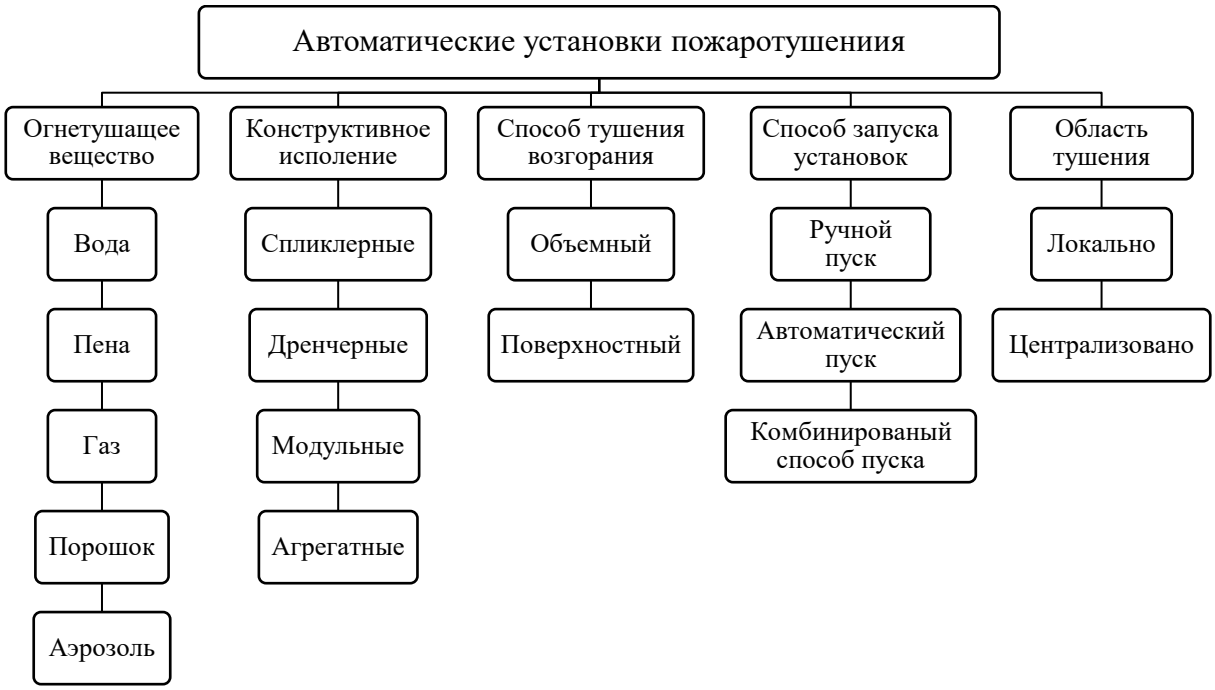


Рис. 3 Классификация автоматических установок пожаротушения

Рассмотрев тактико-технические характеристики и возможности систем автоматического пожаротушения, можно отметить, что каждая из них имеет свои достоинства и недостатки.

Кроме этого, системы автоматического пожаротушения требуют своевременного и качественного технического обслуживания. Наиболее затратным является обслуживание пенных систем пожаротушения по сравнению с другими.

Дополнительные требования предъявляются и к помещениям для хранения пенообразователя для этих систем. Они должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.005 "Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны" (утв. и введён в действие Постановлением Госстандарта СССР от 29.09.1988 № 3388) (ред. от 20.06.2000)". Нарушение температурных диапазонов и несоответствие ёмкостей при хранении приводит к порче пенообразователя и требует более частой его замены.

На практике, нередко на объекте, оснащённом единой системой пенного пожаротушения, можно встретить смежные помещения, которые не требуют применения водопенных составов, исходя из хранящихся товаров и материалов. В этом случае монтаж и обслуживание всей системы не всегда экономически обосновано. В связи с этим, возрастает значимость вопроса в разработке элементов системы пожаротушения, которые позволяли бы использовать поверхностно-активные вещества для тушения пожара строго в защищаемых помещениях.

Литература
1. Бобков С.А., Бабурин А.В., Комраков П.В. Физико-химические основы тушения пожаров: учеб. пос. М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. 32 с.
2. СИТИС-СПН-1. Пожарная нагрузка: справочник.
3. СП 486.1311500.2020. Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и системами пожаров.
4. Пожары и пожарная безопасность в 2018 году: статистический сборник / Под общ. ред. Д.М. Гордиенко. М.: ВНИИПО МЧС России, 2019. 125 с.
5. Пожары и пожарная безопасность в 2020 году: статистический сборник / Под общ. ред. Д.М. Гордиенко. М.: ВНИИПО МЧС России, 2021. 112 с.

В.Д. Федяев, А.О. Стругов
(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: strugov1994@mail.ru)

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ НА ОБЪЕКТАХ ЭНЕРГЕТИКИ

Рассмотрены основные причины возникновения пожаров на территории Российской Федерации, в частности на объектах электроэнерегетики, а также основные огнетушащие вещества для их тушения. Проведены сравнительные анализы технологий подачи компрессионной пены и воздушно-механической пены и времени их тушения. Определены факторы, влияющие на тушение пожаров на объектах энергетического комплекса компрессионной пеной.

Ключевые слова: пожарная безопасность, насосно-рукавные системы, объекты энергетики, компрессионная пена.

V.D. Fedyayev, A.O. Strugov

MODERN TECHNOLOGIES FOR EXTINGUISHING FIRES AT ENERGY FACILITIES

The article discusses the main causes of fires on the territory of the Russian Federation, in particular at electric power facilities, as well as the main extinguishing agents for their extinguishing. Comparative analyses of compression foam and air-mechanical foam feeding technologies and their extinguishing time were carried out. The factors influencing the extinguishing of fires at the facilities of the energy complex with compression foam are determined.

Keywords: fire safety, hose-pump systems, energy facility, compressed air foam.

Энергетический сектор играет ключевую роль в экономике Российской Федерации, а также для большинства стран мира. От функционирования сектора зависят не только развитие экономики страны, но и состояние систем жизнеобеспечения. Основу энергетического сектора составляют объекты энергетики. Следовательно, безопасность на данных объектах является приоритетной задачей государственной политики развитых стран и пожарная безопасность не исключение.

Спрос на энергетические ресурсы привёл к тому, что в настоящее время не только мировая энергетика, но и энергетическая отрасль России перенапряжена. В связи с работой в режиме повышенного износа энергетического сектора повышается и пожарная опасность на объектах энергетики. При возникновении чрезвычайной ситуации (ЧС) на объектах энергетики основной задачей для пожарно-спасательных подразделений является незамедлительная локализация аварии с последующей её ликвидацией.

Основной ЧС, возникающей на объектах энергетики является пожар, который может привести к повреждению и выводу из строя энергетического оборудования. Возникновение пожара на объектах энергетики влечёт за собой не только материальной, но и косвенный ущерб, который выражается в отключении подачи электро- и теплоэнергии для обеспечения жизнедеятельности населения.

Согласно статистике [5] одной из самых распространённых причин пожаров в России является нарушение правил пожарной безопасности при эксплуатации электрооборудования. По этой причине происходят 25 % от общего числа пожаров (рис. 1).

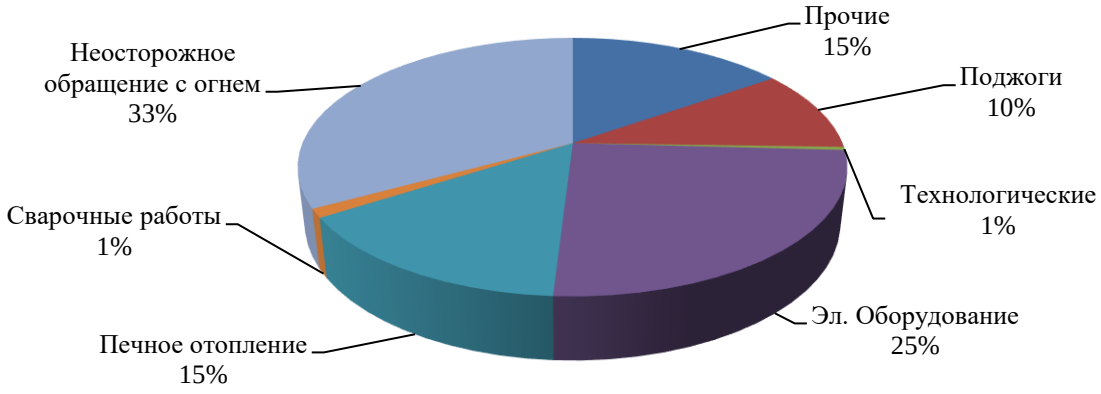


Рис. 1. Распределение количества пожаров
по основным причинам возникновения

Каждый объект электроэнергетики имеет свою специфику и особенный технологический процесс. Не исключением является и способы их тушения. Основной причиной возникновения пожара, который может привести к полномасштабной чрезвычайной ситуации, является короткое замыкание, что входит в процент нарушения правил пожарной безопасности при эксплуатации электрооборудования. На всех объектах энергического комплекса имеются помещения, которые нельзя отключать от электричества либо их отключение занимает время, необходимо использовать при тушении пожара такое огнетушащие вещество, которое позволит оперативно локализовать и ликвидировать в кратчайшие сроки пожар.

Легковоспламеняющиеся (ЛВЖ) и горючие жидкости (ГЖ) являются основной горючей нагрузкой в электрооборудовании.

Основным и самым распространённым огнетушащим веществом (ОТВ) при ликвидации пожара является вода, но как показывает практика, применение водных струй в определённых случаях может ухудшить пожарную обстановку. Применение других ОТВ так же имеет свои положительные и отрицательные стороны. Например, при применении пенообразователей и подачи воздушно-механической пены может вызывать поражение электрическим током, проходящим по струе огнетушащего вещества, что связано с высокой электропроводностью пенообраователей. Одной из технологий электробезопасной подачи пенообразователей является технология подачи компрессионной пены.

Технология подачи компрессионной пены получила своё начало в 70-х годах. Разработана она была в Соединённых штатах Америки (США), там же была и внедрена в технологию пожаротушения [2]. Компрессионная пена – технология (система подачи компрессионной пены Compressed Air Foam Systems(CAFS)), используемая в пожаротушении для доставки огнетушащей пены с целью тушения возгорания или защиты зоны, где отсутствует горение, от воспламенения. Данная технология формирует готовую для тушения пену путём ввода сжатого воздуха в вводный раствор пенообразователя [1].

В таких странах как в США, Великобритания, Германия исследовалась технология получения компрессионной пены [3]. При сравнении технологии компрессионной пены с традиционным вспениванием воздушно-механической пены можно заметить, что они обладают одинаковыми огнетушащими свойствами, но всё же есть ряд особенностей, которые их различают [1].

При традиционном способе формирования воздушно-механической пены жидкостью неизбежно остаётся часть водного раствора. Как показывает практика, чем ниже кратность формируемой на выходе пены, тем значительная часть раствора остаётся в жидком состоянии. Данный факт делает состав, получаемый на выходе сильно текучим, тем самым он скатывается с защищаемых поверхностей. Так же нужно отметить, что структура классической пены имеет сильный разброс размеров "мыльных пузырей". Следовательно, внутри пены образуются слабые места и как следствие происходит саморазрушение пены. Дисперсность пены в настоящее время тоже никак не регламентируется действующими нормативными требованиями. При испытаниях пенообразователей устойчивость пены определяется, но не нормируются требования к его значению.

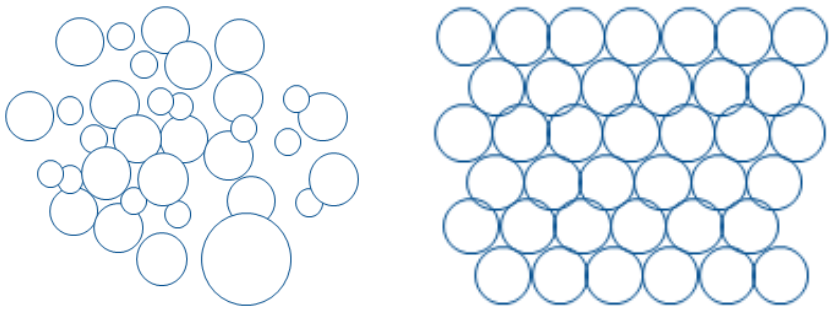
Учёт указанных эффектов при получении воздушно-механической пены классическим способом приводит к тому, что для получения требуемого эффекта необходимо в течении продолжительного времени и довольно с большой интенсивностью производить подачу огнетушащего вещества.

Так же при подаче традиционным способом на большие расстояния на сетках пеногенератора скорость струи начинает гаснуть, а на выходе получается пена низкого качества. Это происходит из-за широкой дисперсности и жидкой фазы пенообразователя, не преобразовавшегося в пену.

В свою очередь технология подачи компрессионной пены за счёт своих свойств получения имеет ряд отличий, а именно:

- дальность подачи до 25 *м* при давлении 7 *атм*;
- низкий расход огнетушащего вещества в интервале 1,5-2 *л*/*с*;
- отсутствие жидкой фазы, так как на выходе получается готовая пена;
- полученная пена имеет равномерное структурированное строение с равным размером пузырьков 1,5-2 *мм*, что снижает степень образования слабых мест, которые приводят к разрушению (рис. 2);
- высокая адгезионная способность пены, обусловленная низким содержанием воды;
- возможность подачи на высоту до 200 *м*;
- компрессионная пена для объёмного тушения путём заполнения зоны горения не предназначена [3].

На рис. 2 представлены схемы традиционного вспенивания воздушно-механической пены и генерирование пены компрессионным способом на примере установки пенного тушения и их структуры.



а *б*

Рис. 2. Вид пузырьков воздушно-механической пены (*а*)
и пены, сгенерированной компрессионным способом (*б*)

Применение компрессионной пены на территории России ещё в стадии развития, однако, на основании имеющегося опыта можно сделать вывод об эффективности технологии [1].

Использование технологии подачи компрессионной пены в зарубежной практике показало свою эффективность при применении для борьбы с лесными пожарами, а впоследствии компрессионная пена получила популярность в использовании для нужд пожаротушения в городской среде.

Для сравнения технологии CAFS с воздушно-механической пеной, полученной классическим способом, был проведён анализ пожаров с горением дворовых построек в сельской местности. При анализе рассматривались однотипные пожары с применением технологии подачи компрессионной пены, пены, полученной с помощью пеногенераторов, и воды (рис. 3).

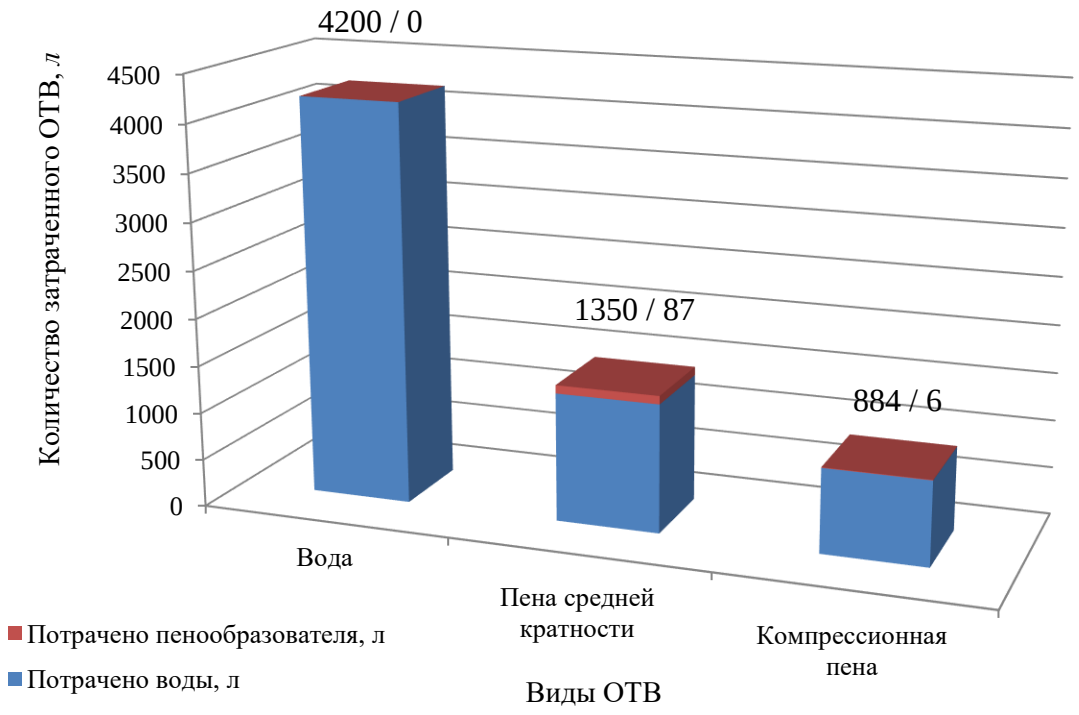


Рис. 3. Анализ показаний расхода при тушении пожаров компрессионной пеной, водой и пеной средней кратности (затрачено воды, *л* / затрачено пенообразователя, *л*)

Время тушения пожара водой составило 23 *мин* при площади 51,6 $м^2$, воздушно-механической пеной традиционной технологии изготовления – 14 *мин* при площади 52,4 $м^2$, компрессионной пеной – 7 *мин* при площади 52,3 $м^2$.

После проведённого анализа, сравнив соотношения расходных показателей и времени тушения всех 3 вариантов, можно сделать вывод, что применение компрессионной пены является эффективнее, чем воды и воздушно-механической пены средней кратности.

С момента появления компрессионной пены по настоящее время в разных странах проводились и проводятся исследования основных характеристик данной технологии (эффективность тушения, использование в условиях низких температур, экономическая эффективность и др.). Специалистами разных стран были изучены возможности применения компрессионной пены при тушении электрооборудования под напряжением, зданий повышенной этажности и в других областях.

Проанализировав нормативно-правовые акты Российской Федерации в области проектирования пожарного водоснабжения на объектах энергетики, нужно отметить, что расстояния между пожарными гидрантами не нормируются. Вследствие чего на каждом объекте энергетики при пожаре пожарно-спасательные подразделения сталкиваются с проблемой в виде прокладки рукавных линий длиной до 0,7 *км*. Следовательно, дальность прокладки рукавных линий влияет на интенсивность тушения и время ликвидации пожара. Несмотря на изучение гидрогазодинамики компрессионной пены, специалистами использовались усреднённые расчёты и типовые стенды для воды при получении значений исследуемых характеристик. Применение этих методик увеличивает погрешности при проведении экспериментов, что при применении может повлиять на исход тушения пожара. Также не проведена работа по разработке рекомендаций по применению технологии подачи компрессионной пены для тушения пожаров. Что оставляет вопрос по её дальнейшему изучению открытым.

В целях успешного тушения пожаров на объектах энергетики, а также снижения материального и косвенного ущерба, возникает необходимость проведения исследований по оценке гидравлических характеристик компрессионной пены при движении в рукавных линиях и разработки рекомендаций по её применению для обеспечения пожарной безопасности.

Литература

1. Алешков М.В., Ройтман В.М., Воевода С.С. и др. Применение компрессионной пены при тушении пожаров в зданиях повышенной этажности // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2019. № 3. С. 59-62. DOI: 10.25257/FE.2019.3.59-62.

2. J. Gordon Routley. Compressed Air Foam for Structural Fire Fighting: A Field Test. Boston, Massachusetts. 1994. 29 p.

3. Brinkley J., Depew R. Capabilities and limitations of compressed air foam systems (CAFS) for structural firefighting // The Fire Protection Research Foundation. 2012. 58 p.

4. Kim A., Crampton G., Asselin J.P. A comparison of the fire suppression performance of compressed-air foam and foam-water sprinkler systems for Class B hazards // National Research Council Canada. Institute for Research in Construction, 2012. 35 p.

5. Пожары и пожарная безопасность в 2020 г.: статистический сборник / под общ. ред. Д.М. Горидиенко. М.: ВНИИПО МЧС России, 2021. 112 с.

В.П. Сорокоумов, А.А. Стрельцов
(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: bugai21@bk.ru)

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ГОТОВНОСТИ МОБИЛЬНЫХ СРЕДСТВ ПОЖАРОТУШЕНИЯ ДЛЯ ШТАТНО-ТАБЕЛЬНОГО ПРЕДНАЗНАЧЕНИЯ

Рассматривается обоснование выбора оптимальных научных решений к системе оценки готовности к применению мобильных средств пожаротушения при их эксплуатации в чрезвычайных ситуациях на основе векторных критериев I группы. Проведён анализ количества пожарной техники по видам. Выполнена оценка готовности к предназначению организации по эксплуатации. Проанализировано выделение ресурсов на эксплуатацию техники, предусмотренных соответствующими табелями оснащённости (штатом, нормами обеспечения).

Ключевые слова: условия эксплуатации, мобильные средства пожаротушения, пожарная машина,э ксплуатация мобильных средств пожаротушения, техническая готовность.

Sorokoumov V.P., Streltsov A.A.

CRITERIA FOR ASSESSING THE READINESS OF MOBILE FIRE EXTINGUISHING EQUIPMENT FOR REGULAR-SERVICE PURPOSES

The substantiation of the choice of optimal scientific solutions to the system for assessing the readiness for the use of mobile fire extinguishing equipment during their operation in emergency situations based on the vector criteria of group I is considered. The analysis of the number of fire equipment by type was carried out. An assessment of the readiness for the pre-appointment of the operating organization was carried out. The allocation of resources for the operation of equipment, provided for by the corresponding tables of equipment (staff, standards of support), was analyzed.

Keywords: operating conditions, mobile fire extinguishing equipment, fire engine, operation of mobile fire extinguishing equipment, technical readiness.

В МЧС России эксплуатируется большое количество видов техники. Согласно проведённому анализу [2] к наиболее часто использующимся видам техники относятся мобильные средства пожаротушения – пожарные автомобили.

В МЧС России по состоянию на 1 января 2021 г. имеется свыше 50000 *ед*. различных мобильных технических средств. Соотношение видов представлено на рис. 1.

По результатам анализа [2] наибольшее количество техники – свыше 70 % составляют автомобильная техника и мобильные средства пожаротушения (МСП).

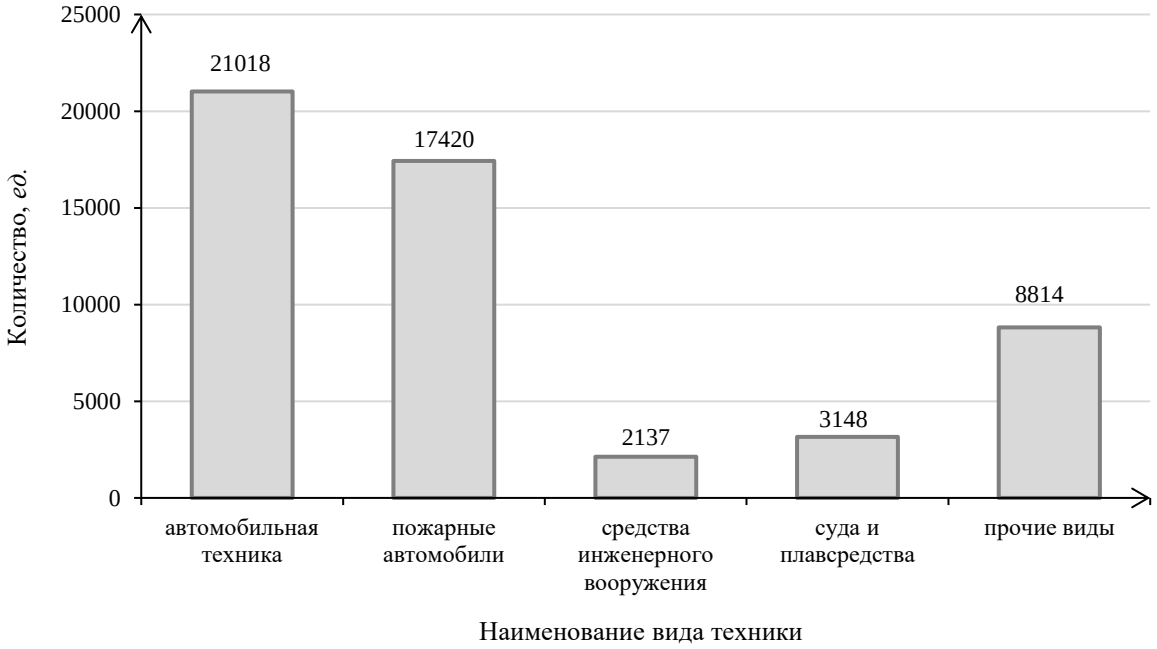


Рис. 1. Количество техники по видам

Условием, влияющим на возможность применения МСП является его принадлежность. Для организации эксплуатации образца, он должен быть закреплён за соответствующим учреждением (организацией) МЧС России. На сегодня учреждения владеют, пользуются имуществом, закреплённым за ними на праве оперативного управления, в пределах, установленных законом, в соответствии с целями своей деятельности, назначением этого имущества и, если иное не установлено законом, распоряжаются этим имуществом с согласия собственника этого имущества. Достаточно часто в практической деятельности встречаются ситуации, когда МСП в подразделении имеется, происходит его применение, однако документов, подтверждающих его закрепление за учреждением, не имеется. Данная ситуация со стороны контрольных органов может быть расценена, как нецелевое использование бюджетных средств.Принимая во внимание, что закрепление имущества возможно только при соблюдении условий принятия имущества на баланс учреждения, представляется целесообразным использовать критерий $K_{\text{Iпр}}$ для получения информации о закреплении МСП за учреждением на праве оперативного управления (табл. 1).

При оценке оценки готовности МСП к предназначению необходимо исходить из возможности организации их эксплуатации. Выделение ресурсов на эксплуатацию МСП происходит исключительно на технику, предусмотренную соответствующими табелями оснащённости (штатом, нормами обеспечения). Использование сверхштатной техники (техники сверх

количества, предусмотренного Табелем оснащённости (штатом, нормами обеспечения) при повседневной деятельности запрещается. Таким образом можно сделать вывод, что в первую группу критериев будет входить критерий $K_{Iизл}$, описывающий является ли образец МСП излишествующим или нет (табл. 2).

В соответствии с [1] до издания приказа руководителя учреждения о вводе техники в эксплуатацию и закреплении за ней личного состава использование техники запрещается, за исключением случаев перегона (перемещения) при её приёме учреждением. Таким образом следующим критерием будет являться критерий $K_{Iввод}$, который будет учитывать наличие приказа о вводе техники в эксплуатацию и закреплении за ней личного состава (табл. 3).

Таблица 1

Критерий, учитывающий принадлежность образца

Параметр образца (критерий)	Оценка	
	соответствует	не соответствует
Критерий, учитывающий принадлежность образца, $K_{Iпр}$	Образец закреплён на праве оперативного управления за учреждением МЧС России	Образец не закреплён на праве оперативного управления за учреждением МЧС России

Таблица 2

Критерий, учитывающий является ли образец излишествующим

Параметр образца (критерий)	Оценка	
	соответствует	не соответствует
Критерий, учитывающий является ли образец излишествующим, $K_{Iизл}$	образец входит в количество, предусмотренное табелем оснащённости (штатом, нормами обеспечения)	образец не входит в количество, предусмотренное табелем оснащённости (штатом, нормами обеспечения)

Таблица 3

Критерий, учитывающий наличие приказа о вводе образца в эксплуатацию и закреплении за ним личного состава

Параметр образца (критерий)	Оценка	
	соответствует	не соответствует
Критерий, учитывающий наличие приказа о вводе образца в эксплуатацию и закреплении за ним личного состава, $K_{Iввод}$	приказ о вводе образца в эксплуатацию и закреплении за ним личного состава имеется	приказ о вводе образца в эксплуатацию и закреплении за ним личного состава отсутствует или требует переработки

Таким образом в первую группу критериев входят три критерия, учитывающие:

- принадлежность образца;
- является ли образец излишествующим;
- наличие приказа о вводе образца в эксплуатацию и закреплении за ним личного состава.

Векторный критерий I группы будет зависеть от частных критериев и может описываться следующей функцией K_I ($K_{Iпр}$, $K_{Iизл}$, $K_{Iввод}$).

Выводы

Представлены результаты анализа по обоснованию выбора оптимальных научных решений к системе оценки готовности к применению мобильных средств пожаротушения на основе векторных критерий I группы.

Литература

1. Сорокоумов В.П., Фадейкин Е.А., Спехин Н.И. Алгоритм принятия решений при управлении эксплуатацией пожарной и аварийно-спасательной техники // Системы безопасности – 2018: матер. 27-й междунар. науч.-техн. конф. М.: Академия ГПС России, 2018. С. 172-175.

2. Аристархов В.А., Рожков А.В. Поддержка принятия решения о необходимости замены пожарных автомобилей в пожарно-спасательных подразделениях // Технологии техносферной безопасности. 2021. Вып. 2 (92). С. 106-115. https://doi.org/10.25257/TTS.2021.2.92.106-115

3. Сорокоумов В.П., Жамурзов А.М. Показатели надёжности пожарных автомобилей // Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации: матер. VII междунар. науч.-практ. конф. в 2 ч. Ч. 2. М.: Академия ГПС МЧС России, 2020. С. 141-144.

4. Сорокоумов В.П., Кусов А.В. Система эксплуатации пожарно-спасательной техники при чрезвычайных ситуациях // Гражданская оборона на страже мира и безопасности: матер. IV междунар. науч.-практ. конф., посвящённой Всемирному дню гражданской обороны. М.: Академия ГПС России, 2020. С. 299-302.

В.П. Сорокоумов, Д.А. Хасыков
(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: bugai21@bk.ru)

НАДЁЖНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ МОБИЛЬНЫХ СРЕДСТВ ПОЖАРОТУШЕНИЯ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Рассматривается система эксплуатации пожарной техники. Разработана методика оценки показателей надёжности при моделировании эксплуатации пожарной техники. Проведён анализ наиболее часто используемых видов техники и мобильных средств пожаротушения. Проанализирован состав парка мобильных средств пожаротушения по техническому состоянию. Определён возрастной состав мобильных средств пожаротушения.

Ключевые слова: условия эксплуатации, мобильные средства пожаротушения, эксплуатация мобильных средств пожаротушения, надёжность, отказы.

V.P. Sorokoumov, D.A. Khasykov

RELIABILITY OF OPERATION OF MOBILE FIRE EXTINGUISHING EQUIPMENT IN EMERGENCY SITUATIONS

The system of operation of fire equipment is considered. A method for evaluating reliability indicators in modeling the operation of fire equipment has been developed. The analysis of the most commonly used types of equipment and mobile fire extinguishing equipment was carried out. The composition of the fleet of mobile fire extinguishing equipment is analyzed according to the technical condition. The age composition of mobile fire extinguishing equipment is determined.

Keywords: operating conditions, mobile fire extinguishing equipment, operation of mobile fire extinguishing equipment, reliability, failures.

Сегодня вся система эксплуатации пожарной техники требует существенных изменений, которые обусловлены актуальными задачами территориальных органов. Это связано с их изменениями, что ведёт к увеличению количества технических средств и росту средств по их содержанию. Поэтому рассматриваемая проблема крайне актуальна и требует дальнейшего развития. В связи с этим необходимо провести реформирование системы эксплуатации техники в подразделениях, а для этого необходимо проведение анализа и разработка научных подходов для их дальнейшего применения на практике.

В России применяется большое количество видов техники: автомобильная техника, пожарные автомобили, аварийно-спасательная техника, подвижные средства технического обслуживания (ТО), ремонта, робототехнические средства и т.д. [1].

Основными определениями в системе эксплуатации являются:

- надёжность – свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования;

- исправное состояние (исправность) машины – состояние образца техники, при котором он соответствует всем требованиям эксплуатационных, нормативно-технических и (или) конструкторских документов;

- неисправное состояние (неисправность) машины – состояние образца техники, при котором оно не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технических и (или) конструкторских документов;

- работоспособное состояние (работоспособность) – состояние образца, при котором значения всех его параметров функционирования, характеризующих способность выполнять работу по назначению, соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской документации.

Весь блок технических средств, представленный выше имеет актуальное значение при проведении тушения пожара и аварийно-спасательных работ, так как непредсказуемость ситуации имеет большую значимость при использовании того или иного типа технических средств. Рассмотрим часть проблемы, а именно методику оценки показателей надёжности при моделировании эксплуатации пожарной техникой.

Согласно проведённому анализу [1] к наиболее часто используемому виду техники относятся мобильные средства пожаротушения.

Результаты анализа состава парка мобильных средств пожаротушения (МСП) по техническому состоянию представляет следующий вид, представленный на рис. 1. Вывод – основная масса мобильных средств пожаротушения относится к второй категории, однако постоянная техническая готовность МСП требует увеличения надёжности эксплуатации МСП.

Высокий возрастной состав МСП снижает уровень надёжности к применению. По результатам проведённого анализа [2] видно, что по состоянию на 01.03.2021 из предусмотренных табелями оснащённости МСП около 84 % имеют наработку до 100 *тыс км*, 42 % имеют срок службы 20 лет и более.

Для решения проблемы предлагается методика оценки показателей надежности, модель эксплуатации пожарной техникой. Для этого предлагается определить показатели интенсивности прямых и обратных переходов в уравнениях Колмогорова, в которых системы уравнениях [3] связаны с неисправностями пожарных автомобилей.

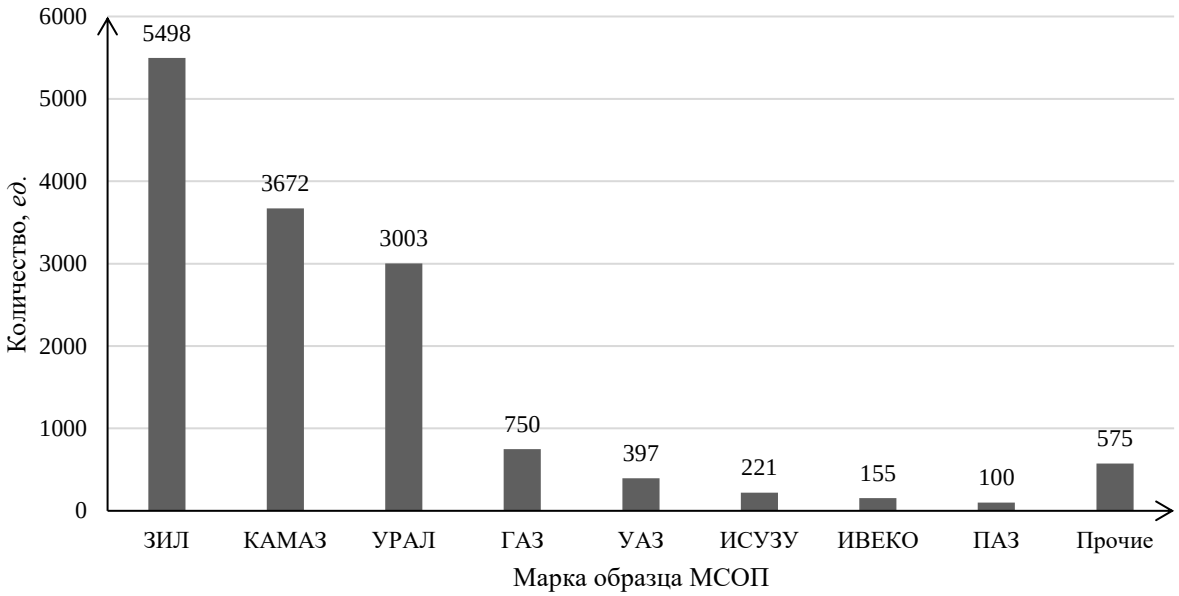


Рис. 1. Состав парка мобильных средств пожаротушения

Вносим предположение, что наработка является функцией состояния объекта. Общую наработку D представляем эмпирическими функциями:

$$D = F(T, L, W, C, S, R), \quad (1)$$

которые учитывают: срок эксплуатации (T) и пробег (L), дополнительные факторы в различных дорожных условиях (W), климатические условия (C), качество обслуживания (S) и условиями хранения (R).

Полный дифференциал в пространстве переменных T и L имеет вид:

$$\mathrm{d}D = P(S, R)\,\partial T + Q(C, W)\,\partial L, \quad (2)$$

где $P(S, R)$ и $Q(C, W)$ функции дополнительных факторов.

Общее количество поломок за время эксплуатации списания величины D является интегральной функцией износа:

$$f = ke^{mD}. \quad (3)$$

Определяем интенсивность отказов λ как производная по времени от интегральной функции износа:

$$\lambda = \mathrm{d}f/\mathrm{d}t = km(\mathrm{d}D/\mathrm{d}t)\,\mathrm{e}^{mD} = km\,D\,\mathrm{e}^{mD}, \quad (4)$$

$$\lambda = km(P + Q\,(\partial L/\partial t)\,\mathrm{e}^{mD}, \quad (5)$$

Находим функцию интенсивности износа $\dot{D}$, которая слабо влияет на эксплуатацию. Допускаем приближение для функций $P(S, R)$ и $Q(C, W)$ в (2), принимая их значения в виде постоянных величин P и Q.

Принимаем:

$$P << Q\,(\partial L/\partial t);$$

$$\lambda = km\,Q\,(\partial L/\partial t)\,\mathrm{e}^{mD} = kmQL\,\mathrm{e}^{mD}.$$

Представляем срок эксплуатации T и пробег L как:

$$D = PT + QL, \quad (6)$$

Подставляем (6) в (4) и выполняем преобразования, получаем:

$$\lambda = km\ Q\ kmQL\ e^{m(D0+D)}. \quad (7)$$

Приводим (5) к линейной относительно T и L функции:

$$\lambda = L(aT + bL + c). \quad (8)$$

Принимаем продолжительность ремонта относительно T и L функцией:

$$T = kT + nL + d. \quad (9)$$

Интенсивность восстановления автомобилей задаём обратной функцией:

$$\mu = 1/\tau = 1/ (kT + nL + d). \quad (10)$$

Тогда эксплуатация приобретает вид:

$$\lambda_i = f(Y, T, L, W, C, S\ R);$$
$$\mu_i = f(Y, T, L, W, C, S\ R). \quad (11)$$

Допускаем применение приближений (8) и (10).

Коэффициенты, которые получили применяем для техники с идентичными характеристиками при учёте возраста T и пробега L:

$$\lambda_i = f(T, L);$$
$$\mu_i = f(T, L). \quad (12)$$

Предлагаемая система имитационного моделирования может стать основой для системы поддержки принятия решений при эксплуатации мобильных средств пожаротушения.

Выводы

Представлены результаты анализа по обоснованию выбора оптимальных научных решений к системе надёжности мобильных средств пожаротушения при ЧС.

Литература

1. Сорокоумов В.П., Фадейкин Е.А., Спехин Н.И. Алгоритм принятия решений при управлении эксплуатацией пожарной и аварийно-спасательной техники // Системы безопасности – 2018: матер. 27-й междунар. науч.-техн. конф. М.: Академия ГПС России, 2018. С. 172-175.

2. Аристархов В.А., Рожков А.В. Поддержка принятия решения о необходимости замены пожарных автомобилей в пожарно-спасательных подразделениях // Технологии техносферной безопасности. 2021. Вып. 2 (92). С. 106-115. https://doi.org/10.25257/TTS.2021.2.92.106-115

3. Сатин А.П., Ле Тхань Бинь, Прус Ю.В. Марковская модель функционирования автопарка пожарного подразделения // Технологии техносферной безопасности. 2012. Вып. 5. 12 с.

4. Захаров Н.С. Моделирование процессов изменения качества автомобилей. Тюмень: ТюмГНГУ, 1999. 127 с.

5. Сорокоумов В.П., Жамурзов А.М. Показатели надёжности пожарных автомобилей // Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации: матер. VII междунар. науч.-практ. конф. в 2 ч. Ч. 2. М.: Академия ГПС МЧС России, 2020. С. 141-144.

Н.В. Свиридова, Н.М. Никитин, А.О. Овчинников
(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: n.sviridova@academygps.ru)

РЕГУЛИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

Рассмотрены основные аспекты развития системы регулирования пожарной безопасности в сфере особо ценных объектов культурного наследия. Предложены варианты гармонизации существующей ситуации в этой сфере с учётом международного опыта.

Ключевые слова: пожарная безопасность, государственный пожарный надзор, объекты культурного наследия.

N.V. Sviridova, N.M. Nikitin, A.O. Ovchinnikov

REGULATION OF FIRE SAFETY REQUIREMENTS OF CULTURAL HERITAGE SITES

The article considers the main aspects of the development of the fire safety regulation system in the field of especially valuable cultural heritage objects. The variants of harmonization of the existing situation in this area, taking into account international experience, are proposed.

Keywords: fire safety, state fire supervision, cultural heritage sites.

Обеспечение защиты объектов культурного наследия является важной государственной задачей. Они несут в себе бесценную информацию о развитии нашей цивилизации и служат основой для дальнейшего духовного роста. Конституция Российской Федерации гарантирует возможность доступа граждан к объектам культурного наследия, что накладывает повышенный уровень требований к обеспечению безопасности, в том числе и пожарной. Данные требования закреплены не только юридически, но и имеют прочную основу в уважении в памяти предков и патриотизме, материальным воплощением которого как раз и являются рассматриваемые объекты.

Сложность ситуации, сложившейся в России в сфере сохранения объектов культурного наследия осложняется территориальным расположением данных зданий в центральной части городов, которая является полем борьбы за замену исторической архитектуры на здания современной постройки. При расследовании случаев пожаров в исторической части городов версия поджогов часто не лишена оснований. Подобные случаи отмены

за последние годы в Ростове-на-Дону, Вологде, Казани, Саратове. Взамен сгоревших деревянных домов строятся высотные здания, нарушающие гармонию облика исторического центра. Поэтому проблема защиты объектов культурного наследия попадает в поле зрения не только специалистов по пожарной безопасности и находится на общественном контроле.

На практике существует напряжённость между органами Государственного пожарного надзора и организациями, занимающимся эксплуатацией объектов культурного наследия. От государства требуется активное участие в формировании современной модели пожарной безопасности, учитывающей специфику объектов, обладающих исторической ценностью. Сохранения исторического наследия и обеспечение безопасности эксплуатации объектов культурного наследия должны быть учтены при регулировании возникающих противоречий [1]. Для формирования модели безопасности, которая бы позволила достичь высокого уровня пожарной безопасности при минимальном вмешательстве в конструктивные особенности зданий и их внешний облик, требуется провести анализ и ревизию, как самого культурного наследия, так и оценить перспективу его использования в общественной жизни.

Объекты культурного наследия представляют собой здания, сооружения, помещения, входящие в Единый государственный реестр объектов культурного наследия народов Российской Федерации в соответствии с Федеральным законом № 73-ФЗ, представляющие ценность с точки зрения истории, архитектуры, градостроительства, искусства, социальной культуры, а так же здания, сооружения, помещения в установленном порядке, отнесённые к выявленным объектам культурного наследия религиозного назначения, границы, территории которых утверждены актом органа исполнительной власти субъекта РФ, уполномоченного в области сохранения, использования, популяризации и государственной охраны объектов культурного наследия.

К таким объектам относятся: здания религиозного назначения, старинные исторические комплексы, архитектурные ансамбли и т.д. Они представляют собой для нынешних и будущих поколений особую ценность, именно они несут в себе особый исторический смысл, который позволяет нам не забывать события минувших лет. Сохранение облика исторических зданий не позволяет соблюсти весь комплекс мер противопожарной безопасности [2].

Но в большинстве случаях такие постройки выполнены из дерева, которые в свою очередь через десятилетия начинает усыхать, а, следовательно, риск возникновения пожара возрастает. К таким объектам должны

предъявляться особые требования пожарной безопасности, дабы сохранить их и при этом не нарушить эстетический вид. Деревянное зодчество – важнейшая часть нашей культуры. её рассматривают как наш культурный код и часть национальной идентичности. Деревянное культурное наследие находится под охраной государства. Созданы музеи деревянного зодчества на острове Кижи Онежского озера, "Витославлицы" в Новгородской области, "Малые Корелы" под Архангельском. Деревянным зодчеством восхищался русский художник Иван Билибин (1876-1942), отдавая дань уважения зодчим, строившим церкви в Кижах. Облик наших крупных городов формировался веками, вбирая в себя различные архитектурные стили, впитывал исторические события и наша задача – это сохранить историческую преемственность, не потерять памятники культуры в результате пожара.

Ко всем объектам защиты должны предъявляться требования пожарной безопасности в соответствии с ФЗ №123-ФЗ. Объекты культурного наследия так же не остались в стороне. По сей день этим вопросом занимаются высококлассные инженеры специалисты пожарной безопасности, которые разрабатывают различные нормы, приказы, своды правил и иные нормативные документы, позволяющие уменьшить, а в некоторых то случаях даже исключить возникновение пожароопасной ситуации. Проводятся установка систем пожаротушения, дымоудаления, оповещения, а также инженерно-технический комплекс других мероприятий, направленных на недопущение порчи исторических ценностей. Однако в ходе данных мероприятий забывается главная особенность объекта культурного наследия, а именно эстетическая составляющая.

Установка различных систем пожаротушения, дымоудаления, а также остальных инженерных коммуникаций достаточно сильно бросается в глаза, тем самым нарушая эстетический вид и историческую концепцию в целом. Нам кажется, что именно сохранение внешнего и внутреннего облика объекта культурного наследия является основополагающим элементом, напоминающим нам о тех давних временах.

Скрытие и маскировка инженерных систем, сильно бросающихся в глаза, позволит сохранить внешний облик объекта защиты, что, несомненно, приведёт к сохранности эстетики. Но при этом нужно учитывать особенности систем противопожарной защиты, дабы не нарушить их функциональность. Данная задача требует системного подхода, инженер-проектировщик должен обладать знаниями об историческом объекте и уметь использовать самые современные инженерные решения для достижения максимальной защищённости сооружения.

Исторические здания требуют бережного отношения, максимально сохраняющего их конструктивные особенности, даже если они не соответствуют требованиям нормативных документов по пожарной безопасности. За последние годы произошли множество резонансных пожаров, нанёсших большой урон историческому наследию нашей страны. В 2008 году огонь нанёс ущерб музею-заповеднику "Царицыно": горела оранжерея, которая должна была открыться после реставрации. Пожар затронул именно деревянные конструкции и распространился на 500 квадратных метров. Результатом стали обрушения конструкций. Кропотливая работа реставраторов была практически уничтожена. Комплекс оранжерей описан в исторических источниках, к объектам культурного наследия отнесён в 2006 году. Причиной пожара стало нарушение правил пожарной безопасности при проведении строительных работ.

В 2015 году резонансный пожар произошёл в Новодевичьем монастыре города Москвы. Возгорание произошло на объекте, на котором производили ремонтные работы, на колокольне. Пламя охватило половину фасада знаменитой колокольни высотой 72 метра (входит во всемирное наследие ЮНЕСКО с 2004 года), второй по высоте после колокольни Ивана Великого. Покрытый позолотой купол сильно деформировался под воздействием высоких температур. Ситуация осложнялась возможностью повреждения колоколов и фресок в результате тушения. В результате грамотных действий руководителей тушения пожара и 120 пожарных ущерб для столь масштабного пожара для несущих конструкций был минимален, огромная колокольня устояла. Данный пожар потребовал нестандартных решений, учитываю высоту и большую площадь возгорания (300 $м^2$), необходимо было сберечь рядом расположенные исторические постройки, что и было сделано. При проведении экспертизы пожара было отмечено наличие горючих конструкций (строительных лесов).

Наметим направления развития государственной политики в области регулирования пожарной безопасности объектов культурного наследия.

Во-первых, обеспечение диалога между подразделениями МЧС России, выполняющими надзорные функции и представителями музеев, храмов и других объектов. МЧС оказывает консультативную помощь в выборе средств противопожарной защиты таких зданий.

Во-вторых, регулирование правового поля, устранение противоречий между ориентацией на строгое соблюдение норм противопожарной безопасности и сохранением исторически сложившегося облика исторических зданий.

В-третьих, реализация противопожарной просветительской работы по формированию безопасного поведения в случае пожара. Обучение работников, занимающихся эксплуатацией объектов культурного наследия, необходимым навыкам по профилактике пожара. В данном случае эта задача может быть возложена на систему дополнительного образования при учебных заведениях МЧС России.

В-четвертых, разработка новых решений противопожарной защиты. Необходимы государственные и частные инвестиции в инновационные разработки в сфере охраны культурного наследия от пожаров. В частности, в последние годы ведутся исследования по разработке огнетушащих составов, наносящих минимальный ущерб историческим зданиям.

В-пятых, разработка типовых решений для исторических зданий с учётом баланса требований безопасности и сохранения конструктивных решений и внешнего облика.

В-шестых, сбор и систематизация информации о пожарах и загораниях на объектах культурного наследия для дальнейшего изучения и выработки новой гармоничной модели пожарной безопасности для исторических зданий.

В-седьмых, разработка специальных технических условий для каждого объекта защиты.

В-восьмых, разработка стандартов организации для всех вновь строящихся объектов культурного назначения.

Таким образом, государственная политика в области пожарной безопасности объектов исторического наследия может быть гармонизирована за счёт регулирования требований безопасности с учётом охранных требований ценных объектов. Научные исследования в данной области объединяют усилия специалистов по пожарной безопасности со стороны современной инженерии и историков, искусствоведов, реставраторов со стороны гуманитарного знания.

Литература

1. Фомин А.В., Магомедов В.Б. Обеспечение пожарной безопасности объектов культурного наследия средствами противопожарной пропаганды и обучения // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. 2020. № 1. С. 19-25.

2. Муслакова С.В., Присадков В.И., Барановский А.С., Хатунцева С.Ю. Проблемы применения нормативных документов при проектировании систем пожарной безопасности в российских музеях // Актуальные проблемы пожарной безопасности: матер. XXXI междунар. науч.-практ. конф. Международный салон "Комплексная безопасность – 2019". М., 2019. С.129-133.

И.Н. Шаров, А.Н. Барбосов
(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: i.sharov@academygps.ru)

ПРОБЛЕМЫ УЧЁТА КРИТЕРИЕВ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ ПРИ РАСЧЁТЕ ПОЖАРНОГО РИСКА

Рассмотрен вопрос влияния критериев технических средств противопожарной защиты на расчётные значения пожарного риска. Показаны проблемы, с которыми сталкиваются специалисты при учёте рассматриваемых критериев в расчёте пожарного риска.

Ключевые слова: технические средства противопожарной защиты, пожарный риск.

I.N. Sharov, A.N. Barbosov

PROBLEMS OF TAKING INTO ACCOUNT THE CRITERIA OF TECHNICAL MEANS OF FIRE PROTECTION WHEN CALCULATING FIRE RISK

The question of the influence of criteria of technical means of fire protection on the calculated values of fire risk is considered. The problems faced by specialists when taking into account criteria in calculating fire risk are shown.

Keywords: technical means of fire protection, fire risk.

Технические системы противопожарной защиты оказывают значительное влияние на расчётные величины пожарного риска. Вместе с тем при их учёте на практике специалисты сталкиваются с рядом проблем, имеет место неоднозначное толкование положений методик, регламентирующих данный вопрос.

Аналогичные положения в разных методиках (для общественных и производственных зданий) представлены по-разному. В методике определения расчётных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности, утвержденной приказом МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382 [2], данные критерии названы коэффициентами, учитывающими соответствии технических систем противопожарной защиты требованиям документов по стандартизации. Тогда как в методике определения расчётных величин пожарного риска на производственных объектах, утвержденной приказом МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404 [3], данные критерии представлены в виде показателей эффективного срабатывания (решения задачи) того или иного технического средства.

Необходимо отметить, что в первоначальной редакции методики [2] рассматриваемые критерии именовались также как вероятности эффективного срабатывания технических средств противопожарной защиты. Значения параметров определялись технической надежностью элементов систем противопожарной защиты, приводимых в технической документации. При отсутствии сведений по параметрам технической надежности допускалось принимать "значения по умолчанию". Специалисты широко трактовали значения данных показателей, принимая в расчётах вероятности 0,95 и выше, что, вероятно, могло приводить к необоснованному занижению величин риска ввиду сложности верификации получаемых значений. И в следующих редакциях методики была убрана возможность учитывать техническую надежность элементов систем противопожарной защиты, остались только значения по умолчанию, определенные методикой. При этом появилась возможность принимать положительные значения коэффициентов, когда объект технической системой противопожарной защиты не оборудован, но оборудование здания системой и не требуется в соответствии с нормативными документами по пожарной безопасности.

В методике для производственных зданий были и остаются положения о том, что вероятность эффективного срабатывания соответствующих средств предотвращения или локализации пожароопасной ситуации или пожара принимается исходя из статистических данных, публикуемых в научно-техническом журнале "Пожарная безопасность" или по паспортным данным завода-изготовителя оборудования. Следует отметить, что значения "по умолчанию" в методике не приведены. Рекомендуемые сведения по условной вероятности эффективного срабатывания некоторых систем противопожарной защиты имеются в пособии ВНИИПО [4]. Там указывается, что положительную условную вероятность эффективного срабатывания можно принимать при соблюдении в полном объёме требований нормативных документов по пожарной безопасности при проектировании, монтаже и эксплуатации технических систем противопожарной защиты. При этом, как известно, согласно методике для производственных зданий отсутствует возможность принимать положительные значения указанных критериев, когда объект технической системой противопожарной защиты не оборудован, но оборудование здания системой и не требуется в соответствии с нормативными документами по пожарной безопасности.

Сложившаяся ситуация приводит к разным подходам на практике: одни специалисты для расчётов по производственным зданиям берут значения рассматриваемых показателей из методики для общественных зданий, другие – принимают значения из пособия ВНИИПО [4], третьи –

рассчитывают по паспортным данным завода-изготовителя оборудования. Может быть, в общем, это и неплохо, что имеются различные пути обоснования указанных критериев, но широта формулировок и отсутствие алгоритма определения в методиках данных показателей, являющихся одними из ключевых для расчёта риска, приводит к манипулированию значениями показателей.

Отдельная проблема проявляется при выборе конкретного варианта учёта критериев. Например, в методике для общественных зданий коэффициенты для системы пожарной сигнализации (СПС) и системы оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ), СПС и системы противодымной защиты (СПДЗ) перемножаются между собой (видимо, для учёта вероятности совместной работы). Хотя в методике для общественных зданий – это не вероятности эффективного срабатывания, а коэффициенты соответствия требованиям нормативных документов. Конечно, в этом нет "физического смысла", но все же, если система в полном объёме соответствует требованиям норм, почему этот коэффициент соответствия по ней меньше единицы? Проводя же расчёты по методике для производственных зданий специалисты на практике между собой данные коэффициенты не всегда перемножают, так как формула для их учёта приведена несколько иная. Да, в положениях методики имеется фраза "СПС в сочетании с СОУЭ", но трактовать её можно по-разному. А для системы противодымной защиты не указано, что она учитывается в сочетании с СПС, её критерий на практике считают отдельно. Но ведь система дымоудаления приводится в действие как правило при срабатывании системы пожарной сигнализации. А как быть с дренчерными автоматическими установками пожаротушения? Они также приводятся в действие зачастую от системы пожарной сигнализации. Если применять такую форму учёта, очевидно, потребуется пересмотр величин данных критериев, тем более с учётом отсутствия возможности принимать положительные значения указанных показателей, когда объект технической системой противопожарной защиты не оборудован, но его оборудование системой и не требуется в соответствии с документами по стандартизации. Иначе может получится ситуация, при которой даже при наличии систем (а равно их отсутствии в соответствии с нормативными документами по пожарной безопасности) значения пожарного риска окажутся неудовлетворительными для вполне безопасных зданий, когда доказано выполнение условия безопасной эвакуации людей при возможном пожаре в соответствии со ст. 53 [1].

На практике для оборудования пожарной автоматики, имеющего разную надежность работы, разную наработку на отказ, специалисты указывают, что вероятность эффективной работы может варьироваться в районе 0,2 – 0,98 [5].

Допускаем (нет никаких ограничений), что могут появиться работы, в которых будет "доказано", что на объекте выполнена система СПС в сочетании с СОУЭ с вероятностью эффективного срабатывания порядка 0,999 (что не кажется таким уж недостижимым показателем). Тогда риск может оказаться в пределах нормативного, даже при несоблюдении условия безопасной эвакуации.

Важно отметить, что эффективность противопожарных мероприятий, в том числе необходимость и целесообразность технических средств противопожарной защиты, должна обосновываться динамикой пожара (ч. 3 ст. 7, ч. 2 ст. 51 [1], ч. 6 ст. 15, ст. 17 федерального закона № 384-ФЗ "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений"), а не информацией вероятностного (предположительного) характера (ч. 4 ст. 14 Уголовно-процессуального кодекса России, ч. 3 ст. 49 Конституции России).

Выводы: поощрение использования более эффективных и надежных систем пожарной автоматики за счет их влияния на величину пожарного риска в целом являлось позитивной тенденцией, однако, для этого требуется изменение зависимостей при расчёте величин пожарного риска, формулирование алгоритма определения вероятностей эффективной работы технических средств противопожарной защиты в методиках либо указание на стандарты, в соответствии с которыми это следует делать.

Литература

1. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".

2. Приказ МЧС России от 30 июля 2009 г. № 382 "Об утверждении методики определения расчётных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности".

3. Приказ МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404 "Об утверждении методики определения расчётных величин пожарного риска на производственных объектах".

4. Пособие по определению расчётных величин пожарного риска для производственных объектов. М.: ВНИИПО, 2012. 242 с.

5. Ярыгин А.С., Каткин Д. Надёжность как критерий выбора оборудования для систем пожарной сигнализации // Алгоритм безопасности. 2010. № 1.

А.А. Ефимов
(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: supportsystem.01@rambler.ru)

ВЛИЯНИЕ ДЕЙСТВИЙ СОТРУДНИКОВ СЛУЖБЫ БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРОЦЕСС ЭВАКУАЦИИ

Приведены результаты компьютерного моделирования эвакуации при пожаре с учётом алгоритмов, полученных в результате опроса персонала торгово-развлекательных центров (сценарий № 2), а также в соответствии с разработанным алгоритмом действий персонала при организации эвакуации людей (сценарий № 3).

Ключевые слова: торгово-развлекательный центр, моделирование эвакуации, персонал.

Yefimov Andrey Aleksandrovich ()

THE IMPACT OF THE ACTIONS OF SECURITY PERSONNEL ON THE EVACUATION PROCESS

The paper presents the results of computer simulation of evacuation in case of fire, taking into account the algorithms obtained as a result of a survey of the staff of shopping and entertainment centers (scenario 2), as well as in accordance with the developed algorithm of personnel actions in organizing the evacuation of people (scenario 3).

Keywords: shopping and entertainment center, evacuation simulation, staff.

Количество торгово-развлекательных центров (ТРЦ) в городах ежегодно возрастает. Сложность обеспечения пожарной безопасности на таких объектах заключается в большом количестве помещений с различным функциональным назначением, а также массовом пребывании людей. Пожары на таких объектах приводят к огромным человеческим жертвам, поэтому очень важно быстро и эффективно организовать эвакуацию в случае возникновения чрезвычайной ситуации [1].

