

В ЭТОМ НОМЕРЕ:**ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ПОЛЕЗНОСТИ НАСАДКА С ВНУТРЕННЕЙ СПИРАЛЬНОЙ НАРЕЗКОЙ ПРИ ПОРОШКОВОМ ПОЖАРОТУШЕНИИ <i>Константинова А. С., Поляков А. С.</i>	3
АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВЗРЫВООПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ БЛОКОВ МАСЛОЭКСТРАКЦИОННОГО ОТДЕЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ СОЕВЫХ БОБОВ <i>Лопанов А. Н., Фанина Е. А., Томаровиценок О. Н., Прушковский И. В.</i>	14
ОБ ИССЛЕДОВАНИЯХ СОСТАВА ЛЮДСКИХ ПОТОКОВ В ЗДАНИЯХ РАЗЛИЧНЫХ КЛАССОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ <i>Рудченко Г. И., Власова О. С.</i>	25
КОПИНГ-ПОВЕДЕНИЕ КУРСАНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ «ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ» В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ ИХ СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТИ <i>Майстренко Е. В., Карама Е. А., Костылева А. А.</i>	35
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ РАЗЛИЧНЫХ ПОРОД МЕТОДАМИ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА <i>Беззапонная О. В., Красильникова М. А., Евсеенкова А. М., Глухих П. А., Макаркин С. В.</i>	43
РЕГРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ СТЕПЕНИ ТЕРМИЧЕСКОГО ПОРАЖЕНИЯ ХОЛОДНОДЕФОРМИРОВАННЫХ СТАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ <i>Моторыгин Ю. Д., Сикорова Г. А.</i>	51
ЗАВИСИМОСТЬ ГИБЕЛИ И ТРАВМИРОВАНИЯ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРАХ В 5- И 9-ЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ДОМАХ ОТ ЭТАЖА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРА <i>Харин В. В., Арсланов А. М., Кондашов А. А., Бобринев Е. В., Удавцова Е. Ю.</i>	60
МЕТОДИКА ОЦЕНКИ МАТЕРИАЛЬНОГО УЩЕРБА В СЛУЧАЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ НА ОБЪЕКТЕ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ <i>Королев Д. С., Шмырева М. Б., Русских Е. А.</i>	67

**ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ СПОСОБНОСТИ К
САМОДЕТЕРМИНАЦИИ У БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ
ГАЗОДЫМОЗАЩИТНОЙ СЛУЖБЫ В ПРОЦЕССЕ
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ**

Газизова Ю. С., Демченко О. Ю., Почтарева Е. Ю...... 77

**ИЗУЧЕНИЕ АДАПТАЦИИ СПЕЦИАЛИСТОВ ГАЗОДЫМОЗАЩИТНОЙ
СЛУЖБЫ К РАБОТЕ В ИЗМЕНЕННЫХ УСЛОВИЯХ С ПРИМЕНЕНИЕМ
ДИАГНОСТИЧЕСКИХ И ФОРМИРУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ
ПОДГОТОВКИ**

Демченко О. Ю., Газизова Ю. С...... 90

БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

**ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РАСШИРЕНИЮ ВОЗМОЖНОСТЕЙ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
ПРИ ОЦЕНКЕ ОБСТАНОВКИ ОПЕРАТИВНОЙ ГРУППОЙ В ХОДЕ
ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ**

*Логинов В. В., Вишняков А. В., Зубарев И. А.,
Осипчук А. О., Шишкин П. Л.*..... 104

**АНАЛИЗ НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЙ НА ОБЪЕКТАХ НАЗЕМНОЙ
КОСМИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ КОСМОДРОМОВ БАЙКОНУР
И ВОСТОЧНЫЙ ЗА ПЕРИОД 2011–2020 ГГ.**

*Кобелев А. М., Барбин Н. М., Терентьев Д. И.,
Титов С. А., Кокорин В. В., Тужиков Е. Н.*..... 110

УДК 614.842.611

ak090695@yandex.ru

**КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ПОЛЕЗНОСТИ НАСАДКА
С ВНУТРЕННЕЙ СПИРАЛЬНОЙ НАРЕЗКОЙ
ПРИ ПОРОШКОВОМ ПОЖАРОТУШЕНИИ****COMPREHENSIVE ESTIMATION OF THE NOZZLE
WITH INTERNAL SPIRAL CUTTING USE
FOR POWDER FIRE EXTINGUISHING**

*Константинова А. С.,
Поляков А. С., доктор технических наук, профессор,
Санкт-Петербургский университет
ГПС МЧС России, Санкт-Петербург*

*Konstantinova A., Poljakov A.,
Saint-Petersburg university of State fire service
of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg*

Ранее установлено, что эффективность тушения модельного очага пожара зависит от полноты попадания в него огнетушащего порошка. При этом стандартная методика огневых испытаний допускает значительные потери порошка, что приводит к ошибочным результатам определения огнетушащей способности в сторону ее занижения.