Исследования, проведённые в различных странах, показали, что при получении сигнала о пожаре человек не сразу приступает к эвакуации. Первые действия, зачастую приводят к задержке времени начала эвакуации, которое может достигать относительно высоких значений. Например, при проведении учебной эвакуации в жилом здании оно составило 8,6 *мин* [2], а при пожаре в здании Всемирного Торгового Центра – 25,6 *мин* [3]. Именно эффективные действия персонала оказывают решающую роль при эвакуации. От них зависит время начала движения к выходам, выбор маршрута эвакуации и эмоциональное состояние посетителей и т.п. Однако, анализ пожаров и неанонсированных эвакуаций показал, что в настоящее время, персонал не всегда имеет соответствующую подготовку и обучение, а также практических навыков действий по организации и управлению эвакуацией при возникновении пожара.

В настоящее время количество сотрудников службы безопасности, необходимое для организации и управления эвакуацией людей при пожаре определяется непосредственно руководителем объекта и руководителем службы безопасности опираясь на их личный опыт. Результаты проведённого опроса [4], позволили установить реальные алгоритмы действий персонала по организации и управлению эвакуацией людей. Однако данные алгоритмы имеют ряд недостатков. Был разработан модифицированный алгоритм, исключающий ранее установленные недостатки.

Цель проведения компьютерного моделирования эвакуации людей из ТРЦ – оценка эффективности применения разработанных алгоритмов поддержки принятия управленческих решений при организации и управлении эвакуацией людей при пожаре в ТРЦ.

В качестве объекта исследования был выбран один из крупнейших торгово-развлекательных центров Чувашской Республики, расположенный в центре города Чебоксары. Это четырёхэтажное здание, в котором находятся торговые помещения, предназначенные для продажи различных видов товаров, а также пункты общественного питания.

Некоторые технико-экономические показатели объекта приведены в табл. 1.

Таблица 1

Технико-экономические показатели ТРЦ

№ п/п	Наименование показателя	Единица измерения	Количество
1	Помещение	шт.	159
2	Торговая площадь	$м^2$	30500
3	Высота этажа	*м*	5,85
4	Эвакуационный выход	шт.	13

Каждый торговый центр имеет уникальную планировку, и в случае возникновения пожара большинство людей будет пытаться покинуть здание не ближайшим безопасным выходом, а тем, через который они вошли в здание или который им хорошо знаком. Это может привести к давке и гибели людей в местах больших скоплений на основных выходах. На рассматриваемом объекте таковыми являются выходы № 1, 2, 3, 5, 11, 12 так как именно через них посетители попадают в торгово-развлекательный центр (рис. 1).

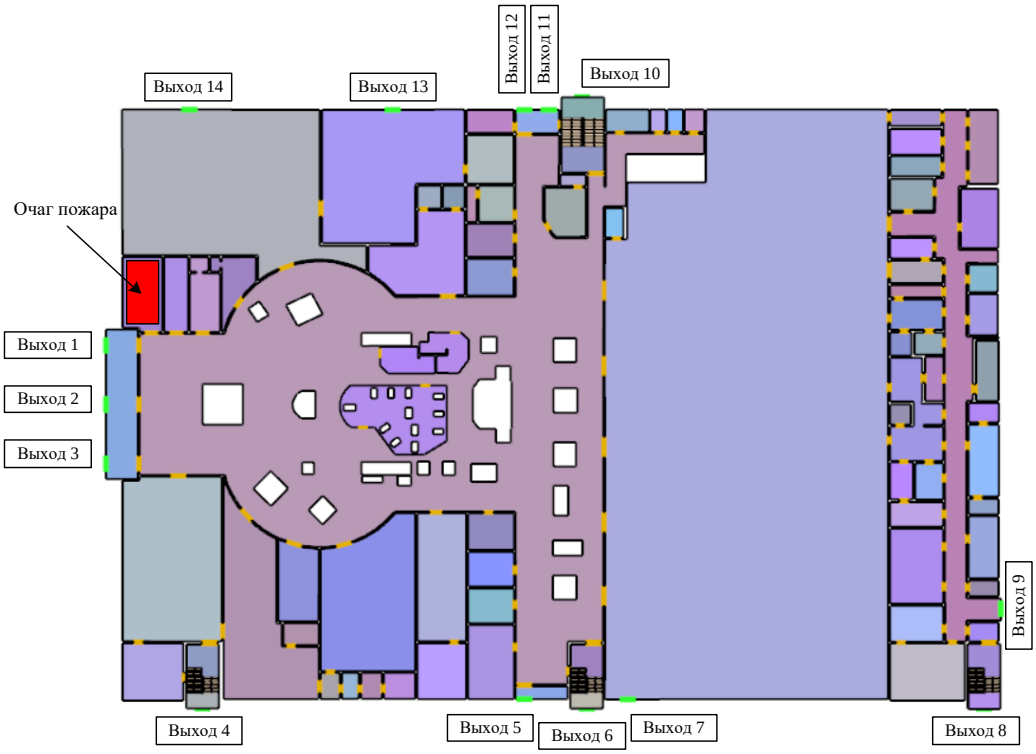


Рис. 1. План первого этажа торгово-развлекательного центра

Местом возникновения пожара было выбрано помещение, расположенное в непосредственной близости к центральному выходу. Вследствие распространения опасных факторов пожара центральный выход будет заблокирован. Количество посетителей определено согласно максимальному значению наблюдений на данном объекте (система подсчёта людей) – 1274 человека

Расчётная модель здания 3D-вида представлена на рис. 2.

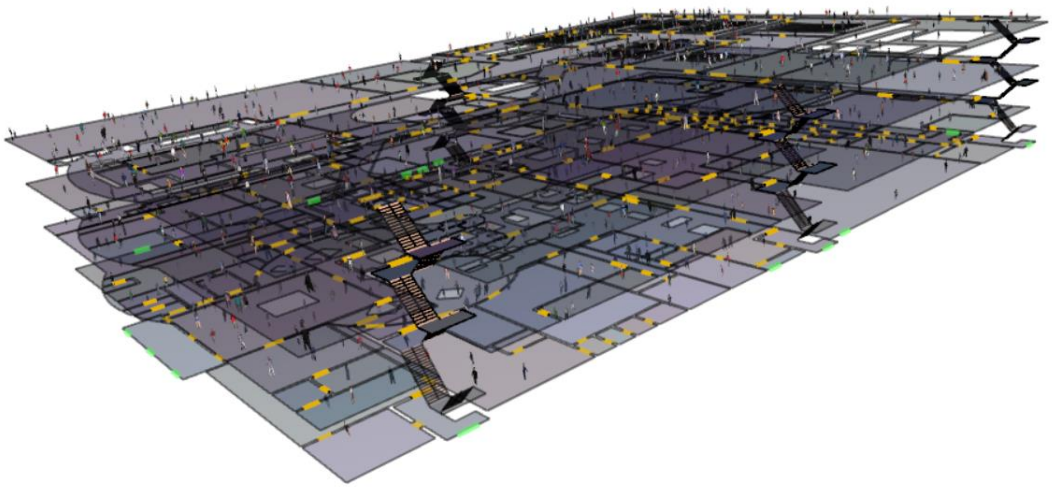


Рис. 2. Расчётная модель здания 3D-вида

Компьютерное моделирование эвакуации проводилось по трём сценариям:

Сценарий № 1 − в соответствии с Приказом МЧС России от 30 июня 2009 г. №382 "Об утверждении методики определения расчётных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности".

Сценарий № 2 − на основе реальных алгоритмов действий сотрудников службы безопасности, полученные в ходе опроса ТРЦ.

Сценарий № 3 − на основе разработанных алгоритмов действий сотрудников службы безопасности и с учётом необходимого количества охранников.

Целью настоящей работы является оценка эффективности применения разработанной модели и алгоритмов поддержки принятия управленческих решений при организации и управлении эвакуацией людей при пожаре в ТРЦ.

На рис. 3 представлены временные показатели эвакуации посетителей ТРЦ на каждом эвакуационном выходе. Время полной эвакуации по сценариям № 2 и № 3 представлены в табл. 2.

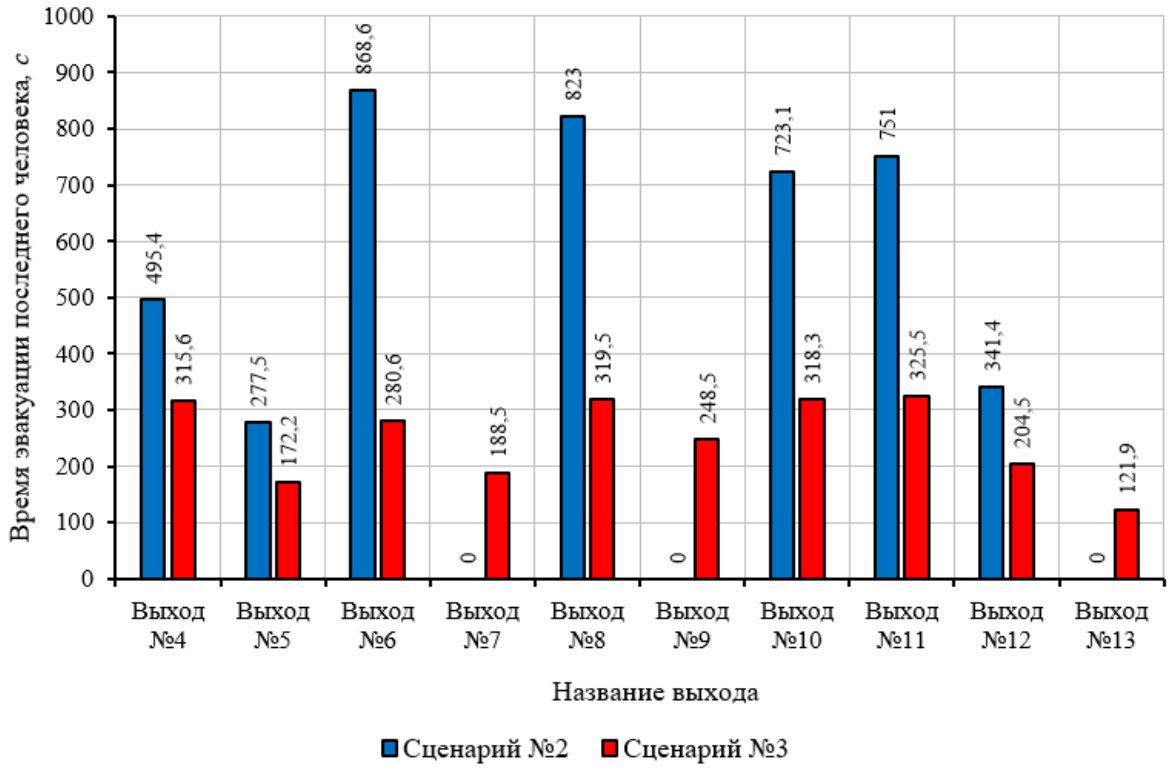


Рис. 3. Время эвакуации людей по эвакуационным выходам

Таблица 2

Время эвакуации посетителей из ТРЦ

№ п/п	Параметр	Сценарий № 2	Сценарий № 3
1	Общее время эвакуации	868, 6 *с*	325,5 *с*
2	Количество эвакуационных выходов, задействованных в процессе эвакуации	7	10

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что предложенные алгоритмы действий сотрудников службы безопасности с учётом необходимого количества сотрудников охраны эффективны и могут быть использованы на рассматриваемых объектах при планировании действий по организации и управлению эвакуацией людей.

Заключение

В работе приведены результаты компьютерного моделирования эвакуации при пожаре с учётом алгоритмов, полученных в результате опроса персонала ТРЦ (сценарий № 2), а также в соответствии с разработанным "идеальным" алгоритмом действий персонала при организации эвакуации людей (сценарий № 3).

Литература

1. Бахарев В.Е., Зальцман В.С., Фомин Д.С. Пожары, произошедшие на объектах с массовым пребыванием людей в Российской Федерации за период с 2009 года по 2018 год // World science: problems and innovations. 2019. С. 85-88.

2. Proulx G., Fahy R. F. The time delay to start evacuation: review of five case studies // Fire Safety Science. 1997. Т. 5. С. 783-794.

3. Proulx G., Fahy R. Human Behaviour in the World Trade Centre Evacuation // Fire Safety Science: Proceedings of the Fifth International Symposium. 1997.

4. Shikhalev D., Efimov A., Muzychenko A. Decision-making Process Formalization for Evacuation Management Based on Survey Results. Automation and Energy Efficiency (SUMMA): 3rd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, 2021, Pp. 266-270. DOI: 10.1109/SUMMA53307.2021.9632050

А.А. Иванов
(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: skivanovy@gmail.com)

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЕЛИЧИНОЙ РИСКА ВО ВРЕМЯ И ПОСЛЕ ЭВАКУАЦИИ

Рассмотрены аспекты определения индивидуального пожарного риска на основе действующей утвержденной методики, представлена зависимость индивидуального пожарного риска от эвакуации людей из заданий общественного назначения, проведён анализ иностранных источников определяющих моделирование человеческого поведения во время эвакуации, определено само наличие или отсутствие риска во время эвакуации, выдвинуто предположение момента возникновения риска для человека во время пожара.

Ключевые слова: эвакуация, индивидуальный пожарный риск, опасные факторы пожара, время эвакуации.

A.A. Ivanov

PROBLEMS OF RISK MANAGEMENT DURING AND AFTER EVACUATION

The aspects of determining the individual fire risk on the basis of the current approved methodology are considered, the dependence of the individual fire risk on the evacuation of people from public assignments is presented, the analysis of foreign sources of authors determining the modeling of human behavior during evacuation is carried out, the presence or absence of risk during evacuation is determined, an assumption is made the moment of risk to a person during a fire.

Keywords: evacuation,individual fire risk,dangerous factors of fire ,evacuation time

Введение

Обеспечение безопасности в современном мире является приоритетным направлением для государств. В обеспечении пожарной безопасности Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий уделяет большое внимание зданиям и сооружениям.

Так Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" (далее – Федеральный закон) [1] принят в целях защиты жизни, здоровья, имущества граждан и юридических лиц, государственного и муниципального имущества от пожаров, данный закон определяет основные положения технического регулирования в области пожарной безопасности и устанавливает общие требования пожарной безопасности к объектам защиты (продукции), в том числе к зданиям и сооружениям, производственным объектам, пожарно-технической продукции и продукции общего назначения [1]. В целях обеспечения безопасности определены условия соответствия объекта защиты требованиям пожарной безопасности, а именно выполнение одного из условий, определенных Федеральным законом в статье 6 [1].

В противопожарных направлении защита жизни и здоровья людей является приоритетным направлением для собственников зданий и сооружений. Так согласно Уголовному Кодексу Российской Федерации, статья 219 [2], умышленное (или по неосторожности) уничтожение или повреждение имущества, а также нарушение правил пожарной безопасности, повлекшее смерть или причинение тяжкого вреда здоровью человека, наказывается вплоть до лишения свободы. Приобретенная тенденция перехода от жестких рамок нормирования к гибкому нормированному подходу пожарной безопасности в ряде развитых стран позволило перейти к использованию методов оценки пожароопасности объектов и пожарного риска, на основе которых строится экономическая политика, как эффективности проектных решений, так и страховых тарифов.

Само понятие риска организованно при помощи вероятностных методов, но существуют и другие более сложные случаи анализа и оценки риска, требующие использования других методов и позволяющие не суммировать риски, а отдельно их оценивать и определять общую опасность.

В настоящее время для многих стран не установлены единые правила определения величины пожарного риска, по причине разных подходов к обеспечению пожарной безопасности, что накладывает ограничения на связь между ними. Иностранные методики определения пожарного риска издаются в качестве рекомендаций с целью определения величины страховых выплат, что несет тормозящий характер для данного направления.

Эвакуация и индивидуальный пожарный риск

Определения, утвержденные Федеральным законом, а именно:

эвакуация – процесс организованного самостоятельного движения людей непосредственно наружу или в безопасную зону из помещений, в которых имеется возможность воздействия на людей опасных факторов пожара [1];

индивидуальный пожарный риск – пожарный риск, который может привести к гибели человека в результате воздействия опасных факторов пожара [1]

имеют различный смысл, но данные понятия связаны между собой очень крепко, так как возможность своевременной и беспрепятственной эвакуации людей из зоны воздействия опасных факторов пожара (далее – ОФП) на человека определяет каким будет индивидуальный пожарный риск [3], тем самым, обеспечив эвакуацию, возможность воздействия на людей ОФП будет отсутствовать, также как и пожарный риск.

$$P_{э,i}=\begin{cases}0{,}999\cdot\frac{0{,}8\cdot t_{бл}-t_р}{t_{нэ}}, & \text{если } t_р<0{,}8\cdot t_{бл}< t_р+t_{нэ} \text{ и } t_{ск}\le 6 \textit{ мин}\\ 0{,}999, & \text{если } t_р+ t_{нэ}\le 0{,}8\cdot t_{бл} \text{ и } t_{ск}\le 6 \textit{ мин}\\ 0{,}000, & \text{если } t_р \ge 0{,}8\cdot t_{бл} \text{ или } t_{ск} > 6 \textit{ мин}\end{cases} \quad (1)$$

Данная формула определяет вероятность эвакуации из зданий, по которой можно отследить зависимость от времени блокирования эвакуационных путей, также есть определенный запас, такой как коэффициент 0,8. В упрощённом виде вероятность эвакуации определена лишь её возможностью или отсутствием таковой, исходя из этих данных наличие пожарного риска будет завесить от эвакуации.

Использование компьютерных программ позволяет рассчитать эвакуацию людей и распространение ОФП более точно, но у такого решения присутствует ряд недостатков, таких как: требовательность программного обеспечения к мощным вычислительным технологиям, время-затратная процедура проведения расчётов распространения ОФП и эвакуации, но основной проблемой в таких программах является подход в предоставлении прогнозов человеческого поведения с помощью эмпирических моделей, основанных на данных направленных на их использование для идентификации поведения, которые можно предсказать. Другими словами, разработчики компьютерных программ моделирования эвакуации полагаются на соответствующий выбор подгонки статистической модели для интерпретации заданного набора данных об эвакуационном движении и предоставления соответствующих прогнозов [4].

Моделирование человеческого поведения является сложнейшей задачей, точное решение которой до сих пор не найдено. Неопределённым местом стала фаза перед движением или по другому предварительная эвакуация, в которой человек еще не начал целенаправленное движение в сторону эвакуационного выхода, но его движение уже началось, а также определить его поведение в этот момент времени и дальнейший выбор его действий, так как нет точной уверенности, что человек перейдет к следующей фазе движения.

Модель шкалы времени — это упрощенный метод представления фаз эвакуации. Для представления процесса эвакуации могут использоваться две разные временные шкалы, а именно инженерная и поведенческая временная шкала, показанная на рис. 1 [5].

График поведения можно использовать для объяснения бездействия или принятых действий людей, находящихся в здании во время эвакуации. Он включает в себя, обнаружение и сигнализацию (начиная с момента возгорания до появления отклонения от нормы), фазу распознавания (рассматривается время отклонения от нормы до принятия решения о действиях по

уменьшению последствий пожара) и затем реагирование (которое включает как движение за "толпой", так и целенаправленное движение в безопасное место). Что является большой проблемой, которую необходимо учесть в определении времени эвакуации, состоящей в утвержденной методике Приказа МЧС РФ от 30 июня 2009 г. № 382 "Об утверждении методики определения расчётных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности".

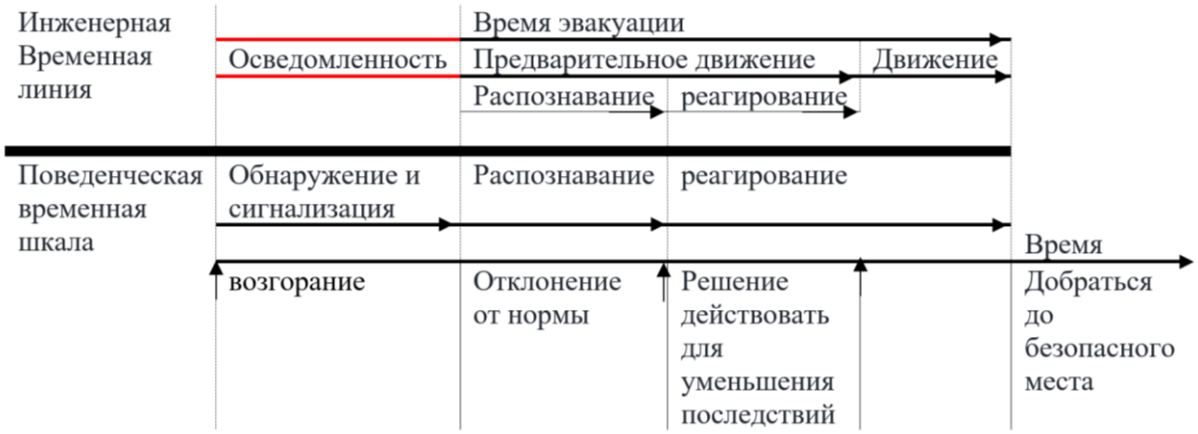


Рис. 1. Инженерные и поведенческие временные рамки, используемые для представления эвакуации [5]

Наличие угрозы, в случае не полной эвакуации людей до наступления опасных факторов пожара и будет являться риском, который необходимо оценить. Например при помощи упрощенной аналитической модели движения людского потока (определение расчётного времени эвакуации людей из помещений и зданий по расчёту времени движения одного или нескольких людских потоков через эвакуационные выходы от наиболее удаленных мест размещения людей) определяется время эвакуации, а в случае время существования скоплений людей на участках пути более 6 мин эвакуация считается невозможной, что является частью расчёта величины индивидуального пожарного риска, в таком случае определение самой величины индивидуального пожарного риска будет необходимо, так как в случае задержки еще не определен уровень воздействия на эвакуирующихся людей опасных факторов пожара.

Именно в таких случаях и должен определяться индивидуальный риск, а не в случае полной эвакуации людей без угрозы их здоровью и жизни, так как понятие риск определяет возможность причинения вреда: индивидуальный пожарный риск – пожарный риск, который может привести к гибели человека в результате воздействия опасных факторов пожара, статья 2 [1]. Для решения проблемы необходимо предложить иной способ декомпозиции условий влияния пожарного риска на человека, с использованием актуальных решений.

Литература
1. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".
2. Уголовный кодекс Российской Федерации от 13 июня 1996 г. № 63-ФЗ (ред. от 24.02.2021).
3. Приказ МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382 "Об утверждении методики определения расчётных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности".
4. Bode N. W., Ronchi E. Statistical Model Fitting and Model Selection in Pedestrian Dynamics Research // Collective Dynamics, 4, 1-32. https://doi.org/10.17815/CD.2019.20
5. Frantzich H. D. Nilsson, K Rod Brandteknik. Utrymning och tekniska installationer i vagtunnlar med dubbelriktad trafik. Lund Brand, Lunds Tek. Hogsk, 2016. 73 p.

И.П. Елтышев
(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: ilin-007@mail.ru)

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ НЕГОРЮЧИЙ СМЕСЕВОЙ ХЛАДАГЕНТ НА ОСНОВЕ R-1243 С $C_6F_{12}O$ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Показана важность охлаждения воздуха, поступающего в компрессор ГТУ, проблема применения парниковых хладагентов в парокомпрессионных холодильных машинах, представлен альтернативный экологически безопасный хладагент R-1243 в качестве основы для создания негорючего смесевого хладагента с фторированным кетоном (C6F12O) как ингибитором горения. Экспериментально получено, что фторированный кетон действительно является ингибитором для R-1243. Установлено, что минимальное содержание C6F12O в негорючей смеси с C3F3H3 составляет 73,3 % масс.

Ключевые слова: ГТУ, хладагенты, R-1243, ингибитор горения, смесевые композиции.

I.P. Yeltyshev

A PROMISING NON-FLAMMABLE MIXED REFRIGERANT BASED ON R-1243 WITH $C_6F_{12}O$ FOR USE IN POWER INDUSTRY

This paper shows the importance of cooling the air entering the gas turbine compressor, the problem of using greenhouse refrigerants in vapor compression refrigeration machines, and presents an alternative environmentally friendly refrigerant R-1243 as the basis for creating a non-flammable mixed refrigerant with fluorinated ketone (C6F12O) as a combustion inhibitor. It has been experimentally found that the fluorinated ketone is indeed an inhibitor for R-1243. It has been established that the minimum content of C6F12O in a non-combustible mixture with C3F3H3 is 73.3 % wt.

Keywords: GTU, refrigerants, R-1243, combustion inhibitor, mixed compositions

В последнее время доля газотурбинных установок (ГТУ) на объектах энергетики по выработке электрической и тепловой энергии значительно выросла [1], так в Российской Федерации основная доля выработки электрической энергии приходится на тепловые электрические станции (ТЭС) из них около 10 % приходится на станции, использующие системы паротурбинных установок (ПТУ) совместно с ГТУ.

Применение установок ГТУ обосновано следующими преимуществами: низкие эксплуатационные затраты, высокий коэффициент полезного действия и долговечность, меньшие сроки строительства и ввода в эксплуатацию, уменьшение выбросов продуктов горения в атмосферу, компактность и низкую себестоимость продукции. ГТУ используют в различных климатических условиях, но наиболее затруднительное их применение в жарком климате, в виду того, что для повышения коэффициента полезного действия (КПД) ГТУ необходимо понижать температуру поступающего воздуха перед компрессором ГТУ [2]. Для охлаждения воздуха используют различные системы охлаждения, в том числе парокомпрессионные системы охлаждения [3]. В парокомпрессионном цикле холодильной машины в качестве теплоносителя используют хладагенты, например, R-134a, R-227ea, R-125, R-290, R-600, R-600a и другие. Однако с ратифицированием Российской Федерацией Кигалийской поправки к Монреальскому протоколу [4] применение парниковых хладагентов (R-134a, R-227ea, R-125 и др.) ограничивается, а применение углеводородных хладагентов (R-290, R-600, R-600a) повышает пожароопасность на объектах энергетики. В связи с этим необходимо снизить риск возникновения пожароопасной ситуации на объектах энергетики с помощью создания негорючих и экологически безопасных смесевых хладагентов.

В работе [5] говорится об альтернативном хладагенте R-1243 (трифторпропен, $C_3F_3H_3$), который является экологически безопасным хладагентом, относящимся к классу А2 пожарной опасности. Поэтому его применение в качестве хладагента на объектах энергетики возможно, если создать негорючую смесевую композицию на его основе.

В настоящей работе будет рассмотрено создание негорючей экологически безопасной смеси R-1243 с $C_6F_{12}O$ (ФК 5-1-12, фторированный кетон).

Так как в работе [5] был сделан вывод, что для эффективного ингибирования горения, ингибитор должен обладать большой теплоемкостью и способностью эффективно конкурировать в реакциях с O и OH с углеводородными радикалами CH_2 и CH_3, соответственно в качестве ингибитора был подобран $C_6F_{12}O$. Фторированый кетон, при нормальных условиях жидкое вещество ($t_{кипения}$ = 49 °*C*), обладающее многими положительными свойствами: во-первых он является огнетушащим газом с достаточно высокой огнетушащей эффективностью (4,5 ± 0,1 % *об.*), во-вторых у данного вещества отсутствует токсичность при применяемых концентрациях, в-третьих при использовании данного вещества в целях пожаротушения появляется возможность использовать его для тушения работающей электроники, бумажных носителей информации и культурных ценностей. При этом, он удовлетворяет современным экологическим требованиям, так как его время жизни в атмосфере составляет 5 суток, следовательно, относит его к короткоживущим веществам (срок жизни не превышает 181 дня), что дает

возможность говорить о низком потенциале глобального потепления. Исходя из положительных свойств данного вещества, можно сделать вывод, что фторированый кетон должен эффективно ингибировать горючий хладагент. А созданные смесевые композиции будут удовлетворять современным экологическим требованиям.

Чтобы убедиться в правильности подобранного ингибитора горения необходимо определить его минимальную флегматизирующую концентрацию и предельную по горючести смесь. Экспериментальные данные были получены на установке "Вариант", схема которой приведена на рис. 1 [5], установка позволяет определять максимальное развиваемое при взрыве давление, скорость нарастания давления взрыва, концентрационные пределы распространения пламени по горючей газовой смеси, давление в реакционном сосуде после проведения эксперимента. Испытания на установке "Вариант" проводились при атмосферном начальном давлении и комнатной начальной температуре.

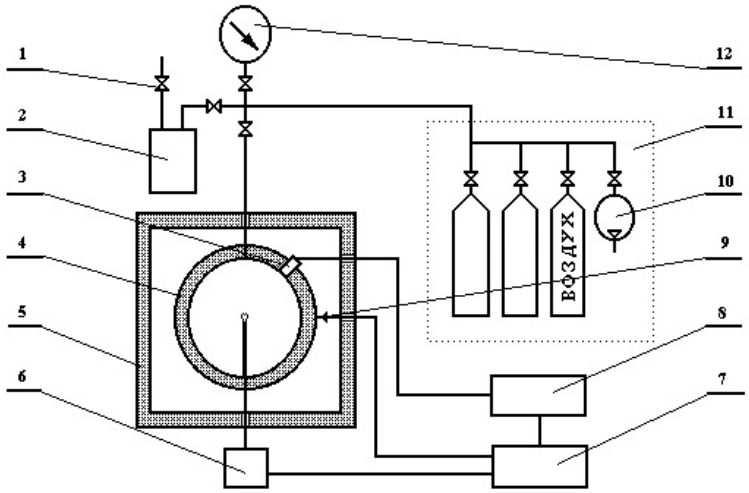


Рис. 1. Схема установки "Вариант":
1 – кран; 2 – парогенератор; 3 – датчик давления; 4 – реактор; 5 – термостат;
6 – система зажигания; 7 – пульт управления; 8 – осциллограф; 9 – термопара;
10 – вакуумный насос; 11 – система напуска; 12 – вакуумметр

На рис. 2 представлена область распространения пламени смеси R-1243($C_3F_3H_3$) с $C_6F_{12}O$. Предельная негорючая смесь R-1243 и $C_6F_{12}O$ имеет состав 26,7 % масс. $C_3F_3H_3$ – 73,3 % масс. $C_6F_{12}O$.

Для $C_6F_{12}O$ характерно, что его наличие в бедной смеси приводит к некоторому дополнительному тепловыделению при горении смеси (рис. 3), в то время как в околостехиометрической (рис. 4) и богатой (рис. 5) смесях дополнительное тепловыделение, вызываемое присутствием фторированного кетона, отсутствует, такой же эффект наблюдается и при использовании в качестве ингибитора C_6F_{12}(a) [5].

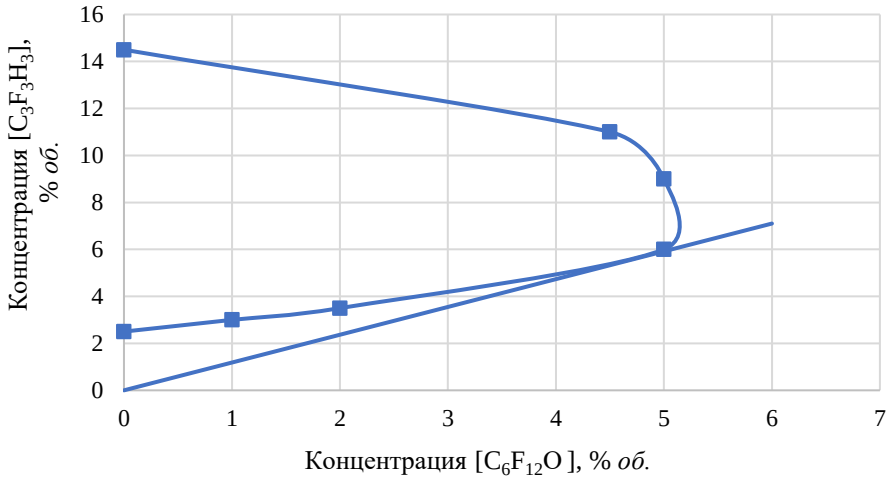


Рис. 2. Область распространения пламени смеси $C_3F_3H_3/C_6F_{12}O$/воздух

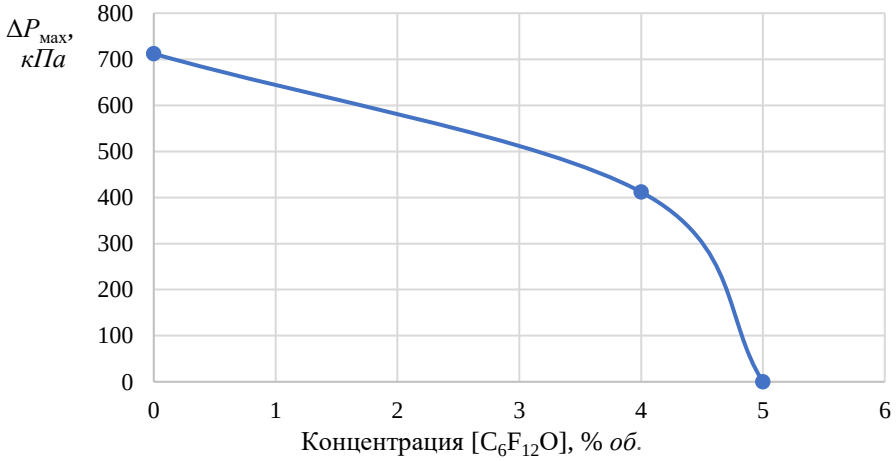


Рис. 3. Зависимость максимального давления взрыва смеси $C_3F_3H_3/C_6F_{12}O$/воздух от концентрации $C_6F_{12}O$ при 6 % об. $C_3F_3H_3$

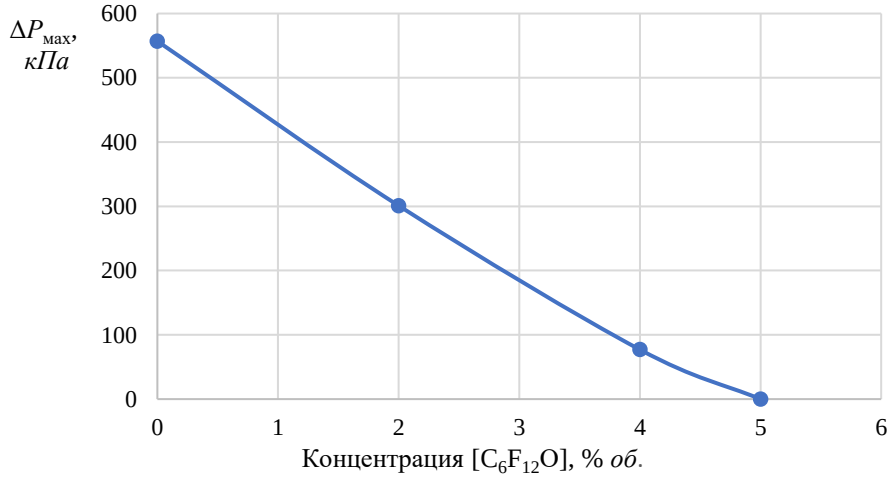


Рис. 4. Зависимость максимального давления взрыва смеси $C_3F_3H_3/C_6F_{12}O$/воздух от концентрации $C_6F_{12}O$ при 9 % об. $C_3F_3H_3$

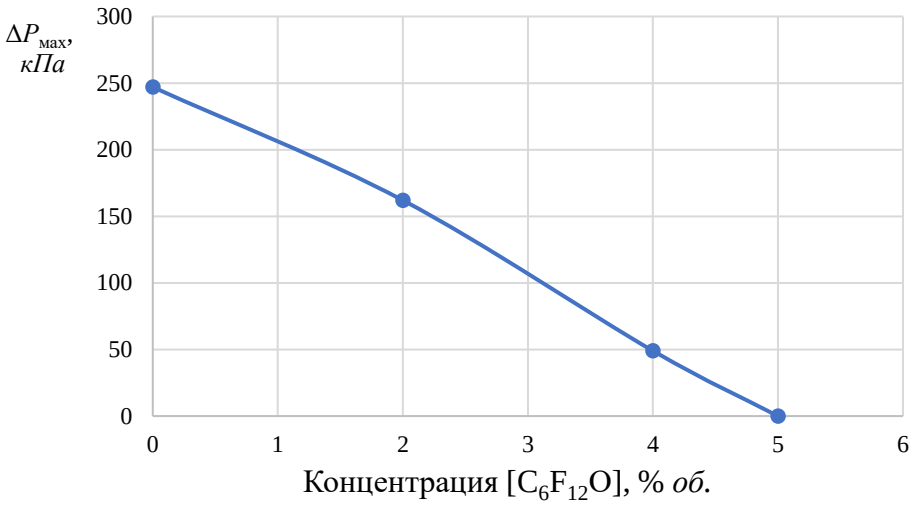


Рис. 5. Зависимость максимального давления взрыва смеси $C_3F_3H_3/C_6F_{12}O$/воздух от концентрации $C_6F_{12}O$ при 11 % об. $C_3F_3H_3$

Таким образом, фторированный кетон ($C_6F_{12}O$) может использоваться как ингибитор горения трифторпропена (R-1243), полученная смесевая композиция будет содержать 26,7 % масс. $C_3F_3H_3$ – 73,3 % масс. $C_6F_{12}O$, что в свою очередь позволяет создать пожаробезопасный хладагент с применением короткоживущего ингибитора горения. Тем самым разработанный пожаро- и экологически безопасный хладагент будет возможно использовать в качестве теплоносителя на установках охлаждения воздуха, в том числе на объектах энергетики, использующие ГТУ.

Литература

1. Скиба М.В. Тенденции развития рынка газотурбинных установок // Вестник Самарского государственного университета. Серия "Экономика и управление". 2015. № 9/2 (131). С. 156-164.

2. Наши Шахин, Хасан Акул, Friterm A.S. Системы охлаждения воздуха на входе в газотурбинные установки // Турбины и дизели. 2011. С. 8-11.

3. Thamir K., Ibrahim M., Rahman M., Ahmed N. Improvement of gas turbine performance based on inlet air cooling systems: a technical review // International Journal of Physical Sciences 201l. Vol. 6. Pp 620-627.

4. Постановление Правительства РФ от 25 марта 2020 г. № 333 "О принятии Российской Федерацией поправки к Монреальскому протоколу по веществам, разрушающим озоновый слой".

5. Елтышев И.П., Бегишев И.Р. Пожаровзрывоопасность хладагента ГФО-1243 // Проблемы техносферной безопасности – 2021: матер. X междунар. науч.-практ. конф. молодых учёных и специалистов. М.: Академия ГПС МЧС России, 2021. С. 108-113.

Р.А. Данилов
(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: ruslikdanilov@gmail.com)

КОРРОЗИЯ КАК ФАКТОР СНИЖЕНИЯ ОГНЕСТОЙКОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Рассмотрено воздействие коррозионных процессов железобетонных конструкций (ЖБК) на их несущую способность и огнестойкость. Определены наиболее уязвимые характеристики ЖБК, подвергающиеся изменению при коррозии. Описан механизм комбинированного воздействия коррозии и высоких температур на железобетон при пожаре.

Ключевые слова: железобетонные конструкции, огнестойкость, коэффициент утраты огнестойкости, коррозия железобетона.

R.A. Danilov

CORROSION AS A FACTOR OF REDUCING THE FIRE RESISTANCE OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

The paper considers the impact of corrosion processes of reinforced concrete structures on their bearing capacity and fire resistance. The most vulnerable characteristics of reinforced concrete structures, which are subject to change during corrosion, are determined. The mechanism of the combined effect of corrosion and high temperatures on reinforced concrete in a fire is described.

Keywords: reinforced concrete structures, fire resistance, coefficient of loss of fire resistance, corrosion of reinforced concrete.

Несмотря на высокие эксплуатационные характеристики, железобетон подвергается воздействию коррозионных процессов, под которыми, чаще всего, понимают такое взаимодействие компонентов железобетона с внешней средой, в результате которого происходит постепенное снижение прочности и разрушение материала. Главным образом их возникновение и развитие связаны с условиями и длительностью эксплуатации конструкций, возможным наличием агрессивных сред. Бурная индустриализация приводит к существенному изменению состава внешних сред как в промышленных, так и городских районах. Применение новых химических составов на производстве, увеличение объёмов сжигания углеводородов способствуют повышению концентраций агрессивных по отношению к железобетону веществ как в атмосфере воздуха, так и в грунтовых водах и почвах. Тем самым создаются условия для усиления коррозионных процессов в железобетонных конструкциях (ЖБК) [1].

Выделяются газовые, жидкие и твердые агрессивные среды. Агрессивность среды определяется совокупностью физических и физико-химических факторов, характеризующих не только её состав (в т.ч. влажность газовоздушных сред), но и особенности процессов коррозии, а также условия контакта ЖБК и среды. При этом степень агрессивного воздействия среды

зависит также и от скорости движения и напора жидких сред, температуры среды, напряженно-деформированного состояния и материала конструкций, плотности прилегающего грунта при действии грунтовых вод, и других факторов [1]. Существует широкое разнообразие как свойств агрессивных сред и условий их воздействия, так и свойств железобетонных конструкций. Поэтому классификация коррозионных воздействий осуществляется по общим признакам. Согласно классическим трудам [1] выделяют три основных вида коррозии бетона:

1) Коррозия первого вида. Представляет собой совокупность всех коррозионных процессов, которые возникают в бетоне при действии жидких сред, которые способны растворять компоненты цементного камня. В основном происходит при фильтрации влаги через толщину бетонных и железобетонных конструкций;

2) Коррозия второго вида. Представлена процессами, при которых происходит химическая реакция между раствором и компонентами цементного камня (наиболее уязвимым является гидроксид кальция). Главным образом такой вид коррозии возникает при действии на бетон растворов кислот и некоторых солей. Наиболее распространенным примером является углекислотная коррозия – карбонизация бетона;

3) Коррозия третьего вида. Данный вид коррозии связан с процессами кристаллизации и накопления малорастворимых продуктов реакции в порах бетона, сопровождающихся увеличением твердой фазы. Из-за возникающих внутренних растягивающих напряжений происходит повреждение структуры бетона. Распространенный пример такой коррозии – действие сульфатов.

Важно отметить, что на практике чаще всего преобладает одновременное действие нескольких видов коррозии. Существуют также и специфичные воздействия, такие как химическая коррозия при действии биологических организмов, коррозия вследствие взаимодействия между компонентами заполнителя и цементного камня бетона, снижение прочности из-за адсорбции ПАВ (поверхностно-активных веществ) на поверхности материала. Наиболее опасными для бетона и железобетона являются кислые среды.

Воздействие внешней агрессивной среды на более глубокие слои конструкции обусловлено капиллярно-пористой структурой бетона, делающей его проницаемой для проникновения различных веществ. Следствием этого является развитие коррозионных процессов с поверхности внутрь. Разрушение бетонных конструкций происходит из-за повреждений структуры бетона. Для ЖБК наиболее характерно развитие коррозии армирования. По отношению к стальным арматурным стержням бетон является пассивирующим, то есть сохраняющим её пассивное состояние, в результате чего отсутствует коррозия металла. Изначально пассивирующий слой имеет щелочные свойства (pH > 13). В условиях эксплуатации происходит постепенная

нейтрализация – снижение pH. Коррозия армирования также может происходить вследствие повреждения защитного слоя бетона. Образующиеся продукты окисления стали имеют больший объём, по сравнению с изначальным слоем металла. Возникающие затем напряжения приводят к образованию трещин, утрате сцепления между арматурой и бетоном, а потом и к отслоению защитного слоя.

Из многочисленных экспериментальных данных, полученных за рубежом, известны некоторые зависимости сцепления армирования с бетоном и огнестойкости ЖБК относительно коррозии армирования. Так, например, в [4] установлено, что в железобетонных балках при повышении уровня коррозии арматурных стержней (DOC – degree of corrosion), под которым понимают отношение остаточной массы прокорродировавшей арматуры к её изначальной массе, происходит снижение огнестойкости ЖБК. Выведена зависимость вида: Процент снижения огнестойкости (%) = 100-2,4DOC(%). На рис. 1 представлена зависимость снижения огнестойкости от уровня коррозии (DOC) [4]:

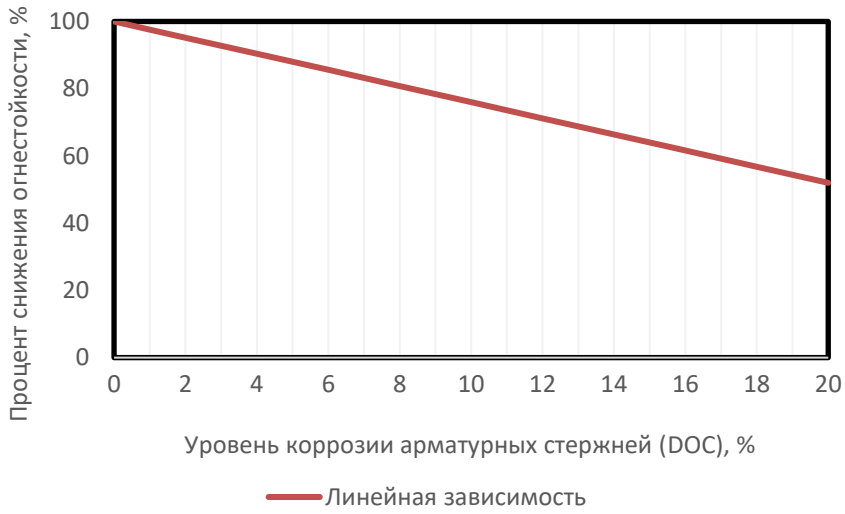


Рис. 1. График снижения огнестойкости ЖБК от уровня коррозии DOC

Следовательно, при DOC, равном 17 % изначальная огнестойкость снижается на 40 %. Помимо этого, отмечается, что характер разрушения корродированных железобетонных балок в целом аналогичен и для некорродированных из-за слишком высокого значения критического прогиба балок. Но увеличение, из-за возникших трещин, скорости нагрева балок, подвергшихся сильной коррозии, может привести к хрупкому разрушению конструкций [4]. В целом отмечается, что трещины способствуют перераспределению тепловых полей по сечению железобетонного элемента при пожаре, ускоряя прогрев арматуры. Наиболее сильно это заметно для растянутых конструкций. В сжатых зонах влияние трещин на скорость прогрева арматуры практически незаметно. При увеличении ширины раскрытия

трещин, которая прямо зависит от уровня коррозии, прогрев арматуры ускоряется. При интенсивном температурном воздействии постепенно увеличивается прогиб балки, который, достигая критических значений, приводит к обрушению конструкции. Тем самым из-за коррозии и, как следствие, более интенсивного прогрева арматуры, быстрее наступает момент достижения критического прогиба железобетонных балок, что приводит к их преждевременному обрушению при пожаре [4]. Также отмечается значительное снижение силы сцепления между армированием и бетоном при высоких температурах. Совместная работа этих материалов в ЖБК необходима для восприятия приложенных нагрузок. При потере сцепления происходит уменьшение предельных деформаций, что также способствует преждевременному обрушению железобетонных элементов при пожаре. Необходимо отметить, что при малых значениях коррозии армирования, трещины в бетоне не образуются, а сцепление между бетоном и стальными стержнями увеличивается из-за уплотнения контакта вследствие образования продуктов окисления металла. При этом уже при DOC = 0,05 (5 %) происходит потеря более чем 50 % силы сцепления [4].

При испытании железобетонных балок, подвергшихся воздействию соляных растворов, зафиксировано появление поперечных трещин на поверхности образцов уже при DOC = 2 %. При DOC = 4 % ребра арматурных стержней разрушились на половину, а при DOC = 8 % – полностью [5]. Разрушение бетонной матрицы вследствие выхода свободной и химически связанной влаги (200-400°C), разложения портландита (400-600°C) и фазовых превращений компонентов бетона (600-700°C), а также действия напряжений из-за расширяющихся продуктов окисления металла, приводит к полной потере сцепления армирования и бетона [5]. В целом характер изменения способности ЖБК сопротивляться воздействию пожара аналогичен описанному в [4], а причиной снижения несущей способности и преждевременного разрушения ЖБК также называется уменьшение величины и увеличение скорости нарастания предельного прогиба балок из-за комбинированного воздействия коррозии и высоких температур.

Фактор длительности и условий эксплуатации (износа) элементов здания, сооружения предлагается рассматривать как один из видов комбинированных особых воздействий (СНЕ) с участием пожара [3]. Повреждение внутренней структуры и армирования железобетонных конструкций способствует снижению их несущей способности, которая, в свою очередь, является одной из ведущих характеристик, определяющих огнестойкость ЖБК. Снижение огнестойкости предлагается учитывать через коэффициент утраты огнестойкости [2]. Проведенные исследования подтверждают зависимость снижения коэффициента утраты огнестойкости от снижения несущей способности ЖБК в условиях стандартных испытаний. В работе [2] представлена классификация эксплуатируемых железобетонных

конструкций по категориям их технического состояния и соответствующим им значениям коэффициента утраты их огнестойкости. Так выделяют пять категорий: категория 0 (проектное) – снижение несущей способности 0 %, коэффициент утраты огнестойкости 1,000; категория 1 (исправное) – 5 % и 0,936; категория 2 (работоспособное) – 15 % и 0,775; категория 3 (ограниченно-работоспособное состояние) – 25 % и 0,497; категория 4 (недопустимое состояние) – 50 % и 0,223; категория 5 (аварийное состояние) – свыше 50 % и 0,000 соответственно [2].

Таким образом из представленных данных следует, что при пожаре разрушение железобетонных элементов главным образом происходит из-за появления предельных деформаций, для балок, в частности, выраженных в виде предельного прогиба. Его величина уменьшается из-за потери сцепления между арматурой и бетоном, а скорость нарастания возрастает из-за увеличения интенсивности прогрева арматурных стержней по причине возникновения и увеличения раскрытия трещин. Данные процессы приводят к существенному снижению несущей способности, которая в свою очередь также приводит к снижению коэффициента утраты огнестойкости ЖБК.

Исходя из широкого разнообразия агрессивных воздействий и свойств ЖБК, виды коррозии бетона классифицируют по общим признакам. Всего же выделяют три основных вида коррозии. Коррозия бетона приводит к изменению его структуры и постепенному разрушению материала. В железобетонных конструкциях из-за коррозии металла происходит увеличение внутренних растягивающих напряжений, способствующих образованию трещин и утрате сцепления между армированием и бетоном. Поэтому коррозионное воздействие агрессивных сред приводит к снижению несущей способности ЖБК, следовательно, и их огнестойкости. Таким образом процесс эксплуатации, учитывая длительность и условия этой эксплуатации (приводящие к износу) ЖБ элементов, является фактором, который оказывает значительное влияние на снижение огнестойкости ЖБК.

Литература

1. Москвин В.М., Иванов Ф.М., Алексеев С.Н., Гузеев Е.А. Коррозия бетона и железобетона. Методы их защиты. М.: Стройиздат, 1980. 536 с.

2. Ройтман, В. М., Приступюк, Д. Н., Фёдоров, В. Ю. Метод оценки пределов огнестойкости железобетонных конструкций, с учётом их технического состояния в условиях эксплуатации // Ройтмановские чтения: сб. матер. VII науч.-практ. конф. 2019. С. 34-38.

3. Ройтман В.М. Особенности проектирования огнестойкости конструкций и зданий при комбинированных особых воздействиях с участием пожара // Пожаровзрывобезопасность. 2013. Т. 22, № 7. С. 47-54.

4. Ba G. et al. Influence of reinforcement corrosion on fire performance of reinforced concrete beams // Construction and Building Materials. 2019. Т. 213. С. 738-747.

5. Tariq F., Bhargava P. Flexural behaviour of corroded RC beams exposed to fire // Structures. Elsevier, 2021. Т. 33. Pp. 1366-1375.

М.М. Тангиев
(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: tm_cfd@mail.ru)

ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ ОГНЕВЫХ РАБОТ НА НЕФТЯНЫХ РЕЗЕРВУАРАХ

Рассмотрены вопросы пожаровзрывобезопасности нефтяных резервуаров при проведении огневых работ и приведены примеры пожаров, возникших в ходе их проведения. В связи с тем, что резервуарные парки являются объектами с повышенным уровнем пожаровзрывобезопасности, необходимо неукоснительно выполнять организационные и технические мероприятия, направленные на безопасное проведение огневых работ.

Ключевые слова: нефтяной резервуар, пожаровзрывобезопасность, огневые работы, технологическое оборудование.

M.M. Tangiyev

FIRE AND EXPLOSION SAFETY OF HOT WORK ON OIL TANKS

This paper considers the issues of fire and explosion safety of oil tanks during hot works and provides examples of fires that occurred during their conduct. Due to the fact that tank farms are objects with an increased level of fire and explosion safety, it is necessary to strictly carry out organizational and technical measures aimed at the safe conduct of hot works.

Keywords: oil tank, fire and explosion safety, hot works, technological equipment.

Проведение огневых работ является наиболее пожароопасной операцией на нефтяных резервуарах, сопровождающаяся частыми авариями и пожарами влекущие за собой тяжелые последствия. Огневыми работами принято считать работы, инициирующие пожар или взрыв, а также другие виды деятельности, с потенциальным возникновением источника возгорания, такие как: клепка, сварка, резка, пайка твердым припоем, шлифовка и запаивание.

Пожары и взрывы на резервуарах часто происходят при очистке и подготовке резервуара к ремонту. Это случается, во-первых, потому, что подлежащее ремонту оборудование обычно выводится из нормального технологического режима, что создает условия свободного контакта горючих веществ, находящихся в аппаратах, с кислородом воздуха. Во-вторых, при выполнении сварочных, резательных и других работ, связанных с применением открытого пламени. В связи с этим нормативные документы требуют, чтобы технологическое оборудование перед проведением огневых работ, было приведено в пожаровзрывобезопасное состояние [1].

Особенно актуальна проблема пожарной безопасности объектов нефтегазового комплекса, как на территории Российской Федерации, так и за рубежом. Согласно ряду научных работ, в период с 1950 по 2004 гг. произошло около 500 пожаров на резервуарах [2]. В статье рассмотрены некоторые случаи пожаров возникших при проведении огневых работ в России и за рубежом.

4 декабря 2019 г. на нефтеперекачивающей станции (НПС) "Калейкино" в резервуаре объёмом 20000 $м^3$ произошёл взрыв, повлекший за собой пожар. В результате которого погибли два человека, проводившие работы по зачистке резервуара. Причиной пожара стало возгорание горючей смеси от источника зажигания [3].



Рис. 1. Взрыв на НПС "Калейкино"[1]

31 мая 2005 г. в Нидерландах, Варффюм, при проведении сварочных работ внутри закрытого резервуара с остатками нефтепродуктов произошел взрыв. В результате которого погибло два человека проводивших работы. Третий был госпитализирован в тяжелом состоянии в больницу [2].

5 июня 2006 г. в штате Миссисипи наемные рабочие устанавливали новый трубопровод между двумя нефтяными резервуарами на нефтепромысле в сельской местности, в это время искры от сварочной горелки зажгли легковоспламеняющиеся пары углеводородов, находящиеся в одном из резервуаров. Оба резервуара взорвались, в результате чего погибли трое рабочих, проводившие огневые работы и серьезно ранен четвертый. Все резервуары были соединены между собой трубопроводами, а в одном из резервуаров находилась сырая нефть, источник паров, вызвавших взрывы.

Рабочие не проводили мониторинг горючих газов до или во время огневых работ, вместо этого полагаясь на небезопасную и ненадежную практику использования зажженной горелки для проверки одного из резервуаров на наличие легковоспламеняющихся паров. Рабочие не опорожняли и не изолировали резервуар с сырой нефтью до начала огневых работ.

[1]https://realnoevremya.ru/news/200187-sud-obyazal-transneft-vyplatit-shtraf-za-vzryv-na-nps-kaleyki

Ни компания-подрядчик, ни компания Partridge-Raleigh не требовали письменных разрешений на выполнение огневых работ. Подрядная организация не проводила инструктаж по технике безопасности при огневых работах, все это и привело к крупной аварии [4].



Рис. 2. Взрыв резервуаров на нефтяных месторождениях Partridge-Raleigh[2]

Ниже приведена статистика возникновения пожаров, произошедших при проведении предремонтной подготовки и огневых работ [2].

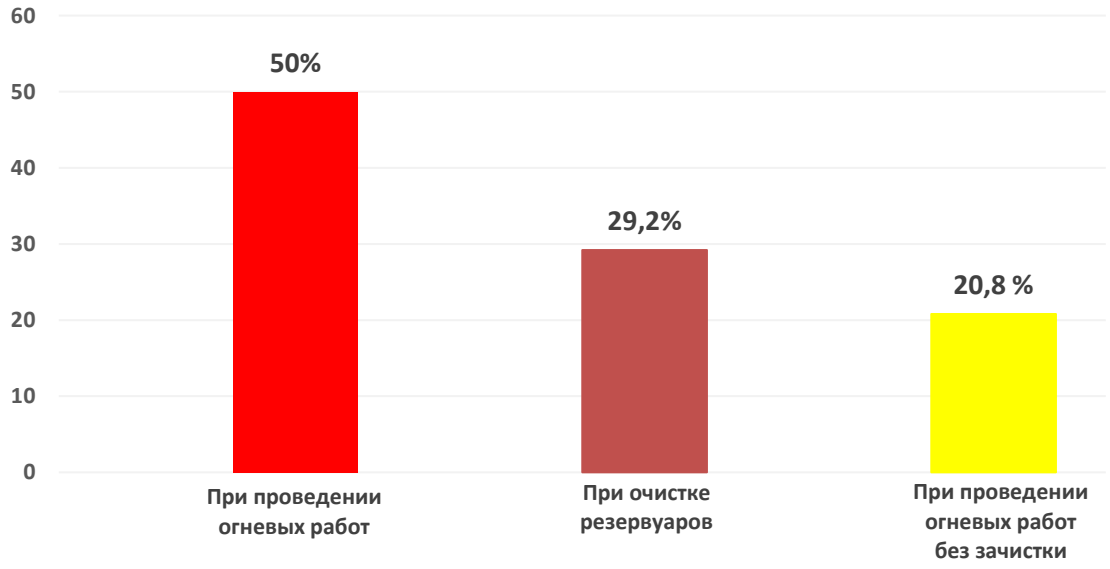


Рис. 3. Гистограмма статистических данных о пожарах в резервуарах, относящихся к предреммонтной подготовке [2]

[2]https://safetysignindonesia.id/7-poin-penting-untuk-mencegah-kematian-pekerja-saat-melakukan-pekerjaan-panas/

Существует три вида организации проведения ремонтных огневых работ: централизованный, децентрализованный, смешанный. При первом виде все ремонтные работы выполняются силами и средствами службы главного механика. При втором, все работы выполняются цеховыми ремонтными службами. При третьем, часть ремонтных огневых работ производят ремонтники технологических цехов и установок, капитальный же ремонт выполняют централизованная службы предприятия либо подрядные организации [1].

Ответственность за организацию, разработку и реализацию мер по обеспечению безопасности при выполнении огневых работ на взрывопожароопасных производственных объектах возлагается на руководителя эксплуатирующей организации и должностных лиц, назначенных руководителем или его уполномоченным заместителем, ответственными за обеспечение пожарной безопасности [5].

Согласно ППР № 1479 от 16.09.2020 г. непосредственно при проведении огневых работ, необходимо соблюдать следующие требования

а) провести дегазацию помещения или емкостей, в которых происходит скопление паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, а также горючих газов;

б) обеспечить на месте проведения работ наличие огнетушителей с минимальным рангом модельного очага пожара 2А, 55В и покрывалом для изоляции очага возгорания;

в) плотно закрыть все двери, соединяющие помещения, в которых проводятся огневые работы, с другими помещениями, в том числе двери тамбур-шлюзов, открыть окна;

г) контролировать состояния парогазовоздушной среды в технологическом оборудовании, на котором проводятся огневые работы;

д) прекратить огневые работы в случае повышения содержания горючих веществ или снижения концентрации флегматизатора в опасной зоне или технологическом оборудовании до значений предельно допустимых взрывобезопасных концентраций паров (газов).

Для осуществления огневых работ необходимо составить наряд-допуск, который выдается только высококвалифицированным работникам, прошедшим специальное обучение и с пройденным обучением пожарно-техническому минимуму. Наряд-допуск на проведение огневых работ должен выдаваться на каждое место и характер работ каждой бригаде, проводящей огневые работы, который действителен в течение одной смены.

Наряд-допуск на осуществление ремонтных работ оформляется эксплуатирующей организацией либо её филиалом в соответствии с организационно-распорядительными документами эксплуатирующей организации на определенный объём работ с указанием ремонтируемого объекта в

отведенной ремонтной зоне и действует в течение всего времени, нужного для реализации указанного объёма ремонтных работ одним составом ремонтной бригады, с ежедневным подтверждением возможности выполнения ремонтных работ лицами, ответственными за подготовку и осуществление ремонтных работ, и подписями в наряде-допуске на осуществление ремонтных работ.

Наряды-допуски регистрируются в журнале регистрации нарядов-допусков на производство ремонтных работ, которым присваивается следующий номер. Порядок регистрации и форма журнала регистрации нарядов-допусков на проведение ремонтных работ определяются внутренним документом эксплуатирующей организации или её филиалом. Форма наряда-допуска приведена в приложении 2 [5].

Пожары и взрывы на резервуарах в основном происходят из-за некачественной предремонтной подготовки и несоблюдения требований нормативных документов при проведении огневых работ. Избежать проведение огневых работ практически невозможно, однако следует рассмотреть все возможные варианты выполнения задачи, прежде чем принять решение о необходимости проведения огневых работ. Необходимость в огневых работах может быть устранена или заменена более безопасными альтернативами способами. Например, замена резервуаров и силосов вместо их ремонта, замена сварки болтовыми соединениями или замена газовой резки ручными гидравлическими ножницами. Но тем не менее в большинстве случаев проведение огневых работ неизбежно.

Исходя из вышесказанного можно сделать вывод, что основной причиной возгорания и взрывов резервуаров при проведении огневых работ, является наличие взрывоопасной концентрации, которая при взаимодействии с источником зажигания ведет к вышеупомянутым последствиям. В связи с этим следует уделять особое внимание данным технологическим операциям, совершенствуя нормативную базу и качественную подготовку персонала, а также проводить тщательный мониторинг загазованности воздушной среды в резервуаре.

Литература

1. Волков О.М., Назаров В.П. Пожарная безопасность при очистке и ремонте крупных резервуаров и танкеров. М.: ВНИИОЭНГ. 1979. 40 с.

2. Назаров В.П., Корольченко Д.А., Швырков С.А., Тангиев М.М., Петров А.П. Особенности оценки уровня пожаровзрывобезопасности резервуаров перед проведением огневых работ // Пожаровзрывобезопасность. 2021. Т. 30, № 6. С. 52-60.

3. https://realnoevremya.ru/news/200187-sud-obyazal-transneft-vyplatit-shtraf-za-vzryv-na-nps-kaleykino

4. https://safetysignindonesia.id/7-poin-penting-untuk-mencegah-kematian-pekerja-saat-melakukan-pekerjaan-panas/

5. Правила безопасного ведения газоопасных, огневых и ремонтных работ (утв. Приказом Ростехнадзора от 15 декабря 2020 г. № 528).

К.Г. Бурлаченко
(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: ksenia_burlachenko@mail.ru)

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОФИЛАКТИКИ ПОЖАРОВ

Рассмотрена иерархическая модель обеспечения пожарной безопасности на объекте образования путем выполнения профилактических работ. Обоснована правомерность выбора профилактических мероприятий. Предложенная модель может быть применена для оптимизации трудозатрат инспектора, а также для осуществления поддержки принятия управленческих решений главного государственного инспектора по пожарному надзору.

Ключевые слова: профилактика пожаров, метод анализа иерархий, государственный пожарный надзор.

K.G. Burlachenko

APPLICATION OF THE HIERARCHY ANALYSIS METHOD FOR FIRE PREVENTION

The article considers the hierarchical model of ensuring fire safety at the educational facility by performing preventive maintenance. The validity of the choice of preventive measures is justified. The proposed model can be applied to optimize the inspector's labor costs, as well as to support the management decision-making of the Chief State Inspector for Fire Supervision.

Keywords: fire prevention, hierarchy analysis method, state fire supervision.

В настоящее время в Российской Федерации активно реализуется приоритетная программа "Реформа контрольной и надзорной деятельности" [1]. Одним из этапов модели функционирования программы является внедрение системы комплексной профилактики нарушений обязательных требований, задачей которого является реализация комплекса мер по налаживанию системной профилактической работы, ориентированной на соблюдение поднадзорными субъектами предъявляемы требований.

На законодательном уровне проведение мероприятий по профилактике нарушений обязательных требований закреплено Федеральным законом[2] и другими нормативно-правовыми актами.

В свою очередь, организация и проведение мероприятий, направленных на профилактику нарушений обязательных требований пожарной безопасности регламентируется п.п. 113-115 Административного регламента МЧС России [3].

Сейчас существует большое количество методик для оценки деятельности сотрудников государственного пожарного надзора МЧС России. Например, в исследовании [4] рассматривается вопрос о юридической грамотности руководителей государственного пожарного надзора МЧС России на примере педагогической модели. Можно отметить, что данная модель не отражает действительное состояние данного вопроса. В ней не учтены еженедельная профессиональная подготовка личного состава, а также наличие юридического образования у многих инспекторов и дознавателей по государственному и пожарному надзору.

В исследовании [5] ученые рассмотрели вопросы проведения мероприятий по обеспечению мероприятий профилактических требований пожарной безопасности. Модель, предложенная в указанном исследовании направленна на повышение уровня контроля за соблюдением требований пожарной безопасности только в вопросе проведения профилактического осмотра объекта защиты с целью выявления нарушений обязательных требований пожарной безопасности и инициации последующей внеплановой проверки.

В связи с тем, что проведение профилактических мер на объектах защиты гораздо шире показанного опыта, в данной работе будут рассмотрены модели, описывающие проведение мероприятий по обеспечению профилактических требований пожарной безопасности на различных объектах защиты.

Так как в настоящее время внимание инспектора по государственному пожарному надзору привлечено скорее к выполнению контрольно-надзорных мероприятий и переходу к риск-ориентированному подходу, автором данной статьи было принято решение рассмотреть проблему организации именно профилактических, не обязательных, но не менее важных, мероприятий с целью обеспечения пожарной безопасности.

Для автоматизации принятия решений по выполнению профилактических работ возможно применение программных комплексов, имеющих в основе метод анализа иерархий. Для данного метода характерен опрос экспертов, в надзорном органе им может выступать главный государственный инспектор или его заместители. Ниже описана иерархия для защиты объекта образования.

При планировании мероприятий по профилактике пожарной безопасности на объектах образования возможно рассмотрение различных сценариев в конкретный момент. Количество рассматриваемых критериев и альтернатив напрямую будет зависеть от целей профилактического рейда. Так для выполнения профилактики в начале учебного года более характерны тренировочные эвакуации, а перед новогодними праздниками обязательны инструктажи по поведению себя с фейерверками и другими видами пиротехники.

Для обеспечения пожарной безопасности возможно рассмотрение иерархии со следующими критериями: возраст обучающихся (для начальных образовательных школ возможно наибольший эффект будут иметь интерактивные виды обучения, а для старшеклассников нагляднее будет просмотр фильмов), количество обучающихся (в учреждении, где обучается более тысячи человек проще нагляднее будет провести конкурс, элемент соревнования вызовет дополнительный интерес в вопросе соблюдения правил пожарной безопасности) и исправность оборудования (если на объекте образования происходит замена оборудования в период каникул, следует уделить большее внимание первичным средствам пожаротушения и инструктажу персонала).

Альтернативами к данным критериям могут являться: тренировочная эвакуация, открытый урок, проверка систем автоматической пожарной сигнализации, проверка систем оповещения и управления эвакуацией, проведение тематических игра по пожарной безопасности, показ обучающих фильмов по вопросу соблюдения правил пожарной безопасности, инструктаж работников учебного заведения, проведение творческих конкурсов, посвященных пожарной охране, дополнительная проверка путей эвакуации, дополнительная проверка первичных средств пожаротушения. Иерархия представлена на рис. 1.

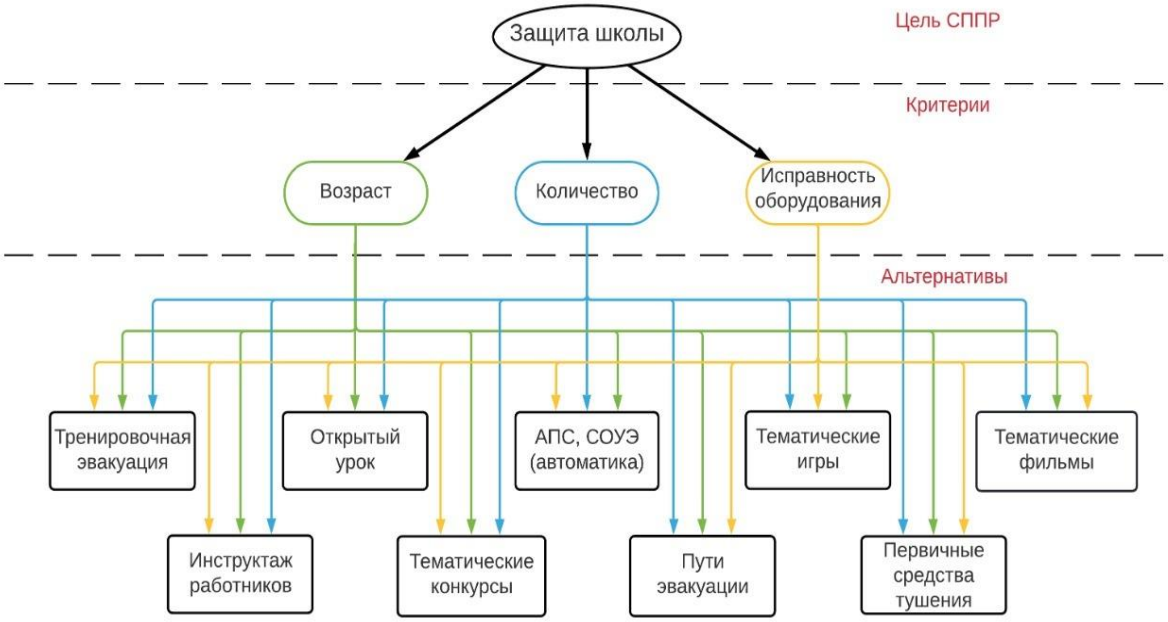


Рис. 1. Иерархическое представление планирования профилактических работ по обеспечению пожарной безопасности на объекте образования

Для организации качественной и быстрой работы инспектора, а также принятия эффективных решений в области профилактики пожаров на объектах образования, с учётом ограниченного времени, вопрос рассмотрения возможности использования системы поддержки принятия решений с учётом зависимости влияющих факторов является актуальным. Таким образом, применение системы поддержки принятия решений с использованием метода анализа иерархий, основанного на декомпозиции сложных частей структуры на простые составляющие, подходит для решения поставленной задачи по защите объекта образования.

В статье рассмотрена правомерность применения метода анализа иерархий для планирования профилактических мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности. Предложенная модель может быть применена для оптимизации трудозатрат инспектора, а также для осуществления поддержки принятия управленческих решений главного государственного инспектора по пожарному надзору. Иерархия позволяет учитывать большое количество критериев и альтернатив и осуществлять определений их весов с учётом различных ситуаций.

Таким образом, возможно более пропорционально использовать фонд рабочего времени инспектора, что приведет к оптимизации деятельности инспекторского состава без изменения штатной численности. Обзор выполнен в качестве основы для дальнейшего развития направления исследования.

Литература

1. Протокол Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и приоритетным проектам от 21 декабря 2016 г. № 12.

2. Федеральный закон от 23 июня 2016 г. № 182-ФЗ "Об основах системы профилактики правонарушения в Российской Федерации".

3. Приказ МЧС России от 30 ноября 2016 года № 644 "Об утверждении Административного регламента Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий исполнения государственной функции по надзору за выполнением требований пожарной безопасности".

4. Болотин А.Э., Битюцкая О.В. Педагогическая модель управления развитием юридической грамотности у руководителей государственного пожарного надзора МЧС России // Учёные записки университета им. ПФ Лесгафта. 2013. № 7 (101).

5. Лазарев А. А., Емелин В. Ю., Борзых А. В. О проведении профилактических обследований объектов защиты // Пожарная и аварийная безопасность. 2020. № 2. С. 11-17.

Е.Ю. Сизов
(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: bugai21@bk.ru)

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ГОТОВНОСТИ МОБИЛЬНЫХ СРЕДСТВ ПОЖАРОТУШЕНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ГОРЮЧЕ-СМАЗОЧНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Обоснован выбор оптимальных научных решений к системе оценки готовности к применению мобильных средств пожаротушения в чрезвычайных ситуациях. Проанализирован марочный состав парка мобильных средств пожаротушения. Предложены критерии оценки готовности мобильных средств пожаротушения, связанных с тушением пожара и спасением людей. Проанализировано значение коэффициента технической готовности.

Ключевые слова: мобильные средства пожаротушения, пожарная машина, эксплуатация мобильных средств пожаротушения, техническая готовность

Y.Y. Sizov

CRITERIA FOR ASSESSING THE READINESS OF MOBILE FIRE EXTINGUISHING EQUIPMENT TO PROVIDE FUEL AND LUBRICANTS

The choice of optimal scientific solutions to the system for assessing readiness for the use of mobile fire extinguishing equipment in emergency situations is substantiated. The brand composition of the fleet of mobile fire extinguishing equipment was analyzed. Criteria for evaluating the readiness of mobile fire extinguishing equipment related to extinguishing a fire and saving people are proposed. The value of the coefficient of technical readiness is analyzed.

Keywords: mobile fire extinguishing equipment, fire engine, operation of mobile fire extinguishing equipment, technical readiness.

Эксплуатация пожарной техники в МЧС России занимает одно из первых мест по сложности решения возникающих проблем, так как имеется в наличие большое количество видов пожарной техники. Мобильные средства пожаротушения (МСП) являются одним из основных видов для решения первоочередных задач по спасению людей и тушению пожаров.

Для повышения эффективности эксплуатации МСП необходим мониторинг их технической готовности. Предлагается разработка модели и алгоритм оценки готовности к их применению. Одним их основных критериев вышеперечисленного является возможность применения МСП в зависимости от наличия горюче-смазочных материалов (ГСМ) и специальных жидкостей.

Согласно проведённому анализу [2] распределение парка мобильных средств пожаротушения (МСП) по маркам шасси транспортных средств приведено на рис. 1.

Наибольшее количество из находящихся в эксплуатации МСП относится к пожарным автомобилям на шасси устаревшей марки ЗИЛ (41 %). МСП на шасси КАМАЗ и УРАЛ составляют 25 % и 21 % соответственно.

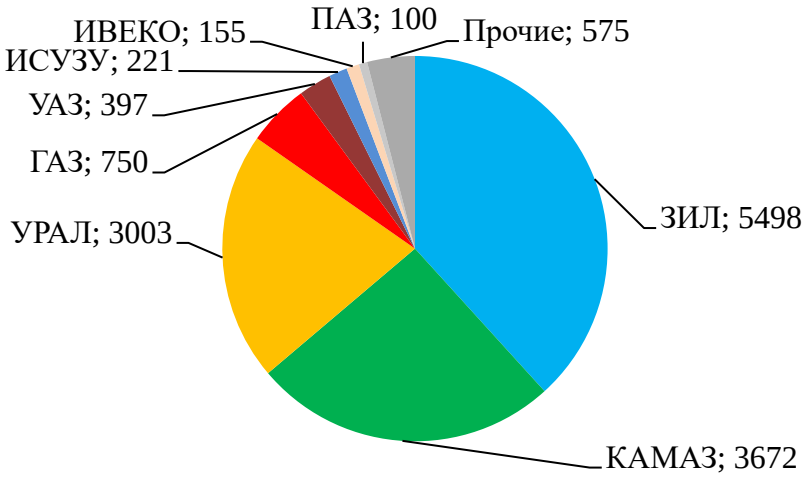


Рис. 1. Марочный состав парка МСП

Проведено исследование значения коэффициента технической готовности (КТГ) мобильных средств пожаротушения для территориальных органов МЧС России. Результаты исследования представлены на рис. 2.

На достоверность расчётов повлияло также качество представления отчетных данных – так получены значения коэффициента технической готовности 0,3, что прямо свидетельствует о состоянии в неготовности территориального органа к выполнению задач по предназначению для проведения аварийно-спасательных работ с привлечение мобильных средств пожаротушения.

Среднее значение КТГ получено 0,75, что является неудовлетворительным результатом, которые имеет непосредственное влияние на выполнение поставленных конкретных задач по спасанию людей и тушению пожаров.

В качестве критериев оценки готовности МСП к применению их целесообразно разделить на несколько групп, а именно:

- критерии, связанные со штатно-табельным предназначением;
- критерии, связанные с техническим состоянием;
- критерии, связанные с обеспеченностью ГСМ и специальными жидкостями;
- критерии, связанные с наличием разрешительной документации и подготовленного водителя.

Указанные критерии представлены на рис. 3.

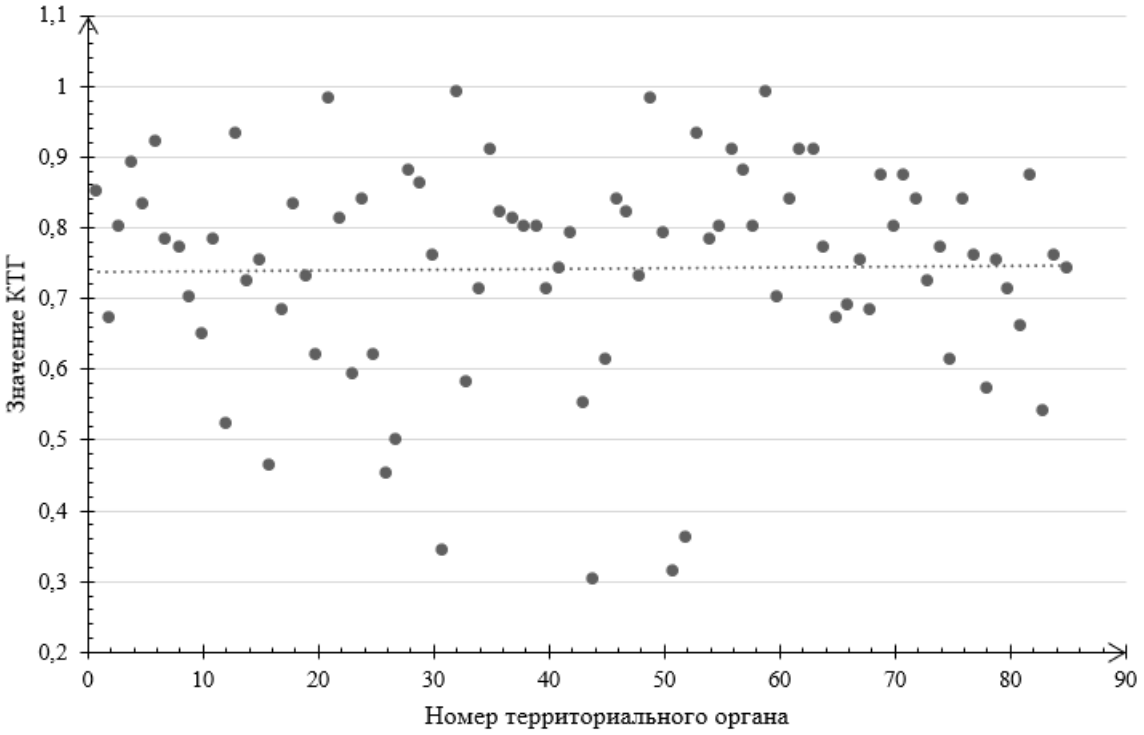


Рис. 2. Исследование коэффициента технической готовности на 1 января 2021 г.

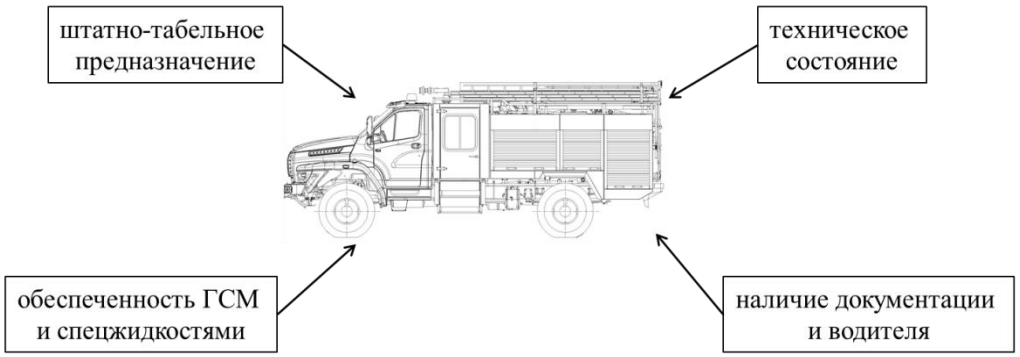


Рис. 3. Критерии оценки готовности МСП к применению

Наличие необходимого лимита расхода горючего и запаса моторного масла, предназначенного для восполнения на восполнение потерь от угара при эксплуатации, описывается критерием $K_{\text{ШГсм.}}$

Наличие необходимого запаса специальных жидкостей, предназначенных для восполнения расхода и потерь при эксплуатации, что описывается критерием $K_{\text{ШСж.}}$

Данные критерии описаны в табл. 1.

Таблица 1

Критерии, учитывающие наличие ГСМ и специальных жидкостей

№ п/п	Параметр образца (критерий)	Оценка	
		соответствует	не соответствует
1	Критерий, учитывающий наличие горючего и моторного масла $K_{\text{Шгсм}}$	имеется лимит расхода горючего и запас моторного масла в объёмах, обеспечивающих применение образца до очередного планового ТО	отсутствует лимит расхода горючего и запас моторного масла в объёмах, обеспечивающих применение образца до очередного планового ТО
2	Критерий, учитывающий наличие специальных жидкостей $K_{\text{Шсж}}$	имеется запас специальных жидкостей в объёмах, обеспечивающих применение образца до очередного планового ТО	отсутствует запас специальных жидкостей в объёмах, обеспечивающих применение образца до очередного планового ТО

Таким образом критериями оценки готовности мобильных средств пожаротушения, связанными с обеспеченностью ГСМ и специальными жидкостями, будут выступать критерии, учитывающие:

- наличие горючего и моторного масла;
- наличие специальных жидкостей.

Векторный критерий III группы будет зависеть от частных критериев и может описываться следующей функцией $K_{\text{Ш}}(K_{\text{Шгсм}}, K_{\text{Шсж}})$.

Выводы

Представлены результаты анализа по обоснованию выбора оптимальных научных решений к системе оценки готовности к применению мобильных средств пожаротушения при проведении тушения пожаров и при проведении аварийно-спасательных работ в чрезвычайных ситуациях. Таким образом критерии оценки готовности мобильных средств пожаротушения напрямую связаны с тушением пожара и спасением людей, что в свою очередь связано с обеспеченностью ГСМ и специальными жидкостями, которые напрямую связаны с критериями наличия горючего и моторного масла и наличия специальных жидкостей.

Литература

1. Сорокоумов В.П., Фадейкин Е.А., Спехин Н.И. Алгоритм принятия решений при управлении эксплуатацией пожарной и аварийно-спасательной техники // Системы безопасности – 2018: матер. 27-й междунар. науч.-техн. конф. М.: Академия ГПС России, 2018. С. 172-175.

2. Аристархов В.А., Рожков А.В. Поддержка принятия решения о необходимости замены пожарных автомобилей в пожарно-спасательных подразделениях // Технологии техносферной безопасности. 2021. Вып. 2 (92). С. 106-115. https://doi.org/10.25257/TTS.2021.2.92.106-115

3. Сорокоумов В.П., Жамурзов А.М. Показатели надёжности пожарных автомобилей // Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации: матер. VII междунар. науч.-практ. конф. в 2 ч. Ч. 2. М.: Академия ГПС МЧС России, 2020. С. 141-144.

4. Сорокоумов В.П., Кусов А.В. Система эксплуатации пожарно-спасательной техники при чрезвычайных ситуациях // Гражданская оборона на страже мира и безопасности: матер. IV междунар. науч.-практ. конф., посвящённой Всемирному дню гражданской обороны. М.: Академия ГПС России, 2020. С. 299-302.

Р.А. Бобровников
(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: bobrovnikov_r@mail.ru)

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЛЮДЕЙ НА ПОЖАРЕ

Использование новых технологий при тушении пожаров на автотранспорте значительно повышает возможность своевременной локализации пожара до прибытия пожарных подразделений и предотвращения распространения опасных факторов пожара. Представлены практические испытания противопожарного полотна для локализации пожара на автотранспорте, в том числе описаны испытания возможной защиты для пожарных при тушении ландшафтных и лесных пожаров.

Ключевые слова: пожар, противопожарное полотно, тушение автотранспорта, защита пожарных.

R.A. Bobrovnikov

ENSURING THE SAFETY OF PEOPLE ON FIRE

The use of new technologies in extinguishing fires on motor vehicles significantly increases the possibility of timely localization of the fire before the arrival of fire departments and preventing the spread of fire hazards. The article presents practical tests of a fire-fighting canvas for localization of a fire on motor vehicles, including tests of possible protection for firefighters when extinguishing landscape and forest fires.

Keywords: fire statistics, fire-fighting canvas, extinguishing vehicles, protection of firefighters.

Одно из самых древних разновидностей первичных средств борьбы с огнём – это противопожарное полотно. Кошма – название, которое в силу традиций используют до сих пор как пользователи, так и производители для того чтобы обозначить её целевое применение. Пережившая века и эпохи, она является прообразом всех современных аналогов, производимых на нашем отечественном рынке. В XXI веке классическую кошму изготавливали из овечьей шерсти, которую уже не встретить. Теперь её производят из асбеста, стекловолокна и других материалов, устойчивых к воздействию высоких температур. Такие изделия хороши при проведении сварочных работ или тушении огня на локальных очагах возгорания, например в частных гаражах, или мастерских.

Вместе с тем в практике пожарных подразделений нередко возникают ситуации, когда необходимо оперативно сбить пламя с загоревшегося автомобиля и ограничить распространение продуктов горения на автомобили расположенные поблизости. Ещё чаще с такими ситуациями сталкиваются работники стоянок и паркингов, а также рядовые автолюбители, становящиеся свидетелями или участниками дорожно-транспортных происшествий при которых происходит возгорание автотранспорта. От эффективности первичных действий зависит не только сумма материального ущерба, но и спасённые жизни людей.

И тут необходимо признать, что классическая пожарная кошма для решения данных задач малопригодна. Более того выяснилось, что полотен, пригодных для локализации пожаров на автомобильном транспорте и подходящих для применения в закрытых паркингах и открытых автостоянках, с возможностью локализации открытого горения и недопущения распространения огня на стоящие рядом автомобили, у нас нет.

В поисках решения данной проблемы сотрудники пожарно-спасательного гарнизона Калужской области обратились к руководству компании, занимающейся производством пожарно-технической продукции и строительных материалов на территории Калужской области.

Было обозначена сфера применения будущего изделия, а также выделен ряд критериев, которым оно должно соответствовать. К данной работе были подключены профессиональные технологи.

В 2019 году три первых опытных образца противопожарного полотна были готовы к применению. В этом же году были проведены Калужские гарнизонные соревнования по ликвидации последствий дорожно-транспортных происшествий, на которых испытали пожарное полотно на практике (рис. 1-4).



Рис. 1-4. Испытания противопожарного полотна при тушении автомобиля (г. Калуга, 2019 г.)

Результаты испытаний оказались хорошими, но один существенный недочёт пожарные выявили моментально, а именно: по краям полотна не было утяжелителя, а именно специального троса, который препятствовал бы проникновению воздуха под накрытый автомобиль, или иной объект тушения.

Высказанное замечание авторы разработки учли и на повторных испытаниях проблем в тушении транспорта не возникло.

Испытания противопожарного полотна было зафиксировано на видеокамеру. Эта съёмка стала основой для производства специального видеоролика, который был направлен в Главное управление пожарной охраны МЧС России (далее – ГУПО). В мае 2021 года, заручившись поддержкой специалистов ГУПО, сотрудники Калужского территориального пожарно-спасательного гарнизона провели демонстрацию практического применения данного полотна на одной из опытных площадок международной выставки "Комплексная безопасность 2021" (рис. 5, 6). Собравшаяся там профессиональная аудитория моментально оценила простоту и эффективность представленной разработки, возможности которой были доказаны в обстановке максимально приближенной к боевой.





Рис. 5, 6. Демонстрация противопожарного полотна
на международной выставке "Комплексная безопасность, 2021 г.

Противопожарное полотно выполнено из плотной негорючей ткани с односторонним полиуретановым покрытием и температурной стойкостью до +550 °*C*. Не горит, не гниёт, не выделяет ядовитых паров, не боится коррозии и грибка, является диэлектриком. Обладает высокими прочностными характеристиками, внушительной площадью и вполне приемлемым весом. Для пользования этим изделием не нужны специальные навыки, а тушение пожара возможно при участии всего двух человек.

Противопожарное полотно AF/PU-450/30-1S-ткань из Е-стекловолокна с односторонним полиуретановым покрытием. Покрытие содержит алюминиевый пигмент, что повышает стойкость к воздействию высоких температур.

Технические характеристики противопожарного полотна AF/PU-450/30-1S приведены в табл. 1.

Таблица 1

Технические характеристики противопожарного полотна AF/PU-450/30-1S

Плетение	1/3 Twill	
Кол-во нитей, *см*^{2}	Основа	18,5
	Уток	12,8
Разрывная нагрузка N/5cm	Основа	4500N/5cm
	Уток	2500N/5cm
Вес	450 *г*/*м*^{2}	
Толщина	0,42 *мм*	
Покрытие	Алюминизированный полиуретан 30 *гр*	
Цвет	Серебристо-серый	
Температурная стойкость	Ткань основа до +550 °*C*	
	Покрытие до +200 °*C*	

По краям для утяжеления вшит стекломат толщиной 4 мм, с плотностью 800 *гр*/*м*^{2}, полотно сшито кремнеземной нитью. Размеры сшитого полотна 5500×7180 *мм*, вес около 20 *кг*.

Интерес к противопожарному полотну проявляют и профессиональные пожарные, и люди, не связанные с пожарной сферой деятельности. О готовности взять эту идею на вооружение уже заявили различные Российские мотоклубы, что в принципе не удивительно. Для людей, чья жизнь связана с дорогой и передвижением на автотранспорте, противопожарное полотно в багажнике поможет локализовать пожар ещё до прибытия пожарных подразделений. Такими противопожарными полотнами, например, могут быть оснащены экипажи ГИБДД, а также мотогруппы, созданные в некоторых пожарных гарнизонах страны для оперативного реагирования на ДТП.

На нынешнем этапе задача видится в том, чтобы самым тщательным образом изучить и протестировать данное изделие в различных боевых обстоятельствах. Именно поэтому, наряду с мероприятиями по сертификации противопожарного полотна, продолжается работа по изучению возможностей его практического применения. Так на учениях, состоявшихся в октябре 2021 года, было опровергнута версия о целесообразности применения противопожарного полотна при тушении палов травы. В данном случае такое достоинство как малый вес изделия не позволяет ему плотно прижимать горящий растительный покров к земле, надёжно лишая его доступа кислорода.

Довольно эффективным оказался метод тушения, при котором накрытый противопожарным полотном горящий автомобиль тушат путём подачи в небольшие отверстия стволов ГПС-600, "Пурга" и СВП. В таком случае сокращается время тушения пожара, уменьшается количество используемых огнетушащих средств.

Единственное условие использования противопожарного полотна – уверенность в отсутствии людей в горящем автомобиле.

Не менее интересными и актуальными оказываются результаты испытаний данного изделия на предмет вероятной защиты пожарного от непосредственного воздействия огня.

На проведение испытания полотна, с точки зрения защиты пожарных разработчиков, натолкнули трагические события 2013 года, когда погибло девятнадцать аризонских пожарных при тушении ландшафтного пожара, а так же события 2021 года в Тюменской области, когда пожарным-десантникам чудом удалось укрыться в водоёме от верхового лесного пожара.

По техническим характеристикам боевая одежда пожарного должна быть устойчива к воздействию открытого пламени не менее 15 секунд. На практических испытаниях (рис. 7, 8), укрывшись противопожарным полотном, при горении слоя сухой растительности возможности защиты от воздействия открытого пламени значительно были увеличены. При температуре 350 градусов пожарный под полотном находился 2,5 минуты, при этом боевая одежда и экипировка не пострадали (наблюдалось незначительное потемнение покрытия каски). На основании проведённого эксперимента можно сделать вывод, что оказавшись в зоне крупного лесного пожара при отсутствии путей отступления, полотно вполне может быть единственным шансом на спасение человеческой жизни.





Рис. 7, 8. Испытание противопожарного полотна
в условиях ландшафтного пожара (г. Калуга, 2021 г.)

Практическая работа по изучению возможностей, которые открываются с появлением противопожарного полотна, обязательно будет продолжена. Но даже на этом этапе можно сказать: разработанное по инициативе калужского пожарно-спасательного гарнизона изделие вполне годится для небольших садовых товариществ, для складских помещений, не оборудованных противопожарным водопроводом и автоматическими установками пожаротушения, для сельских добровольцев, которым приходится иметь дело с локальными возгораниями. А так же они должны быть они в распоряжении сотрудников крупных торговых центров, автостоянок и паркингов, где периодически случаются загорания, в результате которых огнём может быть уничтожено не один, а сразу несколько автомобилей. В этом случае противопожарные свойства полотна помогут ограничить распространение огня и продуктов горения, локализовать пожар до прибытия специальных подразделений. Если в подземном паркинге рассчитанную на тысячу машиномест загорится автомобиль, а система пожаротушения и дымоудаления не сработает, использование противопожарного полотна ликвидирует угрозу и предотвратит большой материальный ущерб.

В данной разработке автор поста лично принимал участие, а так же присутствовал на всех испытаниях и экспериментах. Вносил существенные предложения в усовершенствовании противопожарного полотна.

Вывод

Использование такого удобного и недорогого средства борьбы с огнём, для которого не нужны ни водоснабжение, ни перезарядка, ни огромное количество людей для ликвидации горения не будет лишним. Противопожарное полотно может провисеть долгие годы на крючке в прихожей, гаражном боксе или возле рабочего места и пригодится в нужный момент, спасая имущество и, возможно жизнь.

Литература

1. Теребнев В.В. Пожарная тактика. Кн. 5. Пожаротушение. Ч. 2. Транспорт. Екатеринбург: изд-во "Калан", 2021. 332 с.

2. Методические рекомендации по изучению пожаров. М.: МЧС России. №1-4-60-2-18 от 13 марта 2007 г.

3. Буцкий Ю. Пожар на автомобиле. Как и чем с ним бороться? // Автомобильный быт и сервис. 1997. С. 31-33.

4. Приказ Минтруда России от 11 декабря 2020 г. №881н "Об утверждении Правил по охране труда в подразделениях пожарной охраны".

5. Рекомендации по организации и ведению боевых действий и проведению первоочередных аварийно-спасательных работ, связанных с тушением пожаров на различных объектах // ГУГПС МВД РФ. М.: ВНИИПО МЧС России, 2000. 62 с.

Н.Д. Гензе
(Главное управление МЧС России по Тульской области;
e-mail: hodani1997@mail.ru)

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Пожары относятся к одним из наиболее опасных видов катастроф. С каждым годом растет количество надзирающих органов, которые отвечают за пожарную безопасность. Как правило, данные органы больше исследуют на уровне теории проблему пожарной безопасности, а нужно рассматривать её с позиции как при наименьших затратах обеспечить максимальную защиту от пожаров.

Ключевые слова: понятие пожарной безопасности, причины пожаров, проблемы пожарной безопасности, угроза пожаров.

N.D. Genze

ACTUAL PROBLEMS OF FIRE SAFETY AND WAYS TO SOLVE THEM

Fires are one of the most dangerous types of disasters. The number of supervisory authorities responsible for fire safety is growing every year. As a rule, these authorities investigate the problem of fire safety more at the level of theory, and it is necessary to consider it from the position of how to provide maximum protection from fires at the lowest cost.

Keywords: the concept of fire safety, the causes of fires, fire safety problems, the threat of fires.

Пожары принято относить к одним из самых разрушительных видов чрезвычайных ситуаций, недаром ранее номер пожарной службы был 01. Деятельность по пожарному надзору относится к круглосуточной и очень оперативной, к сожалению, бывают случаи, когда спасти всех, или сократить уровень пожара на корню не всегда возможно [5].

За последние несколько лет количество пожаров в России не стало меньше.

К основным причинам пожаров, как правило, относятся:

1. Неправильное обращение с огнем.

2. Нарушения правил пользования электрооборудованием и их устройство.

3. Неправильная установка и применение печей и иное.

Для того чтобы минимизировать потери, необходимо проводить профилактику пожарной безопасности, применять только качественные защитные материалы от огня, в том числе средства пожаротушения, относится на высшем уровне к защите жизни и имуществу.

Как известно на пожарах могут погибнуть много людей. В последнее время так и происходит. Для этого государство старается применять меры, направленные на пожарную безопасность.

МЧС России проводит необходимые проверки, связанные с пожарной безопасностью. Если проверка производятся по плану, то инспектор должен уведомить за 3 дня руководителя организации, которая подлежит проверке, а сам руководитель должен обеспечить представителей от себя для проведения данного мероприятия. Основание для проведения пожарной проверки, как правило, предоставляется в виде письменного приказа или распоряжения, которое подписывается руководителем надзорного органа. Порядок проведения проверки происходит после предъявления инспектором данного документа и своего удостоверения.

Иногда инспекторы проводят проверки не только по плану, бывают и внеплановые. Так, если у надзорной инстанции имеется основания или данные о нарушении в данной организации пожарной безопасности (к примеру: из СМИ, жалобы граждан). На данный момент таким проверкам чаще всего подвергаются ночные клубы, торговые центры и иные заведения с массовым скоплением людей.

Проверки различных организации в России проводятся на основании Федерального закона от 26 декабря 2008 г. № 294-ФЗ "О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля" [2].

В ходе проведения проверки инспектор составляет акт в 2 экземплярах, в котором отражает результаты проведенного исследования об объекте пожарной безопасности. В период 10 дней результаты проверки должны быть предоставлены лично, либо по почте представителю организаций. Если будут выявлены какие-либо нарушения, то инспектор обязан составить необходимый протокол, порядок которого определён законодателем в отношении как физических, так и юридических лиц.

Необходимо отметить, что официальная методика проведения таких проверок, уже не изменялась на протяжении 10 лет, именно по этой причине, все показатели можно рассматривать как сопоставимые. На основании этих данных можно сделать выводы, что к основным проблемным моментам в данной сфере можно отнести:

- огромное количество нормативных актов в данной сфере;
- не использование на практике в данной области при строительстве каких-либо зданий, бизнес-центров прописанных нормативов;
- качество проверок со стороны надзорных органов проводятся не надлежащим образом;
- пробелы в нормативных актах;
- применение старого оборудования, которое необходимо для проведения пожарной безопасности.

Не маловажной проблемой является то, что большинство новых собственников, при строительстве или же эксплуатации каких-либо зданий изначально проявляют халатность к требованиям пожарной безопасности. В последствии это приводит к тому, что устранить в дальнейшем данные неточности будет невозможно, и приводит к тому, что приходится рисковать жизнями людей и имуществом.

По мнению специалистов, к наиболее распространенным нарушениям установленных нормативов относятся [5]:

- в одном здании могут быть размещены помещения различные по классу пожарной опасности;

- высота сооружений может быть изначально выше положенного по нормативам;

- пожарное оборудование находится в неположенном месте или же с нарушением нормативов;

- использование материалов, которые не отвечают требованиям огне устойчивости, или же не относящиеся к классу огнестойких, при том что такой материал, должен быть обязательно применен для данного здания;

- нарушения правил установки лифтов, в том числе применение лифтового оборудования, не позволяющего выполнять посадку и высадку пассажиров на каждом этаже;

- не правильное расположение эвакуационных путей;

- нахождение пожароопасных и взрывоопасных помещений, в тех зданиях где находится массовое скопление людей, что запрещено законодателем.

Большинство владельцев зданий и сооружений, а также многие инспекторы отмечают, что как правило соблюдать все правило просто невозможно, именно поэтому, такие нарушения массовые. Очень часто это связанно с тем, что существует огромное количество нормативных предписаний, которые на практике просто невозможно учесть. Когда количество правил подготовки помещений и организации работы внутри них так велико, что их одновременное соблюдение становится почти невозможным, владельцы бизнеса нередко принимают решение не пытаться выполнить все требования надзорных органов, а решают проблемы "альтернативными способами" [4].

Кстати, данная ситуация в соответствии со статьей 291 УК РФ рассматривается как дача взятки должностному лицу [3]. Как показал печально известный случай в кемеровском ТЦ "Зимняя вишня", существуют и другие способы обеспечить беспроблемную работу бизнеса – во всяком случае, до тех пор, пока на объекте не произойдет реальное возгорание. Например, в ходе расследования происшествия в Кемерово выяснилось, что по документам большой торговый центр, в котором одновременно могли находиться сотни людей, представлял собой объект малого бизнеса, а потому был освобожден от прохождения целого ряда проверок, в том числе со стороны пожарного надзора.

Несмотря на большое число действующих нормативных документов, некоторые области в сфере обеспечения пожарной безопасности до сих пор остаются неурегулированными. В этом отношении уполномоченными органами ведется достаточно активная работа.

Таким образом, мы определили основные причины пожаров. Рассмотрели правила проведения проверок, выявили основные проблемы, которые происходят во время их проведения. Одним из наиболее важных направлений работы, которое потенциально может решить многие проблемы в этой области, в МЧС России считают внедрение риск-ориентированного подхода. Он позволит оптимизировать процедуру проведения проверочных мероприятий и сделать их более эффективными за счет перераспределения ресурсов ведомства в пользу организаций, представляющих наибольшую опасность с точки зрения риска возникновения пожара.

Литература

1. Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12.12.1993) (ред. от 01.07.2020).

2. Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ "О пожарной безопасности".

3. Уголовный кодекс Российской Федерации" от 13 июня 1996 г. № 63-ФЗ (ред. от 09.03.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу с 17.03.2022).

4. Актуальные проблемы пожарной безопасности. Материалы XXXIII Международной научно-практической конференции, посвященной Году науки и технологий. М.: ВНИИПО МЧС России, 2021. 365 с.

5. Гусаков А.С. Проблемы в области обеспечения пожарной безопасности промышленных объектов // Молодой ученый. 2020. № 23 (313). С. 203-205.

СЕКЦИЯ 2

ПРОБЛЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ, БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Энхтувшин Байгалмаа (Монголия)
(Университет внутренних дел Монголии; e-mail: tuvshuu0100@yahoo.com)

АНАЛИЗ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИРОДНОГО И ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА В МОНГОЛИИ ЗА ПЕРИОД 2015-2020 ГОДОВ

Проведён анализ статистических данных по чрезвычайным ситуациям природного и техногенного характера в Монголии в 2015-2020 годах. Показана динамика природных и техногенных рисков в Монголии. На основании проведённых исследований и расчётов доказано, что можно снизить риски чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера применяя современные требования и технологии в системе РСЧС.

Ключевые слова: управление рисками стихийных бедствий, безопасность, статистические данные.

Enkhtuvshin Baygalmaa

ANALYSIS OF NATURAL AND MAN-MADE EMERGENCIES IN MONGOLIA FOR THE PERIOD 2015-2020

The analysis of statistical data on emergency situations of natural and man-made nature in Mongolia in 2015-2020 was carried out. The dynamics of natural and technogenic risks in Mongolia is shown. Based on the conducted research and calculations, it has been proven that it is possible to reduce the risks of natural and man-made emergencies by applying modern requirements and technologies in Unified State System of prevention and liquidation of Emergency Situations (RSChS).

Keywords: emergencies, natural and man-made risks, statistical data.

Введение

В настоящее время международное сообщество меняется и вопросы управления рисками стихийных бедствий развиваются, что требует новых политических подходов и новых концепций. Традиционно борьба со стихийными бедствиями сосредоточена на оказании помощи и восстановлении, в то время как в настоящее время на повестке дня стоят современные меры по предотвращению бедствий, снижению риска бедствий, обеспечению готовности, обучению общественной безопасности и так далее.

Теория оценки и анализа аспектов риска и безопасности сложных систем – технических, социальных, экономических, экологических – в области обеспечения безопасности населения от чрезвычайных ситуаций в последние десятилетия интенсивно совершенствуется.

Более пристальное изучение проблем риска в этой сфере в Монголии стало возможным в начале 2015 года. В это время были разработаны законодательные и нормативно-методические документы в области промышленной, радиационной и экологической безопасности. Основное внимание уделено анализу и управлению рисками.

Политика и способы её реализации в Монголии на ближайшие 15 лет обозначены в следующих нормативно-правовых актах:

- поправки к Закону о защите от бедствий в 2017 году (внедрены риски стихийных бедствий);

- постановление Правительства Монголии "Закон о пожарной безопасности", 2015 год (внедрены пожарные риски).

Анализ природного и техногенного обстановки в Монголии за период 2015-2020 годов

В Монголии ежегодно происходит около 4676 природных и антропогенных чрезвычайных ситуаций. В среднем от них за год погибает 229 человек. Среднегодовые экономические потери от происшествий составляют 67,35 *млрд* тугриков (около 1,77 *млрд* руб.). Статистические показатели природных, антропогенных стихийных бедствий за период 2015-2020 гг. представлены на рис. 1.

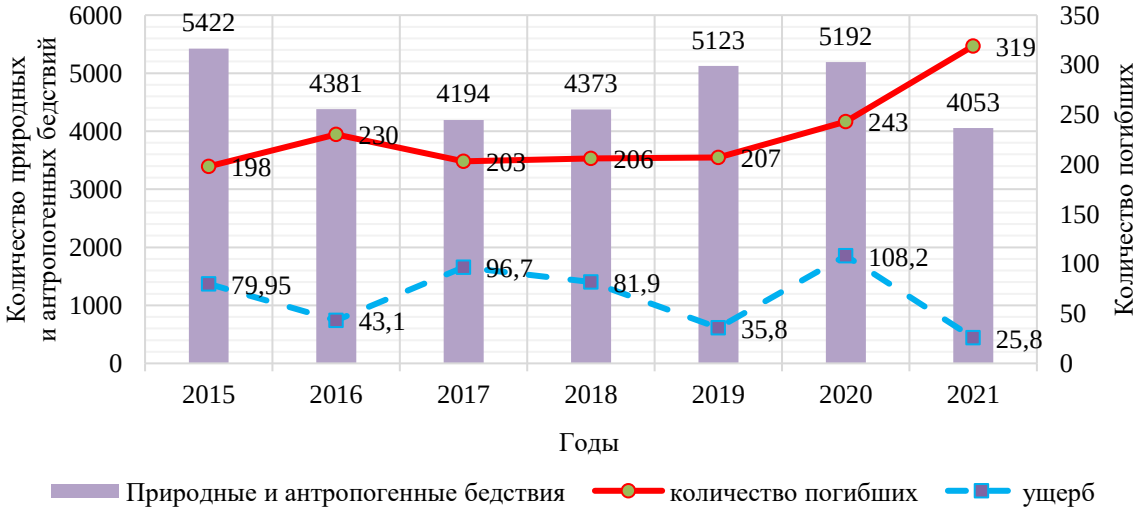


Рис. 1. Количество природных, антропогенных стихийных бедствий и погибших за 2015-2020 годы

Для построения уравнения распределения случайных чисел по годам используется метод наименьших квадратов [3, 4], который позволяет подобрать из ряда функций наиболее подходящую функцию, которая наилучшим образом приближает эмпирические данные к теоретическому распределению.

Для подбора аппроксимирующих функций динамических рядов после визуальной оценки случайных чисел природных и антропогенных бедствий, гибели людей и ущерба от ЧС по годам (табл.1), рассматривались функции следующих видов:

$$y = f(x) = ax + b; \quad (1)$$

$$y = f(x) = a \cdot \mathrm{e}^{b \cdot x}; \quad (2)$$

$$y = f(x) = \mathrm{a}_3 x^3 + \mathrm{a}_2 x^2 + \mathrm{a}_1 x + \mathrm{a}_0. \quad (3)$$

Результаты расчётов аппроксимирующих функций числа природных и антропогенных бедствий, гибели людей и ущерба от природных и антропогенных бедствий с использованием метода наименьших квадратов приведены в табл. 1.

Анализ представленных данных в табл. 1 позволяет сделать вывод о том, что для всех трёх случайных чисел (ЧС, гибель, материальный ущерб) наиболее подходящей является полиномиальная аппроксимирующая функция (полином третей степени) вида [1]:

$$y = f(x) = \mathrm{a}_3 x^3 + \mathrm{a}_2 x^2 + \mathrm{a}_1 x + \mathrm{a}_0.$$

Анализ статистики произошедших природных и антропогенных бедствий показал, что в Монголии за последние 6 лет (2015-2020 гг.) произошло более 37 *тыс* аварий [1].

Анализ представленных данных в табл. 2 позволяет сделать вывод о том, что для всех трех случайных чисел (ЧС, гибель, материальный ущерб) наиболее подходящей является полиномиальная аппроксимирующая функция (полином третей степени) вида

$$y = f(x) = \mathrm{a}_3 x^3 + \mathrm{a}_2 x^2 + \mathrm{a}_1 x + \mathrm{a}_0.$$

Анализом статистических показателей техногенного (антропогенных бедствий) опасности 2015 по 2020 годы установлены её прогнозные оценки на 2021 и 2022 гг. Выполнена аппроксимация исследуемых показателей методом наименьших квадратов с использованием функции в виде полинома (анализа полинома) [2, 3].

Анализ общего количества природных и антропогенных бедствий в Монголии в 2015-2020 гг. (рис. 2), описывается функцией в виде кубичной аппроксимации (анализа полинома в третий степени). Расчёты показали следующие средние значения параметров: a_3 = -65,37; a_2 = 852,4; a_1 = -3198,6; a_0 = 7852,3. Тогда получаем уравнение (рис. 3)

$$\begin{gathered} \mathrm{y} = -65{,}37x^3 + 852{,}4x^2 - 3198{,}6x + 7852{,}3; \\ R^2 = 0{,}97. \end{gathered} \quad (4)$$

Таблица 1

Результаты расчётов аппроксимирующих функций
по методу наименьших квадратов

Наименование	Описывается функцией в виде	Соответствующую сумму квадратов отклонений	Вывод
Количество природных и антропогенных бедствий за период 2015-2020 гг.	Линейного уравнения: $y = f(x) = 35{,}857x + 4655{,}3$	$\sum e_i^2 = 1345298$	$\sum \delta_i^2 = 39189{,}5 < \sum e_i^2 = 1345298 < \sum \varepsilon_i^2 = 1346839$ значит, самый наименьший квадрат отклонения уравнения: $y = f(x) = -65{,}37x^3 + 852{,}4x^2 - 3198{,}6x + 7852{,}3$
	Экспоненциального уравнения: $y = f(x) = 4619 \cdot e^{0{,}0084 \cdot x}$,	$\sum \varepsilon_i^2 = 1346839$	
	Кубичной аппроксимации (анализа полинома в третьей степени): $y = f(x) = -65{,}37x^3 + 852{,}4x^2 - 3198{,}6x + 7852{,}3$	$\sum \delta_i^2 = 39189{,}5$	
Число погибших от природных и антропогенных бедствий за период 2015-2020 гг.	Линейного уравнения: $y = f(x) = 4{,}54x + 198{,}6$	$\sum e_i^2 = 1224{,}3$	$\sum \delta_i^2 = 239{,}8 < \sum e_i^2 = 1224{,}3 < \sum \varepsilon_i^2 = 130500$, значит, самый наименьший квадрат отклонения соответствует уравнению следующего вида: $y = f(x) = 3{,}463x^3 - 34{,}004x^2 + 97{,}819x + 133{,}33$
	Экспоненциального уравнения: $y = f(x) = 75{,}05 \cdot e^{-0{,}028 \cdot x}$	$\sum \varepsilon_i^2 = 130500$	
	Квадратичной аппроксимации (анализа полинома второй степени): $y = f(x) = 3{,}463x^3 - 34{,}004x^2 + 97{,}819x + 133{,}33$	$\sum \delta_i^2 = 239{,}8$	
Материальный ущерб от природных и антропогенных бедствий за период 2015-2020 гг.	Линейного уравнения: $y = f(x) = 2{,}9871x + 63{,}82$	$\sum e_i^2 = 109268{,}1$	$\sum \delta_i^2 = 3429{,}8 < \sum \varepsilon_i^2 = 4251{,}12 < \sum e_i^2 = 109268{,}1$, значит, самый наименьший квадрат отклонения соответствует уравнению следующего вида: $y = f(x) = 2{,}3292x^3 - 21{,}823x^2 + 58{,}39x + 29{,}7$
	Экспоненциального уравнения: $y = f(x) = 63{,}53 \cdot e^{0{,}0226 \cdot x}$	$\sum \varepsilon_i^2 = 4251{,}12$	
	Квадратичной аппроксимации (анализа полинома второй степени): $y = f(x) = 2{,}3292x^3 - 21{,}823x^2 + 58{,}39x + 29{,}7$	$\sum \delta_i^2 = 3429{,}8$	

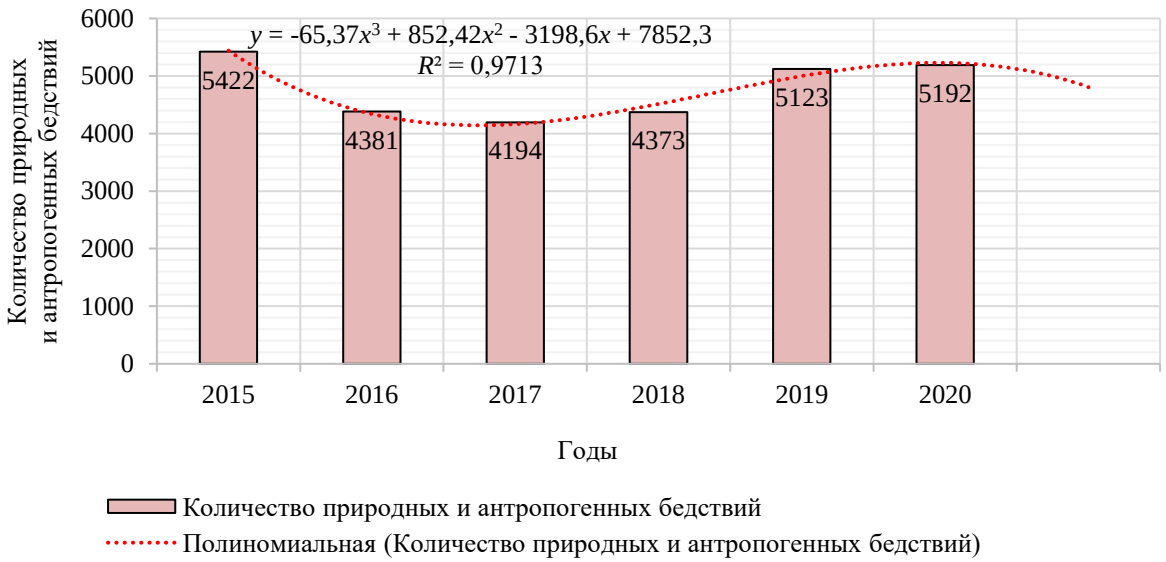


Рис. 2. Динамика природных и антропогенных бедствий в Монголии за 2015-2020 гг.

Анализ показал, что в 2021 г. в Монголии ожидалось 4807±523 природных и антропогенных бедствий, однако данные отличаются от фактических (2021 г.) на 6 %. В 2022 г. ожидается 3347±513 природных и антропогенных бедствий. Расчётный коэффициент детерминации $R^2 = 0{,}97$, а коэффициент корреляции $r_{xy} = 0{,}84$ с достоверностью $P \geq 84$ %. Следовательно, выражение (4) означает, что функция относится к 84 % вероятности.

Из рис. 3 видно, что за последние 6 лет усматривается тенденция увеличения гибели людей.

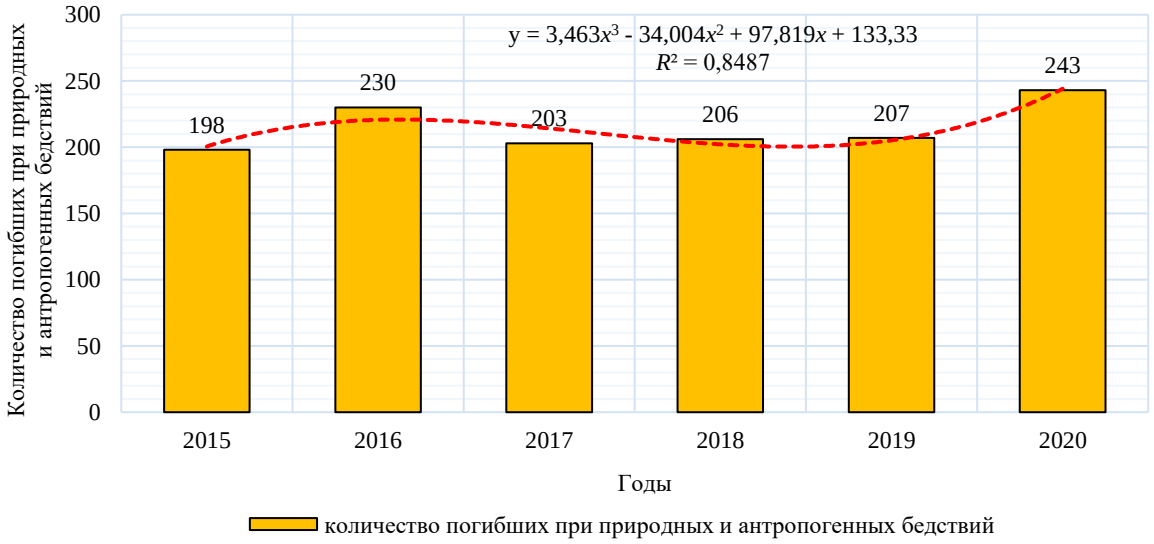


Рис. 3. Динамика гибели людей при природных и антропогенных бедствий за период с 2015 по 2020 годы

Зависимость числа погибших на ЧС, произошедших в Монголии в 2015-2020 гг., описывается функцией в виде квадратичной аппроксимации (анализа полинома 3-й степени). Параметр a_3 имеет среднее значение 3,46; параметр a_2 – среднее значение 34,004, параметр a_1 – среднее значение 97,819, параметр a_0 уравнения имеет среднегодовое количество погибших при природных и антропогенных бедствий 133,3. При этих значениях зависимость описывается функцией:

$$y = f(x) = 3{,}46x^3 - 34{,}004x^2 + 97{,}819x + 133{,}33; \quad R^2 = 0{,}84. \tag{5}$$

В соответствии с проведённым анализом в 2020 г. в Монголии ожидалось 338±17 погибших в результате природных и антропогенных бедствий (это почти соответствует реальными статистическими данными 2021 г.), в 2022 году ожидается 511±42 погибших. Расчётный коэффициент детерминации составил $R^2 = 0{,}84$, а коэффициент корреляции $r_{xy} = 0{,}65$ с достоверностью $P > 65$ %. Выражение (5) означает, что функция относится к 65 % вероятности.

В Монголии в течение последних 6 лет наблюдается тенденция к некоторому снижению количества природных и антропогенных бедствий. Однако при этом увеличиваются материальный ущерб от них.

На рис. 4. приведена динамика прямого материального ущерба от ЧС, произошедших в Монголии в 2015-2020 гг.

Анализ прямого материального ущерба от природных и антропогенных бедствий, произошедших в Монголии в 2015-2020 гг., описывается функцией в виде кубичной аппроксимации следующего вида:

$$y = 2{,}3292x^3 - 21{,}823x^2 + 58{,}39x + 29{,}7; \quad R^2 = 0{,}18. \tag{6}$$

В соответствии с проведённым анализом в 2022 году в Монголии ожидается материальный ущерб от ЧС 275,9 *млрд* тугриков ± 41,3 *млрд*. Расчётный коэффициент детерминации составил $R^2 = 0{,}18$, а коэффициент корреляции $r_{xy} = 0{,}5$ с достоверностью $P > 0{,}5$ %. Выражение (6) означает, что функция относится к 0,5 % вероятности.

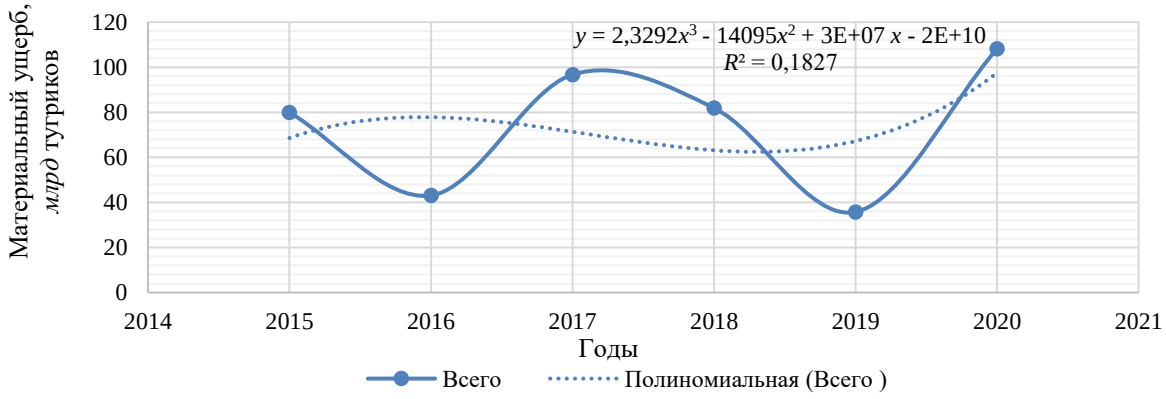


Рис. 4. Динамика прямого материального ущерба от природных и антропогенных бедствий, произошедших в Монголии в 2015-2020 гг.

Для установления уровней ЧС опасности по территориальным единицам (аймакам) Монголии была использована методика, изложенная в работе [3], в которой рассматривается интегральный социально-экономический показатель пожарного риска (ИСЭППР) [4].

Используя методику ИСЭППР аймаки Монголии можно разделить на уровни ЧС опасности (природного и техногенного рисков), расчётные значения которых представлены в табл. 2.

Таблица 2

Уровни ЧС опасности аймаков по интегральному социально-экономическому показателю природного и техногенного риска (ИСЭППиТР)

Наименование уровня пожарной опасности	Величина интервала $i = \frac{(X_{\max} - X_{\min})}{n}$ где $X_{\max}$ – максимальное значение ИСЭППиТР; $X_{\min}$ – минимальное значение ИСЭППиТР; n – число групп по уровню ЧС опасности [4]	Аймаки по уровням ЧС опасности
Исключительно высокий уровень	от 1 до 0,75	Сухбаатар
Высокий уровень	от 0,74 до 0,49	Умнуговь Сэлэнгэ
Средний уровень	от 0,48 до 0,23	Тув, Говьсумбэр, Хэнтий, Дорнод, Булган,Архангай, Дархан-Уул, Хувсгул, Завхан, Баян-Улгий
Низкий уровень	от 0,22 до 0	Дорноговь, Ховд, Дундговь, Баянхонгор, Увс, Говь-Алтай, Улаабаатар, Увурхангай, Орхон

По результатам расчётов построен график распределения аймаков по уровням ЧС опасности, определенным по ИСЭППиТР (рис. 5).

Выводы

1. В соответствии с результатами проведённого исследования, отражённого в статье, имеется возможность прогнозирования количества природных и антропогенных бедствий, погибших, а также возможный материальный ущерб в Монголии. Предложенное аппроксимирующее выражение говорит о том, что в 2022 г. можно ожидать 3347 ± 513 природных и антропогенных бедствий.

2. Получены значения интегральных социально-экономических показателей природных и техногенных рисков по аймакам Монголии.

3. Построен график распределения аймаков по уровням ЧС опасности.

4. Полученные характеристики природных и техногенных рисков могут представлять научный интерес и иметь практическую значимость в деле принятия управленческих, организационно-технических решений по совершенствованию гражданского безопасности Монголии.

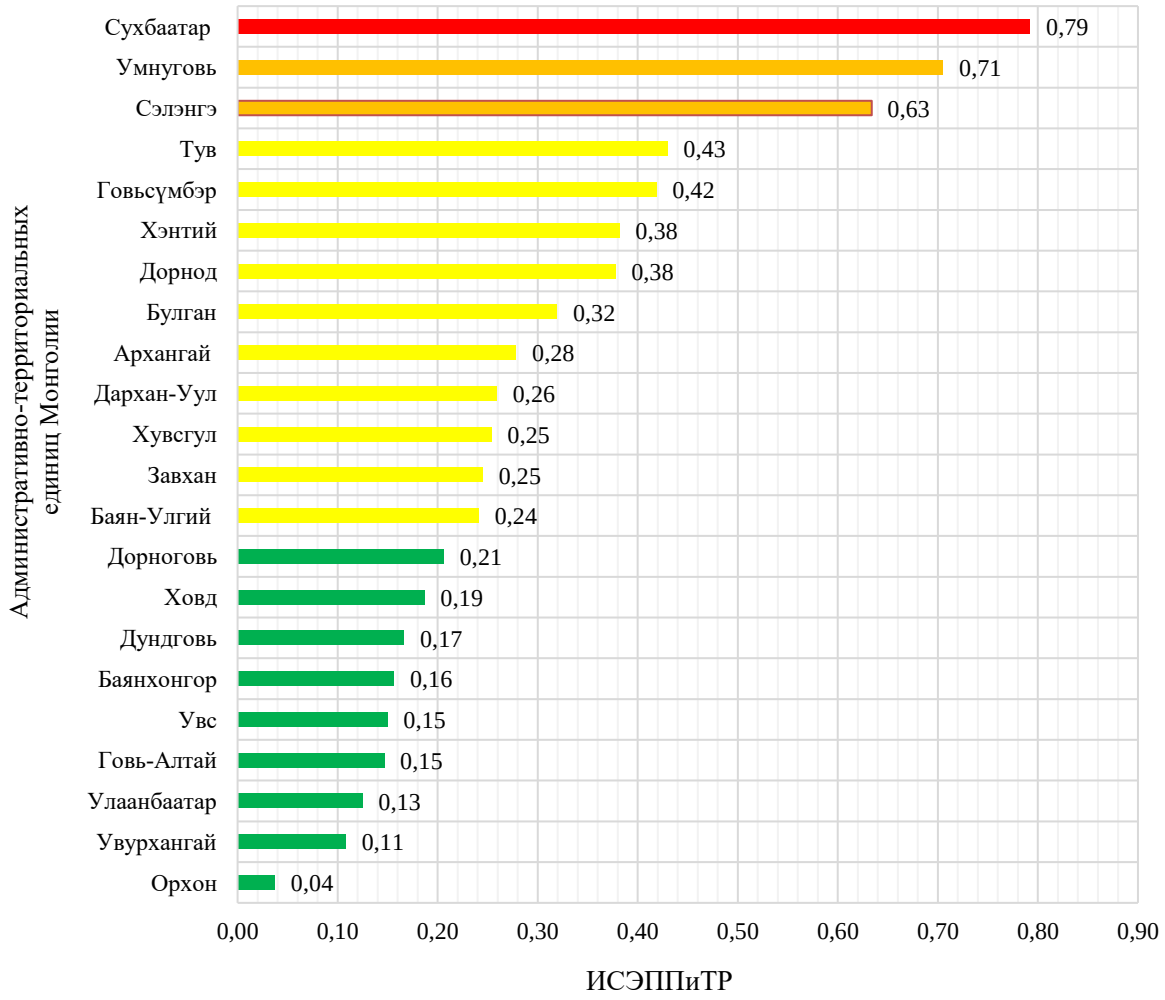


Рис. 5. График распределения аймаков Монголии
в порядке их убывания по интегральному социально-экономическому
показателю природного и техногенного риска

Литература

1. Байгалмаа Энхтувшин. Результаты анализа статистики пожаров на территории Монголии // Технологии техносферной безопасности. 2018. Вып. 4 (80). С. 9-23. http://academygps.ru/ttb

2. Применение методов статистического анализа для изучения общественного здоровья и здравоохранения: ечебное пособие для практических занятий / Под ред. В.З. Кучеренко. М.: ГЭОТАР-МЕД, 2004. 192 с.

3. Лемешко Б.Ю., Блинов П.Ю. Критерии проверки отклонения распределения от равномерного закона. Руководство по применению. Новосибирск: изд-во НГТУ, 2015. 182 с.

4. Байгалмаа Энхтувшин. Комплексная оценка пожарных рисков в Монголии [Текст] / Байгалмаа Энхтувшин // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2018. № 4. С. 69-77. https://doi.org/10.25257/FE.2018.4.69-77

Энхтайван Уганбаяр (Монголия)
(Университет внутренних дел Монголии; e-mail: uugaa1838@gmail.com)

ОЦЕНКА И АНАЛИЗ СТАТИСТИКИ ПОЖАРОВ В ЖИЛЫХ ЗДАНИЯХ И СООРУЖЕНИЯХ (ЮРТАХ) МОНГОЛИИ

Проведён анализ пожарной обстановки в Монголии в 2017-2021 гг. Показано, что высокий уровень смертности и большой материальный ущерб наблюдается на пожарах в жилых зданиях и сооружениях (юртах) Монголии. Проведена оценка людских потерь от пожаров с использованием теории интегральных пожарных рисков.
Ключевые слова: пожарная статистика, гибель, травмирование, риск, пожар.

***Enkhtaivan Uuganbayar* (*Mongolia*)**

ASSESSMENT AND ANALYSIS OF FIRE STATISTICS IN RESIDENTIAL BUILDINGS AND STRUCTURES (YURTS) IN MONGOLIA

An analysis of the fire situation in Mongolia in 2017-2021 was carried out. It is shown that a high mortality rate and large material damage are observed in fires in residential buildings and structures (yurts) in Mongolia. An assessment of human losses from fires was carried out using the theory of integral fire risks.
Keywords: fire statistics, deaths, injuries, risk, fire.

Население Монголии достигло 3,3 *млн* в 2020 г. [1, 2], в среднем за год прирост составляет 1,8 %. В Монголии 46,03 % или 1462973 *тыс* жителей проживает в городе Улан-Батор, а 53,96 % проживает в других малых городах и в сельской местности (рис. 1). Плотность населения по стране составляла 2,0 *чел./км*^{2}, в г. Улан-Баторе – 311,3 *чел./км*^{2}, в Умнугови и Гоби-Алтай – 0,4 *чел./км*^{2}. Монголия является одной из самых малонаселённых стран мира.



Рис. 1. Динамика прироста населения в г. Улан-Баторе и городского населения (2014-2018 гг.)

В табл. 2 представлена статистика по пожарам с 2017 по 2021 гг. [4-8]. В Монголии г. Улан-Батор было зарегистрировано 11258 пожаров, в результате которых погибло 271 чел., средняя величина риска гибели людей составила около 2,2 чел. на 100 пожаров.

Таблица 2

Пожарная статистика г. Улан-Батор в период 2017-2021 гг.

Годы	2017	2018	2019	2020	2021
Численность населения г. Улан-Батор	1451710	1477174	1515593	1568550	1528468
Число пожаров	2470	2618	2871	1789	1510
Число погибших	45	64	54	75	33
Прямой материальный ущерб, *млрд* тугруг	14,6	13,2	11,3	11,4	9,8

Для оценки пожарной обстановки в субъектах Монголии можно использовать следующие принятые показатели [3]:

показатель 1 (риск R_1 для человека пострадать от пожара (его опасных факторов) за единицу времени, размерность:

$$\left[\frac{\text{пожар}}{1000\ \text{чел.}\ \text{год}}\right]$$

показатель 2 (риск R_2 для человека погибнуть при пожаре, размерность

$$\left[\frac{\text{жертва}}{100\ \text{пожаров}}\right];$$

показатель 3 (риск R_3 для человека погибнуть от пожара за единицу времени, размерность

$$\left[\frac{\text{пожар}}{100000\ \text{чел.год}}\right].$$

Используем эти риски для анализа и оценки пожарной обстановки в исследуемых в жилых зданиях и сооружениях (юртах) Монголия.

На рис. 2 представлены обобщённые результаты исследования значений основных пожарных рисков R_1, R_2 и R_3 в жилых зданиях и сооружениях (юртах) городских и сельских административно-территориальных единицах (АТЕ) Монголии. Несмотря на многолетнюю динамику снижения количества пожаров и погибших в них людей, отечественные значения ежегодно превышают аналогичные показатели по последствиям пожаров в несколько раз.

Такие значения объясняются высоким уровнем рисков гибели при пожарах в юртах.

Сведения по видам жилых зданий и сооружений (юртах) пожаров в исследуемом АТЕ в Монголии представлены на рис. 3. Видно, что наибольшее число пожаров зарегистрировано в жилых зданиях и сооружениях (юртах) Монголии.



Рис. 2. Средние значения основных пожарных рисков R_1, R_2 и R_3 в жилых зданиях и сооружениях (юртах) Монголии (2017-2021 гг.)

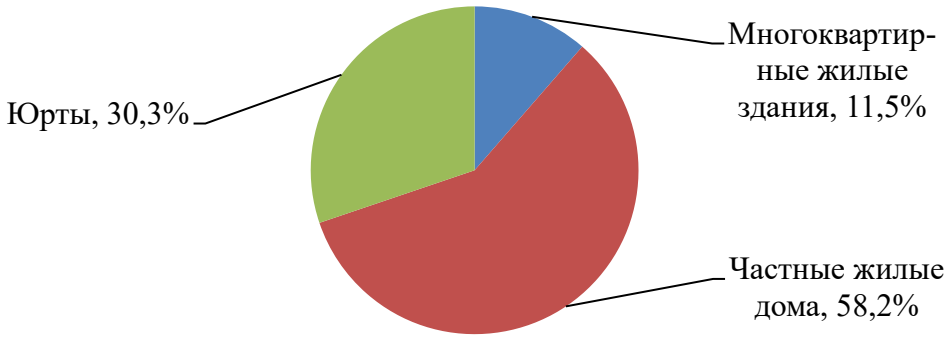


Рис. 3. Распределение пожаров в жилых зданиях и сооружениях (юртах) АТЕ Монголии

В среднем число погибших на пожарах за 2017-2021 годы 51,6 %. Процент погибших в многоквартирных зданиях от общего числа 3,9 %. В частных жилых домах процент от общего числа погибших составляет 34,5 %, в юртах – 61,6 %, (рис. 4).

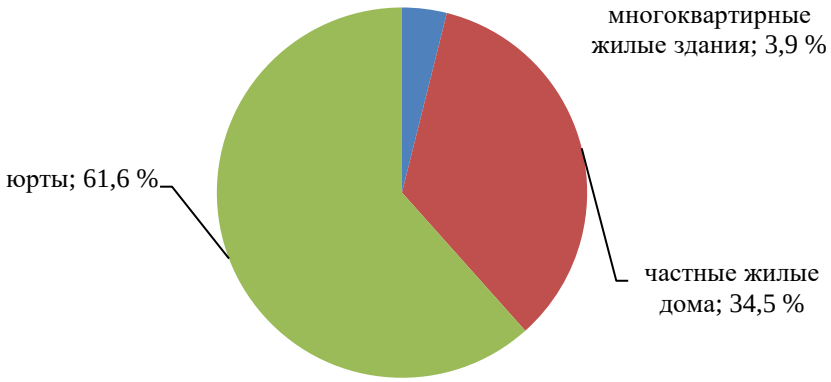


Рис. 4. Распределение гибелью людей на пожарах в жилых зданиях и сооружениях (юртах) АТЕ Монголии

Очевидно, что самые тяжелые последствия, а именно наиболее частую гибель людей, приносят пожары именно в частных жилых домах и юртах. Если рассматривать причины возникновения пожаров в жилых зданиях и сооружениях (юртах) Монголии (рис. 5), то, согласно статистической информации [4-8], в исследуемом периоде самая распространенная из них – неосторожное обращение с огнем (около 39 % всех пожаров, из них в 47,7 % случаев – пожары с гибелью людей); в 28 % случаев пожары возникали из-за неисправности электрооборудования или неправильной его эксплуатации (из них в 17,8 % случаев – пожары с гибелью); из-за печного отопления произошло 19 % пожаров (из них 28,7 % – с гибелью); по причине шалости детей – 8 % (из которых 1 % с гибелью); на прочие (не учтенные) причины приходится около 6 % пожаров, в результате которых погибает около 5,03 % от общей численности жертв анализируемых пожаров.

Анализ основных причин гибели людей при пожарах за период с 2017 по 2021 годы (табл. 2, рис. 6) позволил установить, что гибель людей происходит из-за воздействия на них продуктов горения. По этой причине ежегодно при пожарах в среднем погибает более 74,2 % людей.

Таблица 2

Распределение основных причин гибели на пожарах людей в жилых зданиях и сооружениях (юртах) в Монголии за 2017 – 2021 годы

Причина гибели людей	Доля от общего числа погибших при пожарах, %					Среднее значение, %
	2017	2018	2019	2020	2021	
Воздействие высокой температуры при пожаре	8,1	9,2	6,8	8,8	7,8	8,2
Отравление токсичными продуктами горения при пожаре	72,9	79,7	74,3	68,9	75,1	74,2
Причина гибели не установлена	16,2	7,4	15,5	17,7	12,5	13,8
Прочие причины	2,8	3,7	3,4	4,6	4,6	3,8



Рис. 5. Распределение пожаров в жилых зданиях
и сооружениях (юртах) в Монголии:
а) по причинам их возникновения; *б*) по причинам пожаров с гибелью

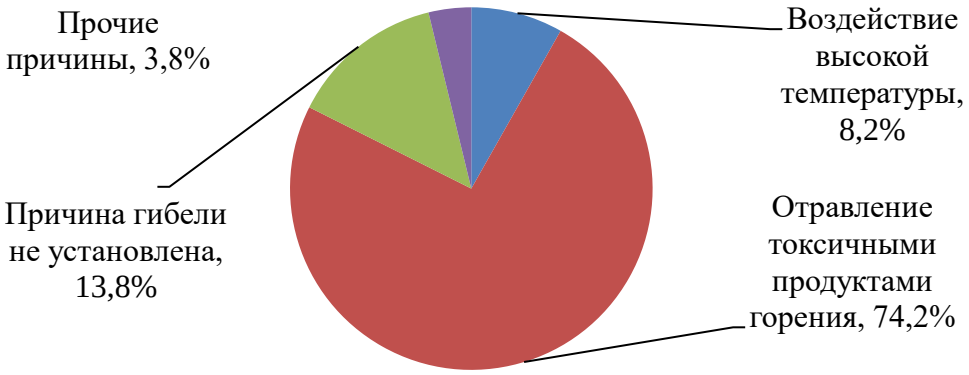


Рис. 6. Распределение основных причин гибели при пожарах людей
в жилых зданиях и сооружениях (юртах) Монголии (среднее за 2017-2021 гг.)

По статистике [4, 5] некоторое общее снижение удельного веса погибших при пожарах в исследуемом периоде по причинам воздействия высокой температуры и продуктов горения сопровождается увеличением процента погибших при пожарах по неустановленным причинам.

Заключение

Наиболее высоким пожарным риском в Монголии как в городской, так и в сельской местности, является риск человека погибнуть при пожаре (R_2).

Выявлен очень высокий процент погибших от пожаров в жилых зданиях и сооружениях (юртах), что требует выработки управленческих решений по снижению этого показателя. При этом доля погибших от пожаров в юртах составляет 60 %.

Более 62 % пожаров происходит по причине неосторожного обращения с огнем (при использовании открытого огня, приготовлении пищи, применение электрического оборудования, топлива, газа, химических веществ т.д.).

Неудовлетворительное состояние пожарной безопасности в жилых зданиях и сооружениях (юртах) обусловлено неадекватной оценкой обществом опасности пожаров и недостаточной мощностью и эффективностью системы обеспечения пожарной безопасности.

Всё это требует существенной реорганизации системы обеспечения пожарной безопасности. И важнейшим направлением противопожарной защиты следует признать активизацию работы по оснащению жилого сектора (первичного и вторичного жилья, вспомогательных помещений) системами оперативного обнаружения и автоматического извещения о пожаре.

Литература

1. Население, учтённое при Монгольском переписи населения в 2018 году. Национальное статистическое управление Монголии http://www.1212.mn/tables.aspx?tbl_id=DT_NSO_0300_003V1&SEX_select_all=1&SEXSingleSelect=&AGE_GROUP5_select_all=0&AGE_GROUP5SingleSelect=_1&Year_select_all=0&YearSingleSelect=&viewtype=table

2. Официальная статистическая информация. Монгольская статистическая информационная служба. https://www.1212.mn/default.aspx

3. Брушлинский Н.Н. и др. Основы теории пожарных рисков и её приложения: Монография. М.: Академия ГПС МЧС России, 2012. 192 с.

4. Пожарная обстановка в период с 2014 по 2015 годы: статистический сборник // Под общ. ред. Д. Алтангэрэл. Улан-Батор: Институт стихийных бедствий Агентства чрезвычайных ситуаций Монголии, 2016. 78 с.

5. Статистическая книга о природных и человеческих индуцированных опасностях в Монголии с 2015 по 2020 годы: статистический сборник // Под общ. ред. Д. Бадамсурэн. Улан-Батор: Институт стихийных бедствий Агентства чрезвычайных ситуаций Монголии, 2021. 88 с.

Чыонг Ван Хынг, Ле Вьет Ву (Вьетнам)
(Институт противопожарной безопасности МОБ Вьетнама;
e-mail: vanhungbm5t34@gmail.com)

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ ВО ВЬЕТНАМЕ

Подготовка специалистов в области пожарной безопасности – важнейшая государственная задача по снижению количества пожаров и тяжести их последствий для сохранения жизни и здоровья людей. Проведён анализ системы подготовки специалистов в образовательных учреждениях пожарно-технического профиля во Вьетнаме.

Ключевые слова: система подготовки, институт пожарной безопасности Вьетнама, специалист, пожарно-те[нический профиль, Министерство общественной безопасности Вьетнама.

Chyong Van Khyng, Le Vyet Vu (Vietnam)

ANALYSIS OF THE STATE OF THE SYSTEM OF TRAINING SPECIALISTS IN EDUCATIONAL INSTITUTIONS OF THE FIRE-TECHNICAL PROFILE IN VIETNAM

The training of specialists in the field of fire safety is the most important state task to reduce the number of fires and the severity of their consequences in order to preserve the life and health of people. The article analyzes the system of training specialists in educational institutions of a fire-technical profile in Vietnam.

Keywords: training system, Vietnam Fire Safety Institute, specialist, fire and technical profile, Ministry of Public Security of Vietnam.

Образовательная система подготовки специалистов пожарно-технического профиля во Вьетнаме сформировалась в 1961 г. 4 октября 1961 г. президент Хо Ши Мин подписал Указ №53/LCT "О регулировании государственного управления противопожарной работой".

Министерство общественной безопасности (МОБ) Вьетнама поручило Университету общественной безопасности организовать учебные курсы по пожарной безопасности.

С 1961 г. по 1963 г. университет организовал 3 учебных курса, специализирующихся на противопожарной работе, с участием 179 офицеров, входящих в составе отделах противопожарной полиции Департамента общественной безопасности Северной провинции Вьетнама [1].

Также в сентябре 1963 г. Министр общественной безопасности подписал Постановление № 1226/CA-QD "О создании Учебной группы по предупреждению и борьбе с пожарами" в составе факультета народной полиции.

30 декабря 1965 г. Министр общественной безопасности подписал Постановление № 154/CA-QD "О создании Отделения народной полиции", в состав которого входила "Кафедра пожарной безопасности".

20 июля 1971 г. Министр общественной безопасности подписал Постановление № 1099/CA-QD "О выделении кафедры противопожарной службы и создании Отделения пожарной безопасности".

2 сентября 1976 г. Министр внутренних дел подписал Постановление № 5062-NV/QD "О выделении Отделения противопожарной службы из Университета народной полиции и создании Средней школы пожарной безопасности".

19 июня 1984 г. Председатель Совета Министров подписал Постановление № 90-ХДБТ "О создании средне-специальных учебных заведений" Министерства внутренних дел, в том числе Колледжа пожарной безопасности.

14 октября 1999 г. Премьер-министр подписал Постановление № 203/1999/QD-TTg "О создании Института пожарной безопасности" на базе Колледжа пожарной безопасности [1, 2].

Институт пожарной безопасности (ИПБ) в Министерстве общественной безопасности отвечает за подготовку офицеров пожарно-технического профиля разных уровней: специалитет, магистратура, адъюнктура на профессиональную подготовку в области пожарной безопасности.

В настоящее время ИПБ имеет более 1000 курсантов и слушателей. ИПБ – это единственный технический институт Министерства общественной безопасности Вьетнама [1, 2].

В структуру ИПБ Вьетнама входят: 7 функциональных отдела, 10 кафедр, 4 научно-технологической организации и подразделения государственных служб (рис. 1).

На сегодняшний день, в ИПБ работают 1 профессор, 8 доцентов, 57 кандидатов технических наук и обучаются 228 магистров, что соответствует требованиям преподавания, содержанию программы обучения по всем дисциплинам и специальностям [2].

Образовательный процесс в ИПБ осуществляется по следующим программам обучения.

Высшее профессиональное образование уровня "Инженер" по специальности 7860113 "Пожарная безопасность и аварийно-спасательная работа". В этой специальности есть следующие профили [3]:

- Пожарная безопасность;
- Пожарная тактика;
- Аварийно-спасательная работа;
- Управление техническими средствами пожарно-спасательных работ.

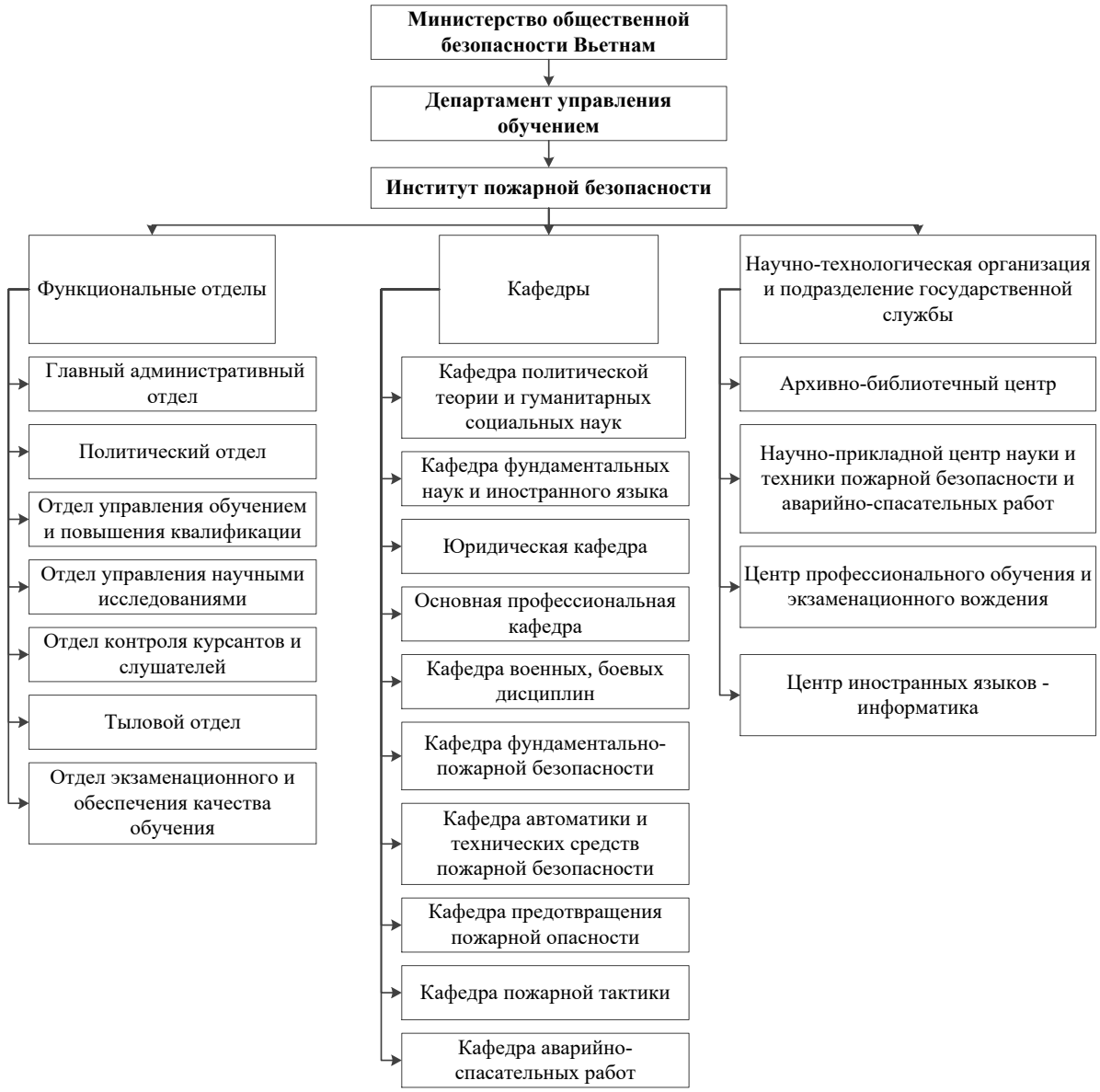


Рис. 1. Организационная структура ИПБ МОБ Вьетнам

Выпускник по этой специальности является ключевой фигурой противопожарной деятельности для населения. Функции и обязанности сил пожарной охраны определены следующим образом:

- создание массового движения людей, обучение их элементарным знаниям по предупреждению пожаров;

- пропаганда и распространение знаний по предупреждению и борьбе с пожарами, создание массового движения для участия в спасательных работах и предотвращении пожаров;

- активная организация обучения и переподготовка специалистов пожарно-спасательных работ;

- разработка планов пожаротушения и планов спасения в ЧС;

- применение транспортных средств для выполнения спасательных операций;

- оперативные дежурства по обнаружению и тушению пожаров и ЧС.

Виды профессиональной деятельности выпускника пожарно-технического профиля представлены на рис. 2 [3].



Рис. 2. Виды профессиональной деятельности выпускника пожарно-технического профиля

На рис. 3 представлена структурная схема взаимосвязей полученных знаний специальности 7860113 "Пожарная безопасность и аварийно-спасательная работа" в ИПБ МОБ Вьетнама [4].

Проведённый анализ показывает, что уровень пожарной безопасности Вьетнама непосредственно зависит от качества кадрового состава пожарной охраны.

Поэтому разработка и применение специальных мер по совершенствованию учебного процесса для улучшения образовательной системы подготовки специалистов пожарно-технического профиля во Вьетнаме является актуальными.

Совершенствовать систему управления подготовкой специалистов пожарно-технического профиля целесообразно, в том числе, на основе построения цифрового портрета выпускника ИПБ МОБ Вьетнама.



Рис. 3. Взаимосвязь полученных знаний специальности "Пожарная безопасность и аварийно-спасательная работа"

Литература

1. Официальный сайт ИПБ Вьетнама. https://daihocpccc.edu.vn/

2. Приказ Министра МОБ Вьетнама №9854-9874/QĐ-BCA. Утверждение о функциях, задачах, полномочиях и организационной структуре Института пожарной безопасности Вьетнама.

3. Приказ Министерства образования и науки РФ от 14 января 2011 г. №12 "Об утверждении и введении в действие федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки".

4. Программа подготовки инженеров по специальности 7860113 "Пожарная безопасность и аварийно-спасательная работа". ИПБ МОБ СРВ. Ханой, 2021. С. 1-6.

Ву Куанг Тханг (Вьетнам)
(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: tiengnga2020@gmail.com)

ПРИМЕНЕНИЕ ПРАВА В РАБОТЕ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ КЛАСТЕРОВ ВО ВЬЕТНАМЕ СЕГОДНЯ

Статья посвящена обзору правовой системы в области пожарной безопасности в промышленных кластерах и анализу текущей ситуации по применению законодательства в работе по обеспечению пожарной безопасности промышленных кластеров. Предлагается ряд мер по совершенствованию применения права в работе по обеспечению пожарной безопасности промышленных кластеров Вьетнама.

Ключевые слова: применение права, промышленный кластер, пожарная безопасность.

Vu Kuang Tkhang (Vietnam)

THE APPLICATION OF LAW IN THE FIRE SAFETY WORK OF INDUSTRIAL CLUSTERS IN VIETNAM TODAY

The article is devoted to an overview of the legal system in the field of fire safety in industrial clusters and an analysis of the current situation on the application of legislation in the work to ensure the fire safety of industrial clusters. A number of measures are proposed to improve the application of law in the work to ensure the fire safety of industrial clusters in Vietnam.

Keywords: application of the law, industrial cluster, fire safety.

Вьетнам находится в процессе ускоренной индустриализации и модернизации страны согласно цели Правительства до 2030 г., доля промышленности в ВВП достигает более 40 %; доля обрабатывающей и обрабатывающей промышленности в ВВП достигла около 30 %, из них обрабатывающие технологии достигли более 20 %. Доля высокотехнологичной промышленной продукции в обрабатывающей и обрабатывающей промышленности достигла не менее 45 %. Темпы роста промышленной добавленной стоимости достигали в среднем более 8,5 % в год, из которых обрабатывающая и обрабатывающая промышленность достигала в среднем более 10 % в год [1]. Для достижения поставленной цели в последние годы появляется все больше промышленных объектов и работ, в которых имеются сооружения повышенной пожаровзрывоопасности, возводимые с большими масштабами и сложностью, ставящие сложные задачи в обеспечении пожарной безопасности. К концу 2020 г. во Вьетнаме создано 968 промышленных кластеров общей площадью около 31 *тыс га*, промышленные кластеры создали рабочие места для более 580,5 *тыс* работников [2].

Формирование и развитие промышленных кластеров играет важную роль в социально-экономическом развитии многих провинций и городов Вьетнама. Вклад в развитие производства услуг, тем самым трансформируя структуру экономики в сторону быстро растущей доли промышленности и услуг в направлении индустриализации и модернизации. Особенно в сельской местности промышленные кластеры создали много рабочих мест для сельских жителей, улучшили жизнь людей, стабилизировали безопасность, социальный порядок и безопасность. Промышленные кластеры создали среду для мобилизации инвестиционного капитала отечественных и зарубежных секторов экономики на службу делу индустриализации и модернизации страны.

Применение права – активная властная деятельность государства в лице его компетентных органов по разрешению конкретного юридического дела [3]. По существу, применение права представляет собой деятельность компетентного государственного органа или лица, уполномоченного государством по организации для государственных органов, хозяйственных организаций, общественных организаций и отдельных лиц других лиц по строгому, полному и единообразному исполнению правовых норм. Из четырёх форм реализации права всегда присутствует только применение права в присутствии государства через компетентные органы. Исходя из особенностей, сущности и принципов в области пожарной безопасности, возможность применения права в работе по обеспечению пожарной безопасности в целом и промышленных кластеров в частности заключается в организации и реализации положений законодательства, норм и технических положения по предупреждению и борьбе с пожарами в работе по обеспечению пожарной безопасности промышленных кластеров.

В соответствии с положениями Закона о предупреждении и тушении пожаров 2001 г. и Закона о внесении изменений и дополнений в ряд законов о предупреждении и тушении пожаров в 2013 г. Постановление Правительства № 136/2020/ND-CP от 24 ноября 2020 г. и Циркуляр 149/2020/TT-BCA от 31 декабря 2020 г. Министерства общественной безопасности, пожарная полиция выполняет функции и задачи государственного управления по предупреждению и борьбе с пожарами, в рамках которых осуществляется работа по обеспечению противопожарной и боевой безопасности промышленных кластеров. Изучив все правовые документы по пожарной безопасности и другие соответствующие правовые документы, выяснено, что пока в этих правовых документах нет конкретных положений об обязательствах пожарной безопасности бизнес-единицы инфраструктуры промышленного кластера. До настоящего времени в правовых документах не были прописаны обязательства по обеспечению пожарной безопасности бизнес-единиц инфраструктуры промышленного кластера. Поэтому пожарная полиция стал-

кивается с трудностями в реализации функций и задач по обеспечению пожарной безопасности промышленных кластеров как в масштабах страны, так и в каждом населённом пункте. Кроме того, до сих пор сохраняется ситуация, когда ряд руководителей управлений, филиалов и народных комитетов районов и коммун не выполнили своих обязанностей по руководству, проверке и контролю государственного управления пожарной безопасности [4]; не было консенсуса, тесной координации между отделами при планировании реализации, оценке, выдаче разрешений на строительство, приёмку и управление эксплуатацией, тесной координации между отделами при планировании реализации, оценке. Пропаганде и распространению закона и знаний о пожарной безопасности не уделялось должного внимания. Государственное управление пожарной охраной и борьбой с промышленными кластерами по-прежнему имеет много недостатков, ограничены консультативная функция и качество профессиональной работы; осуществление контрольно-инструктивных мероприятий не является регулярным, борьба с нарушениями ещё не решительна, поэтому эффективность и действенность государственного управления не гарантируется. В процессе социально-экономического развития экономические условия многих населённых пунктов и учреждений и предприятий по-прежнему сталкивались со многими трудностями, что в значительной степени сказалось на инвестициях в затраты на строительство и развитие инфраструктуры и методов обеспечения пожарной безопасности.

В ближайшее время промышленные кластеры будут иметь сильные инвестиции и развитие, согласно данным Министерства промышленности и торговли, генеральному плану до 2020 г., с видением до 2025 г., в целом по стране введно в эксплуатацию и используется 1704 промышленных кластера общей площадью более 58 *тыс га* [2]. Поэтому эффективное применение положений права о пожарной безопасности при планировании, строительстве и развитии промышленных кластеров очень важно, способствует обеспечению устойчивого развития. В целях повышения эффективности правоприменения в обеспечении пожарной безопасности промышленных кластеров, создания стабильных условий социально-экономического развития населённых пунктов в текущий период времени в ближайшее время пожарной полиции необходимо хорошо выполнить ряд следующих задач:

Во-первых, продолжать продвигать реформу административных процедур в области предотвращения и борьбы с пожарами в направлении гласности, упрощения процедур, сокращения времени реализации, но при этом обеспечивая строгое соблюдение положений закона. Создать благоприятную среду для инвестиций, производства и бизнеса предприятий и частных лиц. Тем самым создаётся прочная правовая база в сфере применения правовых норм для повышения эффективности обеспечения пожарной безопасности в промышленных кластерах.

Во-вторых, в промышленных кластерах необходимо усилить инфраструктурные условия, транспортные системы, источники воды для пожаротушения. Полностью устранить недостатки, связанные с пожарной безопасностью. Разработать механизм координации между пожарной полицией и соответствующими органами, организациями и подразделениями для решения сложных и сложных вопросов в работе по обеспечению пожарной безопасности в промышленных кластерах.

В-третьих, обновить содержание, улучшить форму и принять меры по пропаганде, распространению и просвещению закона. Изменить осведомлённость и ответственность руководителей предприятий и работников в обеспечении пожарной безопасности. Пропагандистский контент должен чётко следовать производственно-хозяйственной характеристике предприятий в промышленных кластерах, указывая места и районы повышенной пожаровзрывоопасности на предприятиях в промышленных кластерах. Оттуда сосредоточится на пропаганде и руководстве, чтобы руководители объектов и сотрудники, работающие на объекте, знали о высоких потенциальных рисках пожаров и взрывов в этих местах и зонах.

В-четвертых, совершенствовать нормативно-правовую базу по пожарной безопасности в целом и промышленных кластеров в частности, что является одним из важных факторов, определяющих эффективность обеспечения пожарной безопасности промышленных кластеров.

Необходимо повысить эффективность применения права в области пожарной безопасности в промышленных кластерах, содействовать в привлечении инвестиций предприятий в промышленные кластеры; создавать безопасную среду на производстве и в бизнесе; способствовать экономическому и социальному развитию населённых пунктов, а также всей страны, создавая устойчивое развитие в промышленных кластерах.

Литература

1. Правительство Вьетнама. Постановление № 124/NQ-CP 3 сентября 2020 г. "О программе действий по реализации Постановления № 23-NQ/TW от 22 марта 2018 г. Политбюро ЦК Коммунистической партии Вьетнама о направлении политического строительства национальной политики промышленного развития до 2030 года, видение до 2045 года".

2. Управление, инвестиции и развитие промышленных кластеров: ситуация и решения // Бизнес и коммерция. 2021. № 7. https://doanhnghiepvathuongmai.vn/bai-viet/quan-ly-dau-tu-phat-trien-cac-cum-cong-nghiep-thuc-trang-va-giai-phap.phtml

3. Теория государства и права: учебник / Под ред. М. Н. Марченко. М.: изд-во "Зерцало", 2004.

4. Министерство общественной безопасности Вьетнама. Официальное письмо № 3193/BCA-C07 от 8 сентября 2021 г. "О пожарной безопасности производственных и складских помещений в индустриальных парках, зонах экспортной переработки, высокотехнологичных парках и промышленных кластерах и жилой застройке".

Фам Куок Хынг, С.В. Соколов (Вьетнам, Россия)
(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: phamquochung133@gmail.com)

АНАЛИЗ ПОТОКОВ ВЫЗОВОВ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ ВО ВЬЕТНАМЕ

Рассматривается распределение количества вызовов по времени (по месяцам года, дням недели, часам дня). Проведён анализ числа вызовов подразделений противопожарной службы (ППС) за любой промежуток времени *t*, которое описывается законом Пуассона.

Ключевые слова: информационная технология, населённые пункты, поток вызовов, противопожарные подразделения, Вьетнам.

Fam Kuok Khyng, S.V. Sokolov

ANALYSIS OF THE CALL FLOW OF THE FIRE-FIGHTING SERVICE DIVISIONS OF VIETNAM

The article considers the distribution of the number of calls by time (by months of the year, days of the week, hours of the day). An analysis was made of the number of calls to the fire service units for any period of time *t*, which is described by the Poisson law.

Keywords: information technology, settlements, call flow, fire departments, Vietnam.

В настоящее время обеспечение пожарной безопасности представляет собой сложную социально-экономическую систему. Совершенствование организации и управления в сложных системах невозможно без применения современных научных подходов и методов решения организационно-управленческих задач

Поэтому современный специалист в области обеспечения пожарной безопасности должен владеть знанием теорий систем, управления, моделирования, прогнозирования, практическими навыками информационно-аналитической работы, планирования процесса, принятия и исполнения управленческих решений, научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности, применения информационных технологий.

Оперативной обстановкой в городе, с точки зрения его противопожарной защиты, называется состояние динамического взаимодействия пожарно-спасательной службы города с комплексом тех элементов городской среды, которые характеризуют её опасность [1]. Одним из основных параметров, характеризующих оперативную обстановку и объём работы оперативных подразделений в каком-либо населённом пункте, является интенсивность потока вызовов подразделений противопожарной службы (ППС), то есть среднее число вызовов в единицу времени [2]

Под потоком вызовов оперативных подразделений понимают последовательность сообщений о пожарах, загораниях, авариях, поступающих одно за другим в какие-то случайные моменты времени на единую дежурную диспетчерскую службу (ЕДДС) города [3]

Очевидно, что поток вызовов является случайным, поскольку невозможно точно предсказать время следующего вызова пожарных подразделений, а также время прибытия всех последующих вызовов. Другими словами, процесс поступления вызовов подразделений ППС на ЕДДС любого города протекает неравномерно и носит вероятностный характер. Кроме того, число вызовов, поступающих в единицу времени (час, сутки), является дискретной случайной величиной, зависящей от протяжённости интервала времени. Поэтому для изучения закономерностей поступления вызовов подразделений ППС используются вероятностно-статистические методы. В работе [3] дано подробное математическое описание этого процесса. Воспользуемся некоторыми положениями из этой работы. Итак, анализ процесса поступления вызовов на ЕДДС города по диспетчерским журналам и базам данных АСУ позволил выработать гипотезу о свойствах потоков [4]:

1) ординарность вызовов. Математически это свойство записывается так: $P_{>1}(\Delta t) = o(\Delta t)$, то есть вероятность того, что за время Δt поступит более одного вызова, есть бесконечно малая величина высшего порядка малости относительно Δt и ею можно пренебречь;

2) отсутствие последействия. Число вызовов в данном промежутке времени не зависит от того, сколько вызовов поступило в предыдущие промежутки времени;

3) стационарность потоков. Вероятностные характеристики процесса поступления вызовов не зависят от времени.

Из свойств потоков выводится распределение вероятностей того или иного числа вызовов подразделений ППС за любой промежуток времени *t*, которое описывается законом Пуассона:

$$P_k(t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} \mathrm{e}^{-\lambda t},$$

где $P_k(t)$ – вероятность того, что за время t поступит k вызовов подразделений ППС; λ – среднее число вызовов подразделений ППС в единицу времени (плотность или интенсивность пуассоновского потока случайных событий); $k = 0, 1, 2, 3, \ldots$.

Для анализа потока вызовов пожарных подразделений Вьетнама был взят реальный поток, зафиксированный в обобщённом отчёте по работе пожарной охраны Главного управления пожарной охраны и аварийно- спасательной службы за 6 месяцев 2020 года: за данный период пожарных подразделений выезжали 4083 раз на деструктивное событие (ДС), при плотности потока вызовов λ = 0,92 вызова/час.

Для выявления закономерностей сопоставим эмпирическое распределение числа вызовов в единицу времени (часовой интервал) с теоретическим (табл. 1).

Таблица 1

Эмпирическое и теоретическое (пуассоновское) распределения числа вызовов пожарных подразделений Вьетнама за 6 месяцев 2020 г.

Месяц		Число вызовов за 1 час						Число часов	λ	*R*
		0	1	2	3	4	≥ 5			
Июль-Декабрь 2020 г.)	Эмпирическая частота	1809	1545	737	248	65	12	4416	0,92	2,38
	Теоретическая частота	1761,98	1621,03	744,21	227,37	51,66	9,75			
	Эмпирическая вероятность	0,410	0,350	0,167	0,056	0,015	0,003	1,00		
	Теоретическая вероятность	0,399	0,367	0,169	0,051	0,012	0,002			

Непосредственное сопоставление эмпирического и теоретического распределений позволяет сделать предварительный вывод о достаточно хорошем их согласовании. Об этом же говорит графическое изображение этих распределений (рис. 1). Из рис. 1 видно, что полученные эмпирическое и теоретическое распределения имеют сходный характер, это позволяет сделать вывод, что потоки ДС являются стационарными.

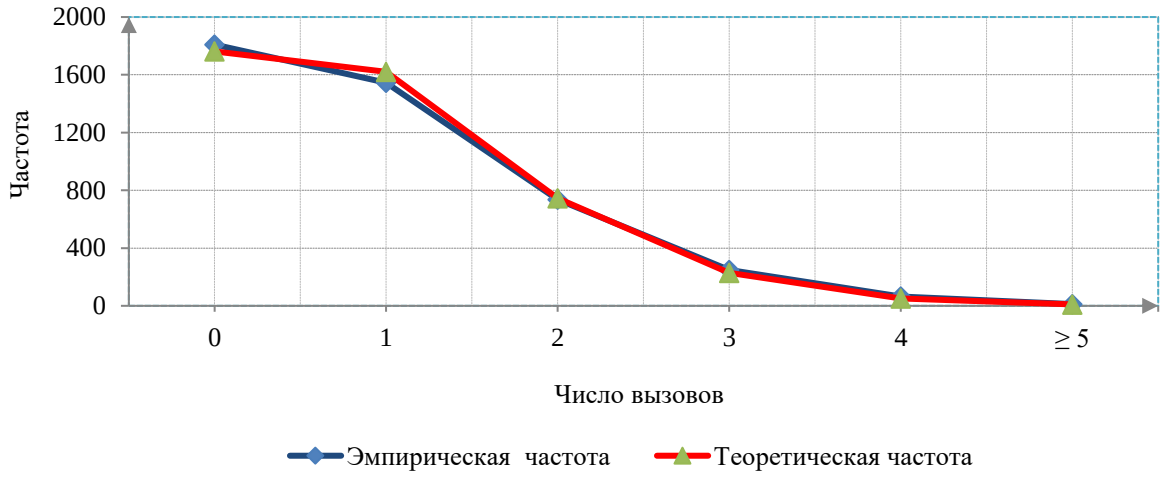


Рис. 1. Эмпирическое и теоретическое (пуассоновское) распределения числа вызовов пожарных подразделений Вьетнама за 6 месяцев в 2020 г.
Длительность времени наблюдения, час: 4416 (июль-декабрь 2020 г.);
среднее число вызовов в час: 0,92; значение критерия Романовского: 2,38

Для проверки целесообразности статистической гипотезы и ответа на вопрос, можно ли считать расхождения между теоретическим и эмпирическим распределениями случайными или закономерным необходимо произвести расчёт так называемого критерия согласия – критерия Романовского [5].

$$\rho = \sqrt{\frac{1}{2(V-z-1}}\left|\sum_{k=1}^{l}\frac{(m_k-f_k)^2}{f_k} - (V-z-1)\right|,$$

где V – число групп значений случайной величины, для каждой из которых должно выполняться условие $fk \geq 9$, если для какой-либо k-й группы это условие не выполняется, то эта группа объединяется с предыдущей или с последующей группой, а соответствующие им частоты складываются; z – число параметров закона распределения, для закона Пуассона и для показательного закона $z = 1$.

Если значение критерия Романовского $\rho < 3$, то расхождения можно считать не существенными (случайными), если $\rho \geq 3$ – существенными.

$$\rho = \sqrt{\frac{1}{2(6-1-1)}}\left|\frac{(1809-1761{,}98)^2}{1761{,}98} + \frac{(1545-1621{,}03)^2}{1621{,}03} + \frac{(737-744{,}21)^2}{744{,}21} + \frac{(248-227{,}37)^2}{227{,}37} + \frac{(65-51{,}66)^2}{51{,}66} + \frac{(12-9{,}75)^2}{9{,}75} - (6-1-1)\right| = 2{,}38.$$

Полученное значение 2,38 < 3, согласие между эмпирическими и теоретическими распределениями следует признать удовлетворительным.

Таким образом, по результатам статистического исследования и потока. вызовов пожарных подразделений Вьетнама. за 6 месяцев в 2020 г. установлено, что в целом поток вызовов принимает стационарный вид и описывается законом распределения Пуассона, что позволяет использовать известные математические модели в исследовании процессов функционирования ППС.

Анализируя характер распределения количества вызовов по времени (по месяцам года., дням недели, часам дня), можно найти общие вероятностные и статистические закономерности, использование которых позволяет достаточно точно оценить число вызовов, ожидаемых активными пожарными подразделениями, и тенденцию его изменения на различных временных интервалах для решения задач управления ППС и оценки её возможностей.

На рис. 2-4 представлены распределения плотности потока вызовов пожарных подразделений во Вьетнаме в 2020 году по месяцам года, дням недели, часам суток.

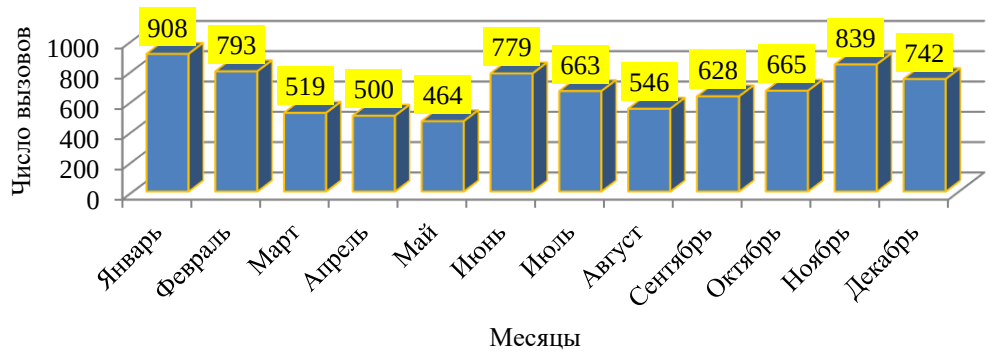


Рис. 2. Распределение числа вызовов по месяцам года в 2020 г.

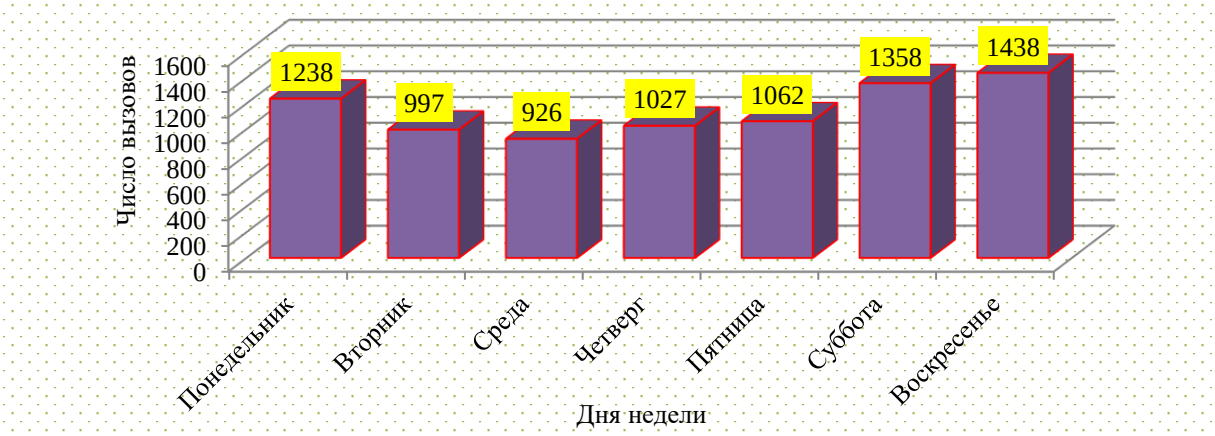


Рис. 3. Распределение числа вызовов по дням недели в 2020 г.

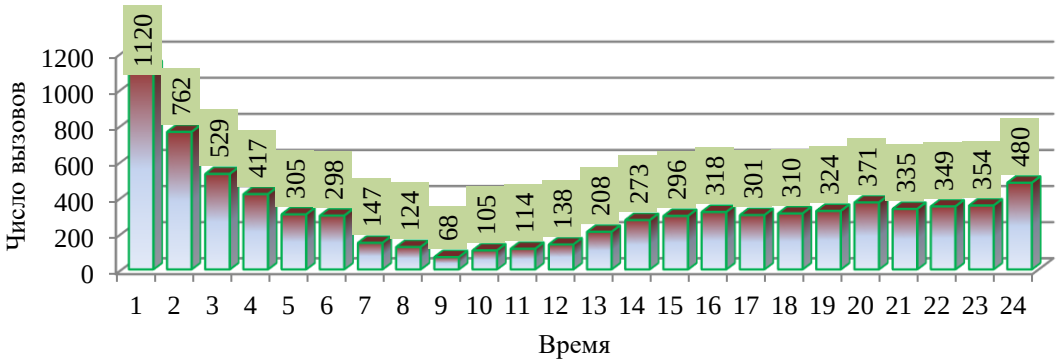


Рис. 4. Распределение числа вызовов по часам суток в 2020 г.

На рис. 2-4 показано, что процесс функционирования пожарных подразделений во Вьетнаме имеет чёткую нестационарную характеристику, то есть он существенно зависит от месяца года, дня недели и времени суток. В частности, в январе 2020 года было зафиксировано максимальное количество вызовов, более чем в 1,6 раза превышающее количество вызовов в мае

и августе того же года. По дням недели изменение количества вызовов составляет 10-15 %. Однако большинство вызовов приходится на выходные. Для часов дня количество вызовов в диапазоне от 24 до 4 часов превышает количество вызовов утром с 5 до 12 часов почти в 2,5 раза, а днём и вечером в 1,98 раза.

Все эти особенности нужно учитывать при обосновании числа оперативных отделений пожарных подразделений и их дислокации в населённых пунктах Вьетнама, т.к. их должно быть достаточно для успешных и эффективных операций в самых сложных чрезвычайных ситуациях.

Таким образом, можно сделать вывод, под потоком вызовов пожарных подразделений понимается последовательность сообщений о пожарах, которая является случайной, так как невозможно предсказать момент очередного и последующих вызовов.

На примере пожарных подразделений во Вьетнаме установлено, что случайный поток вызовов подчиняется пуассоновскому закону распределения. Полученные результаты могут быть использованы для прогнозирования оперативной обстановки и оценки эффективности аналитических моделей оперативной деятельности пожарной охраны во Вьетнаме.

Литература

1. Брушлинский Н.Н. Моделирование оперативной деятельности пожарной службы: учебник. М.: Стройиздат. 1981, 95 с.

2. Климкин В.И. Совершенствование организации и управления оперативной деятельностью пожарных подразделений города Москвы на основе применения технологий имитационного моделирования: дисс. ... канд. тех. наук: 05.13.10. М., 2018. 141 с.

3. Брушлинский Н.Н. Системный анализ деятельности Государственной противопожарной службы: учебник. М.: МИПБ МВД России, 1998. 255 с.

4. Анциферов Д.С. Анализ закономерностей потока вызовов противопожарной службы кемеровской области // Технологии техносферной безопасности. 2014. Вып. 1 (53). С. 18-25.

5. Брушлинский Н.Н., Соколов С.В. Математические методы и модели управления в Государственной противопожарной службе: учебник. М.: Академия ГПС МЧС России, 2011. 255 с.

И.Г. Цокурова, С.Н. Аникин, М.М. Данилов, А.Н. Денисов
(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: venskovskaya@bk.ru)

КРИТЕРИЙ МНОГОЗАДАЧНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ СИЛАМИ ПРИ ТУШЕНИИ ПОДВИЖНОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО СОСТАВА НА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Рассмотрены ключевые элементы критерия многозадачности управления пожарно-спасательными подразделениями при тушении подвижного железнодорожного состава на металлургических предприятиях. Рассмотрена модель принятия решения руководителем тушения пожара, включающая в себя целевой, оценочно-аналитический, прогностический и результативный компоненты, а также рассмотрена целесообразность применения нейронных сетей в этих условиях.

Ключевые слова: управление, многозадачность, железнодорожный, металлургические, пожар.

I.G. Tsokurova, S.N. Anikin, M.M. Danilov, A.N. Denisov

THE CRITERION OF MULTITASKING OF FORCE MANAGEMENT WHEN EXTINGUISHING ROLLING STOCK AT METALLURGICAL ENTERPRISES

The article considers the key elements of the criterion of multitasking management of fire and rescue units when extinguishing rolling stock at metallurgical enterprises. The model of decision-making by the fire extinguishing manager is considered, which includes target, evaluative and analytical, predictive and effective components, and also the expediency of using neural networks in these conditions is considered.

Keywords: management, multitasking, railway, metallurgical, fire.

Возникновение пожаров подвижных железнодорожных составов на металлургических предприятиях представляет собой особенно сложный вариант события, которое влечёт за собой возникновение чрезвычайной ситуации, огромного материального ущерба, а также гибель и травмирование людей.

Необходимость совершенствования реагирования пожарно-спасательными подразделениями на деструктивные события путём управления с учётом критерия многозадачности и всех возможных рисков гибели и травмирования сотрудников пожарно-спасательных подразделений для лица, принимающего решение на пожаре, является особенно актуальной задачей.

Критерий многозадачности, необходимый при принятии решений руководителем тушения пожара, в сфере организации оперативного управления ранее не рассматривался, равно как и система принятия решений при тушении исследуемого объекта, основанная на нейронных технологиях.

Понятие многозадачности представляет собой наличие и многообразие разноплановых задач при ограниченном промежутке времени, которые непосредственно влияют на процесс принятия оптимального решения руководителем тушения пожара, с учётом рисков гибели и травмирования пожарно-спасательных подразделений.

Технология принятия решения руководителем тушения пожара с учётом критерия многозадачности следует рассматривать как целостный процесс поэтапного принятия оптимального решения из многообразия возможных.

Учёным В.П. Беспалько в многозадачность включены: целеобразование, системность, структурированность и процессуальность [1], авторами же многозадачность рассматривается как критерий, влияющий на скорость принятия решения руководителем тушения пожара в условиях ограниченного времени и с учётом всех возможных рисков при организации тушения подвижных железнодорожных составов на металлургических предприятиях. Для этого руководителю в процессе принятия решения следует использовать определенную технологию, упорядоченную совокупность действий, операций и процедур, направленную на получение диагностируемого и прогнозируемого результата в изменившихся условиях процесса.

В целях своевременной коррекции условий, форм, методов и средств в процессе тушения, предлагается технология принятия решения в условиях многозадачности, при этом модель принятия управленческого решения реализуется за счёт взаимосвязанных и взаимообусловленных действий, операций и процедур.

Структура модели включает в себя целевой, оценочно – аналитический, прогностический и результативный компоненты.

Целевой компонент предполагает постановку цели. Знания о постановке цели и умение правильно поставить цель повышают эффективность управленческого процесса. Таким образом, в условиях многозадачности в процессе принятия управленческого решения руководителю необходимо понимать важность цели: первостепенная или второстепенная, стратегическая или оперативная.

Оценочно-аналитический компонент включает в себя оценку влияния обстановки на пожаре непосредственно на ход тушения пожара, то есть на получения результата. Здесь также стоит отметить такие параметры, как сложность промышленного объекта, наличие специальных технологических установок, наличие и работоспособность систем противопожарной защиты, и некоторые другие параметры. К данному критерию необходимо отнести такой параметр, как адекватная информация. Своевременная обработка оперативно поступающей информации, характерной для таких сложных условий, как тушение пожаров на металлургических предприятиях, в условиях ограниченного времени является одним из факторов принятия оптимального решения руководителем тушения пожара [2].

Несомненно, руководитель тушения пожара должен обладать аналитическими умениями, которые с учётом опыта, позволят качественно оценить представленную информацию. Однако, в рамках рассмотрения аспектов поставленных вопросов стоит отметить большое количество и разнообразный характер неопределённостей, где практический опыт руководителя играет фактически ключевую роль.

Стоит отметить, что рассматриваемый авторами подход, учитывающий критерий многозадачности, может включать в себя реализацию алгоритмов принятия решений при помощи нейросетей, который нивелирует разницу в наличии практического опыта у разных категорий руководителей тушения пожаров, а учитывая то, что тушение подвижного железнодорожного грузового состава сопряжено с рядом качественных особенностей, данный вопрос является особенно актуальным. Вместе с тем, применение нейросетевых технологий накладывает ряд определенных требований к формированию исходной базы данных, характеризующих совокупность условий, возникающих на пожаре с течением времени.

Алгоритм работы нейронной сети на примере предсказания оптимального значения одного из параметров организации тушения пожаров представлен на рис. 1.

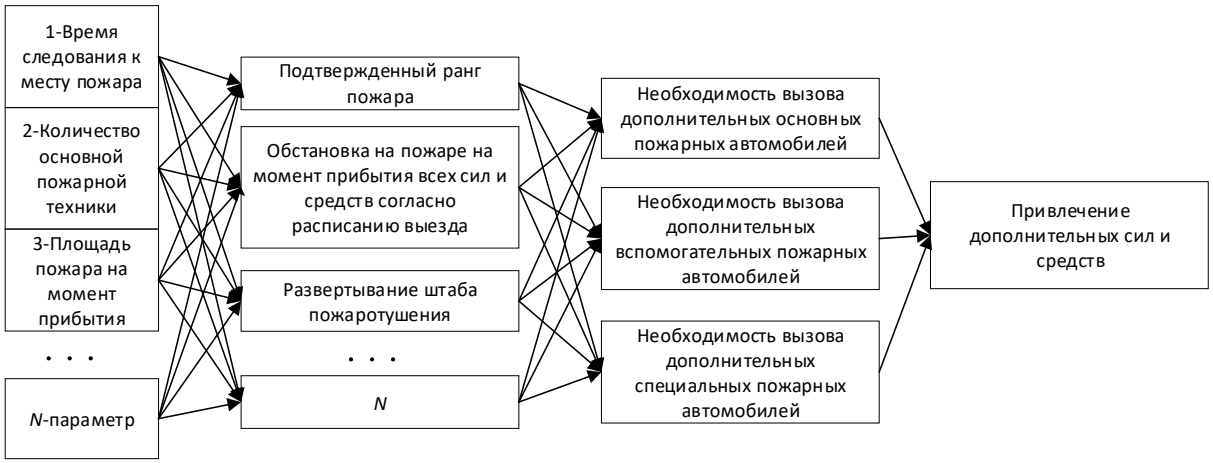


Рис. 1. Примерный алгоритм работы нейронной сети на примере одного из параметров (определение необходимого количества привлекаемых сил и средств) [3]

К неопределённостям справедливо можно отнести такие параметры, как отсутствие текущей необходимой информации по объекту, в том числе, о наличии аварийно-химических опасных веществ на объекте или, например, функционировании сложных технологических установок, поскольку состояние данных факторов на момент тушения предсказать без проведения полной разведки достаточно сложно, а их наличие является достаточно существенным при организации тушения металлургических предприятий.

Оценка руководителя тушения пожара не всегда может быть тождественна оценке субъекта деятельности, на которого направлено решение предстоящей задачи, и не всегда оцениваемые условия могут в точности соответствовать тем выводам, которые в рамках оценки информации осуществил руководитель тушения пожара. То есть, оценочный компонент непосредственно пересекается также с прогностическим компонентом, что позволяет подтвердить наличие системности в предлагаемой технологии. В свою очередь, факт наличия параметра неопределённости не позволяет однозначно говорить о невозможности принять правильное решение. Решение может быть оптимальным, исходя из многообразия других, с учётом объективной оценки реальности.

Следующий компонент – оценка своих ресурсов в целях получения эффективного результата. К ресурсам необходимо отнести в первую очередь тех субъектов деятельности, которым предстоит эффективно решить поставленную задачу. При оценке субъектов деятельности оценке подлежит их компетентность и ответственность, возможность делегировать полномочия, так как задач перед руководителем стоит множество и, как было отмечено выше, указания зачастую отдаются удалённо. Отметим, что в последующем руководитель оценивает средства, имеющиеся у него в наличии для достижения результата.

Кратко обобщив вышеизложенное, отметим, что критерии целевого и оценочно-аналитического компонентов практически идентичны, что позволяет более глубже понять руководителю происходящие на пожаре процессы.

Рассматривая прогностический компонент предлагаемой технологии, следует обратить внимание на то, что учёными выделяется прогностическая функция на этапе формирования акцептора результата действия, который позволяет спрогнозировать результативность совершаемого действия на стадии принятия решения [4]. С учётом необходимости качественного прогнозирования желаемого результата из множества факторов, путём решения на основе предварительных оценок и сравнений, руководитель должен обладать необходимыми знаниями, умениями и качествами.

О необходимости наличия знаний и умений отмечается в работе В.И. Загвязинского, в которой понятие "прогнозирование" рассматривается как "процесс получения опережающей информации об объекте, опирающейся на научно обоснованные положения и методы" [5].

Таким образом для прогностического компонента характерны следующие критерии:

- наличие знаний по направлению деятельности, психолого- педагогические и знания прогностической направленности;

- умение руководителя тушения пожара установить причинно- следственные связи, умение выдвинуть гипотезы и планирование.

Представленные когнитивные процессы позволяют руководителю тушения пожара преобразовать настоящую действительность и выстроить образ ситуации целиком. При подобном подходе осуществление краткосрочного прогнозирования развития пожара, оценка необходимости параллельного выполнения задач (многозадачность), а также расстановка приоритетов осуществляется руководителем тушения пожара гораздо легче ввиду того, что целостность картины, сложившейся на пожаре ситуации, позволяет это сделать оптимальнее.

Тем не менее, отметим, что результат прогнозирования не может быть точен в силу неопределённости ряда факторов, а задача руководителя заключается в том, чтобы, используя прогностическую функцию, смоделировать образ будущей ситуации, позволяющей уменьшить влияния неопределённостей на результаты решений. Однако, применение качественно обученных нейронный сетей в совокупности с использованием электронных документов предварительного планирования могут существенно помочь в принятии оптимальных решений на начальном этапе.

Отметим, что результативный компонент предполагает на основе целеполагания, оценки и прогнозирования определение оптимального решения из многообразия возможных. В рамках замысла руководитель определяет направления сосредоточения основных усилий, а также формы, методы, средства и порядок реализации задуманного. И в этих условиях применение нейросетей является вполне оправданным.

Заключение

Обобщая вышеизложенное, подчеркнём, что принятие решения руководителями в условиях многозадачности на таком пожаре, как тушение железнодорожных составов металлургических предприятий, является напряженным и ответственным видом деятельности, для которого нужен необходимый набор знаний, умений и качеств, а также опыт практической деятельности. Представленный подход, с учётом специфики, позволяет руководителю преобразовывать настоящую действительность и выстраивать цельный образ ситуации, для последующего принятия оптимального решения с определенным временно-пространственным упреждением в отношении будущих событий, а применение алгоритмов принятия решений, основанные на нейронных сетях, помимо ускорения принятия элементарных решений позволит в отдельных случаях в том числе нивелировать недостаток практического опыта молодого руководителя тушения пожара.

Литература
1. Беспалько В.П. Педагогика и прогрессивные технологии обучения. М., 1995. 231 с.
2. Петриченко Е.А. Информация и философские категории "явление и сущность" // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 1.
3. Денисов А.Н., Цокурова И.Г., Аникин С.Н. Модель и алгоритм управления рисками гибели пожарных при тушении пожаров на металлургических предприятиях // Computational Nanotechnology. 2021. Т. 8. № 3. С. 76-85.
4. Федосеева И.А., Шулаков А.В., Сараев Ю.В. Формирование умений и навыков в принятии решения через механизм решения прогностических задач // Направления и перспективы развития образования в военных институтах войск национальной гвардии Российской Федерации: сб. научных статей VIII межвуз. науч.-практ. конф. с междунар. участием. 2017. С. 267-271.
5. Загвязинский В.И. Педагогическое предвидение // Новое в жизни, науке и технике. Сер. Педагогика и психология. М.: Знание, 1987. № 4. 80 с.

***П.С. Копылов*[1], *С.Н. Копылов*[2], *И.Р. Бегишев*[1]**
([1]Академия Государственной противопожарной службы МЧС России,
[2]Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России; e-mail: pskopylov@mail.ru)

ВЛИЯНИЕ ПЕРЕХОДА К ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ НА РАЗРУШЕНИЕ ОЗОНОВОГО СЛОЯ ЗЕМЛИ

Приведено описание наиболее значимого цикла разрушения стратосферного озона. Выполнена оценка влияния перехода к водородной энергетике на содержание водорода в атмосфере. Рассчитаны требуемое количество молекулярного водорода при условии полного отказа от применения ископаемых топлив, а также объём его выбросов в атмосферу. Полученные в настоящей работе данные показали, что водородный цикл разрушения стратосферного озона при переходе к водородной энергетике становится абсолютно доминирующим, а деградация озонового слоя может достичь опасных уровней, угрожающих существованию наземных форм жизни.

Ключевые слова: водород, топливо, озон, атмосфера, энергетика.

P.S. Kopylov, S.N. Kopylov, I.R. Begishev

AN INFLUENCE OF TRANSITION TO HYDROGEN ENERGY ON THE EARTH'S OZONE LAYER

The description of the most significant cycle of stratospheric ozone destruction is given. The impact of the transition to hydrogen energy on the hydrogen content in the atmosphere has been assessed. The required amount of molecular hydrogen as well as the amount of its emissions into the atmosphere have been calculated provided that the use of fossil fuels is completely abandoned. The data obtained in this work showed that the hydrogen cycle of stratospheric ozone destruction during the transition to hydrogen energy becomes absolutely dominant and the degradation of the ozone layer can reach dangerous levels that threaten the existence of terrestrial life forms.

Keywords: hydrogen, fuel, ozone, atmosphere, energy.

Применительно к антропогенному воздействию на атмосферу в настоящее время принято считать основной проблемой техносферной безопасности выбросы парниковых газов промышленностью и транспортом и необходимость их ограничения в целях борьбы с возможными негативными изме-

нениями климата. Однако существуют и другие факторы воздействия человеческой деятельности на атмосферу, которые могут оказаться даже более значимыми, чем широко известный парниковый эффект. Исследованию одного из таких факторов – разрушению озонового слоя Земли под воздействием нарастающих объёмов производства водорода для энергетических целей – посвящена настоящая работа.

Наличие в атмосфере на высотах от 20 до 40 *км* от поверхности Земли значительных количеств озона (так называемый озоновый слой, где сосредоточено порядка 90 % всего атмосферного озона) определяет возможность существования наземных форм жизни. Исключительная роль этого вещества в поглощении жёсткого ультрафиолетового солнечного излучения, губительного для всего живого, обусловлена строением его молекулы: третий атом кислорода в ней слабо связан с остальными двумя и легко отщепляется даже под воздействием видимого света. Затем молекула O_3 в условиях атмосферы восстанавливается, и цикл может повторяться вновь (кислородный цикл, цикл Чепмена).

Однако, высокая реакционная способность озона, обеспечивая цепной цикл Чепмена, также легко запускает цепные процессы его гибели в реакциях с частицами вида OH (водородный цикл разрушения стратосферного озона), NO (азотно-окисный цикл), Cl (хлорный цикл) и Br (бромный цикл) [1]. В условиях стратосферы эффективнее всего озон взаимодействует с частицами, содержащими атомы галогенов, но, поскольку в естественной среде таких частиц немного, хлорный и бромный циклы не оказывали до определенного момента существенного влияния на характеристики озонового слоя. Начавшееся в 1940-х – 50-х годах широкомасштабное производство хлор-бромзамещенных углеводородов, активно использовавшихся в качестве хладоносителей, пропеллентов, растворителей и газовых огнетушащих веществ, привело к возникновению в начале 1980-х годов "озоновой дыры" над Антарктидой и общему истощению к 1990-му году озонового слоя на 5-6 % от уровня 1975 г. [1]. Тогда же было выявлено негативное влияние ультрафиолетового излучения на наземные формы жизни, связанное с уменьшением толщины озонового слоя [1]. Обеспокоенность человечества складывающейся ситуацией привела к подписанию под эгидой ООН Венской рамочной конвенции о защите озонового слоя Земли (1985 год) и Монреальского Протокола о веществах, разрушающих озоновый слой Земли (1987 год), установившего запрет на производство озоноразрушающих галогензамещенных углеводородов.

Несмотря на эффективность Монреальского протокола, вследствие большого времени жизни хлор-бромзамещенных углеводородов в атмосфере, исчисляемого десятками лет, ситуация с истощением озонового слоя к настоящему моменту лишь незначительно улучшилась. При этом продолжающееся развитие экономики, сопровождающееся выбросами в атмосферу

больших объёмов различных химических веществ, может приводить и к иным изменениям соотношений между циклами образования и гибели стратосферного озона, которые также могут усилить деградацию озонового слоя.

Известно [1], что наиболее значимым циклом разрушения стратосферного озона является водородный цикл, ответственный за гибель до 44 % от всех молекул озона, погибающих на высотах от 20 до 40 *км* от поверхности Земли. Основным агентом, разрушающим стратосферный озон, является гидроксильный радикал, образующийся либо в результате фотолиза молекул воды

$$H_2O + hv \rightarrow H + OH, \quad (1)$$

либо в реакции молекулярного водорода с атомарным кислородом по реакции

$$H_2 + O \rightarrow H + OH. \quad (2)$$

До последнего времени считалось, что основной вклад в образование радикала OH вносит реакция (1) ввиду того, что атмосферная концентрация паров воды многократно (в 100-10000 раз [1]) превышает атмосферную концентрацию молекул H_2. Однако, появившиеся в рамках борьбы с парниковым эффектом и отказом от использования ископаемых топлив планы перехода к водородной энергетике могут оказать существенное влияние на содержание водорода в атмосфере. Оценке возможного эффекта посвящена настоящая работа.

В работе [2] анализируется динамика потребления ископаемых топлив в мире. Пересчитав приведённые в [2] данные, получаем, что в 2019 г. суммарное потребление энергии в мире составило порядка $576 \cdot 10^{18}$ *Дж в год*. Отсюда следует, с учётом теплоты сгорания водорода 118,83 *МДж*/*кг* [3], что при переходе к водородной энергетике для производства такого количества энергии потребуется $4{,}85 \cdot 10^9$ тонн H_2. Это значение соответствует величине в $2{,}6 \cdot 10^9$ тонн H_2, которая, согласно [4], достаточна для производства от 1/3 до полного объёма производимой в мире энергии по положению на 2003 год.

Согласно [5], годовые потери произведённого водорода составляют до 12 %; используя эту величину для оценки, получаем, что дополнительный годовой объём эмиссии H_2 у поверхности Земли составит 582 *Мтонн* водорода в год, что в 2328 раз превышает мощность существующего сегодня глобального источника водорода (250000 *тонн* в год [1]).

С использованием алгоритма расчётов длин реакционных цепей и скоростей элементарных реакций, основанного на решении системы нестационарных кинетических уравнений, число уравнений в которой соответствует количеству учитываемых составляющих атмосферы [1], были определены

профили концентраций реагирующих веществ и скорости основных реакций водородного цикла. Начальные данные для решения системы уравнений представляют собой исходные концентрационные профили переменных компонент, принимаемые согласно данным по атмосферным концентрациям различных веществ из двумерной модели Socrates и сценариев концентраций парниковых газов IPCC RCP 4.5. Для условий июня 2020 г. для широты 50° с.ш. получаем, что концентрация радикалов OH и, следовательно, скорость доминирующей в водородном цикле реакции гибели озона

$$OH + O_3 \rightarrow HO_2 + O_2 \qquad (3)$$

возрастают в 23,28 раза. Это означает, что полный переход на использование водорода в качестве энергоносителя может привести к истощению озонового слоя на 2,3 %.

Полученный результат хорошо коррелирует с данными [1], согласно которым увеличение эмиссии водорода на поверхности Земли в 10000 раз приведёт к уменьшению общего содержания озона в атмосфере приблизительно на 10 %. В работах [4,5] для объёмов выделившегося в приземном слое водорода, в 1,86 раза меньших, чем получено в настоящей работе, результирующее истощение стратосферного озона составляет 0,9 и 0,6 % соответственно. Если пересчитать данные [4,5] для источника водорода, большего в 1,86 раза, то падение концентрации O_3 в атмосфере достигнет 1,67 и 1,12 %. Меньшие величины уменьшения содержания озона в атмосфере в [4,5] обусловлены учётом в расчётах ослабления влияния азотно-окисного цикла на разрушение озона в стратосфере из-за резкого сокращения выбросов окислов азота NO_x, образующихся при сгорании ископаемых топлив.

Таким образом, полученные в настоящей работе данные в совокупности с результатами работ других авторов показывают, что водородный цикл разрушения стратосферного озона при переходе к водородной энергетике становится абсолютно доминирующим. Увеличение выбросов водорода в атмосферу приведёт к уменьшению концентрации O_3 в стратосфере на 2,3 %, однако из-за постепенного сокращения содержания в стратосфере долгоживущих озоноразрушающих веществ, содержащих атомы хлора и брома, вследствие прекращения их производства, а также из-за сокращения выбросов NO_x при отказе от использования нефти, угля и природного газа общее истощение озонового слоя окажется несколько меньшим.

Рассчитанные величины изменения концентрации озона в 1,67-2,3 %, на первый взгляд, кажутся незначительными. Однако следует иметь в виду, что уменьшение содержания озона в стратосфере на 15 % от уровня 1975 г., считающегося базовым, сделает жизнь на поверхности планеты невозможной [1]. В настоящее время содержание стратосферного озона составляет приблизительно 95-96 % от базового вследствие продолжающегося воздей-

ствия хлор-бромсодержащих озоноразрушающих веществ. По существующим оценкам, восстановление озонового слоя при уменьшении их концентрации в атмосфере ожидается не ранее 2100 года; соответственно, постепенный переход к водородной энергетике приведёт как минимум к консервации содержания озона в стратосфере на текущем уровне. При этом увеличение энергетических потребностей человечества, вероятнее всего, приведёт к дальнейшей деградации озонового слоя. Как уже отмечалось, в 2003 году на полное обеспечение энергетики потребовалось бы $2{,}6 \cdot 10^9$ *тонн* [4], а в 2019 году – уже $4{,}85 \cdot 10^9$ *тонн*, то есть рост энергопотребления составляет приблизительно 5 % в год. При сохранении тенденции к 2050 году потребуется уже $12{,}4 \cdot 10^9$ тонн водорода в год, что приведёт к уменьшению содержания озона в стратосфере приблизительно на 5,9 %.

Выводы

1. Проведена оценка влияния перехода к водородной энергетике на содержание стратосферного озона.

2. Использование водорода в качестве топлива приведёт к повышению его концентрации в атмосфере и увеличению скорости образования гидроксильных радикалов ответственных за разрушения озона.

3. При интенсификации водородного цикла скорость гибели стратосферного озона может возрасти в десятки раз, что приведёт к истощению озонового слоя на 2,3 %.

4. Анализ литературных данных показал, что эффект истощения озонового слоя при переходе к водородной энергетике несколько ослабляется вследствие уменьшения выбросов оксидов азота в атмосферу при отказе от использования ископаемых топлив.

5. При существующих скоростях роста энергопотребления к 2050 году выбросы водорода могут привести к уменьшению содержания озона в стратосфере до опасных значений.

Литература

1. Ларин И.К. Химическая физика озонового слоя. М.: ГЕОС, 2013. 160 с.

2. Дегтярев К. Ключевые тенденции потребления энергии в XXI веке // Энергетическая политика. 2021. № 5. С. 54-63.

3. Удельная теплота сгорания топлива и горючих материалов. http://thermalinfo.ru/eto-interesno/udelnaya-teplota-sgoraniya-topliva-i-goryuchih-materialov

4. Tromp T.K., Shia R.-L., Allen M., Eiler J.M., Yung Y.L. Potential environmental impact of a hydrogen economy on the stratosphere // Science. 2003. Vol. 300. Pp. 1740-1742.

5. Warwick N.J., Bekki S., Nisbet E.G., Pyle J. Impact of a hydrogen economy on the stratosphere and troposphere studied in a 2-D model // Geophysical Research Letters. 2004. Vol. 31. № 5. Pp. L05107

А.А. Таныгина, Н.Л. Присяжнюк, Р.В. Халиков
(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: ana.tanygina@mail.ru)

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИННОВАЦИЙ В СИСТЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГАЗОКОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ

Проведён анализ статистических данных по ущербу от пожаров на территории газокомпрессорных станций. Рассчитана экономическая эффективность инновационного способа пожаротушения на территории газокомпрессорных станций с применением расчётно-статистического анализа и расчётного методов. Сделаны выводы и определены направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: эффективность деятельности, математическая модель, статистика, экономика.

A.A. Tanygina, N.L. Prisyazhnyuk, R.V. Khalikov

EVALUATION OF THE ECONOMIC EFFICIENCY OF THE APPLICATION OF INNOVATIONS IN THE FIRE SAFETY SYSTEM OF GAS COMPRESSOR STATIONS

The article analyzes statistical data on damage from fires on the territory of gas compressor stations. The economic efficiency of the innovative method of fire extinguishing on the territory of gas compressor stations with the use of computational and statistical analysis and calculation methods is calculated. Conclusions are drawn and directions for further research are determined.

Keywords: operational efficiency, mathematical model, fire statistics, economy.

Безопасность газокомпрессорных станций (ГКС) во многом определяется пожарной безопасностью, находящихся на ней объектов. Согласно статистическим данным ВНИИПО в период с 2013 по 2019 гг. на территории ГКС происходило от 15 до 18 пожаров и аварий ежегодно, чрезвычайное происшествие на данных объектах может стать причиной гибели более 10 человек, а нанесённый ущерб может достигать 1 *млрд* руб. [1-3]. Более 70 % всех пожаров ГКС происходило в замкнутых объёмах. Это обуславливает необходимость совершенствования объёмного пожаротушения данных объектов. Одним из способов повышения объёмного пожаротушения газокомпрессорных станций является применение автомобиля пожарного многоцелевого с установкой получения температурно-активированной воды (ТАВ) с ингибирующими свойствами [4].

В соответствии со ст. 97 [5] на территории ГКС необходимо предусматривать создание объектовых пожарно-спасательных частей. Объектовые пожарно-спасательные части ГКС комплектуются более чем 80 % случаев пожарными автоцистернами (АЦ), а для объёмного тушения пожаров

в замкнутых объёмах ГКС применяются пены средней кратности [4]. Таким образом необходимо оценить экономический эффект замены АЦ на автомобили пожарные многоцелевые (АПМ) с установкой получения ТАВ с ингибирующими свойствами на примере оценки показателя качества. Рассмотрим два способа решения данной задачи – расчётно-аналитический с использованием статистки и расчётный. Суть первого заключается в установлении зависимости между величиной ущерба от пожара на объектах нефтегазовой отрасли при тушении пожаров пеной средней кратности от времени тушения (рис. 1).



Рис. 1. Распределение величины ущерба от пожара
в зависимости от времени тушения от 1 до 45 *мин*

Анализ рис. 1 показал, что зависимость между величиной ущерба и временем тушения на объектах нефтегазовой отрасли отсутствует. Логично предположить, то, что такая зависимость существует, поэтому необходимо ввести ещё один показатель. Для этого введём показатель относительной величины ущерба равный отношению величины ущерба к площади пожара. Далее разобьём временной интервал тушения от 1 до 45 на полуинтервалы, равные 1 минуте, и оставим в данных промежутках те значения удельного ущерба, которые попадают в область одной дисперсии математического распределения (рис. 2).

Анализ рис. 2 показал, что зависимость удельного ущерба от времени тушения графически описывается экспоненциальной кривой, поэтому учитывая тот факт, что тушение пожаров струями ТАВ с ингибирующими свойствами происходит в 1,5 раза быстрее чем при использовании пены средней кратности [4], то показатель качества тушения от замены АЦ на АПМ повысится исходя из более в 1,6 раза, исходя из математического описания экспоненты.

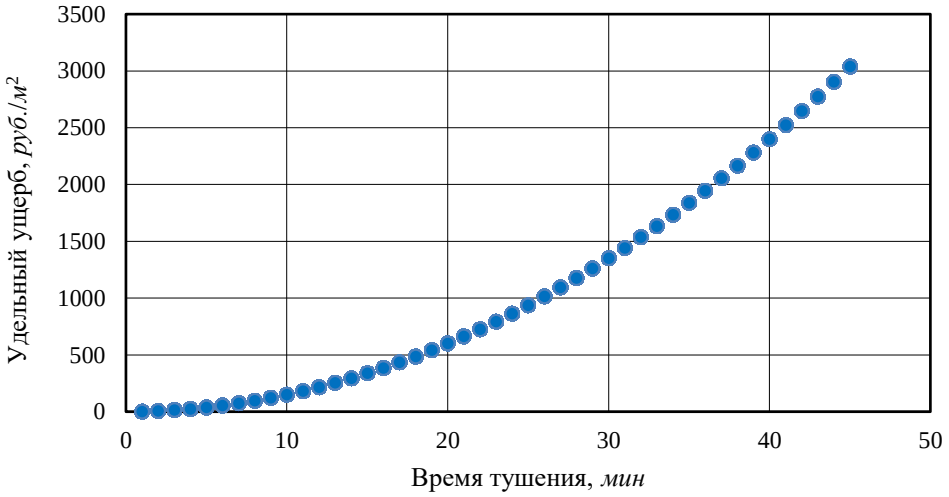


Рис. 2. Распределение величины удельного ущерба от пожара
в зависимости от времени тушения от 1 до 45 *мин*

В рамках следующей задачи показатель качества применения ТАВ с ингибирующим свойствами будет определятся как отношение стоимостей необходимого количества для тушения условного пожара пенообразователя ПО-6ТС и ингибирующего вещества (формула 1). В качестве пенообразователя на ГКС применяется пенообразователь ПО-6ТС марки А с 6 %-й концентрацией. При расчёте примем, что капитальные и текущие затраты для АЦ и АПМ одинаковы, за исключением текущих затрат на огнетушащее вещество [4]:

$$П = \frac{С_{по}}{С_{инг}}, \quad (1)$$

где $С_{инг}, С_{по}$ – стоимостей необходимого количества для тушения условного пожара ингибирующего вещества и пенообразователя соответственно, руб.

Определяем стоимость необходимого количества для тушения ингибитора (гексацианоферрат(II) калия) $С_{инг}$, *руб.*:

$$С_{инг} = М_{инг} Ц_{инг}, \quad (2)$$

где $М_{по}$ – необходимое количество ингибитора, *кг*; $Ц_{инг}$ – цена ингибитора, принимаем 200 *руб./кг* [4].

Определяем необходимое количество ингибитора для тушения условного пожара:

$$М_{инг} = \frac{S_п}{q_{ств}^{ТАВ}} I_{тр}^{инг} q_{ств}^{инг} t_{туш}^{инг}, \quad (3)$$

где $S_п$ – площадь пожара на момент введения первого ствола, $м^2$; $q_{ств}^{ТАВ}$ – расход ствола ТАВ, *кг/с*; $I_{тр}^{инг}$ – требуемая интенсивность подачи струй ТАВ с ингибирующим веществом, $л/(с \cdot м^2)$; $q_{ств}^{инг}$ – расход ингибирующего вещества, *кг/с*, при этом концентрацию ингибирующего вещества в ТАВ примем равной 10 %, [4]; $t_{туш}^{инг}$ – нормативное время тушения пожара, *с* [4].

Определяем стоимость необходимого количества для тушения пенообразователя ПО-6ТС $С_{по}$, *руб.*:

$$С_{по} = W_{по}\ ρ\ Ц_{по}, \quad (4)$$

где $W_{по}$ – необходимое количество пенообразователя, *л*; ρ – плотность пенообразователя, принимаем 1,1 *кг*/*м*^{3}, [4]; $Ц_{по}$ – цена пенообразователя ПО-6ТС, принимаем 87500 *руб./т* [4].

Определяем необходимое количество пенообразователя для тушения условного пожара:

$$W_{по} = \frac{S_п}{q_{ств}^{ГПС}}\ I_{тр}^{по}\ q_{ств}^{по}\ t_{туш}^{по}, \quad (5)$$

где $q_{ств}^{гпс}$ – расход по раствору пенного ствола ГПС-600, *л*/*с*; $I_{тр}^{по}$ – требуемая интенсивность подачи пены, *л*/(*с*·*м*^{2}); $q_{ств}^{по}$ – расход по пенообразователю пенного ствола ГПС-600, *л*/*с*; $t_{туш}^{по}$ – нормативное время тушения пожара, *с* [4].

Таким образом, подставляя выражения (2)-(5) в формулу (1) получим, что показатель качества замены АЦ на АПМ для предотвращения пожаров на территории ГКС составит не менее 3. Другими словами, при равных условиях при тушении пожара ТАВ с ингибирующими свойствами в 3 раза экономически выгоднее чем пеной средней кратности. Как можно заметить экономическая эффективность при втором расчёте оказалась гораздо выше, это связано с тем, что при тушении реальных пожаров влияние оказывает не только эффективность огнетушащего вещества, но и тактика их применения. Таким образом конечное значение показателя качества применения ТАВ с ингибирующими свойствами будет находится в интервале от 1,6 до 3, то есть 3 – это максимальное теоретически возможное значение, а 1,6 – минимальное практически реализуемая эффективность тушения.

Экономический эффект применения ингибирующего вещества равен:

$$Э = С_{по} - С_{инг} = 37800 - 9000 = 28800 \text{ руб./пож.} \quad (6)$$

Таким образом, экономический эффект замены АЦ на АПМ при тушении одного пожара будет равен 28800 *руб./пож.* или в переводе на годовой экономический эффект:

$$Э_г = (С_{по} - С_{инг})λ = \frac{Э\ n}{T\ N_{об}} = 1994\ руб./год, \quad (7)$$

где $λ$ – частота возникновения пожаров, год$^{-1}$; n – число пожаров в год, согласно [1, 3] принимаем 18; T – период, рассматриваемого времени, год; $N_{об}$ – количество рассматриваемых объектов, принимаем 260 [1].

Экономическим расчётом установлено, что замена АЦ на АПМ является целесообразной.

Литература
1. Интернет-ресурс Федеральной службы государственной статистики. https://rosstat.gov.ru/compendium
2. Халиков Р.В. Способы подавления процессов ионного обмена при горении жидких углеводородов // Системы безопасности – 2019: матер. 28-й междунар. науч.-техн. конф. М.: Академия ГПС МЧС России, 2019. С. 223-227.
3. Пожары и пожарная безопасность в 2019 году: статистический сборник / Под общ. ред. Д.М. Гордиенко. М.: ВНИИПО МЧС России, 2020. 125 с.
4. Халиков Р.В. Ингибирование горения в замкнутых пространствах газокомпрессорных станций // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2020. № 4. С. 27-34.
5. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" (в ред. федеральных законов от 10.07.2012 г. № 117-ФЗ, от 02.07.2013 г. № 185-ФЗ).

К.А. Михайлов, Е.В. Степанов, Д.В. Тараканов
(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: mihkir.94@mail.ru)

РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ПРИ МОНИТОРИНГЕ ПОЖАРА В ЗДАНИЯХ

Предложен обобщённый критерий эффективности пожарно-спасательных подразделений на примере звеньев газодымозащитной службы, оснащённых средствами мониторинга пожара (тепловизорами, средствами коротковолнового инфракрасного диапазона).

Ключевые слова: мониторинг пожара в здании, коротковолновый инфракрасный диапазон, тактические возможности, звено ГДЗС.

K.A. Mikhaylov, Y.V. Stepanov, D.V. Tarakanov

DEVELOPMENT OF CRITERIA FOR THE EFFECTIVENESS OF FIRE AND RESCUE UNITS IN MONITORING FIRE IN BUILDINGS

A generalized criterion for the effectiveness of fire and rescue units is proposed on the example of gas and smoke protection service units equipped with fire monitoring equipment (thermal imagers, short-wave infrared range).

Keywords: fire monitoring in a building, short-wave infrared technology, tactical capabilities, fire unit.

Работа пожарно-спасательных подразделений (ПСП) обладает спецификой и определяется рядом усложняющих факторов. В большинстве случаев при пожаре в зданиях реагирующие подразделения проводят работы в условиях воздействия опасных факторов пожара. Недостаточная (нулевая) видимость при тушении пожара является одновременно фактором, снижающим эффективность действий, и фактором, определяющим особые психологические условия, в которых ПСП приходится принимать ответственные решения.

Авторами в [1-2] предложено использование средств коротковолнового инфракрасного диапазона (КИД) в функциональных подсистемах автоматизированной системы пожаровзрывобезопасности по осуществлению мониторинга, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и пожаров. Разработан программный продукт для мониторинга потенциально опасных объектов и предложена система информационной поддержки принятия решений, которые реализуют процесс мониторинга пожара в здании с использованием средств КИД [3].

Проведены экспериментальные исследования средств мониторинга на испытательном полигоне Академии Государственной противопожарной службы МЧС России в загородном учебном центре "Нагорное" [4].

В рамках проведения эксперимента использовано следующее оборудование: огневой тренажёрный комплекс ПТС "Уголек"; средство мониторинга видимого диапазона; средство мониторинга КИД; комплекс для измерения оптической плотности среды; средство мониторинга широкого инфракрасного диапазона.

Построен график зависимости дальности видимости камерой видимого диапазона от оптической плотности дыма (рис. 1).

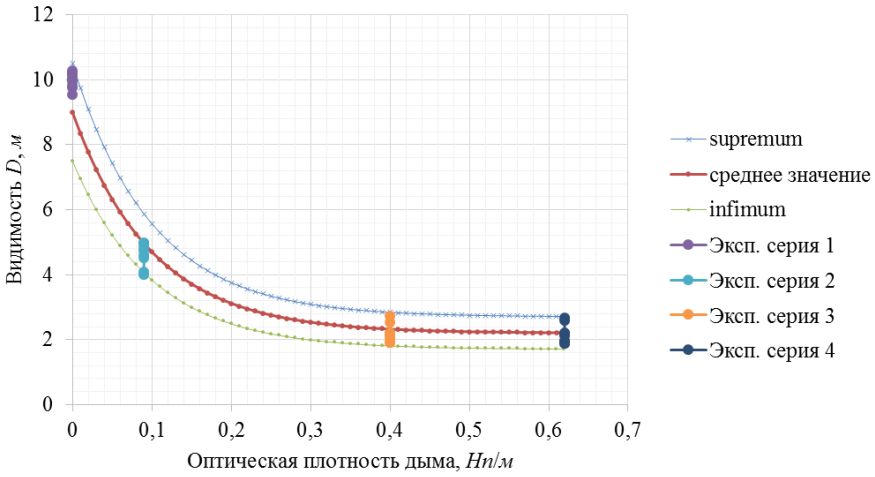


Рис. 1. Динамика дальности видимости в дыму камерой видимого диапазона

Обозначения, принятые на рисунке: supremum – верхняя граница дальности видимости; среднее значение – среднее значение дальности видимости; infimum – нижняя граница дальности видимости; эксп. серия 1 – серия экспериментов при отсутствии дыма; эксп. серия 2 – серия экспериментов при оптической плотности дыма 0,09 *Нп/м*; эксп. серия 3 – серия экспериментов при оптической плотности дыма 0,40 *Нп/м*; эксп. серия 4 – серия экспериментов при оптической плотности дыма 0,62 *Нп/м*;

На основе полученных результатов делаем вывод, что дальность видимости средством мониторинга – камерой видимого диапазона, подчиняется интегральному закону распределения, то есть дальность видимости камерой видимого диапазона зависит от параметра оптическая плотность дыма. Полученные в ходе экспериментального исследования данные находятся в пределах доверительного интервала теоретической модели, что говорит о хорошей сходимости результатов и подтверждения принятой модели.

Построен график зависимости дальности видимости в дыму камерой КИД на основе проведённого эксперимента (рис. 2).

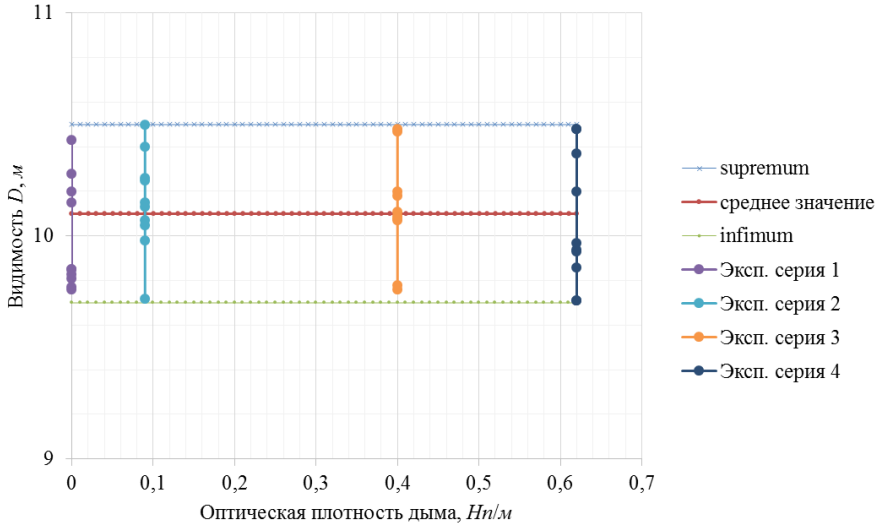


Рис. 2. Динамика дальности видимости в дыму
камерой коротковолнового инфракрасного диапазона

Исходя из результатов делаем вывод, что дальность видимости средством мониторинга – камерой коротковолнового инфракрасного диапазона, подчиняется линейному закону распределения, то есть дальность видимости КИД (SWIR-камера) не зависит от параметра оптическая плотность дыма. Полученные в ходе экспериментального исследования данные находятся в пределах доверительного интервала теоретической модели, что говорит о хорошей сходимости результатов и подтверждения принятой модели.

Для верификации данных по измерению дальности видимости КИД (SWIR-камера) приведём график зависимости дальности видимости в дыму средством мониторинга широкого инфракрасного диапазона – тепловизором (рис. 3).

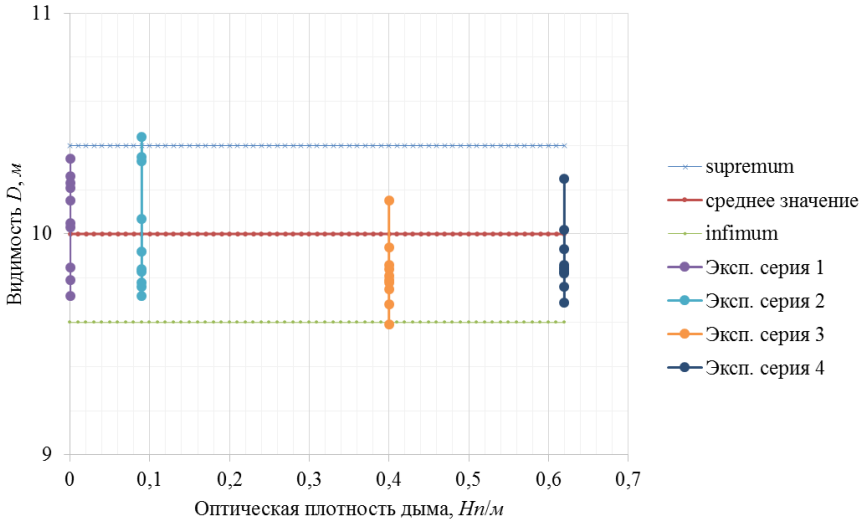


Рис. 3. Динамика дальности видимости в дыму тепловизором

Исходя из полученного графика (рис. 3) делаем вывод, что дальность видимости средством мониторинга – тепловизором, подчиняется линейному закону распределения, то есть дальность видимости при помощи тепловизора не зависит от параметра оптическая плотность дыма. Полученные в ходе экспериментального исследования данные находятся в пределах доверительного интервала теоретической модели, что говорит о хорошей сходимости результатов и подтверждения принятой модели.

Авторами предлагается рассмотреть обобщённый критерий $K_{эф}$ эффективности действий ПСП при стационарном (средствами пожарной автоматики) и мобильном (тепловизорами, средствами мониторинга КИД) мониторингах пожаров в зданиях. Результаты экспериментальных исследований дальности видимости средствами мониторинга применены при разработке обобщённого критерия $K_{эф}$, структура которого представлена на рис. 4.

Обобщённый критерий $K_{эф}$ эффективности действий ПСП представляет собой произведение критерия $K_{эф}^{т.п.}$ эффективности действий ПСП при тушении пожаров и критерия $K_{эф}^{сп.л.}$ эффективности действий при спасении людей на пожаре. При этом каждый из критериев $K_{эф}^{т.п.}$ и $K_{эф}^{сп.л.}$ представляют собой произведение вероятности P_1 [5] обнаружения очага пожара и человека звеньями ГДЗС в здании, вероятности P^* обнаружения очага пожара и человека при стационарном мониторинге (средствами пожарной автоматики и средствами позиционирования соответственно) и вероятности P^{**} обнаружения очага пожара и человека мобильными средствами мониторинга (тепловизор, средства мониторинга КИД).

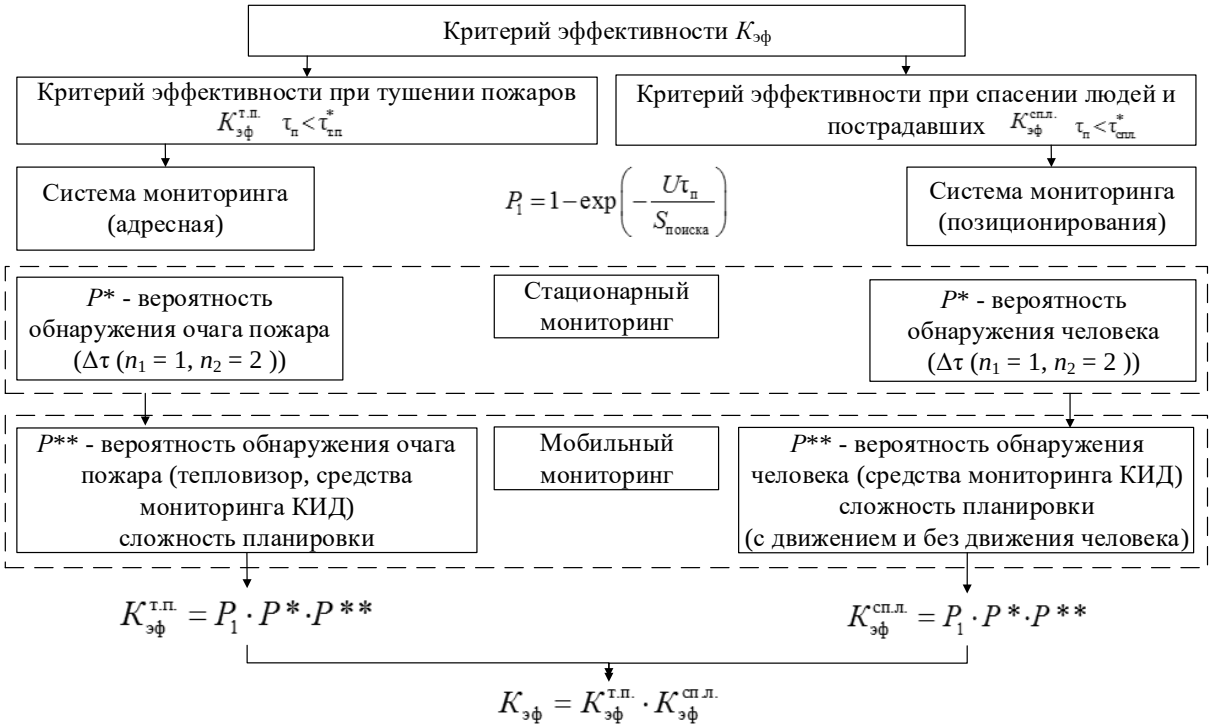


Рис. 4. Обобщённый критерий эффективности действий пожарно-спасательных подразделений (на примере звена ГДЗС)

Таким образом, разработан и предложен обобщённый критерий $K_{эф}$ эффективности действий ПСП. Критерий учитывает вероятности P^{**} обнаружения очага пожара и человека при мобильном мониторинге (тепловизорами, средствами мониторинга коротковолнового инфракрасного диапазона).

Литература

1. Топольский Н.Г., Мокшанцев А.В., Михайлов К.А. Коротковолновые инфракрасные технологии автоматизированных систем мониторинга, предупреждения и ликвидации ЧС и пожаров // Матер. 25-й науч.-техн. конф. "Системы безопасности – 2016". М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. С. 606-610.

2. Топольский Н.Г., Тараканов Д.В., Михайлов К.А., Мокшанцев А.В. Использование инфракрасных технологий при разведке пожара звеньями газодымозащитной службы // Матер. 25-й науч.-техн. конф. "Системы безопасности – 2016". М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. С. 611-613.

3. Михайлов К.А., Мокшанцев А.В., Михайлов К.А. Программный комплекс мониторинга потенциально опасных объектов с использованием инфракрасных технологий // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019612615 от 22 февраля 2019 г.

4. Алешков М.В., Попов С.В., Топольский Н.Г., Мокшанцев А.В., Михайлов К.А., Афанасов Д.С., Самсонов К.Н., Хамидуллин К.А., Ифтоди Л.А. Анализ результатов испытаний средств визуализации различных диапазонов спектра для обнаружения очага возгорания и человека в огневом тренажерном комплексе ПТС "Уголек" // Успехи прикладной физики. 2022. Т. 10. № 1. С. 63-70.

5. Теребнев В.В., Артемьев Н.С., Корольченко Д.А., Подгрушный А.В., Фомин В.И., Грачев В.А. Промышленные здания и сооружения. Серия "Противопожарная защита и тушение пожаров". Книга 2. М.: Пожнаука, 2006. 412 с.

Н.А. Рябцев[1], Т.А. Буцынская[2], А.Н. Членов[2]
([1]ФКУ НИЦ "Охрана" Росгвардии, [2]Академия Государственной противопожарной службы МЧС России; e-mail: ryabcevna@rosgvard.ru)

ВЛИЯНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОБНАРУЖЕНИЯ НА УРОВЕНЬ АВТОМАТИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ТРЕВОЖНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

Получена количественная оценка повышения уровня автоматизации сбора и обработки данных системы охранно-пожарной сигнализации предприятия нефтегазодобычи за счёт применения извещателей с повышенной эффективностью обнаружения.

Ключевые слова: автоматизация, система тревожной сигнализации, извещатель.

N.A. Ryabtsev, T.A. Butsynskaya, A.N. Chlenov

INFLUENCE OF TECHNICAL MEANS OF DETECTION ON THE LEVEL OF AUTOMATION OF THE ALARM SYSTEM

The paper obtained a quantitative assessment of increasing the level of automation of the collection and processing of data from the security and fire alarm system of an oil and gas production enterprise through the use of detectors with increased detection efficiency.

Keywords: automation, alarm system, detector.

В результате исследований и разработок с участием авторов были разработаны и внедрены в серийное производство извещатели для применения на потенциально опасных промышленных объектах, в частности предприятий нефтегазодобычи (табл. 1). Данные извещатели обладают повышенными значениями основных технических характеристик. К основным из них относятся: повышенные информативность и надёжность передачи извещений, устойчивость к внешним воздействующим факторам, в том числе криминального и террористического характера.

Применение таких извещателей поднимает на новый уровень автоматизацию системы тревожной (охранно-пожарной сигнализации). Поэтому целесообразно оценить положительное влияние, достигаемое за счёт внедрения разработанных способов совершенствования технических средств сбора и обработки данных

Уровень автоматизации характеризует долю автоматического труда по управлению технологическим объектом, производимую без участия человека [1 -3]. Данный показатель используется для анализа текущего состояния автоматизации с целью определения планируемых работ, являясь оценкой технико-экономической эффективности автоматизации предприятия. Как правило, количественная оценка уровня автоматизации осуществляется с помощью показателя (коэффициента) $К_А$, максимальное значение которого составляет 1 [3] или, выраженное в процентах – 100 %.

Таблица 1

Разработанные в результате исследований извещатели
для применения на потенциально опасных промышленных объектах

№ п/п	Условное обозначение, год начала серийного выпуска и внешний вид	Физический принцип и зона обнаружения	Основная улучшенная характеристика
1	ИО102-55, 2016 ИО102-55/1, 2017 	Магнитоконтактный точечный	Устойчивость к внешним воздействующим факторам
2	ИО102-49, 2018 	Магнитоуправляемый точечный	Повышенная информативность и надежность передачи извещений
3	ИО329-19, 2017 	Звуковой поверхностный	Повышенная информативность и надёжность передачи извещений
4	ИО329-18, 2017 	Звуковой поверхностный	Повышенная информативность и надёжность передачи извещений
5	ИО329-10, 2018 	Звуковой поверхностный	Устойчивость к внешним воздействующим факторам
6	ИО409-30, 2017 ИО209-27, 2017 ИО309-14, 2017 	Оптико-электронный объёмный Оптико-электронный линейный Оптико-электронный поверхностный	Устойчивость к внешним воздействующим факторам

Для нефтегазодобывающей отрасли разработана и опробована методика моделирования и оценки степени автоматизации АСУТП [4]. В соответствии с данной методикой расчёт показателя $К_А$ основывался на стандарте компании АСУТП нефтегазодобычи, на основе которого была разработана плановая программа развития цехов добычи нефти и газа.

Для расчёта использовался иерархический принцип определения показателя $К_А$ как по уровням построения системы автоматизации (нулевой уровень – контрольно-измерительные приборы локальной автоматики, первый уровень – программно-логические контроллеры, второй уровень – SCADA, третий уровень – управление производством), так и по уровням технологического/административного деления (технологический элемент, объект, предприятие).

Показатель рассчитывался для соответствующей технологической / административной единицы в структуре. Рассчитанные коэффициенты со своим весом использовались для определения интегрального показателя по каждому уровню построения системы автоматизации. Следует отметить, что указанная методика и рассмотренная модель весовых коэффициентов может быть использована для оценки состояния и динамики уровня автоматизации в любых иерархических структурах [4], в частности, в системе охранно-пожарной сигнализации, входящей в интегрированную АСУ предприятия нефтегазодобычи.

Нулевой уровень построения автоматизации соответствует подсистеме сбора и обработки данных, включающей извещатели и модули контроля состоянии защищаемого объекта. Для этого уровня в соответствии с [3] определяется значение расчётного коэффициента полноты автоматизации $К_{ПА}$ с учётом уровня функциональности $К_{Ф}$, характеризующего "интеллектуальность" используемых технических средств обнаружения.

$$К_{А0} = К_{ПА} \cdot К_{Ф} = К_{ПА}(Ч_{ДФ} / Ч_{МДФ}), \quad (1)$$

где $Ч_{Д\ Ф}$ – действительное число контролируемых/формируемых сигналов одним извещателем (модулем);

$Ч_{МДФ}$ – максимальное возможное число контролируемых/формируемых сигналов одним извещателем (модулем).

$К_{ПА}$ для этого уровня учитывает наличие "интеллектуальных" извещателей класса 3, 4 [5]. Значение $К_{ПА}$ в соответствии с [4] приведено в табл. 2.

Таблица 2

Значение коэффициента полноты автоматизации $К_{ПА}$

$К_{ПА}$	Относительное количество "интеллектуальных" извещателей, %
0	< 20
0,5	от более 20 до менее 50
0,75	от более 50 до менее 75
1	> 75

Отношение $Ч_{Д\ Ф}/Ч_{МДФ}$ определяется фактической технической реализацией требований стандарта по функциональной оснащённости в соответствии с рекомендуемыми классами извещателей. Максимальное значение $К_{Ф} = 1$, однако, как и в [4] может быть принято его базовое значение $К_{Ф} = 0,75$.

Следует отметить, что для нулевого уровня весовой коэффициент K_{B0} при определении интегрального коэффициента автоматизации K_A всей системы сигнализации, определенный по методике [4], составляет примерно 0,54. Это подчёркивает оцениваемую экспертами важность технических средств сбора данных для качественного функционирования всей системы автоматизации.

Подставляя значения параметров в формулу (1) с учётом весового коэффициента K_{B0} получим значение интегрального коэффициента автоматизации K_A всей системы охранной сигнализации:

$$K_A = K_{B0}\, K_{ПА}\, K_Ф = 0{,}54 \cdot 0{,}75 \cdot 1{,}0 \cdot 100\ \% \cong 40\ \%. \qquad (2)$$

Для системы охранно-пожарной сигнализации при расчёте K_A необходимо учитывать долю охранных извещателей в общем количестве средств сбора данных. Если считать количество охранных и пожарных извещателей примерно равным, получаем значение $K_A = 20\ \%$.

Таким образом, получим увеличение уровня автоматизации, достигаемое за счёт внедрения разработанных новых эффективных технических средств сбора и обработки данных в системе охранно-пожарной сигнализации на (20-40) %.

Литература

1. Определение уровня автоматизации технологических объектов. https://helpiks.org/4-44750.html

2. Членов А.Н., Демехин Ф.И. Метод оценки влияния качества пожарной сигнализации на эффективность автоматизированной системы противопожарной защиты промышленного предприятия // Технологии техносферной безопасности. 2008. Вып. 5 (21). С. 3-7.

3. ГОСТ 14.404-73. Правила определения уровня автоматизации для решения задач технологической подготовки производства.

4. Кузьмин Ю.Б. Оценка уровня автоматизации предприятия // Нефтяное хозяйство. 2009. № 10. С. 104-107.

5. Членов А.Н., Климов А.В. Модель управления безопасностью объектов кредитно-финансовой системы // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2015. № 2. С. 71-76.

Д.В. Шихалев
(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: evacsystem@gmail.com)

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТА НА ОСНОВЕ МОНИТОРИНГА УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЛЮДЕЙ

В работе представлена концепция оценки состояния пожарной безопасности объекта на основе мониторинга уровня безопасности людей внутри здания в режиме реального времени. Приведены основные элементы системы и способ её функционирования.

Ключевые слова: пожар, безопасность, мониторинг, поддержка принятия решений, эвакуация.

D.V. Shikhalev

ASSESSMENT OF THE STATE OF FIRE SAFETY OF THE OBJECT BASED ON THE MONITORING OF THE LEVEL OF SAFETY OF PEOPLE

The paper presents the concept of assessing the state of fire safety of an object based on real-time monitoring of the level of safety of people inside the building. The main elements of the system and the way it operates are given.

Keywords: fire, safety, monitoring, decision support, evacuation.

В настоящее время существует несколько основных способов оценки пожарной безопасности здания. В первом приближении их можно разделить на качественные (инспекторская проверка объекта на соблюдение норм пожарной безопасности) и количественные (оценка пожарного риска в ходе компьютерного моделирования). Эти методы достаточно хорошо разработаны как в России, так и за её рубежом. К их числу относятся такие как, *performance-based design* [1], *FSCT* (*Fire Safety Concept Tree*) [2], *SAFRE* (*Simple Analysis Fire Risk Evaluation*) [3], индексные метод [4], модель Карлтонского университета [5]. Несмотря на преимущества разработанных методов, их применение для оценки пожарной безопасности в режиме реального времени в настоящее время не представляется возможным. Это связано с тем, что они созданы для инженеров, и не могут быть применены на любом объекте лицом, не обладающим соответствующими компетенциями. Кроме того, результаты данных методов позволяют говорить лишь о том, что при принятых начальных условиях объект безопасен или не безопасен. Однако не дают ответа на вопрос о текущей ситуации на объекте, имеющихся альтернативах по снижению пожарной опасности.

Более современным методом является мониторинг состояния пожарной безопасности. В соответствии с [6] определяется как непрерывная система непрерывной оценки, контроля и управления состоянием объекта в зависимости от складывающейся внешние обстановки. Системы мониторинга широко распространены в различных сферах человеческой деятельности, в том числе и в области обеспечения комплексной безопасности зданий.

Пожарный мониторинг как таковой получил развитие относительно недавно. Впервые, проработанные решения в этой области связаны с появлением программно-аппаратного комплекса "Стрелец-Мониторинг" – комплексной системы мониторинга и оповещения о чрезвычайной ситуации. По существу, эта система мониторинга сводится к системе передачи информации о срабатывании элемента (элементов) автоматической пожарной сигнализации в ЕДДС и высылка на основании этого сигнала пожарно-спасательных подразделений.

Несмотря на весь арсенал подходов в области оценки безопасности, для руководителя объекта эти методы в прямой постановке трудно реализуемы и самостоятельно он их применить не сможет, так как это требует глубоких знаний предмета оценки и наличия соответствующей квалификации и инструментария (компьютерных программ). Таким образом, в настоящее время руководитель объекта не в состоянии собственными силами, без привлечения профильных специалистов, оценить состояние безопасности его организации (объекта), а привлечение специалистов несёт финансовые издержки и не гарантирует объективность результатов.

Как показано в работах [7] типовая структура системы управления состоит из объекта и субъекта управления, управляющего воздействия и состояния управляемой системы. Отсюда следует, что субъектом управления является руководитель объекта (лицо, ответственное за обеспечение пожарной безопасности), а объектом управления является пожарная безопасность объекта. В тоже время, не известен критерий и способ оценки состояния управляемой системы, и управляющие воздействия.

Пожарная безопасность объекта – прежде всего состояние защищённости, характеризующееся возможностью предотвращения возникновения и развития пожара, а также воздействия на людей и имущество опасных факторов пожара. Ключевым фактором всегда является безопасность людей. Поэтому критерий оценки состояния управляемой системы – это безопасная эвакуация людей в случае пожара. Другими словами, считаем, что здание безопасно если в случае возникновения пожара люди успеют его по-

кинуть до наступления опасных факторов пожара. Критерий безопасная эвакуация будем оценивать по выражению (1)[1], хорошо известное специалистам в области пожарной безопасности:

$$P_э = \begin{cases} 0{,}999, \text{если } t_р + t_{нэ} \le 0{,}8 \cdot t_{бл} \text{ или } t_{ск} \le 6 \text{ мин}; \\ 0, \text{ если } t_р \ge 0{,}8 \cdot t_{бл} \text{ или } t_{ск} > 6 \text{ мин}, \end{cases} \quad (1)$$

где $t_{нэ}$ – время начала эвакуации, *с*; $t_р$ – расчётное время эвакуации, *с*; $t_{бл}$ – время блокирования пути эвакуации, *с*; $t_{ск}$ – время существенного скопления людей, *с*.

Этот критерий позволяет оценить успевают ли люди безопасно покинуть здание до наступления опасных факторов пожара. На значение параметров в выражении (1) влияет множество факторов таких как количества людей, размеры и ширина путей эвакуации, исправность систем пожарной защиты, параметры окружающей среды, состояние элементов здания (окна, двери) и др. Все эти факторы должны учитываться при построении компьютерной модели объекта, где будет производиться моделирование. В табл. 1 показаны показывает соответствие источника исходных данных, его связь с переменными в выражении (1) а также источники получения данных.

Таблица 1

Факторы влияния на переменные, входящие в расчёт показателя безопасности людей

№ п/п	Переменная	Фактор влияния
1	Время начала эвакуации ($t_{нэ}$)	Тип СОУЭ
2		Исправность СОУЭ
3		Исправность АПС
4		Тип здания
5		Тип помещения
6	Расчётное время эвакуации ($t_р$) / Время существенного скопления людей ($t_{ск}$)	Геометрические размеры путей эвакуации
7		Состояние дверных проёмов
8		Количество людей на участке в здании
9		Время года
10	Время блокирования пути эвакуации ($t_{бл}$)	Характеристика пожарной нагрузки
11		Параметры окружающей среды
12		Характеристики системы противодымной вентиляции
13		Характеристики вентиляции
14		Состояние оконных проёмов

[1] Приказ МЧС России от 30 июня 2009 г. №о 382 "Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности"

Как видно из табл. 1, для расчёта критерия безопасной эвакуации в целом имеется два типа источников информации: базы данных и противопожарные системы. База данных содержит информацию о геометрических параметрах здания, сведения о типе и количестве пожарной нагрузки. Сведения о параметрах систем противопожарной защиты должны обрабатываться в режиме реального времени. Для этого применяется протокол *MODBUS*[2], являющийся универсальным апробированным средством организации связи между электронными устройствами. Все вышеприведённые данные должны обрабатываться в информационной системе поддержки принятия решений по оценке пожарной безопасности в режиме реального времени.

Для этого разработана информационная система оценки пожарного риска в режиме реального времени. На рис. 1 показана взаимосвязь элементов предлагаемой информационной системы.

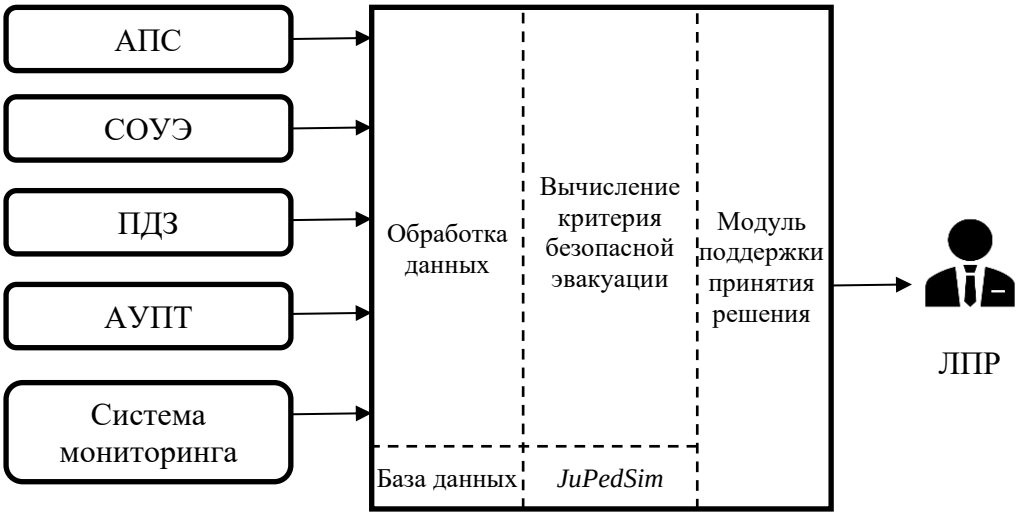


Рис. 1. Элементы информационной системы и их взаимосвязь

Система поддержки принятия решений по оценке пожарной безопасности в режиме реального времени функционирует следующим образом. В нормальном режиме (при отсутствии угрозы пожара) в информационную систему в непрерывном режиме поступает данные о состоянии (исправна/не исправна) систем противопожарной защиты. Это позволяет знать, например, об исправности пожарной сигнализации или системы оповещения во всех помещениях здания. Кроме того, эти параметры влияют на переменную $t_{нэ}$. Видеопоток из системы мониторинга количества людей в здании поступает в информационную систему и обрабатывается в соответствии с ранее предложенным подходом. Это позволяет знать не только о наличии

[2]Drury. B. Control Techniques Drives and Controls Handbook, 2nd ed., Institution of Engineering and Technology, 2009

людей в помещениях здания, но и о их конкретном количестве. По умолчанию данные о количестве людей поступают в информационную систему с периодичностью 1 раз в 60 секунд. После этого все исходные данные обрабатываются и формируются в качестве сценария расчёта эвакуации людей. Затем, с помощью симулятора *JuPedSim* происходит вычисление времени эвакуации людей в заданных точках. Полученные величины сравниваются с заранее рассчитанными данными $t_{бл}$. В результате сравнения определяется критерий безопасной эвакуация для каждой расчётной точки в здании. В случае если критерий не соответствует требуемому уровню модуль поддержки принятия решений запускает повторное моделирование с учётом компенсирующих перо приятий. Например, если в каком-либо помещении отказала пожарная сигнализация или система оповещения, то в это помещение направляется сотрудник службы безопасности для контролирования возможного возгорания. Другой пример – это ситуация, когда в большом помещении собралось огромное количество человек и результаты расчёта показали, а такой ситуации их безопасность не обеспечивается (для рассматриваемого $t_{нэ}$ равно 90 c). Следовательно, один из вариантов – это направить в данное помещение сотрудника службы безопасности для того, чтобы он контролировал пожарную обстановку на момент нахождения там большого количества людей.

Таким образом, разработана концепция оценки состояния пожарной безопасности объекта на основе мониторинга уровня безопасности людей внутри здания в режиме реального времени, которая позволяет оценивать пожарную безопасность на основе критерия безопасной эвакуации и подбирать решения по повышению уровня безопасности.

В ходе дальнейшей работы будет разработан алгоритм функционирования модуля поддержки принятия решений, который позволит оценить необходимость тех или иных решений в зависимости от результата расчёта критерия безопасной эвакуации. Кроме того, необходимо провести серии компьютерных моделирований для оценки эффективности предложенного подхода и разработать механизм поддержки принятия управленческих решений.

Литература

1. SFPE Engineering Guide to Performance-Based Fire Protection, National Fire Protection Association, Quincy, MA (2006).

2. NFPA 550, Guide to the Fire Safety Concepts Tree, National Fire Protection Association, Quincy, MA, 2002 edition.

3. J.M. Watts and E.R. Rosenbaum, “Fire risk assessment for cultural heritage”, Interflam 2001, 9th International Fire Science and Engineering Conference, Edinburgh, September 2001, pp. 203 (2001).

4. Якуш, С.Е. Анализ пожарных рисков. Часть I: Подходы и методы [Текст] / С.Е. Якуш, Р.К. Эсманский // Проблемы анализа риска. – 2009. – Т. 6, № 3. – С. 8–25.

5. G. Hadjisophocleous and Z. Fu, “Development and Case Study of a Risk Assessment Model CUrisk for Building Fires,” 8th International Symposium on Fire Safety Science, IAFSS, Beijing, China (Sept. 2005).

6. Распоряжение Правительства РФ от 27.08.2005 N 1314-р "Об одобрении Концепции федеральной системы мониторинга критически важных объектов и (или) потенциально опасных объектов инфраструктуры Российской Федерации и опасных грузов".

7. Новиков, Д.А. Методология управления. – М.: Либроком, 2011. – 128 с.

Д.В. Шихалев
(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: evacsystem@gmail.com)

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРОСА РУКОВОДИТЕЛЯ ОБЪЕКТА В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТА

Рассматриваются результаты опроса руководителя объекта в области управления системой обеспечения пожарной безопасности объекта. Предварительная обработка полученных данных показала, что в настоящее время у руководителя объекта отсутствует явное понимание что такое система обеспечения пожарной безопасности и из каких компонентов она состоит.

Ключевые слова: пожар, управление, система обеспечения пожарной безопасности объекта, опрос.

D.V. Shikhalev

THE RESULTS OF THE SURVEY OF THE HEAD OF THE FACILITY IN THE FIELD OF MANAGEMENT OF THE FIRE SAFETY SYSTEM OF THE FACILITY

The paper considers the results of a survey of the facility manager in the field of management of fire safety system of the facility. Preliminary processing of the data obtained showed that at present the facility manager does not have a clear understanding of what is the fire safety system and what components it consists of.

Keywords: fire, management, facility fire safety system, survey.

Управление в области обеспечения пожарной безопасности является важной задачей руководителя объекта. Ранее, в работе [1] приведены свидетельства, что в настоящее время система обеспечения пожарной безопасности как таковая отсутствует в понятии как субъект управления, так как эта процедура не описана, нет критериев оценки эффективности системы обеспечения пожарной безопасности, руководитель фактически не понимает, чем ему нужно управлять. С другой стороны, руководитель объекта несёт персональную ответственность за пожарную безопасность в организации. Ряд крупных резонансных пожаров последнего десятилетия свидетельствует о том, что в случае, если при пожаре люди погибнут или получат травмы, то для руководителя наступает уголовная ответственность. Как правило, руководитель объекта или лицо, назначенное ответственным за пожарную безопасность, обладают лишь поверхностными знаниями о пожарной безопасности, что значительно усугубляет ситуацию. В работе [1] выдвинута гипотеза о том, что при ответственном подходе, он осуществляется контроль работоспособности систем противопожарной защиты, проводятся

тренировки по эвакуации, периодическое обучение и инструктажи. При безответственном – нет. Причина видимо кроется даже не в том, что руководитель не хочет осуществлять управление, а скорее из-за невозможности в настоящее время оценить состояние пожарной безопасности для принятия соответствующих решений.

Таким образом, целью настоящего исследования является оценка компетенций руководителя объекта (лица, ответственного за обеспечения пожарной безопасности) в области управления системой обеспечения пожарной безопасности.

Опрос проведём апробированным методом индивидуального анкетирования [2], анонимным и обезличенными, без прямой привязки к конкретной организации.

Для проведения опроса разработана анкета, позволяющая оценить представление руководителя объекта о системе обеспечения пожарной безопасности, текущих способах её управления и контроля, а также установить количественные взаимосвязи между параметрами опроса. Содержание анкеты раскрыто в работе [3].

Для получений достоверных результатов требуется определить объём репрезентативной выборки. Генеральная совокупность выборки определим как количество зарегистрированных организаций (включая некоммерческие) в едином государственном реестр юридических лиц. По данным федеральной службы государственной статистики, по состоянию на март 2021 г. их количество составляет 3 519 695 [4]. Следовательно, такое же количество составляют и руководители. Таким образом, размер генеральной совокупности составляет 3 519 695.

Исходя из практики пожарно-технических опросов [5], установим доверительную вероятность и интервал в 95 % и 5 % соответственно. При таких параметрах, размер репрезентативной выборки равен 384 человека. Следовательно, для получения достоверных данных необходимо провести опрос 384 руководителей, ответственных за пожарную безопасность.

Опрос проводился в период с 1 марта по 20 декабря 2021 года на территории Российской Федерации, методом индивидуального анкетирования.

На первом этапе проведем частотный анализ полученных данных.

На рис. 1 показано распределение возраста руководителей объектов или лиц, назначенных ответственными за пожарную безопасность.

На рис. 2 показаны гендерные различия в рассматриваемой категории.

Анализ данных, представленный на рис. 1 показал, что медианный возраст руководителя объекта составляет 45 лет, и это, как правило, мужчина.

В табл. 1 приведён ряд обобщённых данных по вводным вопросам.

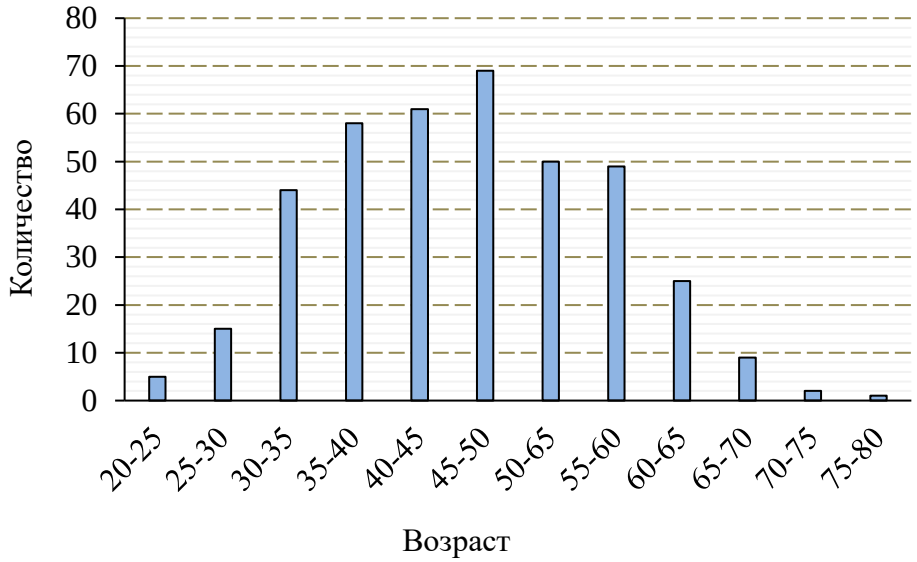


Рис. 1. Возраст участников опроса

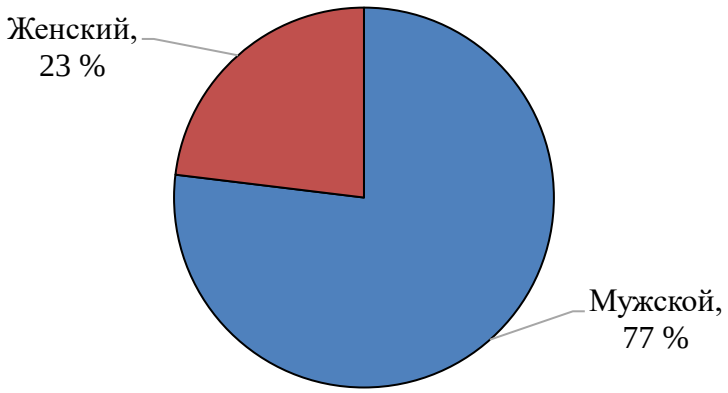


Рис. 2. Гендерные различия участников опроса

Таблица 1

Вопросы анкеты опроса руководителей объекта

№ п/п	Вопрос	Ответ	Частота	Процент
1	Знаете ли Вы что такое система обеспечения пожарной безопасности	Да	365	95,1
		Нет	19	4,9
2	Перечислите основные компоненты системы обеспечения пожарной безопасности объекта	Верно	35	90,9
		Не верно	349	9,1
3	Проверочный вопрос о пожарной безопасности (Выберите что характеризует состояние защищённости личности, имущества, общества и государства от пожаров)	Верно	321	83,6
		Не верно	63	16,4

В табл. 2 приведены результаты ответов в области управления системой обеспечения пожарной безопасности.

Таблица 2

Результаты ответов в области управления системой обеспечения пожарной безопасности

№ п/п	Вопрос	Ответ	Частота	Процент
1	Как Вы считаете, достаточно ли Вы о осведомлены состоянии пожарной безопасности в организации?	Да	356	92,7
		Нет	28	7,3
2	На основании чего Вы приняли решение о такой оценке (укажите что являлось основой для принятия такого решения)?	Личное мнение	302	67,9
		Доклад подчинённых	101	22,7
		Другое	42	9,4
3	Из каких параметров у Вас складывается мнение о состоянии пожарной безопасности в организации?	Исправны противопожарные системы	322	22,5
		Отсутствуют возгорания	175	12,2
		Отсутствуют замечания со стороны МЧС	167	11,7
		Все замечания со стороны МЧС были устранены	161	11,3
		Выполнены все требования пожарной безопасности	244	17,1
		Доклад подчинённых	70	4,9
		Регулярно проводятся инструктажи и тренировки	283	19,8
		Другое	9	0,5

Анализ данных, приведённых в табл. 1, 2 позволяет сделать ряд выводов.

Исходя из ответов об основных компонентах системы обеспечения пожарной безопасности объекта можно утвердительно сказать, что руководитель объекта их не знает. В понимании руководителя объекта система обеспечения пожарной безопасности заключается в наличии систем противопожарной защиты, что, по существу, не определяется только этим.

Большинство руководителей считают, что они достаточно осведомлены о пожарной безопасности своей организации, а этот вывод сделан на основе личного мнения. В свою очередь, личное мнение складывается из того, что исправны противопожарные системы, регулярно проводятся инструктажи и отсутствуют замечания со стороны МЧС России.

Предварительный частотный анализ результатов опроса показал, что в настоящее время у руководителя объекта отсутствует явное понимание что такое система обеспечения пожарной безопасности и из каких компонентов она состоит. Данный вывод подтверждает ранее выдвинутую гипотезу.

В ходе дальнейшего исследования будет провед`н анализ особенностей управления руководителем объекта системой обеспечения пожарной безопасности.

Литература

1. Шихалев Д. В. Проблемы управления системой обеспечения пожарной безопасности объекта. Ч. 1. Методы оценки // Проблемы управления. 2022. № 1. С. 3-18. DOI: 10.25728/pu.2022.1.1

2. Бешелев, С.Л., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. М.: Статистика, 1980. 263 с.

3. Шихалев Д.В. Анкетный опрос в области управления системой обеспечения пожарной безопасности объекта // Проблемы техносферной безопасности – 2021: матер. X междунар. науч.-практ. конференции молодых учёных и специалистов. М.: Академия ГПС МЧС России, 2021. С. 145-146.

4. Единая межведомственная информационно-статистическая система государственной статистики. https://www.fedstat.ru

5. Ефимов А.А., Котарев Е.И. Экспертный опрос персонала объектов для решения задачи организации и управления людей при пожаре // Проблемы техносферной безопасности – 2020: матер. междунар. науч.-практ. конф/ молодых учёных и специалистов. 2020. № 9. С. 98-105.

***Ю.А. Будаковская*[1], *В.А. Аристархов*[2], *М.Ю. Сарафанова*[3]**
([1]Административный департамент МЧС России,
[2]Академия Государственной противопожарной службы МЧС России,
[3]Департамент тылового и технического обеспечения МЧС России;
e-mail: aristarkhovva@yandex.ru)

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАСПОРЯЖЕНИЯ ВЫСВОБОЖДАЮЩИМИСЯ ОБРАЗЦАМИ ТЕХНИКИ МЧС РОССИИ

Представлен алгоритм распоряжения высвобождающимися образцами техники МЧС России. Приводится описание выполняемых мероприятий, рассмотрены существующие проблемы. Изложены предложения по совершенствованию процесса распоряжения высвобождающимися образцами техники МЧС России за счёт использования информационных технологий и приведения нормативных правовых актов в соответствии с возложенными на МЧС России полномочиями.

Ключевые слова: распоряжение имуществом, высвобождающаяся техника, списание техники.

V.A. Aristarkhov, Y.A. Budakovskaya, M.Y. Sarafanova

ACTUAL PROBLEMS OF DISPOSAL OF RELEASED SAMPLES OF EQUIPMENT OF THE EMERCOM OF RUSSIA

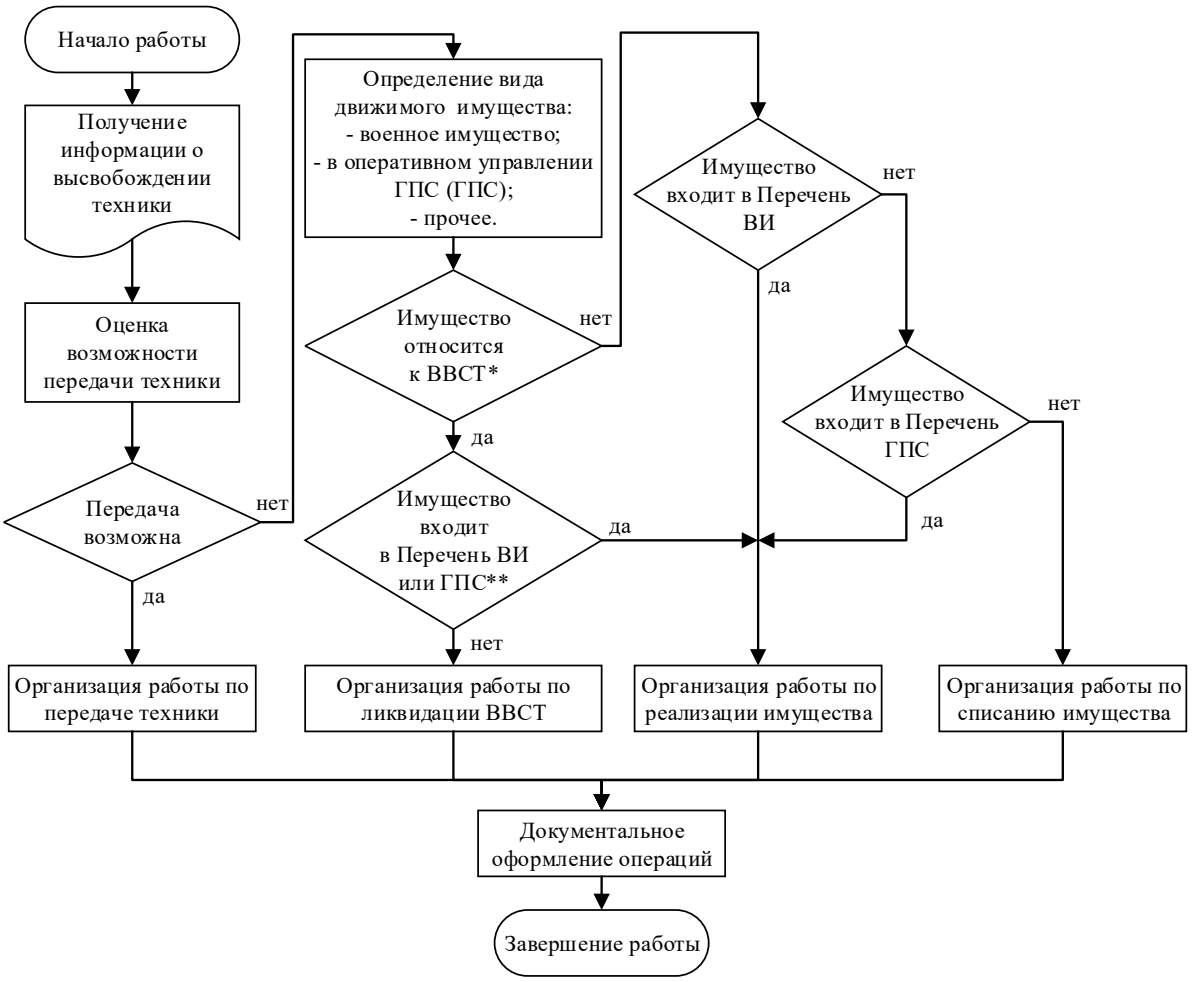
The algorithm of disposal of released samples of equipment of the EMERCOM of Russia is presented. The description of the activities carried out is given, the existing problems are considered. Proposals are made to improve the process of disposing of released samples of equipment of the EMERCOM of Russia through the use of information technologies and bringing regulatory legal acts in accordance with the powers assigned to the EMERCOM of Russia.

Keywords: disposal of property, released equipment, write-off of equipment.

Наделение МЧС России полномочиями по осуществлению полномочий собственника в отношении федерального имущества, принадлежащего территориальным органам МЧС России и организациям, находящимся в ведении МЧС России [1] актуализирует проблему распоряжения движимым имуществом, к которому относятся высвобождающиеся образцы техники.

При этом Указом Президента установлено, что осуществление указанных полномочий осуществляется в порядке и пределах, определенных федеральными законами, нормативными правовыми актами Президента Российской Федерации и Правительства Российской Федерации.

В настоящее время процесс распоряжения высвобождающимися образцами техники пожарно-спасательных подразделений в общем случае можно описать алгоритмом, представленным на рис. 1.



*ВВСТ – вооружение, военная и специальная техника в соответствии с приказом МЧС России от 19.09.2016 № 507 «Об утверждении Порядка ликвидации вооружения и военной техники в МЧС России»

**Перечень ВИ – перечень высвобождаемого движимого имущества, утвержденный постановлением Правительства РФ от 15.10.1999 № 1165 «О реализации высвобождаемого движимого военного имущества»;

Перечень ГПС – перечень высвобождаемого движимого имущества, утвержденный постановлением Правительства РФ от 23.04.2003 № 231 «О высвобождении и реализации движимого имущества, находящегося в оперативном управлении некоторых органов, учреждений и предприятий»

Рис. 1. Алгоритм распоряжения высвобождающимся движимым имуществом

Выделяется несколько основных этапов принятия решений по дальнейшему распоряжению высвободившимся образцом:

I этап – предусматривает оценку возможности передачи образца в иные подразделения;

II этап – отнесение образца к одному из видов движимого имущества;

III этап – организация работы по ликвидации, реализации, списанию образца в зависимости от требований нормативных правовых актов;

IV этап – документальное оформление мероприятий.

На I этапе после получения информации о высвобождении образца техники, в территориальном органе (учреждении) организуется работа по оценке возможности передачи образца для его дальнейшего использования в иных подразделениях МЧС России. Кроме того, в последующем может рассматриваться вопрос передачи образца:

- в иные федеральные органы исполнительной власти;
- в государственную собственность субъектов Российской Федерации;
- в муниципальную собственность органов местного самоуправления, в том числе для доукомплектования подразделений добровольной пожарной охраны;
- в казну Российской Федерации.

В случае принятия положительного решения о передаче образца, организуется передача образца в соответствии с требованиями документов, регламентирующих вопросы передачи имущества.

На данном этапе процесс принятия решения осложняется отсутствием у балансодержателя информации о потребности в данном образце иных подразделений МЧС России.

В случае, если передача образца техники не осуществлена, на II этапе осуществляется отнесение образца техники к определенному виду движимого имущества. Нормативными правовыми актами установлены следующие виды движимого имущества:

- военное имущество (ВИ);
- движимое имущество, находящееся в оперативном управлении федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы МЧС России (имущество ГПС);
- прочее имущество.

Кроме того, необходимо учитывать относится ли высвободившийся образец техники к вооружению, военной или специальной технике (ВВСТ), подлежащей ликвидации [2].

Вид имущества определяет направления последующей работы. Так для образца ВВСТ, не включённого в соответствующие перечни высвобождающегося ВИ или имущества ГПС, предусматривается процедура ликвидации (уничтожения или утилизации имущества).

В настоящее время в связи с отличием формулировок понятий видов имущества в различных нормативных правовых актах, а также изменениями в организационно-штатной структуре территориальных органов и порядком финансового обеспечения, возможно двойственное толкование существующих положений, что осложняет процесс чёткого отнесения образцов техники к установленным видам движимого имущества и затормаживает процесс принятия управленческих решений.

На III этапе непосредственно организуется работа по ликвидации, реализации, списанию образца в зависимости от принятого решения. Необходимо отметить наличие существующих различий в процессе реализации и списания различных видов имущества. При этом процедура реализации прочего имущества действующими документами не предусматривается.

В ходе IV этапа производится завершение документального оформления проведённых операций. Стоит отметить недооценку руководителями и материально-ответственными лицами данной процедуры, что приводит в последующем к привлечению указанных лиц к материальной ответственности.

Несвоевременное принятие решений по дальнейшему предназначению высвободившихся образцов ведёт к старению парка техники, в том числе пожарных автомобилей, что отмечалось в исследованиях [3-4]. Увеличение парка техники ведёт к искажению информации о потребности в технике, а также о потребности в финансовых средствах на её содержание.

В целях решения выявленных проблемных вопросов, представляется целесообразным:

1. Продолжить работу по созданию информационной системы о наличии в территориальных органах (учреждениях) высвободившихся, не имеющих перспектив дальнейшего использования в территориальном органе-балансодержателе (учреждении – балансодержателе) образцов.

Информационная система должна содержать данные об образце и его балансодержателе: внешнем виде, модели, марке, годе выпуске, техническом состоянии, укомплектованности и т.д. Сведения о балансодержателе должны позволять установить оперативную связь между ним и представителем подразделения, заинтересованным в получении образца. Реализацию информационной системы возможно осуществить на имеющемся в системе МЧС России оборудовании путём создания необходимого программного обеспечения. Предлагаемая схема информационной базы приведена на рис. 2.

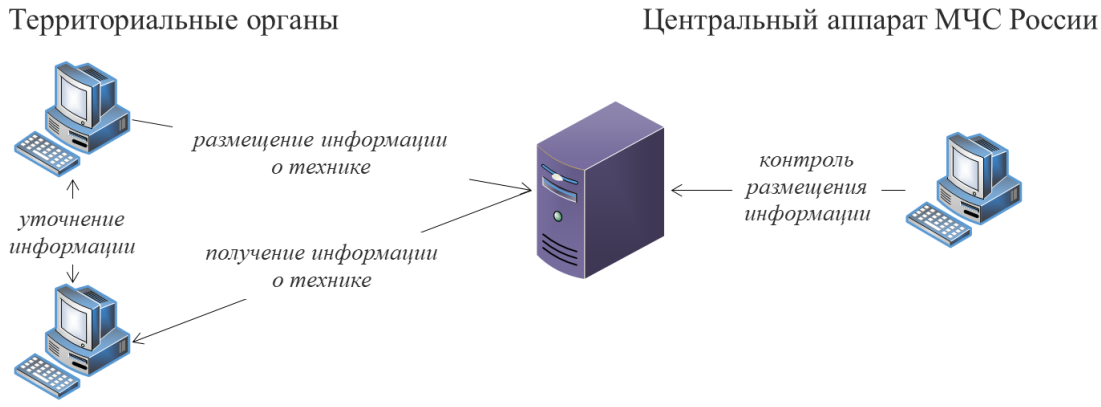


Рис. 2. Схема информационной базы наличия высвободившихся образцов техники

После размещения информации о высвободившейся техники балансодержателем, доступ к ней получают все заинтересованные территориальные органы и учреждения МЧС России. Контроль сроков и качества размещения информации осуществляется структурным подразделением центрального аппарата.

Последовательность работы на данном этапе может описываться цепочкой действий, представленной на рис. 3.

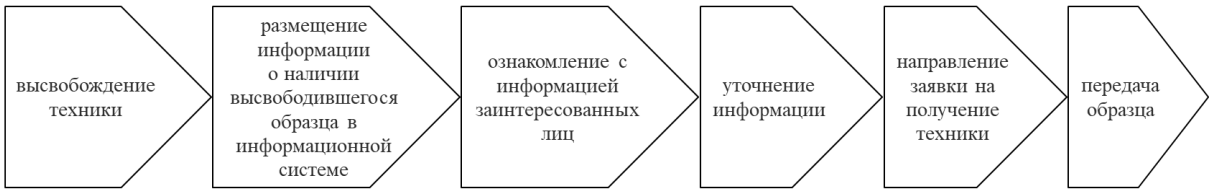


Рис. 3. Последовательность работы при принятии решения о передаче образцов

В дальнейшем требуется нормативное описание рассмотренного процесса, в том числе определения сроков размещения информации о наличии высвободившейся техники, после истечения которых возможен переход ко II этапу.

2. Произвести уточнение положений нормативных правовых актов, определяющих содержание понятий различных видов имущества в целях чёткого разграничения видов имущества, имеющегося в МЧС России.

3. Привести нормативные правовые акты, регламентирующие вопросы распоряжения движимым имуществом, принадлежащим территориальным органам МЧС России и организациям, находящимся в ведении МЧС России в соответствие с утверждённым Положением МЧС России [1].

Таким образом, проведённые исследования позволили сформировать единый алгоритм распоряжения высвобождающимся движимым имуществом, выявить наиболее актуальные проблемы распоряжения высвобождающимися образцами техники МЧС России, а также разработать предложения по их решению за счёт использования информационных технологий и совершенствования нормативного обеспечения. Представленный алгоритм может выступать в качестве основы создания системы поддержки принятия управленческих решений должностными лицами при распоряжении движимым имуществом.

Литература
1. Указ Президента РФ от 11 июля 2004 г. № 868 (ред. от 30.12.2021) "Вопросы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий".
2. Приказ МЧС России от 19.09.2016 № 507 "Об утверждении Порядка ликвидации вооружения и военной техники в МЧС России".
3. Аристархов В. А., Рожков А. В. Поддержка принятия решения о необходимости замены пожарных автомобилей в пожарно-спасательных подразделениях // Технологии техносферной безопасности. 2021. Вып. 2 (92). С. 106-115. https://doi.org/10.25257/TTS.2021.2.92.106-115
4. Логинов В.И., Пичугин А.И., Старцев В.И., Кузнецов Ю.С., Мичудо Д.Г., Навценя Н.В., Яковенко К.Ю. О необходимости реструктуризации возрастного состава парка основных пожарных автомобилей. Внедрение новых моделей пожарных автомобилей при формировании структуры обновлённого парка // Актуальные вопросы пожарной безопасности. 2019. № 2(2). С. 48-59.

А.Н. Фещенко[1], С.А. Макаров[1], А.В. Третьяков[2], И.И. Григорьевская[1], Р.Б. Битуев[1]
([1]Академия Государственной противопожарной службы МЧС России,
[2]Общество с ограниченной ответственностью "ЭГИДА ПТВ";
e-mail: saver32@mail.ru)

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗОЛИРУЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ПЕНЫ НА ПОВЕРХНОСТИ КРИОГЕННОЙ ЖИДКОСТИ

На основе анализа литературных источников и полученных экспериментальных данных по определению изолирующего действия пены на поверхности криогенной жидкости обосновывается целесообразность применения пены высокой кратности для локализации и ликвидации пламенного горения сжиженного природного газа.

Ключевые слова: воздушно-механическая пена, криогенная жидкость, сжиженный природный газ.

A.N. Feshchenko, S.A. Makarov, A.V. Tretyakov, I.I. Grigoryevskaya

INVESTIGATION OF THE INSULATING EFFECT OF FIRE-FIGHTING FOAM ON THE SURFACE OF CRYOGENIC LIQUID

Based on the analysis of literary sources and the experimental data obtained to determine the insulating effect of foam on the surface of a cryogenic liquid, the expediency of using high-expansion foam to localize and eliminate the fiery combustion of liquefied natural gas is substantiated.

Keywords: air-mechanical foam, cryogenic liquid, liquefied natural gas.

В последнее десятилетие наблюдается увеличение объёмов производства сжиженного природного газа (СПГ). Только в Российской Федерации оно выросло более чем в три раза. Анализ литературных источников свидетельствует о том, что авария с дальнейшим воспламенением паровоздушной смеси возможна. Аварийная ситуация, может возникнуть из-за процессов, оказывающих негативное влияние не только на устойчивость функционирования, но и на конструктивную целостность резервуаров, сосудов, аппаратов и трубопроводов.

К таким процессам отнесены: промерзание (пучение) грунта вокруг заглубленных изотермических хранилищ; захолаживание конструкции хранилищ большого объёма; гравитационное и температурное расслоение СПГ различного компонентного состава при эксплуатации изотермических хранилищ; гидродинамические эффекты при заполнении протяж`нных трубопроводов вскипающей криогенной жидкостью; неравновесные термодинамические процессы при бездренажном хранении СПГ в сателлитных хранилищах и ряд других. И здесь, для предотвращения дальнейшей эскалации аварии, ключевая роль отводится вопросам локализации и ликвидации горения СПГ [1].

Одним из важных элементов обеспечения пожарной безопасности объектов защиты является наличие эффективных огнетушащих веществ. Сейчас ведутся активные споры вокруг темы о самой необходимости ликвидации пламенного горения разливов сжиженного природного газа. Есть мнение необходимости запрета тушения исходя из суждения о том, что горящий разлив СПГ является менее опасным и предлагается применение воздушно-механической пены для реализации технологии контролируемого выгорания СПГ [2]. В этой статье авторы не разбирают каким образом должна происходить локализация и ликвидация пожара и что нужно предпринять для предотвращения развития пожара и эскалации аварии. Это темы отдельных исследований. Возможно, следует пойти по пути тушения, а возможно по пути контролируемого выгорания СПГ. В любом случае важно, чтобы у пожарных подразделений имелись необходимые средства для оптимального решения поставленной задачи.

Современный СПГ состоит в основном из метана, мольная доля которого в среднем составляет от 95 %. В оставшуюся часть входят этан, пропан, бутан, пентан и азот. В зависимости от объёмной мольной доли метана создаются типичные стандартизированные модели СПГ. Плотность СПГ обычно колеблется в диапазоне от 430 до 470 *кг*/*м*^{3}, но в отдельных случаях может достигать 520 *кг*/*м*^{3}. Его хранят в кипящем состоянии. СПГ кипит при температуре приблизительно минус 160°С. При этой температуре пары СПГ имеют большую плотность, чем окружающий воздух. Вязкость СПГ в 5-10 раз меньше вязкости воды. Поскольку СПГ является многокомпонентной смесью, составы мгновенно испарившегося газа и оставшейся жидкости отличаются. При попадании СПГ на землю (при аварийном разливе) сначала происходит интенсивное кипение, затем скорость испарения СПГ быстро падает до постоянного значения, которое определяется тепловыми свойствами грунта и притоком тепла, получаемого от окружающего воздуха.

Проблема ликвидации пламенного горения сжиженного природного газа изучена недостаточно хорошо, но мы постараемся применить к ней существующие классические научные подходы, используемые для разработки огнетушащих веществ. Испарившийся сжиженный природный газ образует паровоздушную смесь способную к горению и взрыву в пределах соответствующих концентрационных пределов воспламенения.

В соответствии с теорией горения и тушения пожаров при нормальных условиях окружающей среды, для прекращения пламенного горения требуется либо повысить объёмную концентрацию паров СПГ в воздухе выше 15 % либо снизить её ниже 5 %. Считается, что наиболее эффективными огнетушащими веществами для тушения пожаров горючих газов являются порошки и газовые огнетушащие составы [3]. Однако наличие ветра и конвективных потоков, не позволяет создать требуемую огнетушащую концентрацию в очаге горения.

Порошковые и газовые огнетушащие составы также не позволяют реализовать способ контролируемого выгорания. В своих рассуждениях нами был сделан подход, в котором сжиженный природный газ рассмотрен не как газ, а как горючая жидкость с определенной температурой кипения. В классической теории горючая жидкость имеет температурные пределы воспламенения. При этом температура горючей жидкости, при которой над её поверхностью образуется паровоздушное облако, соответствующее нижнему концентрационному пределу воспламенения, является нижним температурным пределом воспламенения. А температура горючей жидкости, при которой, над её поверхностью образуется паровоздушное облако, соответствующее верхнему концентрационному пределу воспламенения соответствует верхнему температурному пределу воспламенения [3]. У СПГ нижним температурным пределом воспламенения является температура минус -177°С, которая всего лишь на 5 градусов выше температуры застывания. Верхний температурный предел воспламенения соответствует температуре минус -173°С, которая на 12 градусов ниже температуры кипения. СПГ является горючей жидкостью, температура которой всегда выше верхнего температурного предела воспламенения. Над поверхностью кипящего сжиженного природного газа образуется паровоздушное облако с концентрацией паров выше верхнего концентрационного предела воспламенения. Затем происходит постепенное смешение паров СПГ с воздухом.

Основным, а в отдельных случаях и единственным средством тушения пожаров горючих жидкостей является воздушно – механическая пена. Огнетушащее действие пены основано на предотвращении доступа горючих паров и газов в зону горения [4].

Большое количество исследований, связанных с пенным пожаротушением СПГ выполнено И.М. Абдурагимовым и Г.Н. Куприным на базе "НПО Сопот". Предполагается, что при всех сценариях развития аварийной ситуации, обусловленной проливом либо истечением СПГ или СУГ (кроме варианта внезапного взрыва газовоздушной смеси в момент истечения флюида), наиболее перспективными и целесообразными представляются попытки управления развитием аварийной ситуации с использованием комбинированных пен низкой или средней кратности [3].

Для определения эффективности изолирующего действия воздушно-механической пены на поверхности криогенной жидкости, проведён ряд исследований. Сущность методики, используемой при проведении исследований заключается в определении величины снижения интенсивности испарения криогенной жидкости до и после покрытия её поверхности воздушно-механической пеной. В качестве криогенной жидкости использовался сжиженный азот. Противень с криогенной жидкостью устанавливался на весы. Поверхность жидкости покрывалась слоем пены. В режиме реального времени измерялась масса сжиженного азота. Интенсивность испарения рассчитывалась в промежутке времени равном 60 с. Проникновение паров криогенной жидкости через пенный слой визуально наблюдали при помощи тепловизора (рис. 1-5).

Серия экспериментов на сжиженном азоте позволила оценить эффективность изолирующего действия пен низкой, средней и высокой кратности в зависимости от типа применяемого пенообразователя. Величина интенсивности испарения сжиженного азота с чистой поверхности находилась в диапазоне от 0,049 до 0,071 *кг*/(*м*^{2}*с*). Величина интенсивности испарения криогенной жидкости с поверхности, покрытой пеной низкой кратности, находилась в диапазоне от 0,021 до 0,032 *кг*/(*м*^{2}*с*). Кратность низкократной пены составляла от 8 до 19 единиц. Величина интенсивности испарения криогенной жидкости с поверхности, покрытой пеной средней кратности находилась в диапазоне от 0,008 до 0,015 *кг*/(*м*^{2}*с*). Кратность среденекратной пены составляла от 42 до 125 единиц. Величина интенсивности испарения криогенной жидкости с поверхности, покрытой пеной высокой кратности находилась в диапазоне от 0,0023 до 0,0044 *кг*/(*м*^{2}*с*). Кратность высокократной пены составляла от 212 до 535 единиц.



Рис. 1. Залив криогенной жидкости в металлический противень, установленный на весах



Рис. 2. Подача пены низкой кратности на поверхность криогенной жидкости



Рис. 3. Замёрзшая низкократная пена на поверхности криогенной жидкости



Рис. 4. Подача пены средней кратности на поверхность сжиженного азота



Рис. 5. Подача пены высокой кратности на поверхность сжиженного азота

Тип пенообразователя играет существенную роль в изолирующем действии пен на поверхности криогенной жидкости. При этом пенообразователи, имеющие высокую огнетушащую эффективность н-гептана не всегда показывают соответствующую изолирующую эффективность. При подаче пены низкой кратности наблюдалась интенсификация испарения криогенной жидкости, однако уже через 20-30 *с* нижние слои пены промерзают и газообразование существенно снижается. Замёрзшая пена погружается в криогенную жидкость. Во время покрытия поверхности криогенной жид-

кости пеной средней кратности также происходит видимое парообразование. Наименьшее количество выхода паров криогенной жидкости наблюдалась при покрытии её поверхности пеной высокой кратности.

Постепенное промерзание пенных слоёв предотвращает истечение рабочего раствора пенообразователя в процессе синерезиса. С поверхностью криогенной жидкости контактирует твёрдая дисперсная система, состоящая из льда и воздуха. При снижении температуры льда с -5 до -100 °C его удельная теплоёмкость снижается в 1,45 раза. Теплоёмкость льда в два раза меньше, чем у воды. Теплопроводность льда при понижении его температуры с 0 до -100 °C увеличивается. Лёд более теплопроводен, чем вода он может проводить в 4 раза больше тепла при одинаковых граничных условиях. Следует отметить, что плотность льда меньше плотности воды, однако с понижением температуры плотность льда растёт и при приближении к абсолютному нулю температуры плотность льда становится близка к величине плотности воды [5]. Поэтому при подаче пены не наблюдается так называемый эффект "прострелов льда", которые довольно часто возникают при попадании воды в слой криогенной жидкости.

Анализ результатов экспериментальных исследований свидетельствует о имеющейся возможности применения воздушно-механической пены для ликвидации пламенного горения криогенных жидкостей. Пена низкой кратности позволила снизить интенсивность испарения в 2-3 раза, а пена средней кратности в 10 раз. Наилучшей эффективностью будет обладать пена высокой кратности. Пена высокой кратности обладает наименьшей площадью пятна контакта с поверхностью криогенной жидкости и позволяет снизить интенсивность испарения более чем в 20 раз, что является необходимым условием при тушении сжиженного природного газа.

Литература

1. Сафонов В.С. Проблемы обеспечения безопасности объектов сжиженного природного газа (в 3-х частях). Ч. I. Режимно-технологические особенности систем хранения и отгрузки сжиженного природного газа. М.: ВНИИГАЗ, 2021. 320 с.

2. Абдурагимов И.М., Куприн Г.Н. Нерешённые проблемы пожаровзрывобезопасности энергоресурсов (СУГ и СПГ) как оборотная сторона успехов энергетической стратегии Российской Федерации // Пожаровзрывобезопасность. 2014. Т. 23, № 4. С. 42-49.

3. Андросов А.С., Бегишев И.Р., Салеев Е.П. Теория горения и взрыва: учеб. пос. М.: Академия ГПС МЧС России, 2007. 209 с.

3. Шароварников А.Ф., Шароварников С.А. Пенообразователи и пены для тушения пожаров. Состав, свойства, применение. М.: Пожнаука, 2005. 335 с.

3. Шавлов А.В. Лёд при структурных превращениях. Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1996. 188 с.

А.Н. Фещенко, С.А. Макаров, С.В. Дегтярев, Р.Б. Битуев
(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: saver32@mail.ru)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНИМАЛЬНОЙ КРАТНОСТИ ПЕНЫ ПРИ ПОДСЛОЙНОМ ПОЖАРОТУШЕНИИ ТОПЛИВ С РАЗЛИЧНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ СПИРТА

Определена минимальная кратность пены, необходимая для подъёма на поверхность спиртосодержащего топлива в зависимости от различной концентрации спирта в нем. Определены значение требуемой кратности пены от высоты стенки резервуара при подслойном тушении спиртосодержащиего топлива.

Ключевые слова: кратность пены, тушение пожаров нефтепродуктов, подслойное пожаротушение.

A.N. Feshchenko, S.A. Makarov, S.V. Degtyarev, R.B. Bituyev

DETERMINATION OF THE MINIMUM FOAM MULTIPLICITY DURING SUBLAYER FIRE EXTINGUISHING OF FUELS WITH DIFFERENT ALCOHOL CONTENT

The article defines the minimum frequency rate of foam required for lifting alcohol-containing fuel to the surface, depending on the different alcohol concentration in it. The value of the required frequency rate of foam from the height of the tank wall during sublayer extinguishing of alcohol-containing fuel is determined.

Keywords: frequency rate of foam, fire extinguishing of oil products, sublayer extinguishing.

Известно, что пожары нефти и нефтепродуктов являются наиболее сложными. Традиционно в мире для ликвидации таких пожаров применяют пенное тушение. Одним из основных факторов, создающих наиболее сложные условия тушения, является состав горючей жидкости. К настоящему времени существенно изменен состав высокооктановых бензинов. Основная сложность тушения современных топлив связана с наличием в их составах значительного количества (до 10 %) низкомолекулярных спиртов [1]. В то время, как тушение пожарными пенами бензинов, не содержащих активных добавок, достаточно изучено, тушение топлив, содержащих спирты, особенно при воспламенении их в резервуарах большого объёма, вызывает серьёзные затруднения. Одним из параметров, который существенно влияет на успешную ликвидацию пожара, является кратность пены. Критерием выбора нормативной интенсивности подачи пены, является ряд параметров. Однако, отсутствуют более детальные требования и рекомендации по подаче пены разной кратности в зависимости от этих параметров в действующих нормативных документах [2-3].

Последние исследования же показывают, что даже небольшое изменение кратности пены при подслойном пожаротушении топлив, существенно влияет на время тушения, а порой и на результат. Проблема существует и в методе определения кратности пены, в проводимых испытаниях применялась экспериментальная установка не позволяющая выполнить подслойную подачу пены с заданной кратностью в течение всего времени подачи, т.к. подаваемая пена приготавливается и измеряется заранее, а к концу подачи её кратность изменяется.

Наиболее эффективной при подслойном пожаротушении нефти и нефтепродуктов, является пена, полученная из пенообразователей типа AFFF (синтетические фторсодержащие пленкообразующие пенообразователи целевого назначения для тушения горючих жидкостей.) и AFFF-AR/AL (синтетические фторсодержащие пленкообразующие спиртоустойчивые пенообразователи целевого назначения низкой вязкости для тушения водорастворимых и водонерастворимых горючих жидкостей).

В работах [4-5] предложена зависимость (1), позволяющая произвести расчёт требуемой и оптимальной кратности пены при тушении топлив с различным содержанием спирта.

$$K_П > \left(\frac{P_{атм} + \rho_{ГЖ} g h_{ст}}{P_{атм}} \right) \left(\frac{\rho_{р-ра}}{\rho_{ГЖ}} + \alpha c K_Н \right) - \frac{\rho_{ГЖ} g h_{ст}}{P_{атм}}, \qquad (1)$$

где $K_П$ – кратность пены; $P_{атм}$ – атмосферное давление, $\frac{Н}{м^2}$; α – коэффициент пеногашения, $\%^{-1}$; c – концентрация спирта в топливе, % *об.*; $K_Н$ – коэффициент распределения Нернста; $\rho_{ГЖ}$ – плотность горючей жидкости, $\frac{кг}{м^3}$; $\rho_{р-ра}$ – плотность рабочего раствора пенообразователя, $\left[\frac{кг}{м^3}\right]$; g – ускорение свободного падения $\frac{Н}{кг}$; $h_{ст}$ – высота столба горючей жидкости, *м*.

Выражение (1) позволяет расчётным способом определить минимальную кратность пены, необходимую для подъёма на поверхность горючей жидкости в зависимости от объёма спирта в топливе, высоты столба горючей жидкости, разрушения пены при контакте с горючей жидкостью. На рис. 1 представлена зависимость кратности пены от объёма спирта в топливе при тушении резервуара с высотой стенки 12 *м*. В качестве спирта в расчётах применялся изопропанол (C_3H_8O), как наиболее агрессивный спирт, как наиболее агрессивный к пене оксигенат, разрешённый к применению в соответствии с [1].

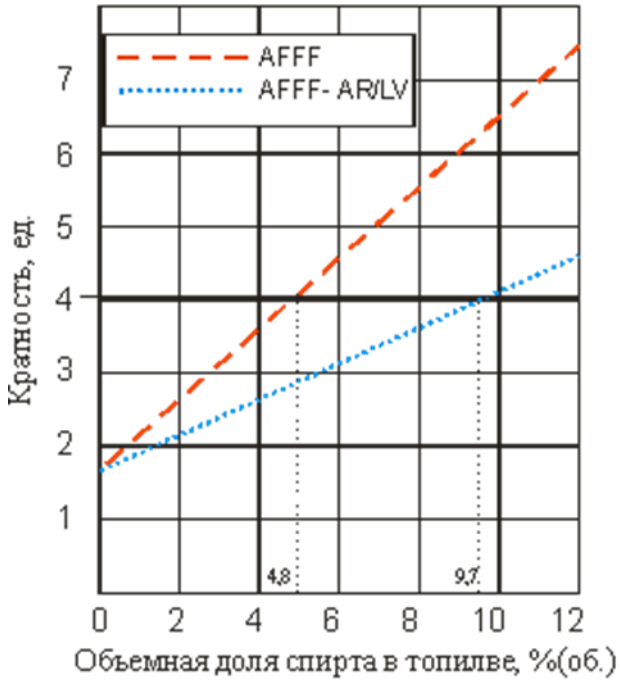


Рис. 1. Зависимости требуемой минимальной кратности пены на основе от объёмной доли спирта в СМТ для тушения резервуара с высотой стенки 12 *м*

По рис. 1 можно определить максимальную концентрацию спирта в топливе, при которой пена, полученная из пенообразователей типа AFFF и AFFF-AR/AL, поднимется на поверхность резервуара, оборудованного подслойной системой пожаротушения. За нормативную кратность принималось во внимание, что существующие высоконапорные пеногенераторы должны обеспечивать при подслойном пожаротушении кратность пены не менее 4 единиц. Как видно из графика, если для получения пены используется пенообразователь типа AFFF, то пена сможет подняться на поверхность 12 *м* резервуара с содержанием спирта в топливе, не превышающем 4,8 % об. Если применяется пенообразователь типа AFFF-AR/AL, то пена сможет подняться на поверхность 12 *м* резервуара с содержанием спирта в топливе, не превышающем 9,7 % *об.*, что соответствует максимальному содержанию спирта в топливе. Представленный расчёт минимальной кратности пены, позволяет определить условия, при которых пена может подняться на поверхность резервуара, в зависимости от объёма спирта в нем и высоты столба горючей жидкости.

По выражению (1) так же получены зависимости, показывающие возможность применения существующих высоконапорных пеногенераторов для подслойной подачи пены кратностью $K_{\text{Н}} = 4$ *ед*. при тушении спиртосодержащих топлив в резервуарах (рис. 2).

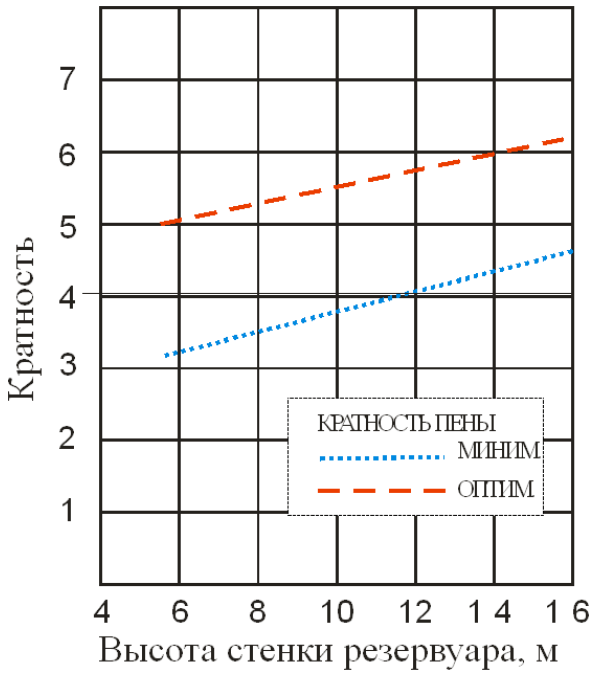


Рис. 2. Зависимости требуемой кратности пены от высоты стенки резервуара при подслойном тушении топлив с массовой долей кислорода 2,7 %

На рис. 2 видно, что пересечение значения нормативной кратности пены ($К_н$ = 4) соответствует высоте стенки резервуара 12 *м*. Это свидетельствует о том, что при нормативной кратности, пена на основе пенообразователя используемого в исследовании, гарантированно поднимется на поверхность горючей жидкости. Однако для обеспечения эффективного тушения требуется кратность пены не менее 5,5 *ед*.

Литература

1. Технический регламент таможенного союза ТР ТС 013/2011 "О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту (с изм. 2 декабря 2015 г.)". Утв. решением комиссии таможенного союза от 18 октября 2011 г. № 826: по состоянию на 1 декабря 2016 г.

2. СП 155.13130.2014. Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности.

3. Руководство по тушению нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках М.: ГУГПС, ВНИИПО, МИПБ, 2000. 76 с.

4. Апанасенко И.А., Макаров С.А., Фещенко А.Н., Рахманин О.К. Определение минимальной кратности пены для подслойного тушения спиртосодержащих топлив // Проблемы техносферной безопасности – 2020: матер. междунар. науч.-практ. конф. М.: Академия ГПС МЧС России, 2020. С. 136-140.

5. Молчанов В.П., Бастриков Д.Л., Макаров С.А., Фещенко А.Н., Третьяков А.В., Апанасенко И.А. Требуемая кратность пены для подслойного тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в вертикальных стальных резервуарах // Пожарная безопасность. 2021. № 2 (103). С. 12-18.

***В.В. Тимохин*[1], *М.А. Грохотов*[1], *Е.А. Комарова*[2]**
([1]Академия Государственной противопожарной службы МЧС России,
[2]Департамент ПАО "ГАЗПРОМ"; e-mail: timokhin.vv@mail.ru)

ПРИЧИНЫ И ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ВЗРЫВНЫХ НАГРУЗОК ПРИ ВНУТРЕННИХ АВАРИЙНЫХ ВЗРЫВАХ

Проведён анализ ситуаций, связанных со взрывами газа в жилых домах, с выявлением основных причин аварийных взрывов. Рассмотрены основные факторы, влияющие на рост или снижение взрывных нагрузок, в частности: влияние объёмно-планировочных решений на сценарий развития аварии; влияние вентиляции на рост числа взрывов в осенне-весенний период; влияние заполнения оконных проёмов на последствия аварийного взрыва.

Ключевые слова: взрыв, авария, бытовой газ, дефлаграционное горение.

V.V. Timokhin, M.A. Grokhotov, Y.A. Komarova

CAUSES AND DETERMINING FACTORS OF THE FORMATION OF EXPLOSIVE LOADS DURING INTERNAL EMERGENCY EXPLOSIONS

The analysis of situations related to gas explosions in residential buildings was carried out, with the identification of the main causes of emergency explosions. The main factors influencing the growth or decrease of explosive loads are considered, in particular: the influence of space-planning solutions on the scenario of an accident; the influence of ventilation on the increase in the number of explosions in the autumn-spring period; the influence of filling window openings on the consequences of an emergency explosion.

Keywords: explosion, accident, household gas, deflagration combustion.

Согласно данным, предоставленным ВНИИПО МЧС России [1], за период с 2017 г. по 2021 г. на территории Российской Федерации в жилых многоквартирных домах произошёл 101 взрыв бытового газа (рис. 1), последствия которых следующие:

- пострадало 935 человек, погибло 142 человека (рис. 2);
- сумма материального ущерба за рассматриваемый период составила 429, 102 642 *млн руб*.

Значительный рост числа пострадавших и погибших, наблюдаемый в 2018 г. связан с трагедией в городе Магнитогорск Челябинской области, где 31 декабря 2018 г. в 6:00 по местному времени произошёл взрыв в жилом многоквартирном доме по адресу проспект Карла Маркса, 164. Панельное здание имело десять этажей и 12 подъездов. В результате обрушился один из подъездов здания (рис. 3).

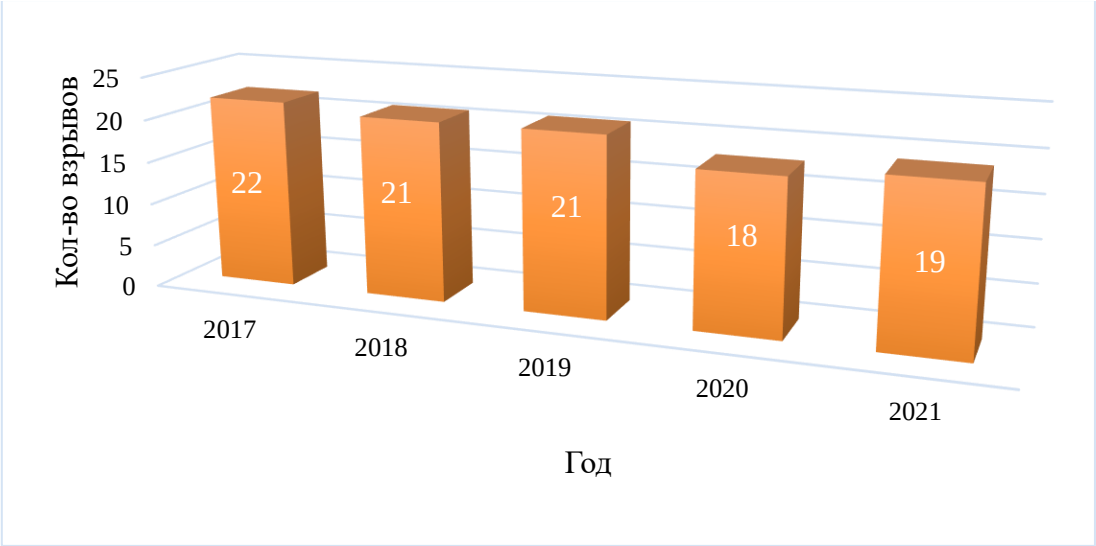


Рис. 1. Количество взрывов в жилых многоквартирных газифицированных домах

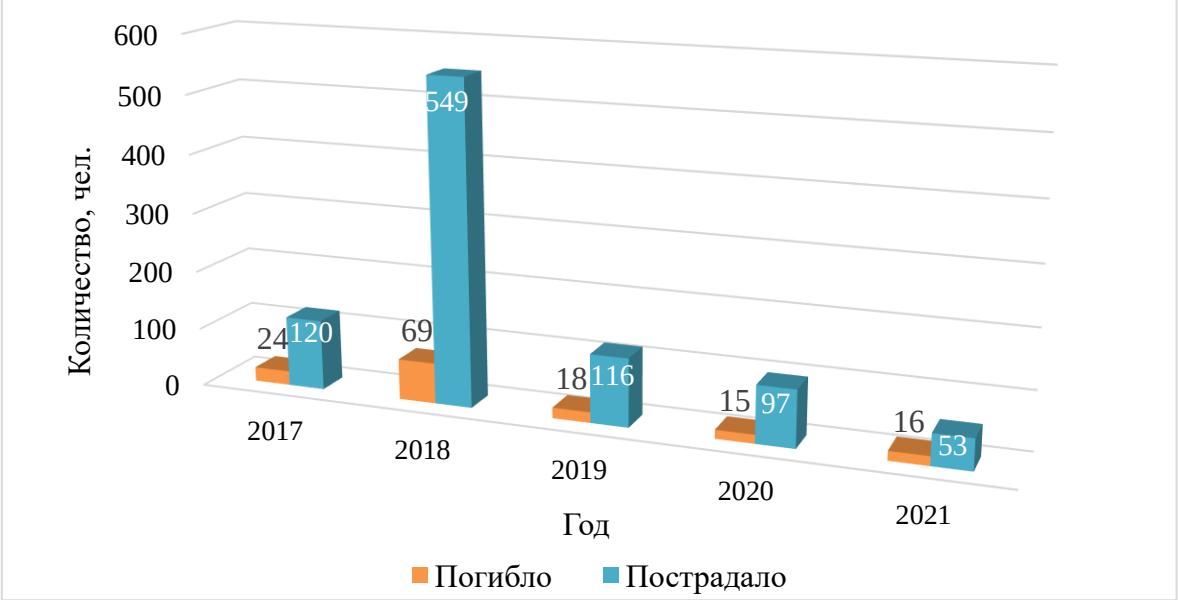


Рис. 2. Динамика числа погибших и пострадавших
при взрывах в жилых многоквартирных газифицированных домах

В разрушенном подъезде пострадали 52 квартиры, в которых проживал 131 человек. 25 квартир были полностью разрушены. В них проживали 45 человек, из которых 39 погибли. Среди погибших – шесть детей.

19 марта 2021 г. в многоквартирном жилом доме в г. Химки на восьмом этаже квартиры жилого дома на улице Зелёной произошёл взрыв бытового газа с дальнейшим возгоранием. В результате обрушились перекрытия между 8 и 9 этажами четвёртого подъезда, также обрушилась часть фасада, были повреждены балконы, выбиты стекла (рис. 4). Погибли четыре человека.



Рис. 3. Последствия аварийного взрыва в г. Магнитогорск[3]



Рис. 4. Последствия аварийного взрыва в г. Химки[4]

Причины значительного количество взрывов, приведённых на рис. 1, можно условно разделить на две составляющие: к первой группе относятся причины, связанные с деятельностью человека (человеческий фактор); вторая группа причин аварийных взрывов связана с неисправностью газового и вентиляционного оборудования.

Проявление человеческого фактора при установлении причинно-следственных связей между деятельностью человека и последующим аварийным взрывом заключается в нарушении техники безопасности и правил эксплуатации газового оборудования.

В частности, п. 57 "Правил противопожарного режима в Российской Федерации", утверждённых постановлением Правительства Российской Федерации от 16 сентября 2020 г. № 1479 [2], запрещает располагать газовые баллоны объёмом более 5 л (0,005 $м^3$) внутри зданий, а также в квартирах жилых домов, однако ввиду значительной экономии гражданами допускается нарушение данных норм, что представляет значительную угрозу ввиду высокого риска утечки (рис. 5).

Кроме того, важно отметить, что при правильной работе вентиляционного оборудования формирование взрывоопасной концентрации практически невозможно. В каждой квартире в соответствии с требованиями [3] предусмотрена система либо вытяжной, либо естественной вентиляции с целью снижения рисков образования взрывоопасной концентрации газа.

[3]В Магнитогорске завершено переселение жителей дома, где был взрыв газа. https://realty.ria.ru/20191205/1562021670.html

[4]Опубликовано видео с места взрыва в жилом доме в Химках. https://ria.ru/20210319/khimki-1601944967.html

Основной проблемой здесь является условие, касающееся того, что жильцы самостоятельно не производили технических доработок в конструкции здания, так как зачастую результатом подобных корректировок в системы безопасности становится перекрытие вентиляционных отверстий (врезки в вентиляционные каналы), что приводит к нарушению первичной схемы воздухообмена и, как следствие, формированию смеси и последующему аварийному взрыву.



Рис. 5. Нарушение требований по эксплуатации газового оборудования

Ещё одним фактором формирования взрывоопасной смеси является обрыв подводящего шланга, что приводит к "раскрытию" магистрального трубопровода (стояка) и залповому выбросу газа. В контексте рассматриваемой группы причин ввиду деятельности человека стоит отметить, что без физического воздействия обрыв (не нарушение герметичности, а именно обрыв) невозможен.

Использование конфорок газовых плит в качестве системы отопления также является проявлением человеческого фактора как причины взрыва бытового газа.

Вторая группа причин аварийных взрывов связана с общим износом систем. В частности, работа системы вентиляции оценивается наличием или отсутствием тяги в вентиляционном канале. Существенное влияние здесь оказывает температура внутри и снаружи помещения, меняющаяся на протяжении года (рис. 6).

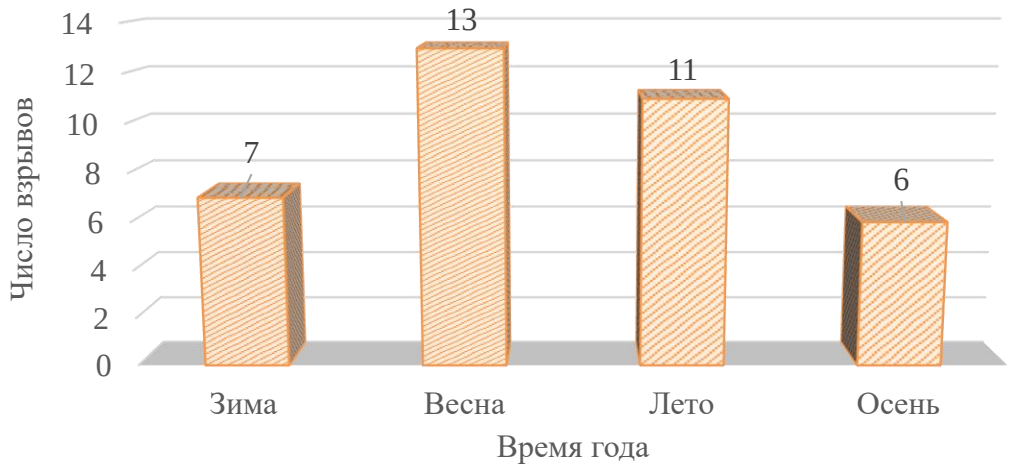


Рис. 6. Динамика взрывов по временам года

Анализ представленных данных позволяет говорить о увеличении количества взрывов в осенне-весенний период, что позволяет сделать вывод о том, что в данный период температура наружного воздуха и температура внутри помещения (при закрытых проёмах) равны между собой, что говорит о неудовлетворительном качестве вентиляции, что, в свою очередь, позволяет создать благоприятные условия для формирования взрывоопасной смеси даже при незначительной утечке газа.

Сценарий протекания аварии, связанной со взрывом газа зависит от множества факторов, таких как объёмно-планировочные решения жилых помещений, заполнения оконных проёмов, состояния дверей в момент взрыва (в закрытом или открытом положении), места источника зажигания, наличия препятствий на путях распространения пламени и многих других.

Отдельно стоит сказать о влиянии объёмно-планировочных решений на протекание аварии. Как известно, внутренние взрывы – это взрывы, происходящие в замкнутых и полузамкнутых объёмах, но значительно большую опасность представляют случаи, когда загазованное помещение соединяется через проем с другим помещением, то есть является именно полузамкнутым. В этом случае происходит двухстадийный взрыв. Максимальное давление в смежных помещениях может быть в несколько раз больше, чем при взрыве в одном изолированном помещении с проёмами наружу. Данный вопрос был рассмотрен в следующей работе [4].

В настоящее время преобладающее большинство специалистов одним из определяющих факторов ухудшения обстановки со взрывами бытового газа называют заполнение оконных проёмов в жилых домах. Известно, что при вскрытии оконных проёмов энергия дефлаграционного взрыва выходит

в атмосферу так, что внутри помещений давление не превышает безопасного уровня. Данные мероприятия широко применяются при обеспечении взрывобезопасности объектов производственного назначения и предусматривают использование легкосбрасываемых конструкций, но малоприменимы к использованию в жилом секторе, где в настоящее время устанавливаются стеклопакеты, обладающие высокими показателями сохранения тепла внутри помещения, шумоизоляции и значительной ударопрочностью с толщиной остекления в 3-4 *мм*, что не позволяет говорить об использовании конструкции окна в качестве мероприятия по снижению взрывных нагрузок.

Экспериментальные величины избыточного давления при различных вариантах заполнения проёмов получены, в частности, профессором Г.Г. Орловым [5]. Отмечается, что величина максимального давления в зданиях с глухим остеклением зависит от давления в начальные моменты разрушения остекления, которое зависит от размеров единичной ячейки стекла и его толщины. Так, величина избыточного давления, при котором происходит разрушение остекления, может варьироваться от 1,2 до 66 *кПа*. Разрушение стекла происходит до подхода фронта пламени непосредственно к поверхности остекления. Г.Г. Орлов отмечает, что для правильного выбора вариантов остекления необходимо условие, при котором нагрузки, разрушающие стекла, не превышают нагрузки, критичные для строительных конструкций.

Таким образом, проведённый анализ выявил позволил выявить основные причины аварийных взрывов бытового газа в жилых, а также факторы, определяющие снижение или рост взрывных нагрузок.

Литература

1. Федеральный банк данных "Пожары". http://www.vniipo.ru/institut/informatsionnye-sistemy-reestry-bazy-i-banki danny/federalnyy-bank-dannykh-pozhary/

2. Постановление Правительства РФ от 16 сентября 2020 г. № 1479 "Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации".

3. СП 60.13330.2016. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003.

4. Мишуев А.В., Казеннов В В., Комаров А.А., Громов Н.В., Лукьянов И.В., Прозоровский Д.В. Особенности аварийных взрывов внутри жилых газифицированных зданий и промышленных объектов // Пожаровзрывобезопасность. 2012. № 3.

5. Орлов Г.Г. Легкосбрасываемые конструкции для взрывозащиты промышленных зданий. М.: Стройиздат, 1987. 111 с.

***В.В. Ничепорчук*[1], *С.А. Гилёк*[2]**

К ВОПРОСУ О ПРОГНОЗИРОВАНИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

([1]Институт вычислительного моделирования Сибирского отделения РАН,
[2]Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: valera@icm.krasn.ru)

Представлен обзор прогнозов, используемых в органах управления МЧС России. Предложен алгоритм формирования управленческих решений. Алгоритм интегрирует идентификацию погодных опасностей, данных комплексного мониторинга, формализованных характеристик территорий, методов аналитического и ситуационного моделирования.

Ключевые слова: прогнозирование, оценка рисков, погодные условия.

V.V. Nicheporchuk, S.A. Gilek

ON THE ISSUE OF PREDICTION EMERGENCIES

The paper is present an analysis of the methods predictions of used in the EMERCOM of Russia. Our formed an algorithm for the decision support of prevention activities providing of territorial safety. Algorithm integrates the identification of weather hazards, monitoring data processing, formalized characteristics of territories, analytical and situational modeling methods.

Keywords: prediction, risk assessment, weather conditions.

Процесс прогнозирования событий или обстановки в любых сферах жизнедеятельности, включая обеспечение безопасности, очень востребован и, вместе с тем, крайне сложен. Создание в начале 2000-х годов многоуровневой системы мониторинга и прогнозирования ЧС произошло в ответ на требования времени. Отсутствие должной научной проработки, теоретического фундамента, тиражируемого программного обеспечения и распределённых данных пока не позволяет достичь желаемой востребованности прогнозов. Применение и непрерывная верификация математических и аналитических моделей заменено констатацией вероятностей с использованием лингвистической шкалы на основе прогноза погодных условий.

Региональные прогнозы сведены к обзорам разных видов ситуаций и статистическому анализу произошедших событий. Федеральные прогнозы представляют собой картограммы кластеризации субъектов по степени опасности. опасности Огрубление значений ожидаемых рисков для огромных территорий Сибири и Дальнего Востока минимизирует использование таких прогнозов на муниципальном уровне.

Целью работы является описание метода краткосрочной поддержки управления силами и средствами ТП РСЧС на основе глубокой обработки данных комплексного оперативного мониторинга с использованием современных информационных технологий в сочетании с системным анализом задач обеспечения безопасности территорий. Предложен и программно реализован алгоритм обработки данных мониторинга для формирования решений на муниципальном уровне управления.

Прогноз проявления опасностей, также, как и оценивание рисков базируется на методах математической статистики, теории вероятностей и других дисциплинах, рассматривающих природу проявления угроз опасных событий различного характера [1, 2]. К сожалению, множество работ по оценке рисков и моделированию динамики их проявления основываются на каталогах событий без учёта изменений всей совокупности факторов [3, 4]. При этом нередки ошибки ретроспекции, когда из-за неполноты исходной информационной базы экстраполяция тренда приводит к занижению реальных опасностей.

Главными проблемами региональных органов управления остаётся дефицит информации, низкий уровень автоматизации процессов сбора и обработки данных. Его восполнения за счёт экспертных оценок зачастую некорректно. Между тем, внедряемая МЧС России система региональных озёр данных в сочетании с технологичным межведомственным обменом данных позволяет повысить эффективность прогнозирования [5]. Необходима сбалансированная реализация всех элементов (включая новые методы и технологии) принятия решений: сбор качественных данных → их обработка с использованием интеллектуальных систем → предоставление лицам, принимающим решения, информации в концентрированном виде с возможностью её детализации до атомарных показателей.

Наиболее обоснованным считается подход, сочетающий генетический анализ причин, способствующих реализации опасных событий, со статистическими методами обработки данных оперативного мониторинга и архивов наблюдений. По такому принципу строятся, например, прогнозы весенних паводков. Интеграция больших объёмов данных, различных методов их обработки с формализованными сценариями развития событий позволяет минимизировать управленческие риски, связанные как с неполнотой и нечёткостью информации о ситуации, так и с отсутствием опыта у лиц, принимающих решения. При этом решения, формируемые информационно-управляющей системой, должны представлять детерминированный алгоритм с чёткой последовательностью действий или набор альтернатив с расстановкой приоритетов реализации.

Большинство видов ЧС прямо или косвенно зависят от погоды (табл. 1). Для детализации обстановки на обширной территории Красноярского края используются данные системы численного прогнозирования погоды (Global Forecast System – GFS). Метеорологическая информация, записанная в 354 слоя для всей поверхности Земли с пространственным разрешением 0.25° обновляется четырежды в сутки. Использование результатов расчётов метеофакторов с упреждением 10-16 дней позволяет заблаговременно принять меты по повышению устойчивости объектов и инфраструктуры.

Таблица 1

Подходы к прогнозированию событий разного вида

Обстановка	Прогнозные модели
Опасные погодные явления	Идентификация на основе данных GFS
Затопления территорий в результате весеннего половодья	Моделирование уровней воды на основе факторов: архивов гидрографов, толщины льда, запасов воды в снеге, глубины промерзания почвы. Уникальны для каждого створа
Лесопожарная обстановка	Класс опасности рассчитывается по метеоданным. Уточняется по таксационным описаниям растительности
Сейсмическая обстановка	Моделирование на основе форшоков, электромагнитного фона, концентрации радона в скважинах опасных районов, положения барицентра Земля-Луна и др. Находится в стадии разработки
Автодорожная обстановка, авиапроисшествия	Оценивание изменений аварийности при неблагоприятных метеоусловиях
Аварии коммуникаций	то же
Аварии промышленных объектов	Моделирование инцидентов на основе данных автоматизированной системы контроля технологических процессов. Реагирование на объектовом уровне
Техногенные пожары	Оценивание сезонного количества и масштабов с учётом метеоусловий

Помимо прогноза погоды, предиктивный анализ вероятности возникновения ЧС определенного вида и масштаба включает анализ следующих источников: данных комплексного мониторинга, каталога опасных событий; паспортов безопасности территорий (ПТ). Организация данных ПТ и форматы её представления не позволяют напрямую проводить анализ уязвимости и защищённости территорий. Их преобразование в машиночитаемый вид является отдельной научной задачей.

Для оценки вероятности возникновения ЧС или угроз целесообразно использование трёх интервальной шкалы или "семафора". Шкала имеет значения "норма", "угроза" и "опасность". В отличие от числовых значений здесь легче принимать решения о переводе сил и средств, органов управления в повышенные режимы функционирования.

Требования к разработке и содержанию прогнозов:

- использование больших данных, включающих оперативные наблюдения, статистическую отчётность, характеристики территорий, архивы мониторинга;

- использование разных видов аналитического моделирования, технологий Data Mining, нейронных сетей для учёта максимального количества факторов;

- замена очевидных рассуждений оценками компетентных экспертов;

- применение ситуационного моделирования для расчёта сценариев реализации опасностей;

- доведение до получателей прогнозов перечня мероприятий по подготовке к неблагоприятному развитию ситуации с последующей верификацией сформированных сценариев.

Необходимо разделить понятия "долгосрочный прогноз" и "оценка рисков". Для видов ЧС, зависящих от метеорологической обстановки, достоверность краткосрочного прогнозирования зависит от вклада других факторов в значения вероятности / последствий, а также периода прогнозирования. Оценивать масштабы циклических ЧС целесообразно на основе подбора года-аналога. Здесь важен баланс: с одной стороны, использование архивов наблюдений за длительные периоды обладает большей статистической достоверностью; с другой – резкие изменения климата, социально-экономических и др. факторов могут существенно исказить прогнозы.

Как правило, среднесрочный прогноз ЧС содержит показатели: даты начала и окончания сезона (ранняя, средняя, поздняя), среднее и максимальное число событий. Краткосрочный прогноз допустимо строить на основе тренда на несколько предыдущих дней, при этом количество "опорных точек" может выбираться как вручную, так и автоматически. Математические методы, применяемые для экстраполяции графика исследуемого показателя, также выбираются путём вычислительного эксперимента. Это могут быть простейшие регрессионные модели, например, метод наименьших квадратов, многослойные нейросети, другие методы машинного обучения.

На рис. 1 представлен алгоритм формирования прогнозов, состоящий из трёх этапов аналитической обработки. В результате формируется несколько фрагментов прогноза: управление при идентификации неблагоприятных метеоусловий и повышения вероятности реализации "эффекта домино"; управление при возрастании сезонных рисков; информирование общего характера. Совместное использование тестовых форм и динамических представлений информации, в том числе на мобильных устройствах позволяет эффективней донести сигналы раннего предупреждения до разных групп населения, формирований и руководящего состава.

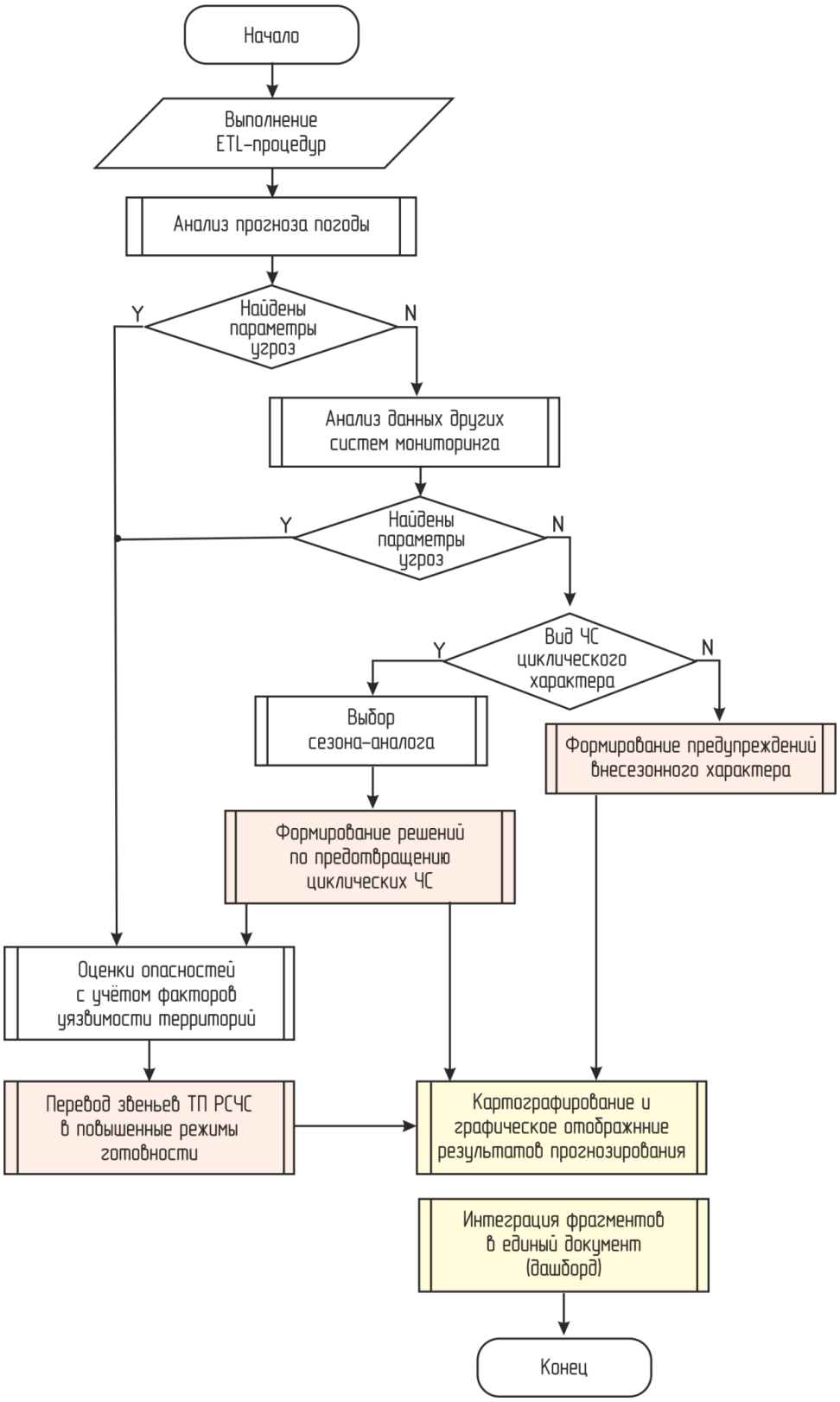


Рис. 1. Алгоритм прогнозирования и формирования решений

Аварии и инциденты в техносфере, как правило, являются случайными процессами, зависящими от многих факторов. Здесь неуместно использование термина "прогнозирование", поскольку вместо количественного расчёта и описания их взаимовлияния доступны лишь методы систематизации и аналитическое исследование причинно-следственных связей. Решение задачи прогноза места и времени пожаров, ДТП, обрушений, других видов ситуаций позволило бы спасти большое количество человеческих жизней, сберечь здоровье людей и материальные ценности, перенаправить ресурсы на улучшение благосостояния людей. При нынешнем развитии науки и технологий задача невыполнима, но и не доказано, что она не может быть решена в будущем. Для обеспечения постоянной готовности всех формирований и органов управления следует ориентироваться на максимальное количество происшествий, быть готовым к организации взаимодействия при ликвидации масштабных ситуаций.

Практика показывает, что несмотря на малую вероятность, катастрофы могут иметь место последовательно в малые интервалы времени. Некорректность прогнозных моделей не должна отрицательно сказываться на работе экстренных служб.

Необходима ревизия методических указаний МЧС России по прогнозированию, приведение их в соответствие передовым научным достижениям. Их приоритет очевиден при любом состоянии экономики. При разработке прогнозов следует учитывать также опыт специалистов местных органов управления – потенциальных получателей прогнозов. Дублирование в прогнозах ЧС метеосводок снижает доверие к информации о вероятных опасностях, что приводит влечёт за собой трагические последствия.

Цифровизация управления уменьшает роль человеческого фактора в предиктивном управлении. Внедрение сервисов автоматизированного прогноза для разных видов ЧС, использование всех доступных технологий, информационных ресурсов позволит достичь синергетического эффекта и достичь успехов в профилактике ЧС и выполнению задач обеспечения безопасности территорий, поставленных руководством страны.

Реализация представленных подходов потребует также изменения законодательства в сфере прогнозирования ЧС. Необходима организация подготовки специалистов в этой области, обладающих глубокими знаниями предметной области и информационных технологий. Следует проработать вопросы лицензирования деятельности прогнозистов, аналогично нормам Росгидромета и Ростехнадзора.

Литература
1. Барановский Н.В. Прогнозирование лесной пожарной опасности в условия антропогенной нагрузки. Новосибирск: СО РАН, 2021. 302 с.
2. Махутов Н.А. Безопасность и риски: системные исследования и разработки. Новосибирск: Наука, 2017. 724 с.
3. Современные системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций / под общ. ред. В.А. Пучкова. М.: ФКУ ЦСИ ГЗ МЧС России, 2013. 352 с.
4. Батуро А.Н., Техтереков С.А., Коморовский В.С. Среднесрочное прогнозирование количества пожаров с использованием автокорреляционных функций // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты), 2014. № 3 (11). С. 28-36.
5. Разъяснения по созданию и развитию "Озера данных" регионального уровня единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. М.: МЧС России, 2021. 10 с.

Н.А. Сафронов, А.В. Смирнов
(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: nikolaysafronov98@yandex.ru)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ЛОЖНЫХ СРАБАТЫВАНИЙ ДЫМОВЫХ ПОЖАРНЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ

Целью автоматической системы обнаружения пожара является быстрое и надёжное обнаружение возникающих пожаров для того, чтобы ущерб был как можно меньше. В связи с этим в данной статье рассматриваются возможные причины ложных срабатываний дымовых пожарных извещателей, а также способы решения.
Ключевые слова: срабатывание, система, пыль.

N.A. Safronov, A.V. Smirnov

STUDY OF CAUSES OF FALSE ALARMS OF SMOKE DETECTORS

The purpose of an automatic fire detection system is to detect fires that occur quickly and reliably so that the damage is as low as possible. In this regard, this article discusses the possible causes of false alarms of smoke detectors, as well as the solutions.
Keywords: triggering, system, dust.

Целью автоматической системы обнаружения пожара является быстрое и надёжное обнаружение возникающих пожаров для того, чтобы свести ущерб к минимуму. В большинстве случаев пожар сначала развивается как тлеющий огонь, часто выделяя дым и продукты горения в течение нескольких часов до появления видимого пламени. Поэтому обычно применяются оптические пожарные дымовые извещатели, способные обнаружить небольшие концентрации дыма в контролируемой атмосфере. Однако в период "простоя" дымовой извещатель подвергается воздействию не только

чистого воздуха. Пыль, пар, туман и другие аэрозоли могут загрязнять контролируемый воздух, тем самым провоцировать ложное срабатывание пожарной тревоги. Что в свою очередь является очень дорогостоящим, поскольку они могут, например, привести к остановке производственной линии на объекте.

Согласно статистическим исследованиям главным фактором ложных срабатываний систем или ложных пусков автоматических установок пожаротушения является снижение порогов чувствительности точечных дымовых извещателей. Основным аэрозолем, который способствует большому количеству ложных срабатываний установок, является пыль. Процесс запыления может происходить с разной степенью интенсивности, в зависимости от условий эксплуатации. Например, в офисных зданиях и относительно чистых производственных помещениях процесс накопления пыли достаточно равномерный и может не оказывать воздействие на извещатель в течение долгого времени, но при резком встряхивании (сильное захлопывание входной двери, вибрация от железнодорожного транспорта, запуск электродвигателя большой мощности) или при движении воздуха (сквозняк, включение общеобменной вентиляции и т.д.) накопившаяся пыль в дымовой камере приходит в движение и приводит к срабатыванию извещателя. Для сложных, энергонасыщенных объектов соотношение ложных срабатываний на пожар к количеству выявляемых пожароопасных ситуаций может в среднем достигать соотношения 1/300 за год [1].

В связи с этим одним из критериев при выборе оборудования и принятия технических проектных решений в области пожарной безопасности должна быть регламентированная величина вероятности ложных срабатываний. Проблема ложных срабатываний пожарных дымовых извещателей заключается в том, что конструкция дымовой камеры способствует накоплению пыли, что в конечном итоге рано или поздно и приводит к формированию ложного сигнала (оповещения) о пожаре. Считается, что если число ложных срабатываний превышает число реальных пожаров в 10 раз, то это полностью подрывает доверие к эксплуатируемым системам пожарной сигнализации [3]. В европейских странах проблеме ложных срабатываний систем пожарной сигнализации уже давно уделяется большое внимание, причём на законодательном уровне. Например, в Англии введён нормируемый показатель вероятности возникновения ложных тревог. Если на объекте защиты этот показатель превысит своё допустимое значение, то фирма (организация), проектирующая и устанавливающая данную систему обязана привести показатель к норме, при этом могут быть возбуждены судебные дела с целью возмещения убытков фирмой, проектирующей оборудования.

На сегодняшний день основными способами решения данной проблемы является только постоянная влажная уборка защищаемого помещения или регулярный технический осмотр (эксплуатационный контроль текущей запылённости дымовой камеры извещателя). При этом в последнее время разрабатывается ещё один способ, заключающийся в использовании приёмно-контрольного прибора, оценивающего уровень запылённости извещателя. А.В. Зайцев отмечает, что за рубежом данным метод наиболее активно используется, чем в России [2]. С применением адресно-аналоговых систем проблема ложных срабатываний систем легко устраняется.

Всё это результат того, что в последние годы за рубежом был достигнут большой прогресс в снижении восприимчивости датчиков дыма к аэрозолям, несвязанным с пожаром. Однако для пользователя, который интегрирует эти извещатели нового поколения, возникла новая проблема сравнения и квалификации различных технологий. В отличие от хорошо стандартизированных методов оценки способности пожарного извещателя к обнаружению пожара, существует недостаток воспроизводимых и репрезентативных методов испытаний, касающихся чувствительности к ложным срабатываниям. Важно отметить, что проверка качества в условиях запыленности, безусловно, так же важна, как и проверка работоспособности, поскольку она позволяет выявить явные преимущества высококлассных изделий перед более простыми, что может помочь в непрерывном обеспечении качества. Именно поэтому при использовании пожарных дымовых датчиков так важно их техническое обслуживание.

Таким образом, для качественной работы дымовых извещателей крайне важно знать свойства пыли и пара. Влияние пыли долгое время недооценивалось. В последние годы возрастающий интерес к экологическому фактору пыли приобрёл существенное значение. В связи с влиянием на здоровье, воздействие пыли на климат и глобальную экологическую систему имеет особое значение. Методы измерения позволяют характеризовать пыль и её колебания с высочайшей точностью, что даёт основание утверждать, что крупные частицы (размером более 100 *мкм*), включая комнатную пыль, крупный песок и агрегаты сажи, выпадают быстро. Частицы среднего размера в диапазоне от 1 *мкм* до 100 *мкм* оседают медленно (например, пыльца, летучая зола, угольная пыль, мелкий песок). Мелкие частицы (менее 1 *мкм*, например, сажа и табачный дым) оседают ещё медленнее. В спокойной атмосфере для оседания пыли требуется от нескольких дней до нескольких лет, и она может переноситься на расстояния более 1000 *км*, а может быть очень быстро смыта дождём [4].

Целью большинства исследований является предельно допустимая концентрация пыли для описания влияния на аспекты здоровья и безопасности на рабочем месте, а не влияние на ложные срабатывания оптических дымовых извещателей. Однако многие ложные срабатывания систем вызваны в результате технологических процессов, сопровождающихся большим пылеобразованием. В связи с этим, необходимо постоянно проводить техническое обслуживание данных систем. В положениях по техническому обслуживанию написано, что периодичность работ по очистке извещателя должен устанавливать производитель. Как правило, для пороговых извещателей указывается срок 6 месяцев. Однако этот период ничем не нормирован и не гарантирует исключения ложных срабатываний.

Как уже говорилось ранее, намного легче, когда технический персонал может прямо на приёмно-контрольном приборе оценить уровень запылённости каждого извещателя. Такая возможность есть только в адресно-аналоговых системах. Таким образом, эксплуатационная причина ложных срабатываний может быть легко устранена при применении адресно-аналоговых систем, в том числе и беспроводных, которые должны быть таковыми на основании требований ГОСТ Р 53325. Это хорошо объясняет популярность данных систем за рубежом.

Все здания должны быть оснащены многофакторной системой мониторинга пожара, от работоспособности которых зависят жизни людей, в связи с чем они имеют исключительную важность по определению. Несмотря на то, что проводились и проводятся исследования, посвящённые уменьшению ложных срабатываний систем автоматической пожарной сигнализации, проблема продолжает существовать, поэтому современное направление исследований, делает акцент не на общих улучшениях важных составляющих оборудования, а на необходимости в комплексном развитии людей и технологической организации процесса. Более того, существует необходимость в проведении анализа, поскольку известно, как уже говорилось ранее, что наиболее часто причинами ложных срабатываний пожарных дымовых извещателей является их запылённость.

Таким образом, для решения проблемы ложных срабатываний есть необходимость разработки математического и алгоритмического обеспечения в информационно-аналитической системе. Дальнейшие исследования будут направлены на проведение расчёта по определению "ведущего" опасного фактора пожара в производственном здании, что позволит выявить второй фактор по значимости, после дыма. В последующем разработанный алгоритм будет основан на работе двух разнофакторных пожарных датчиках таким образом, что если сработает один из этих датчиков (например, дымовой), то вся система не придёт в действие пока не сработает второй датчик (например, тепловой). Это позволит избежать огромных экономических убытков предприятий, за счёт сокращения ложных срабатываний автоматических установок пожаротушения.

Литература
1. ВСН 25-09.67-85. Правила производства и приёмки работ. Автоматические установки пожаротушения.
2. Зайцев А.В. Ложные срабатывания в системах пожарной сигнализации // Каталог "Пожарная безопасность – 2011".
3. Шаровар Ф.И. Методы раннего обнаружения загораний. М.: Стройиздат, 1988. 337 с.
4. Wolfgang K., Thorsten S. Analysis of dust properties to solve the complex problem of non-fire sensitivity testing of optical smoke detectors // Procedia Engineering. 2013. Vol. 62. Pp. 859-867.

А.А. Апарин
(Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России;
e-mail: aparin.ivanovo-37@yandex.ru)

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВИДЕОМОНИТОРИНГА ПРИ ОПЕРАТИВНОМ РЕАГИРОВАНИИ НА ПОЖАР НА ОСНОВЕ ДАННЫХ СО СТАЦИОНАРНЫХ СИСТЕМ

Проведён анализ перспектив и потенциальных направлений развития информационно-аналитического обеспечения мониторинга, осуществляемого посредством стационарных систем видеонаблюдения, необходимого для интеллектуального сопровождения и поддержки принятия решений при управлении сосредоточением сил и средств пожарной охраны к месту вызова.

Ключевые слова: стационарные системы видеонаблюдения, сосредоточение сил и средств, техногенные пожары.

A.A. Aparin

INFORMATION AND ANALYTICAL SUPPORT OF MONITORING DURING RAPID RESPONSE TO A FIRE BASED ON DATA FROM STATIONARY VIDEO SURVEILLANCE SYSTEMS

The article is devoted to the analysis of prospects and potential directions of development of information and analytical support for monitoring carried out by means of stationary video surveillance systems, necessary for intelligent support and decision-making support in managing the concentration of fire protection forces and means to the place of call.

Keywords: stationary video surveillance systems, concentration of fire departments, man-made fires.

Технология видеонаблюдения становится актуальным инструментом для решения широкого спектра задач в области обеспечения пожарной безопасности как на открытых территориях, так и в помещениях различных объектов защиты. Активно создаются модели и алгоритмы для детекции по видеопоследовательностям тех или иных событий, в том числе, связанных с распознаванием в поле зрения источника видеоинформации признаков пожара: пламени и характерного дыма [1-2].

С течением времени появлялись и появляются новые подходы к мониторингу техногенного пожара в реальном времени (в том числе, до момента его возникновения). В частных случаях может наблюдаться изменение роли оператора: от лица, полностью обрабатывающего информацию при помощи когнитивных функций мозга до пользователя систем поддержки принятия решений.

На современном этапе развития способов мониторинга техногенного пожара их можно определить как системы сбора, регистрации, хранения и анализа ключевых признаков и параметров объекта наблюдения для вынесения суждения о его поведении (состоянии), о возникающих и проходящих в данный момент явлениях и процессах).

Также, по мнению авторов [3], видеоинформация, представленная математическими зависимостями, может стать структурной единицей в моделях мониторинга пожаров на открытых территориях, в том числе и в городской среде.

Поясняя данную позицию, стоит отметить, что речь идёт не только о применении модулей видеоаналитики (или обработке результатов мониторинга без алгоритмов, формализуемых искусственным интеллектом), а о том, как полученную информацию можно эффективно использовать далее.

Например, концепция построения и развития аппаратно-программного комплекса "Безопасный город" определяет ряд базовых функциональных требований по направлению "Предупреждение и защита муниципального образования от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, обеспечение пожарной безопасности" [4].

Среди положений можно выделить напрямую относящееся к применению систем и средств видеомониторинга: "предоставление доступа к видеопотоку соответствующих камер видеонаблюдения". По имеющимся сведениям, данная функция может использоваться в деятельности пожарно-спасательных гарнизонов, например, в пожарно-спасательном гарнизоне г. Москва в рамках "Комплексной информационной системы мониторинга и управления силами и средствами экстренных оперативных служб города Москвы" (КИС УСС).

Развивая тему информационно-аналитического обеспечения мониторинга, стоит акцентировать внимание и на положениях [4], относящихся к функциям видеомониторинга косвенно, то есть без прямого упоминания камер видеонаблюдения и потоков видеоинформации:

- моделирование сценариев развития ситуаций и реагирования оперативных служб на чрезвычайные ситуации;

- поддержка принятия решений и обеспечение возможности оперативного управления пожарно-спасательными подразделениями с использованием пространственной информации.

Масштабирование данных задач на область поддержки принятия решений посредством осуществления оперативного видеомониторинга с последующей аналитической обработкой потенциально может оказать положительное влияние на повышение эффективности принятия управленческих решений при осуществлении оперативного реагирования на сообщение о пожаре.

По результатам анализа приведённых выше положений в контексте применения источников видеоинформации при управлении сосредоточением сил и средств (СиС) пожарной охраны для тушения техногенных пожаров, не найдено исследований, посвящённых информационно-аналитическому сопровождению получаемых в режиме реального времени видеоданных для помощи в формировании управленческих решений и моделирования возможной обстановки.

Поэтому, в первую очередь, необходимо определить место стационарных систем и средств видеонаблюдения в общей структуре возможных к применению источников видеоинформации и при общем первичном исследовании вопроса об анализе видеопотока данных в цикле информационно-аналитического и программного обеспечения видеомониторинга действий по тушению пожаров, стоит ориентироваться на возможность совместного и последовательного применения отдельных видов источников видеоинформации.

Теоретические основы развития данного вопроса заложены в работе [5]. По итогам анализа упомянутого источника, стоит отметить, что касательно рассматриваемых систем и средств характерно применение как на этапах оперативного реагирования, так и после прибытия на место пожара.

Под информационно-аналитическим обеспечением мониторинга на основе данных со стационарных систем видеонаблюдения стоит понимать работу систем поддержки принятия управленческих решений, программного обеспечения, решающего определенные задачи или программных комплексов.

Обсуждая тему информационно-аналитического обеспечения мониторинга, осуществляемого на этапах сосредоточения СиС подразделений пожарной охраны к месту техногенного пожара посредством стационарных систем видеонаблюдения, установленных в городской среде или на уличной территории объектов экономики, стоит отметить дуализм данного феномена, который состоит в равной степени важности информационного и аналитического сегмента, сопровождающих процесс работы с видеопотоком для помощи должностным лицам в принятии решения.

На рис. 1 упрощённо представлена концептуальная схема информационно-аналитического обеспечения видеомониторинга техногенного пожара. Детализируя полученную схему, кроме ранее отмеченного дуализма рассматриваемого процесса, стоит обратить внимание также и на системный характер: элементы могут иметь взаимное влияние друг на друга.

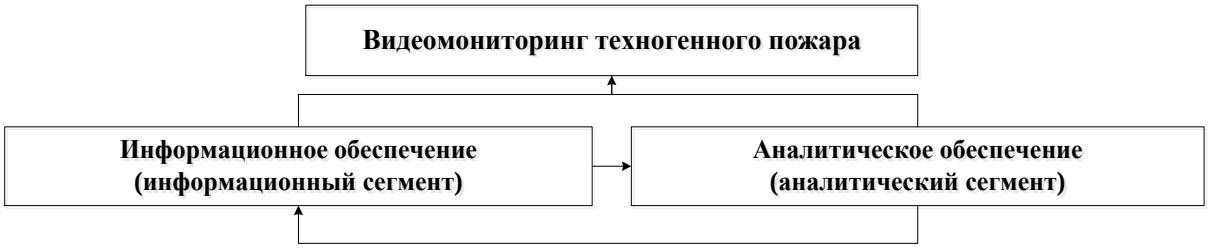


Рис. 1. Концептуальная схема информационно-аналитического обеспечения видеомониторинга техногенного пожара

Также в статье [5] выдвинута гипотеза о том, что теоретически могут существовать группы факторов, влияющих на оценку развивающегося деструктивного события, осуществляемую удалённо непосредственно оператором через системы видеомониторинга (табл. 1).

Таблица 1

Группы факторов

Группа факторов	Характеристика
Первая группа	Факторы, свидетельствующие о ходе событий, не угрожающем жизни и здоровью людей, их имуществу; требующие высылки СиС в меньшем количестве, чем предусмотрено номером выезда (факторы, снижающие ранг пожара). Однако, стоит отметить, что при дальнейшем анализе данная группа факторов будет опущена и условно изображена только графически (рис. 2) как потенциально существующий феномен, но не допустимый в рамках исследования заявленной темы. Это связано с тем, что оператор, работающий в конкретный момент с информацией, может недооценить информацию и верифицировать обстановку неправильно, ошибочно занизив уровень требуемых СиС
Вторая группа	Факторы, свидетельствующие об осложнении обстановки на различных этапах. Факторы, входящие в эту группу, могут служить маркерами, свидетельствующими о необходимости привлечения дополнительных СиС, снижения времени прибытия подразделений или принятия другого необходимого управленческого решения

В развитие вышеизложенной научной гипотезы стоит отметить, что при выявлении в области объективной действительности явлений, интерпретируемых со второй группой факторов и формализации их в виде математических моделей или элементов моделей будет сделан значительный вклад в разработку информационно-аналитического обеспечения видеомониторинга, осуществляемого в реальном времени и направленного на поддержку принятия управленческих решений на этапах сосредоточения СиС пожарной охраны на месте вызова.

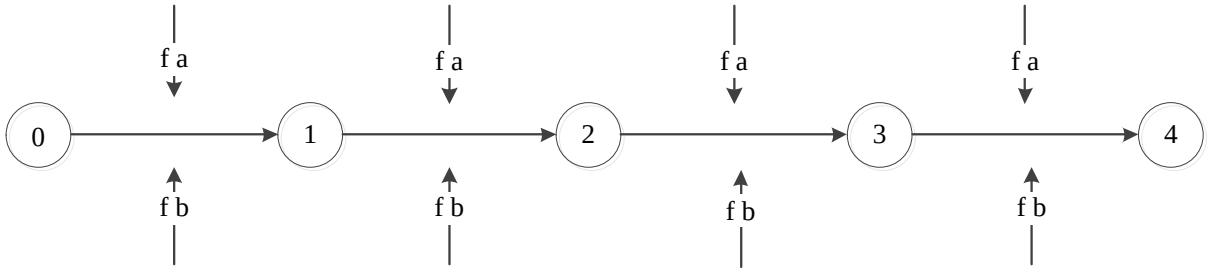


Рис. 2. Процесс сосредоточения СиС на пожаре в виде ориентированного графа:
0 – пожар обнаружен, 1 – диспетчером принято сообщение о пожаре,
2 – осуществлена высылка СиС, 3 – прибытие СиС к месту вызова,
4 – подача первого ствола, f a – первая группа факторов, f b – вторая группа факторов

Перспективной целью авторского коллектива является проведение исследований, направленных на выявления факторов, свидетельствующих об осложнении обстановки при оперативном реагировании подразделений пожарной охраны, изучение возможности их формализации в виде математических зависимостей и т.п. для синтеза теоретической основы построения моделей и алгоритмов информационно-аналитического сопровождения мониторинга, осуществляемого посредством стационарных камер видеонаблюдении, установленных в городской среде или на уличной территории объектов экономики с целью поддержки принятия решений.

Литература

1. Богуш Р.П., Тычко Д.А. Алгоритм комплексного обнаружения дыма и пламени на основе анализа данных систем видеонаблюдения // Доклады Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. 2015. № 6 (92). С. 65- 71.

2. Зайцева А.Ю. Обнаружение дымовых облаков на изображениях лесных массивов в системах противопожарного мониторинга: дисс. ... канд. техн. наук. Новосибирск, 2019. 132 с.

3. Тараканов Д.В., Семенов А.О., Апарин А.А. Модели мониторинга пожаров на открытых территориях: монография. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2022. 103 с.

4. Распоряжение Правительства РФ от 3 декабря 2014 г. № 2446-р "Об утверждении Концепции построения и развития аппаратно-программного комплекса "Безопасный город"".

5. Апарин А.А., Тараканов Д.В., Семенов А.О. Классификация источников видеоинформации и роль видеомониторинга при реагировании на техногенный пожар // Техническое регулирование в области гражданской обороны: сборник материалов круглого стола. 2021. С. 3-7.

Е.В. Степанов
(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: stepanov9619@mail.ru)

ОБ ОЦЕНКЕ СЛОЖНОСТИ ЗДАНИЙ ДЛЯ ДЕЙСТВИЙ ПОЖАРНЫХ В НЕПРИГОДНОЙ ДЛЯ ДЫХАНИЯ СРЕДЕ

Рассмотрен вопрос оценки сложности зданий для действий пожарных подразделений в непригодной для дыхания среде. Определены параметры учитываемые при оценке сложности. Предложено представление планировки зданий в виде графовой модели, что позволит сохранить ключевые факторы, влияющие на проведение разведки газодымозащитниками. Определено направление дальнейшего исследования.

Ключевые слова: оценка сложности, пожарные, здание, действия.

Y.V. Stepanov

ON THE ASSESSMENT OF THE COMPLEXITY OF BUILDINGS FOR FIREFIGHTERS' ACTIONS IN AN INHOSPITABLE ENVIRONMENT

The issue of assessing the complexity of buildings for the actions of fire departments in an unbreathable environment is considered. The parameters taken into account when assessing the complexity are determined. A presentation of the layout of buildings in the form of a graph model is proposed, which will make it possible to preserve the key factors influencing the exploration by gas and smoke protectors. The direction of further research is determined.

Keywords: difficulty assessment, firefighters, building, actions.

Для обеспечения пожарной безопасности зданий повышенной сложности и подвалов сложной планировки подразделения пожарной охраны должны оснащаться дыхательными аппаратами на сжатом кислороде (далее – ДАСК). В соответствии с приказом МЧС России от 9 января 2013 г. № 3 "Об утверждении Правил проведения личным составом федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы аварийно-спасательных работ при тушении пожаров с использованием средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения в непригодной для дыхания среде" решение об оснащении принимает руководитель территориального органа МЧС России. Однако в настоящий момент отсутствуют методика и критерии отнесения планировки зданий с точки зрения действий пожарных подразделений к сложной. Соответственно лицо, принимающее решение основывается лишь на личном опыте.

Приведём обзор по определению сложности планировки зданий. В работе [1] применён метод анализа иерархии. Выделены следующие критерии, влияющие на сложность: этажность, площадь, эвакуационные выходы, витиеватость. Приоритеты критериев оценивались с помощью

опроса. Однако оценка является относительной, так как ограничена множеством зданий, исследуемых в работе, а также не определены требования к компетентности лиц определяющих приоритеты критериев. В исследовании [2] произведена оценка топологической сложности здания в модели эвакуации. Здание представляется в виде модели двудольного графа. Вершинами графа являются помещения и проёмы (двери). Оценка сложности осуществляется на основе следующих показателей: количество помещений, количество проёмов, максимальная ширина графа по подмножеству помещений и минимальное количество вершин графа при обходе в глубину.

Проанализированные работы позволяют определить сложность зданий, однако не могут быть применены при оценке сложности для действий пожарных подразделений, так как не учитывают факторы, влияющие на данный процесс.

В настоящей работе для оценки сложности планировки зданий для действий пожарных подразделений предлагается анализировать параметры, представленные на рис. 1.



Рис. 1. Параметры планировки, влияющие на действия газодымозащитников

По аналогии с работой [2] представим модель здания в виде графа. Для описания используется граф со взвешенными дугами:

$$G = (X, Y, d_x, l_y); \quad X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}; \quad Y = \{y_1, y_2, \dots, y_m\};$$
$$d = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}; \quad l = \{l_1, l_2, \dots, l_m\};$$

где X – множество вершин, представляющих собой помещения (комнаты, лестницы, коридоры); Y – множество дуг, представляющих собой проемы или двери, соединяющие помещения (отрезки маршрута от помещения i к помещению j); d_x – вес вершины (площадь помещения); l_y – метка дуги (состоит из двух значений, каждое значение соответствует присвоенному номеру проёма относительно того или иного помещения).

Рассмотрим конкретный пример планировки подвала (рис. 2).

Помещения представляются в виде вершин графа, проёмы и двери представляются в виде рёбер. Планировка подвала после присвоения соответствующих значений представлена на рис. 3.

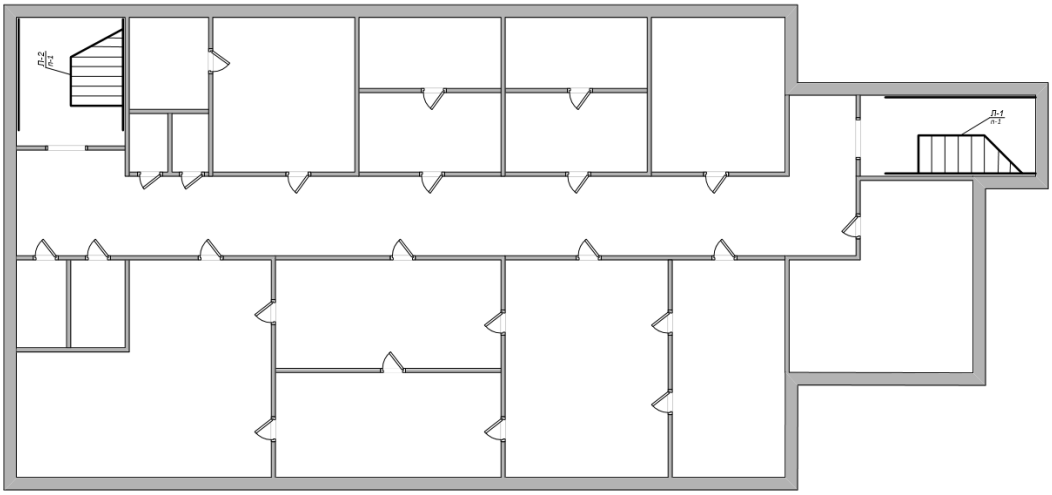


Рис. 2. Планировки подвала

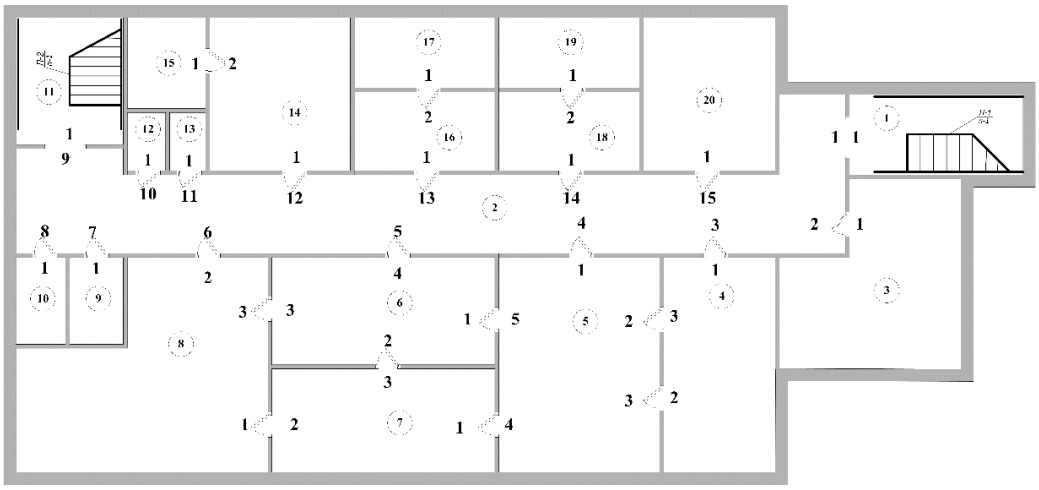


Рис. 3. Планировка подвала с присвоенными значениями

На рис. 4 представлена графовая модель планировки подвала.

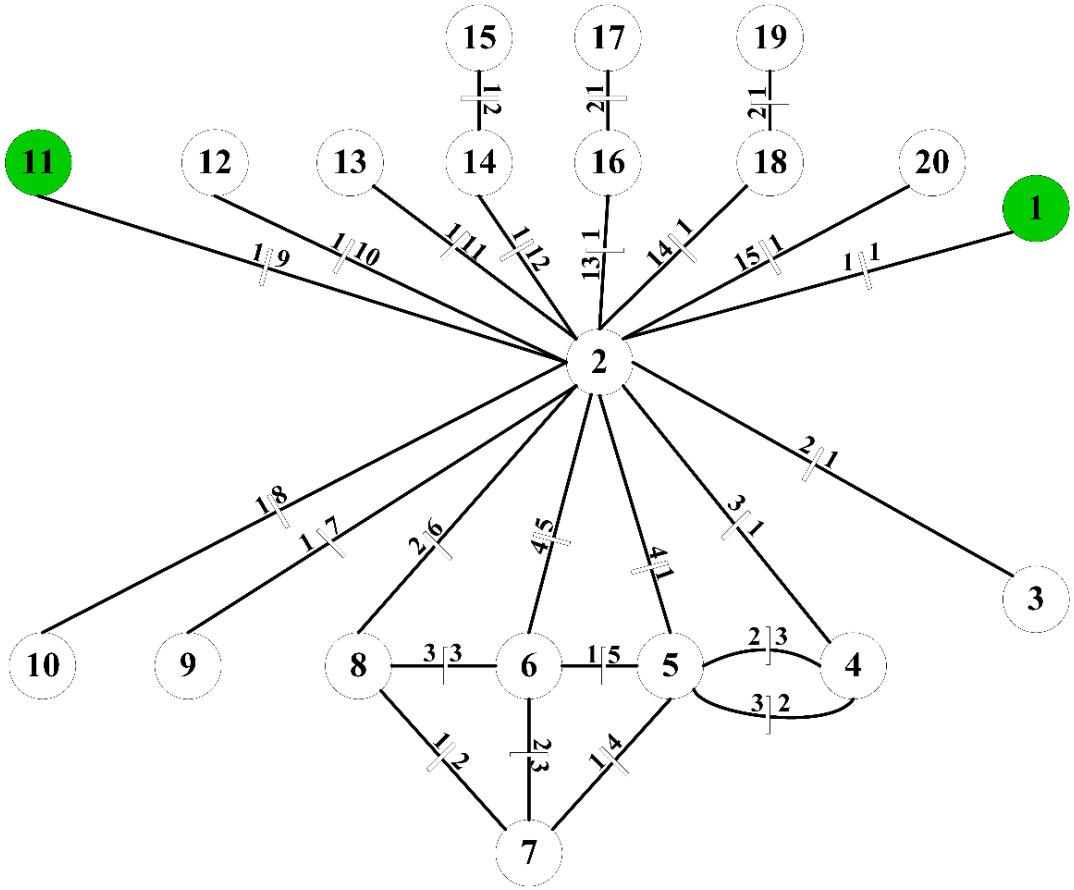


Рис. 4. Графовоя модель планировки подвала

Полученные результаты позволят произвести сравнение планировки различных зданий для действий пожарных подразделений в непригодной для дыхания среде. Однако необходима разработка соответствующего математического аппарата, определение показателя сложности, разработка методики оценки. Данные аспекты будут являться объектом дальнейшего исследования.

Литература

1. Буторина К.С., Евстафьева П.С., Чирков Б.В. Оценка сложности зданий по методу анализа иерархий // Безопасность в техносфере: сб. статей XIII Международной конференции. Ижевск: изд. центр "Удмуртский университет", 2019. С. 55-58.

2. Колодкин, В. М. Оценки топологической сложности зданий в модели эвакуации / В. М. Колодкин, Б. В. Чирков // Безопасность в техносфере: сб. статей XIII междунар. конф. Ижевск: изд. центр "Удмуртский университет", 2019. С. 6-12.

Ш.К. Кадиев
(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: kadiev_s@inbox.ru)

АНАЛИЗ ПРОВЕДЁННОГО ОПРОСА СРЕДИ СОТРУДНИКОВ ЦЕНТРА УПРАВЛЕНИЯ В КРИЗИСНЫХ СИТУАЦИЯХ МЧС РОССИИ В ВИДЕ АНКЕТИРОВАНИЯ

Система Центров управления в кризисных ситуациях (ЦУКС) обеспечивает решение многих сложно структурированных задач управления. Для выявления проблем на этапе реагирования на ЧС составлена анкета опроса специалистов и сотрудников ЦУКС МЧС России. Анкета состоит из 11 вопросов и 2 разделов: общие данные, вопросы, связанные с реагированием на ЧС. Цель опроса – совершенствования реагированием на ЧС с помощью классификации, задача – определение необходимых параметров ЧС для их классификации.

Ключевые слова: анкетирование, антикризисное управление, чрезвычайная ситуация.

S.K. Kadiyev

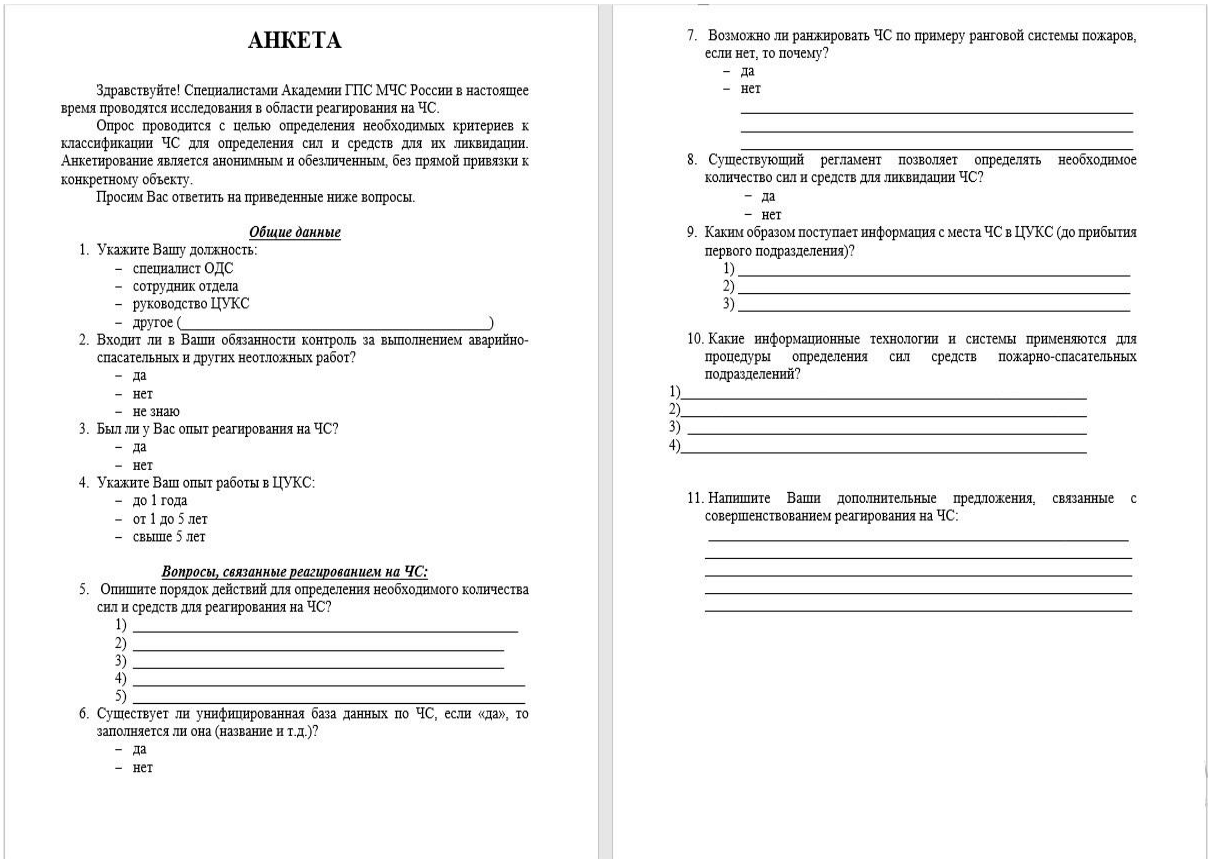
ANALYSIS OF THE SURVEY CONDUCTED AMONG EMPLOYEES OF EMERCOM OF RUSSIA IN THE FORM OF A QUESTIONNAIRE

The system of Crisis Management Centers provides solutions to many complexly structured management tasks. To identify problems at the stage of responding to emergencies, a survey questionnaire was compiled for specialists and of EMERCOM of Russia. The questionnaire consists of 11 questions and 2 sections: general data, questions related to emergency response. The purpose of the survey is to improve the response to emergencies with the help of classification, the task is to determine the necessary parameters of emergencies for their classification.

Key words: questioning, anti-crisis management, emergency situation.

Система Центров управления в кризисных ситуациях (ЦУКС) обеспечивает решение многих сложно структурированных задач управления.

Для выявления проблем на этапе реагирования на ЧС нами составлена анкета опроса специалистов и сотрудников ЦУКС МЧС России. Анкета состоит из 11 вопросов и 2 разделов: общие данные, вопросы, связанные с реагированием на ЧС (рис. 1). Опрос проводится с целью совершенствования реагированием на ЧС с помощью классификации. Задачей опроса является определение необходимых параметров ЧС для их классификации.



АНКЕТА

Здравствуйте! Специалистами Академии ГПС МЧС России в настоящее время проводятся исследования в области реагирования на ЧС.

Опрос проводится с целью определения необходимых критериев к классификации ЧС для определения сил и средств для их ликвидации. Анкетирование является анонимным и обезличенным, без прямой привязки к конкретному объекту.

Просим Вас ответить на приведенные ниже вопросы.

Общие данные

1. Укажите Вашу должность:
   - специалист ОДС
   - сотрудник отдела
   - руководство ЦУКС
   - другое (_____)
2. Входит ли в Ваши обязанности контроль за выполнением аварийно-спасательных и других неотложных работ?
   - да
   - нет
   - не знаю
3. Был ли у Вас опыт реагирования на ЧС?
   - да
   - нет
4. Укажите Ваш опыт работы в ЦУКС:
   - до 1 года
   - от 1 до 5 лет
   - свыше 5 лет

Вопросы, связанные реагированием на ЧС:

5. Опишите порядок действий для определения необходимого количества сил и средств для реагирования на ЧС?
   1) _____
   2) _____
   3) _____
   4) _____
   5) _____
6. Существует ли унифицированная база данных по ЧС, если «да», то заполняется ли она (название и т.д.)?
   - да
   - нет
7. Возможно ли ранжировать ЧС по примеру ранговой системы пожаров, если нет, то почему?
   - да
   - нет

   _____
   _____
   _____
8. Существующий регламент позволяет определять необходимое количество сил и средств для ликвидации ЧС?
   - да
   - нет
9. Каким образом поступает информация с места ЧС в ЦУКС (до прибытия первого подразделения)?
   1) _____
   2) _____
   3) _____
10. Какие информационные технологии и системы применяются для процедуры определения сил средств пожарно-спасательных подразделений?

1) _____
2) _____
3) _____
4) _____

11. Напишите Ваши дополнительные предложения, связанные с совершенствованием реагирования на ЧС:

_____
_____
_____
_____
_____

Рис. 1. Анкета опроса специалистов ЦУКС по реагированию на ЧС

Для получения статистически значимых результатов опроса нужно определить необходимое количество респондентов с помощью формулы расчёта размера выборки [1]:

$$S = \frac{Z^2(p)(1-p)}{C^2},$$

где Z – нормированное отклонение, определяемое исходя из выбранного уровня доверительности (доверительного интервала, доверительной вероятности); p – процент интересующихся респондентами или ответами, в десятичной форме (0,5 по умолчанию); C – доверительный интервал, в десятичной форме (например, 0,04 = ±4 %); S – размер выборки.

Если представить, что общее число специалистов ЦУКС равна 3000 человек, то, исходя из расчёта, размер выборки будет равен 341 респонденту.

После получения анкет все результаты были занесены в автоматическую форму Google Forms, после чего составлена итоговая таблица и проведён анализ полученных данных [2]. В данной работе представлен анализ опроса сотрудников и специалистов ЦУКС ГУ МЧС России по Вологодской области.

Таблица 1

Социальный портрет опрашиваемых

№ п/п	Параметр		Значение, %
1	Должность	Специалист ОДС	67
2		Сотрудник отдела	25
3		Руководство ЦУКС	8
4	Входит ли в обязанности контроль за АСДНР?	Да	42
5		Нет	58
7	Есть ли опыт реагирования на ЧС	Да	83
8		Нет	17
9	Стаж работы	До 1 года	12,5
10		От 1 до 5 лет	45,8
11		Свыше 5 лет	41,7

Из данных табл. 1 видно, что большое количество опрошенных это специалисты оперативно-дежурной смены ЦУКС, которые в повседневном, ежесуточном режиме решают вопросы, связанные с реагированием [3] и ликвидацией чрезвычайных ситуаций. Однако практически половина опрошенных заявила, что в рамках выполнения своих обязанностей они не осуществляют контроль за выполнением аварийно-спасательных и других неотложных работ. 83 % опрошенных имели опыт реагирования на ЧС, только 12,5 % работают в ЦУКС меньше года, более 40 % респондентов имеют стаж работы в подразделениях ЦУКС более 5 лет.

Основная цель опроса заключалась в определение параметров для классификации ЧС с целью определения сил и средств для их ликвидации. В этой связи составлены ряд вопросов для уточнения предметной области. Так на вопрос существует ли унифицированная база данных по ЧС (рис. 1), 63,6 % респондентов ответили, что да, есть. Однако только 40 % смогли написать название базы. Почти 61 % опрошенных заявили, что возможно ранжировать ЧС по типу ранговой системы пожаров.

Исходя из анализа данных анкеты становится ясным, что те информационные ресурсы и системы, которые указывают респонденты не решают вопросы определения необходимого количества сил и средств для ликвидации ЧС, в основном эти продукты оказывают дополнительную помощь при реагировании на ЧС не связанную с вопросами определения необходимой техники и людей на месте ликвидации.

Вместе с тем, после анализа данных анкет из ЦУКС ГУ МЧС по Вологодской области сделан вывод о необходимости расширения вопросов для конкретизации результатов. В этой связи выбран способ построения диаграммы Исикавы, как способ определения причинно-следственных взаимосвязей между факторами и последствиями исследуемой области. С помощью визуализацию связей факторов, влияющих на определение необходимого количества сил и средств для ликвидации ЧС, сформируются вопросы для анкеты.

Определены 6 факторов для построения диаграммы: человек, методика, управление, контроль, информационные технологии, внешняя среда (рис. 2).

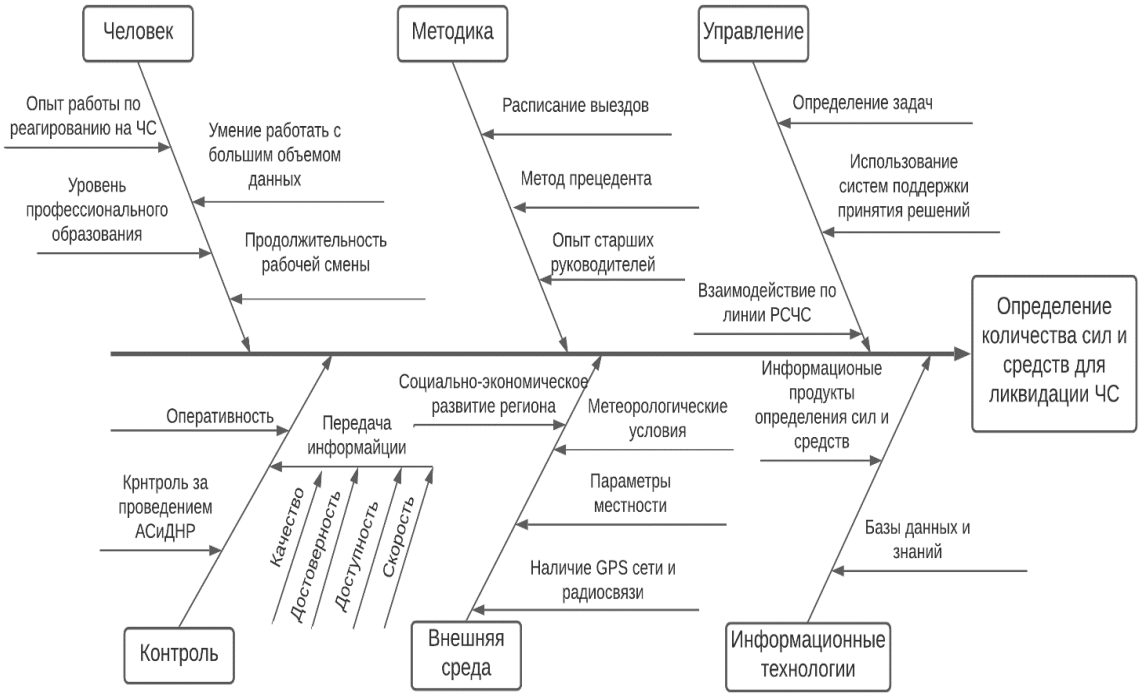


Рис. 2. Определение количества сил и средств для ликвидации ЧС

На основе диаграммы Исикавы сформированы вопросы, ответы на которые помогут провести процедуру классификации ЧС с целью определения необходимого количества сил и средств для их ликвидации. На основе полученных результатов анкеты будет произведен анализ с целью выявления количественных и качественных данных по определению значимых параметров ЧС для их классификации, что позволит определить необходимое количество сил и средств для ликвидации ЧС. Вместе с тем, данные анкеты позволят определить параметры ЧС для составления онтологических моделей реагирования на ЧС.

Литература

1. Антонов Г. В. Выборочный метод в социологических исследованиях //Научный диалог. – 2013. – №. 11 (23). – С. 96-109.

2. Ильясов Ф. Н. Репрезентативность результатов опроса в маркетинговом исследовании //Социологические исследования. – 2011. – №. 3. – С. 112-116.

3. Приказ МЧС России от 16.10.2017 № 444 "Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ".

С.Н. Аникин
(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: neytrinos@mail.ru)

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОСЕТЕЙ ПРИ ТУШЕНИИ ПОДВИЖНЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СОСТАВОВ

Рассмотрены некоторые особенности организации тушения пожаров на подвижном железнодорожном составе, порядок организации обработки оперативных данных на пожаре. Предложена концептуальная модель организации тушения, включающая в себя нейросетевые технологии, а также рассмотрены преимущества её применения.

Ключевые слова: железнодорожный состав, тушение, нейронная сеть, пожарные, обработка данных.

S.N. Anikin

FEATURES OF THE USE OF NEURAL NETWORKS IN EXTINGUISHING ROLLING STOCK

The article discusses some features of the organization of fire extinguishing on rolling stock, the procedure for organizing the processing of operational data on fire. A conceptual model of the organization of extinguishing, including neural network technologies, is proposed, and the advantages of its application are considered.

Keywords: train, extinguishing, neural network, firefighters, data processing.

Возникновение пожаров подвижных железнодорожных составов на путях следования представляет собой особенно сложный вариант события, который с большой долей вероятности влечёт за собой возникновение чрезвычайной ситуации, существенный материальный ущерб, а также может повлечь гибель и травмирование людей.

Необходимость совершенствования реагирования пожарно-спасательными подразделениями на подобные деструктивные события сопряжены с необходимостью принятия во внимание возможных рисков для личного состава пожарно-спасательных подразделений лицом, принимающего решение.

В области исследования управления тактическими возможностями подразделений по тушению пожаров и определению зависимостей эффективности использования ресурсов подразделений в зависимости от их сложности внесли такие учёные как Денисов А.Н., Данилов М.М., Тараканов Д.В. и др., в области теории искусственных нейронных сетей Мак-Каллок У., Питтс У., Минский М., Хлопкова О.А. и др. В области применения нейросетей в пожарной охране проводили свои исследования такие учёные как Станкевич Т.С. (реализация нейро-нечёткой модели при тушении пожаров в морских портах), Вилисов В.Я. (разработка модели по распределению сил и средств пожарной охраны путём реализации алгоритмов

машинного обучения, в том числе нейронных сетей). Однако, исследований в области применения сил и средств подразделений пожарной охраны на пожаре посредством применения нейросетей, формировании и реализации алгоритмов тушения пожаров на его основе для реализации максимально возможного позитивного сценария тушения пожаров подвижных железнодорожных составов до настоящего времени не проводились.

Одной из особенностей пожаров на подвижном железнодорожном составе является его непредсказуемое место территориальной локализации. Достаточно сложно спрогнозировать пожар отдельно взятого подвижного железнодорожного состава в конкретном месте разветвлённой железнодорожной сети страны, то есть, руководитель тушения пожара (РТП) должен в первую очередь предусмотреть организацию своевременной доставки необходимого количества сил и средств (СиС) к месту происшествия.

Следующим немаловажным на начальном этапе фактором является корректный выбор привлекаемых сил и средств. Учитывая действующую систему привлечения сил и средств, основанную на использовании планов привлечения сил и средств пожарно-спасательных гарнизонов для тушения пожаров и проведения АСР (далее – План привлечения) [1], которые в свою очередь довольно жёстко предписывают использовать конкретные силы и средства подразделений по установленным рангам пожара, можно логично предположить, что предусмотренный Планом привлечения перечень СиС, который окажется на пожаре, может не на 100 процентов соответствовать оптимальному. Как итог, РТП довольно часто приходится работать по принципу "то, что есть на месте" (в соответствии с рангом пожара) и только в отдельных случаях опытный руководитель привлекает дополнительные единицы специальной техники, когда заранее на основе своего опыта может спрогнозировать, например, затяжной характер происшествия, либо отдельные нюансы его развития, которые РТП с небольшим боевым опытом может не предусмотреть.

В результате проведённой работы [2] зарубежными исследователями были определены операционные пределы человеческого мозга при попытке выполнения нескольких задач одновременно. Оказалось, что человек может максимум выполнять только две из них, третья будет попросту игнорироваться мозгом. Таким образом, оперативные возможности отдельного человека не позволят выполнить весь спектр задач одновременно. В том числе для компенсации этих ограничений на месте происшествия создаётся штаб пожаротушения, призванный обеспечить систематизацию и анализ широкого спектра задач.

Большая часть предлагаемых штабом решений является предварительно-оценочной, поэтому РТП следует ответственно подходить к выбору системы, по которой они будут проводить оценку действий. То есть, для оценки и дальнейшего прогноза условий пожаротушения РТП требуется наличие полной картины сложившейся текущей ситуации, поскольку только в этом случае РТП сможет корректно оценить параметры организации тушения пожара [3].

Технология принятия решения руководителем тушения пожара с учётом критерия многозадачности следует рассматривать как целостный процесс поэтапного принятия оптимального решения из многообразия возможных.

Однако, следует понимать, что процесс автоматизации процесса принятия решения осуществляется не только в целях ускорения процесса тушения, а также в целях избегания различных ошибок в том числе при выполнении задач низкого уровня сложности.

Применение нейросети при организации тушения пожара на железнодорожном составе позволят автоматизировать определенные этапы принятия решений РТП или спрогнозировать некоторые характерные процессы, который регулярно возникают при тушении таких пожаров (определение ранга вызова, необходимость привлечения дополнительных сил и средств, корректное обоснование привлечения резервной техники, прогнозирование успешности хода тушения пожара в зависимости от поданных стволов и применения определенного огнетушащего вещества и т.д.).

При этом применяемый метод нейросетевого программирования позволит нивелировать непохожесть существующих входящих параметров. Это достигается тем, что корректно обученная нейронная сеть уже учитывает основные взаимозависимости параметров, поскольку обучается на соответствующей доступной обучающей выборке. При этом каждый последующий пожар, как правило, не отличается принципиально от пожаров такого типа, произошедших ранее. Таким образом, следует вывод о том, что для пожаров одного и того же типа необходимо унифицировать пакет входящих данных, то есть определить перечень контрольных параметров, представляющих собой некий набор данных. Унификация может быть достигнута, кроме всего прочего, и путём автоматизированного считывания и обработки доступных данных с оборудования. Схема обработки данных при пожаре нейронной сетью будет иметь вид (рис. 1).

При применении нейросетей в сфере организации тушения пожаров подвижных железнодорожных составов возникает другая проблема – вероятность недостаточного количества данных для обучающей выборки.

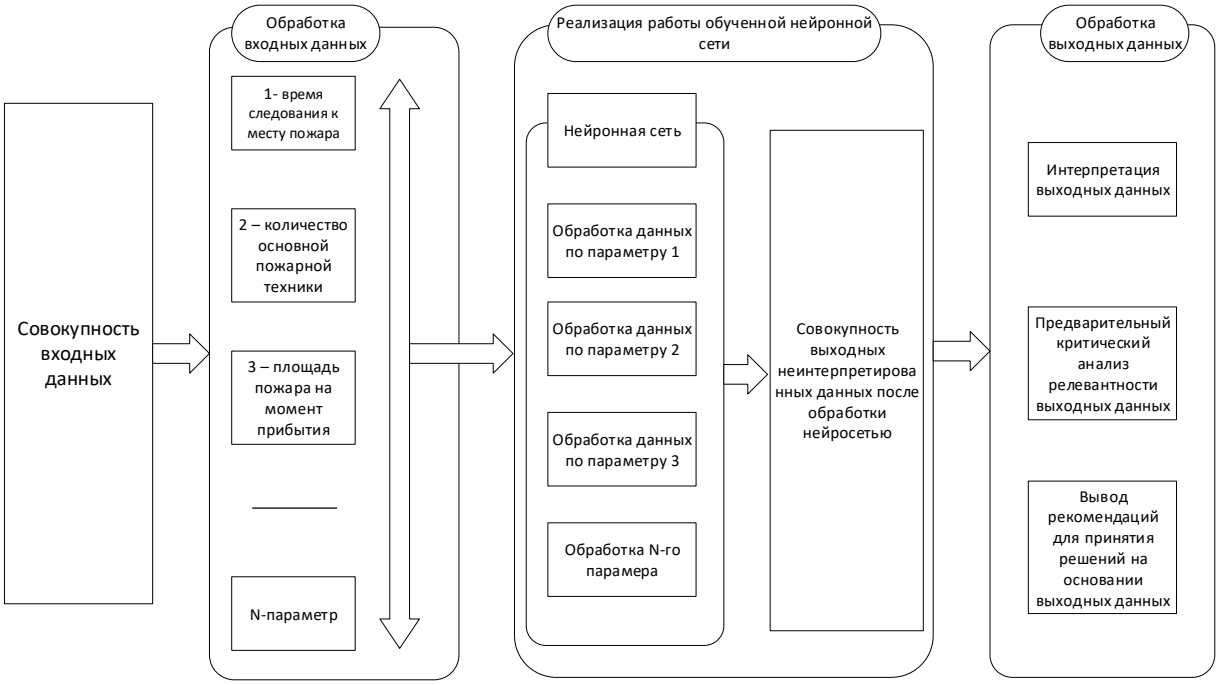


Рис. 1. Схема обработки данных нейросетью при пожаре [4]

То есть, в первую очередь необходимо решить проблему ограниченного объёма обучающей выборки, поскольку согласно имеющимся статистическим данным за 2016-2020 гг. произошло всего 339 пожаров (рис. 2). Изначально можно предположить, что данного количества явно недостаточно для обучения нейросети традиционным способом, поскольку для реализации процесса обучения требуются тысячи примеров в обучающей выборке. Однако, и эта проблема в настоящее время может быть решена с достаточной степенью приемлемости.

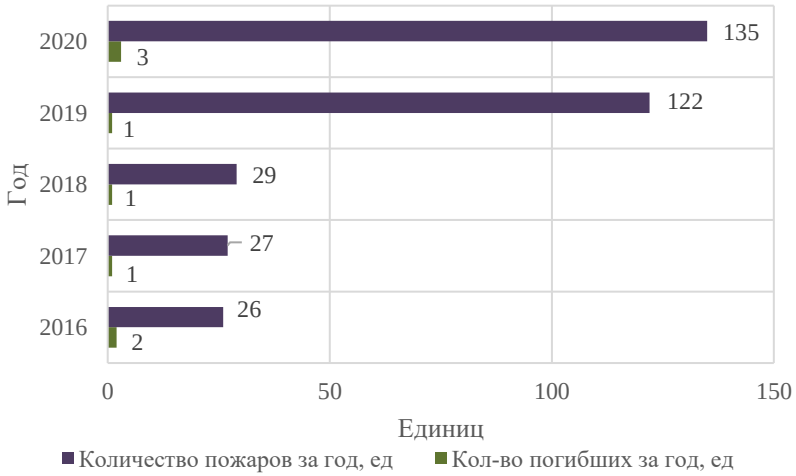


Рис. 2. Динамика количества пожаров и количества погибших на пожарах железнодорожных составов в 2016-2020 гг.

Из широкого спектра методов решения проблемы ограниченной выборки авторами в настоящее время отдаётся предпочтение методу нечёткой логики и нечётких множеств для решения проблемы малого объёма обучающих данных в диффузионных нейронных сетях. Поскольку подобные сети имеют большое количество входных параметров, и, как следствие, очень насыщенную структуру, то данный тип наиболее полно подходит для реализации модели тушения. Подход предполагает составление нечётких "если – то" правил для описания связей между различными параметрами, которые позволяют преодолеть проблему противоречивости и недостатка данных, что в условиях организации тушения пожара является крайне важным. С использованием этих правил и методов дефаззификации, то есть преобразования в чёткое число, получатся новые примеры, за счёт которых имеющаяся обучающая выборка может быть расширена [5].

Следует понимать, что скорость реализации алгоритма принятия решения предварительно обученной нейронной сетью позволит достаточно быстро обрабатывать входящие данные и в результате осуществлять прогноз обстановки на пожаре в краткосрочной перспективе. В любом случае, фактические затраты времени на обработку соответствующих данных нейросетями будут кратно меньше, чем время обработки этих же данных личным составом подразделений.

Возможность моментального прогнозирования обстановки на основе текущих данных хотя бы на низком уровне позволит значительно снизить время реакции лица, принимающего решение.

Заключение

Таким образом, преимуществом применения нейронных сетей является то, что применение средств автоматизации в виде соответствующего программного обеспечения с интуитивно понятным интерфейсом на их базе позволит как минимум существенно повысить производительность системы принятия решений РТП, автоматизировав разработку элементарных прогнозов и рекомендаций, на основе которых РТП сможет осуществлять принятие части управленческих решений условно "низкого" уровня (подразумевающие простую логику принятия без сложных зависимостей) согласием либо непринятием. Кроме того, система позволит осуществлять постоянный прогноз обстановки на пожаре на начальном этапе и в краткосрочной перспек-

тиве развития пожара при своевременном внесении динамически изменяемых существенных факторов (такие как площадь пожара, наличие огнетушащих веществ, количество личного состава и т.д.) на различных этапах тушения.

Следует отметить, что применение алгоритмов принятия решений, основанные на нейронных сетях позволят в отдельных случаях нивелировать недостаток практического опыта молодого руководителя тушения пожара, тем самым снижая риски принятия критически некомпетентных решений и в итоге положительно влияя на ход ликвидации ЧС в целом.

В перспективе в зависимости от эмпирических результатов и практической верификации полученных результатов обученную нейронную сеть можно будет соответствующим образом корректировать и "доучивать" на перманентной основе, таким образом постоянно увеличивая степень точности прогнозов, предлагаемых руководителю тушения пожара на месте, тем самым качественно повышая тактические возможности пожарных подразделений в области управления по мере накопления эмпирических данных.

Литература

1. Приказ МЧС России от 25 октября 2017 г. № 467 "Об утверждении Положения о пожарно-спасательных гарнизонах".

2. Sylvain Charron, Etienne Koechlin. Divided Representation of Concurrent Goals in the Human Frontal Lobes// Science. 2010. Pp. 328, 360. DOI: 10.1126/science.1183614

3. Приказ МЧС России от 16 октября 2017 г. № 444 "Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ".

4. Денисов А.Н., Цокурова И.Г., Аникин С.Н. Модель и алгоритм управления рисками гибели пожарных при тушении пожаров на металлургических предприятиях // Computional nanotechnology. М.: Юр-Вак. № 3, Т. 8. С. 76-85.

5. Huang C., Moraga C.A. Diffusion-Neural-Network for Learning from Small Samples // International Journal of Approximate Reasoning. 2004. Vol. 35. Pp. 137-161.

Е.В. Николаенко
(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: asty86@mail.ru)

ПСИХОИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОДХОД ПРИ ОТБОРЕ КАНДИДАТОВ НА ОБУЧЕНИЕ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ МЧС РОССИИ

Рассмотрена структура отбора кандидатов на обучение как составляющая кадровой политики МЧС России. Представлена модель профессионально важных характеристик личности, определённых для будущего сотрудника МЧС России. Рассмотрена дополнительная переменная модели, обеспечивающая оптимизацию образовательного процесса, в основе которой лежат механизмы по формированию функциональной, информационной и целенаправленной структуры коллектива.

Ключевые слова: профессиональный отбор, модель, управление, образование, соционика.

Y.V. Nikolayenko

PSYCHO-INFORMATIONAL APPROACH IN THE SELECTION OF CANDIDATES FOR TRAINING IN EDUCATIONAL ORGANIZATIONS OF THE SYSTEM OF THE EMERCOM OF RUSSIA

The structure of the selection of candidates for training as a component of the personnel policy of the EMERCOM of Russia is considered. A model of professionally important personality characteristics, defined for a future employee of the EMERCOM of Russia, is presented. An additional variable of the model is considered, which ensures the optimization of the educational process, which is based on mechanisms for the formation of a functional, informational and purposeful structure of the team.

Keywords: professional selection, model, management, education, socionics.

Кадровая политика МЧС России включает в себя систему мероприятий, направленных на подбор, подготовку и расстановку личного состава, предназначенного для решения задач, находящихся в ведении МЧС России. Кадровая политика как система особое место отводит подготовке специалистов в образовательных организациях. МЧС России, как и любая силовая структура Российской Федерации организована таким образом, что система сама обеспечивает подготовку высококвалифицированных кадров и формирует кадровый потенциал исходя из потребности.

Согласно нормативно-правовым документам кандидаты на обучение в качестве курсантов (далее – кандидаты) должны соответствовать требованиям, установленным законодательством Российской Федерации для граждан, поступающих на службу в федеральную противопожарную службу Государственную противопожарную службу (ФПС ГПС) [1].

Отбор кандидатов происходит поэтапно, и в большей мере обусловлен потребностью комплектующего органа в сотруднике соответствующего уровня подготовки по специальности, обладающего определенным набором личностных характеристик и компетенций.

Комплектующими органами и образовательными организациями проводятся мероприятия направленные на определение годности кандидатов к обучению в образовательных организациях МЧС России. Эти мероприятия включают предварительный и профессиональный отбор кандидатов.

Предварительный отбор кандидатов проводится комплектующими органами согласно планам, включает в себя изучение кандидатов на соответствие требованиям установленным законодательством Российской Федерации для граждан, поступающих на службу в ФПС ГПС: наличие гражданства Российской Федерации, необходимого уровня образования, возраста, состояние здоровья, уровня физической подготовленности, категории профессиональной пригодности.

Профессиональный отбор кандидатов проводится образовательными организациями в целях определения способности кандидатов осваивать образовательные программы соответствующего уровня и включает:

- определение годности кандидатов к поступлению в образовательную организацию МЧС России по состоянию здоровья;

- определение категории профессиональной пригодности кандидатов на основе их социально-психологического изучения, психологического и психофизиологического обследования;

- вступительные испытания, состоящие из оценки уровня общеобразовательной подготовленности кандидатов при приёме на обучение в образовательную организацию МЧС России и уровня физической подготовленности кандидатов.

Мероприятия по отбору кандидатов на обучение являются частью системы подготовки кадров МЧС России и имеют особую значимость. От качества организации и проведения мероприятий зависит вектор кадровой политики МЧС России в будущем. Комплектующие органы заинтересованы в получении кадровой единицы, способной успешно выполнять функции по предназначению. Образовательная организация в свою очередь с особым вниманием относится к качеству поступающих кандидатов, так как это объект основной деятельности в процессе её профессионального становления.

В качестве константы, предъявляемой для кандидатов всех направлений подготовки, выступают: гражданство, возраст и уровень образования. Эти позиции являются достаточно однозначными то есть определяют строгие рамки для граждан, претендующих на поступление.

По своим личным, деловым, профессионально-психологическим качествам, физической подготовке и состоянию здоровья кандидаты должны быть способны выполнять обязанности, возложенные на личный состав ФПС ГПС. Уровень здоровья кандидатов определяется в соответствии с требованиями к состоянию здоровья граждан, поступающих на службу в ФПС ГПС и проводится в рамках специальной военно-врачебной комиссии. Этот показатель является также определяющим, так как к поступлению в образовательные организации в качестве курсантов пожарно-технических специальностей допускаются кандидаты, имеющие группу А (годен к службе в ФПС ГПС по 1 группе предназначения).

Следующим этапом отбора является определение категории профессиональной пригодности. Специалисты психологической службы МЧС России проводят мероприятия направленные на изучение характеристик личности и способности кандидата к деятельности по предназначению сотрудников МЧС России [2]. В ходе психодиагностического обследования и индивидуальной беседы изучаются социально-психологические и психофизиологические характеристики личности, которые отражают:

- медико-биологические факторы (неблагоприятная наследственность, экзогенные факторы и другие внешние патологические воздействия, их последствия);
- психосоциальные факторы (неблагоприятные социально-средовые факторы, психическая адаптация, эмоциональное состояние).
- факторы риска (уровень интеллектуального развития, наличие негативных личностных характеристик, уровень нервно-психической устойчивости и др.)

Индивидуальное или групповое психодиагностическое обследование проводится в соответствии с обязательным стандартом, утверждённым в методических рекомендациях по проведению первичного профессионального психологического отбора кандидатов на обучение в государственные образовательные учреждения высшего профессионального образования МЧС России, и включает в себя:

- Изучение уровня интеллекта кандидата.
- Методики многофакторного исследования личности.
- Оценка индивидуально-психологических особенностей личности.
- Определения нервно-психической устойчивости и риска дезадаптации в стрессе.
- Социально-психологические и психофизиологические характеристики личности оформляются в виде заключения, которое содержит три блока личностных характеристик: интеллектуально-мнестический, эмоционально-личностный и мотивационно-волевой.

Принцип профессионального психологического отбора заключается в выявлении определенного количества маркеров фактора риска, что позволяет отнести кандидата к группе профессиональной пригодности. Так при наличии более 20 маркеров фактора риска выставляется IV категория профессиональной психологической пригодности с заключением – "не рекомендован".

Проанализировав нормативно-правовые документы, регламентирующие отбор кандидатов, характеристики кандидата на обучение можно представить в следующим виде:

$$(O + F) + \frac{K+L+M}{FR},$$

где O – гражданин РФ, возраст 17-30 лет, образование среднее общее и (или) среднее профессиональное; F – группа здоровья А (годен к службе в ФПС ГПС по 1 группе предназначения), высокий уровень физической подготовки; K – общий уровень интеллектуального развития выше среднего, оперативность, развитое абстрактное мышление, быстрая обучаемость; L – эмоциональная стабильность, общительность, открытость, готовность к сотрудничеству, спокойствие, самоконтроль, уравновешенность, доброжелательность, осознанное соблюдение общепринятых моральных правил и норм, совестливость; M – ответственность, целенаправленность, мотивация, стрессоустойчивость, готовность к риску; FR – сумма факторов риска (медико-биологические факторы, психосоциальные факторы и факторы риска по психодиагностическим методикам). При этом сумма факторов риска стремится к min.

Таким образом, профессиональный психологический отбор кандидатов направлен на выявление ряда патологических характеристик личности, препятствующих освоению профессии пожарно-технического профиля. Он всесторонне описывает личность, исключая тем самым приём на службу кандидатов потенциально опасных для такого рода деятельности.

Такое структурированное и углублённое изучение кандидата позволяет повысить качество отбора и даёт возможность правильно формировать кадровый потенциал МЧС России. Однако оно не решает ряд основных кадровых вопросов. Увольнение молодых специалистов и низкая укомплектованность боевых подразделений имеет особую актуальность и в настоящее время. В частности, по результатам деятельности МЧС России за 2021 год данный вопрос является проблемным и находится на особом контроле у руководства. От укомплектованности подразделений квалифицированными и подготовленными специалистами зависит общий результат деятельности, выраженный в количестве спасённых человеческих жизней.

Кандидат, наиболее подходящий по своим характеристикам, попадает не просто в образовательную среду, в первую очередь он становится частью коллектива, для которого специфична экстремальная направленность деятельности и информационного обмена. И здесь становится очевидным, что одного набора профессионально важных качеств недостаточно.

Для решения данного вопроса актуальным является включение определения соционического типа личности будущего сотрудника, как механизма управления образовательным процессом. Психоинформационный подход позволяет целенаправленно формировать учебные коллективы с оптимальным социально-психологическим климатом и определять на этапе отбора кандидатов их способность осваивать профессию пожарно-технического профиля. На данный момент такое изучение личности и коллективов не предусмотрено при отборе и дальнейшем сопровождении образовательного процесса в системе МЧС России.

Важно не только определять исключения, которые препятствуют поступлению на службу, но и качественные характеристики личности положительно влияющие на успешность освоения профессии пожарно-технического профиля, как фактор уменьшения деструктивных проявлений в процессе обучения и дальнейшей профессиональной деятельности. В исследованиях Коваленко Р.К. и Звонаревой Н.А. рассматривается взаимосвязь между соционическим типом и пятифакторной моделью личности. Модель "большая пятерка" является диспозициональной моделью личности и включает в себя 25 первичных факторов, которые группируются в пять вторичных факторов: "экстраверсия – интроверсия", "привязанность – обособленность", "самоконтроль – импульсивность", "эмоциональная устойчивость – неустойчивость" и "практичность – экспрессивность" [3]. Если обратиться к выводам о высокой степени обобщённости пятифакторной модели по отношению к факторным теориям личности Р. Кеттелла, сделанным в ходе исследований взаимосвязей между составляющими их личностными измерениями, то можно говорить о целесообразности использования методики Кеттелла не только для определения маркеров факторов риска, но и соционических типов личности.

Определение соционических типов личности – это изучение процессов обмена информацией человека с окружающим и внутренним миром, а также между людьми как типами информационного метаболизма. Информационный метаболизм представляет собой процесс усвоения, обработки и передачи информации психикой человека и существует на стыке трех дисциплин – психология, социология и информатика.

В работах доктора технических наук, профессора Семикова В.Л., посвящённых организационно-управленческим проблемам в социально-экономических системах, рассматривается вопрос о зависимости качества выполнения работы определенной направленности от психотипа личности. В исследованиях, направленных на раскрытие данного вопроса выявлено преимущественное преобладание определенных соционических типов личности среди сотрудников силовых структур, в частности в Государственной противопожарной службе МЧС России. В работах определены наиболее подходящие типы: логико-сенсорный экстраверт, логико-сенсорный интроверт и этико-сенсорный экстраверт [4]. В исследованиях возможностей соционики в кадровом обеспечении системы МВД Подмаркова И.П. отмечает и логико-интуитивные типы информационного метаболизма. Забиров М.В. в своей работе предлагает определять общие склонности личности к различным видам правоохранительной деятельности через соционическую оценку, определяя наиболее предпочтительные [5]. Соционические подходы применяются и в авиационной деятельности при формировании экипажей воздушных судов.

Такое широкое применение методов определения типов информационного метаболизма позволяет использовать их в качестве управленческой технологии кадровой политики МЧС России. Изучение соционических типов личности курсантов образовательных организаций МЧС России и включение этой переменной в модель, обеспечит оптимизацию образовательного процесса в основе которой лежат механизмы по формированию функциональной, информационной и целенаправленной структуры коллектива.

Литература

1. Приказ МЧС России от 5 декабря 2018 г. № 571 "Об утверждении Порядка и условий приёма на обучение в образовательные организации высшего образования, находящиеся в ведении МЧС России".

2. Методические рекомендации по проведению первичного профессионального психологического отбора кандидатов на обучение в ГОУ ВПО МЧС России. ФКУ "Центр экстренной психологической помощи МЧС России", 2011.

3. Коваленко Р.К., Звонарёва Н.А. Исследование взаимосвязи между соционическим типом и моделью "большая пятёрка" // Психолог. 2021. № 3. С. 62-88.

4. Абрамова Н.Б., Бутузов С.Ю., Долгополов С.С. Распределение типов информационного метаболизма сотрудников противопожарной службы МЧС России // Менеджмент и кадры: психология управления, соционика и социология. 2012. № 11. С. 5-12.

5. Забиров М.В. Соционическая оценка общих склонностей личности к различным видам правоохранительной деятельности // Психологические технологии в экстремальных видах деятельности: матер. IV междунар. науч.-практ. конф.: Донецкий юридический институт ЛГУВД им. Э.А. Дидоренко, 2008. С. 148-152.

О.Н. Костенко
(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: soul_005@mail.ru)

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ КАДРОВОЙ РАБОТЫ В СИСТЕМЕ МЧС РОССИИ

Комплектование личного состава структурных подразделений МЧС России для выполнения служебных задач компетентными и профессиональными сотрудниками является одной из важнейших задач системы МЧС России. Необходимо рассмотреть и использовать в работе современные информационные технологии, позволяющие управлять данными о сотнях и тысячах работников. Использование автоматизированных систем даёт возможность сократить временные затраты на обработку большого количества информации и анализ данных, позволяет эффективно планировать и осуществлять кадровую политику.

Ключевые слова: управление, кадровый состав, совершенствование, цифровая трансформация, управленческое решение.

O.N. Kostenko

SOME FEATURES OF PERSONNEL WORK IN THE SYSTEM OF EMERCOM OF RUSSIA

The staffing of the personnel of the structural units of the EMERCOM of Russia for the performance of official tasks by competent and professional officials is one of the tasks of the system of the EMERCOM of Russia. It is necessary to consider and use modern information technologies in the work, compare the management of data on hundreds and thousands of employees. The use of automated systems makes it possible to reduce the time spent on processing a large amount of information and data analysis, and allows you to effectively plan and implement personnel policy.

Keywords: management, personnel structure, improvement, digital transformation, management decision.

Комплектование личного состава структурных подразделений МЧС России для выполнения служебных задач компетентными и профессиональными сотрудниками является одной из важнейших задач системы МЧС России.

Согласно ст. 76 Федерального закона от 23 мая 2016 г. № 141-ФЗ "О службе в федеральной противопожарной службе Государственной противопожарной службы и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" (с изменениями и дополнениями), формирование кадрового состава федеральной противопожарной службы в федеральном органе исполнительной власти в области пожарной безопасности, подразделениях осуществляется на основе следующих принципов:

1) обязательный профессиональный отбор при равном доступе граждан к службе в федеральной противопожарной службе;

2) совершенствование профессиональных знаний и навыков сотрудников федеральной противопожарной службы;

3) назначение сотрудников федеральной противопожарной службы на должности с учётом уровня их квалификации, заслуг в служебной деятельности, личных и деловых качеств;

4) соблюдение последовательности прохождения службы в федеральной противопожарной службе и присвоения специальных званий.

Основными направлениями формирования кадрового состава федеральной противопожарной службы являются:

1) подготовка на плановой основе кадров для замещения должностей в федеральной противопожарной службе;

2) создание условий для профессионального и должностного роста сотрудников федеральной противопожарной службы;

3) оценка результатов служебной деятельности сотрудников федеральной противопожарной службы путем проведения аттестации;

4) создание кадрового резерва и его эффективное использование;

5) применение современных кадровых технологий при приёме на службу в федеральную противопожарную службу и её прохождении [1].

В настоящее время значительно возрастает нагрузка на кадровый аппарат в части сбора, хранения, учёта, обработки, обобщения, анализа информации и личных данных сотрудников организации системы МЧС России, что затрудняет принятие верных управленческих решений, в частности расстановки личного состава на соответствующие должности.

Проблемой расстановки кадровых ресурсов в современных условиях, изменением профессиональных требований к сотрудникам, в том числе вызванных цифровизацией и цифровой трансформацией системы управления, изменением алгоритмов управления и проблемой нехватки фонда рабочего времени в условиях резкого возрастания информационных потоков обусловлена актуальность выбранного направления исследования.

В качестве одной из национальных целей развития Российской Федерации определена цифровая трансформация [5]. В 2020 году разработана Программа цифровой трансформации МЧС России на 2021 год и плановый период 2022 и 2023 годов. Целью цифровой трансформации МЧС России является повышение эффективности деятельности за счёт внедрения цифровых технологий.

Цифровая трансформация, сокращение рутинных операций и переход на выработку решений на основе использования больших данных – основные направления для повышения оперативности и качества принимаемых решений для эффективного выполнения задач для достижения национальных целей развития.

В связи с возрастанием потоков информации на различных уровнях управления, для успешного функционирования подразделений федеральной противопожарной службы МЧС России требуется высокий уровень подготовки, а также необходимые знания и умения для выполнения все усложняющихся функциональных обязанностей.

Рутинные операции с большим объёмом информации зачастую происходит вручную, что создаёт большую нагрузку на сотрудников кадровых подразделений в условиях ограниченного фонда рабочего времени.

Возникает необходимость совершенствования методов и алгоритмов поддержки управления кадровыми ресурсами для оценки характеристик сотрудников, таких как пол, возраст, образование, наличие учёной степени, учёного звания, стаж работы по направлению деятельности, стаж работы на руководящих должностях, профессиональные характеристики, наличие/отсутствие дисциплинарных взысканий, наличие/отсутствие спортивных разрядов, антропометрические характеристики и т.д. для дальнейшего назначения сотрудников на соответствующие должности. Возникает сложность с обработкой и анализом представленной информации о сотруднике, что затрудняет принятие верного решения по расстановке кадров. Необходимо создание программного продукта для удобного, более наглядного представления и сравнения кандидатов для оценки компетентности личного состава и для последующего назначения на соответствующие должности.

Управление – это непрерывный процесс воздействия на коллектив людей, организация координации их деятельности в процессе производства для достижения наилучших результатов при минимальных затратах.

Чтобы принять обоснованное решение, недостаточно обладать высокой профессиональной квалификацией. Много зависит от индивидуальных способностей руководителя, его умения работать с людьми, личной инициативы, интуиции. Следовательно, для управления коллективом нужно обладать теорией управления и научиться творчески её применять [2].

Эффективность работы Государственной противопожарной службы во многом определяется правильностью и своевременностью принятия управленческих решений, минимизирующих риски пожарной опасности. Выработка управленческих решений производится в процессе осуществления аналитической работы сотрудниками Государственной противопожарной службы. Одним из видов управленческих решений являются решения на осуществление мер пожарной безопасности, позволяющих снизить риски. Применение каждой меры требует определённых материальных затрат, отказ от применения меры или её несвоевременное применение может привести к значительным материальным потерям. Поэтому актуальной является задача выбора решений на применение конкретных мер [3].

Внедрение современных информационных технологий, специализированных программных продуктов позволит вести учёт личного состава, сократить временные затраты на анализ и обработку большого объёма информации, уменьшить вероятность ошибок при заполнении документов и отчётов. В целом это поможет стать кадровой службе более квалифицированной, технически оснащённой, постоянно совершенствующей свою деятельность, способной эффективно решать вопросы кадрового обеспечения деятельности МЧС России.

В настоящее время остаётся необходимость оптимизировать и автоматизировать работу по сбору, хранению, учёту, обработке, обобщению и анализу информации и личных данных сотрудников, для качественного и результативного распределения фонда рабочего времени сотрудников кадрового аппарата в целом, и для комплектования личного состава структурных подразделений МЧС России профессиональными, компетентными сотрудниками, в соответствии с их квалификацией и профессиональной подготовкой, в частности, а также совершенствовать систему автоматизированного управления кадровыми ресурсами для поддержки принятия управленческих решений при решении кадровых вопросов. Необходима разработка моделей и алгоритмов, применимых для процесса поддержки принятия управленческих решений кадровых вопросов в подразделениях системы МЧС России, что позволит работникам кадровых подразделений более результативно и качественно выполнять возложенные задачи.

Литература

1. Федеральный закон от 23 мая 2016 г. № 141-ФЗ "О службе в федеральной противопожарной службе Государственной противопожарной службы и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" (с изменениями и дополнениями).

2. Управление персоналом: учебник А.В. Дейнека. М.: Дашков и К, 2017.

3. Брушлинский Н.Н. Системный анализ деятельности Государственной противопожарной службы. М.: МИПБ МВД России, "Юникс", 1998.

4. Приказ МЧС России от 20 марта 2017 г. № 121 "О некоторых вопросах централизованного учёта персональных данных сотрудников федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы и граждан Российской Федерации, поступающих на службу в федеральную противопожарную службу Государственной противопожарной службы".

5. Приказ МЧС России от 1 декабря 2016 г. № 653 "О квалификационных требованиях к должностям в федеральной противопожарной службе Государственной противопожарной службы".

ИНФОРМАЦИЯ О КОНФЕРЕНЦИИ "ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ – 2023"

Приглашаем Вас принять участие в работе XII Международной научно-практической конференции молодых учёных и специалистов «Проблемы техносферной безопасности – 2023» – г. Москва, Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, 18 апреля 2023 г.

Основные направления работы конференции

1. Технологии и системы обеспечения пожарной безопасности.
2. Проблемы прогнозирования и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.
3. Безопасность жизнедеятельности, экологическая безопасность и охрана труда.
4. Организационно-управленческие проблемы, организация надзорной и экспертной деятельности в области техносферной безопасности.

К участию в конференции в качестве докладчиков приглашаются преподаватели, научные сотрудники, специалисты, адъюнкты (аспиранты), магистранты ***до 35 лет*** включительно. Соавторы докладов могут быть старше указанного возраста.

Приём докладов осуществляется с 18 января по 1 марта 2023 г.
Рассмотрение поступивших докладов – с 1 марта по 15 марта 2023 г.
Представление окончательной версии доклада – до 21 марта 2023 г.

В рамках конференции планируется проведение конкурса программных разработок молодых учёных и специалистов и семинара по системам поддержки принятия управленческих решений.

К началу работы конференции будет издан сборник трудов конференции, участники получат сборник во время работы конференции. Сборник индексируется в РИНЦ. Лучшие доклады будут отмечены дипломами.

Контактная информация
Тел. +7 (495) 617-27-27 (доб. 2978), каб. 616 (3 корпус)
Шихалев Денис Владимирович
Адрес в Интернете: http://www.sci-space.com

Организационный комитет

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Аникин Сергей Николаевич 194, 271
Апарин Александр Александрович 258
Аристархов Владимир Анатольевич ... 227

Б

Барбосов Алексей Николаевич 119
Бегишев Ильдар Рафатович..... 199
Битуев Рашид Борисович 232, 238
Бобровников Роман Александрович.... 155
Будаковская Юлия Александровна 227
Буй Куанг Тиен..... 29
Бурлаченко Ксения Григорьевна 147
Буцынская Татьяна Анатольевна..... 213

В

Ву Куанг Тханг..... 184

Г

Габдуллин Владислав Булатович..... 46
Гензе Никита Дмитриевич..... 161
Гилёк Сергей Александрович 248
Голованов Владимир Ильич..... 51
Григорьевская Ирина Ивановна..... 232
Грохотов Михаил Андреевич..... 242

Д

Данилов Михаил Михайлович..... 194
Данилов Руслан Александрович. 137
Двоенко Олег Викторович..... 95
Дегтярев Сергей Викторович..... 238
Денисов Алексей Николаевич..... 194

Е

Елтышев Илья Павлович 132
Ермолаев Андрей Иванович..... 55, 61
Ефимов Андрей Александрович..... 123

И

Иванов Алексей Андреевич 128
Илеменов Михаил Валерьевич 55, 61
Иощенко Дмитрий Александрович 91
Ищенко Андрей Дмитриевич..... 41, 46

К

Кадиев Шамиль Кудрудинович 267
Калиев Олег Сергеевич..... 80
Козырев Владимир Николаевич 55, 61
Колбасин Андрей Александрович..... 91
Комарова Екатерина Александровна .. 242
Комиссаров Александр Александрович 51
Копылов Павел Сергеевич..... 199
Копылов Сергей Николаевич 199
Костенко Олеся Николаевна 283
Крючков Геннадий Игоревич..... 51
Кустышев Иван Николаевич 41

Л

Ле Вьет Ву..... 179
Ле Вьет Хай..... 22

М

Макаров Сергей Александрович.. 232, 238
Мельдер Егор Владимирович..... 68
Минайлов Денис Александрович..... 55, 61
Михайлов Кирилл Андреевич 208
Михиенкова Анна Алексеевна 55, 61

Н

Никитин Никита Михайлович..... 114
Николаенко Елизавета Владимировна 277
Ничепорчук Валерий Васильевич..... 248

О

Овчинников Александр Олегович 114

П

Петрилин Дмитрий Андреевич 86
Присяжнюк Николай Леонидович . 35, 204

Р

Реформатская Ирина Игоревна 86
Роенко Владимир Васильевич..... 41
Ртищев Сергей Михайлович..... 55, 61
Рубцов Владимир Валентинович 22
Рябцев Николай Алексеевич 213

С

Сарафанова Марина Юрьевна..... 227
Сафронов Николай Алексеевич 254
Свиридова Наталья Владимировна..... 114
Сивенков Андрей Борисович 68, 74
Сизов Евгений Юрьевич..... 151
Смирнов Андрей Владимирович 254
Соколов Сергей Викторович 17, 188
Солоненко Александр Михайлович..... 91
Сорокоумов Владимир Петрович 106, 110
Степанов Егор Владимирович..... 208, 263
Стрельцов Андрей Анатольевич..... 106
Стругов Александр Олегович..... 100

Т

Тангиев Мухаммед Муратович..... 142
Таныгина Анна Алексеевна 204
Тараканов Денис Вячеславович..... 208
Тен Денис Васильевич..... 51
Тимохин Василий Вячеславович..... 242
Третьяков Алексей Владимирович..... 232

Ф

Фам Куок Хынг 17, 188
Федоров Андрей Владимирович..... 80
Федотов Илья Олегович 74
Федяев Владислав Дмитриевич 100
Фещенко Александр Николаевич 232, 238

Х

Халиков Ринат Валерьевич 41, 204
Хасыков Дорджи Александрович..... 110

Ц

Цокурова Ирина Григорьевна..... 194

Ч

Чан Ван Хан 22
Членов Анатолий Николаевич 213
Чыонг Ван Хынг 35, 179

Ш

Шаров Иван Николаевич 119
Швырков Сергей Александрович 29
Шихалев Денис Владимирович.... 217, 222

Щ

Щербаков Николай Александрович 95

Э

Энхжаргал Энхбаяр..... 11
Энхтайван Ууганбаяр..... 173
Энхтувшин Байгалмаа..... 165

Khuat Quang Son 7
Nguyen Tuan Anh 7

МАТЕРИАЛЫ
XI МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ «ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ – 2022»

Составители:
доктор техн. наук, профессор Алешков Михаил Владимирович,
канд. техн. наук, доцент Хабибулин Ренат Шамильевич,
канд. техн. наук, доцент Буцынская Татьяна Анатольевна,
канд. техн. наук Мокшанцев Александр Владимирович,
канд. техн. наук Шихалев Денис Владимирович,
Андросенко Сергей Геннадьевич

Издано в авторской редакции

Л.Р. № 020611 от 31 июля 2001 г.

Подписано к печати 15.03.2022	Формат бумаги 60×90 $^{1}/_{16}$
Бумага офсетная	Печ. л. 21,75 Уч.-изд. л. 15,8
Тираж 150	Заказ № 215

Академия ГПС МЧС России
129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, 4