Снизить потери огнетушащего вещества при огневых испытаниях можно путем применения насадков, формирующих более компактную струю порошка. Разработан насадок с внутренней спиральной нарезкой, позволяющий достичь эффекта закрутки потока, что повышает компактность и скорость газопорошковой струи.

В статье представлены устройство и результаты огневых испытаний такого насадка. Испытания проводили с помощью авторской запатентованной системы экспериментальных очагов пожара, позволяющей фиксировать огнетушащий эффект в поперечных сечениях газопорошкового потока. Исследованы насадки с различными характеристиками: длина, наличие и шаг внутренней спиральной нарезки. Выявлено влияние насадка длиной 100 мм с шагом внутренней спиральной нарезки 20 мм на улучшение характеристик огнетушащего газопорошкового потока (компактность, скорость, дальность полета струи).

Из определяющих и зависимых величин методом анализа размерностей сформирован комплексный показатель, характеризующий эффективность газопорошковой струи, сформированной нарезным насадком.

Ключевые слова: огнетушащий газопорошковый поток, насадок с внутренней спиральной нарезкой, огневые испытания, порошковый огнетушитель.

It was previously established that the effectiveness of extinguishing a model fire source depends on the completeness of the fire extinguishing powder entering it. At the same time, the standard method of fire tests allows significant losses of powder, which leads to erroneous results in determining the fire extinguishing ability in the direction of its underestimation.

It is possible to reduce the loss of extinguishing agent during fire tests by using nozzles that form a more compact jet of powder. A nozzle with an internal spiral thread has been

developed, which allows to achieve the effect of swirling the flow, which increases the compactness and speed of the gas-powder jet.

The article presents the device and the results of firing tests of such a nozzle. The tests were carried out using the author's patented system of experimental fire sources, which makes it possible to record the fire extinguishing effect in the cross-sections of the gas-powder flow. Nozzles with different characteristics - length, presence and pitch of internal spiral cutting - have been investigated.

The influence of a nozzle with a length of 100 mm with a pitch of an internal spiral thread of 20 mm on improving the characteristics of a fire-extinguishing gas-powder flow (compactness, speed, range of the jet) has been revealed.

From the determining and dependent values by the method of dimensional analysis, a complex indicator is formed that characterizes the efficiency of a gas-powder jet formed by a threaded nozzle.

Keywords: fire extinguishing powder, experimental fire source, extinguishing mechanism, gas-powder stream.

Испытания порошка на огнетушащую способность проводят согласно ГОСТ Р 51057–2001 [1] путем тушения стандартизированного модельного очага пожара. Исходя из массы заряда огнетушителя и площади потушенного очага, определяют значение огнетушащей способности (как правило, в $\text{кг}/\text{м}^2$).

При этом огнетушители типоразмеров ОП-1, ОП-2 и ОП-3, поступающие к потребителю, оборудованы щелевыми насадками, огнетушители типоразмеров ОП-4 и более – шланговыми насадками с выходом щелевой формы. Влияние насадков на характеристики истекающей струи ОТВ в ходе испытаний не определяют, их применение стандартами не регламентировано.

В работе [2] нами установлено, что эффективность тушения зависит от полноты попадания порошка в очаг пожара. Стандартная методика испытаний допускает значительные потери порошка, что приводит к ошибочным результатам определения огнетушащей способности в сторону ее занижения.

Снизить потери ОТВ при огневых испытаниях можно путем применения насадков, формирующих более компактную струю порошка. Нами разработан насадок с внутренней спиральной нарезкой (далее – нарезной насадок), позволяющий достичь эффекта закрутки потока, что повышает компактность и скорость газопорошковой струи.

На рис. 1 представлен чертеж нарезного насадка.

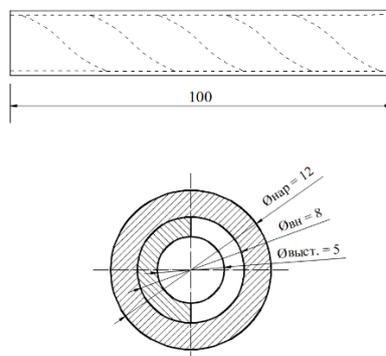


Рисунок 1. Чертеж нарезного насадка

На рис. 2 и 3 представлены схема присоединения нарезного насадка к огнетушителю ОП-1 и внешний вид огнетушителя с присоединенным насадком.

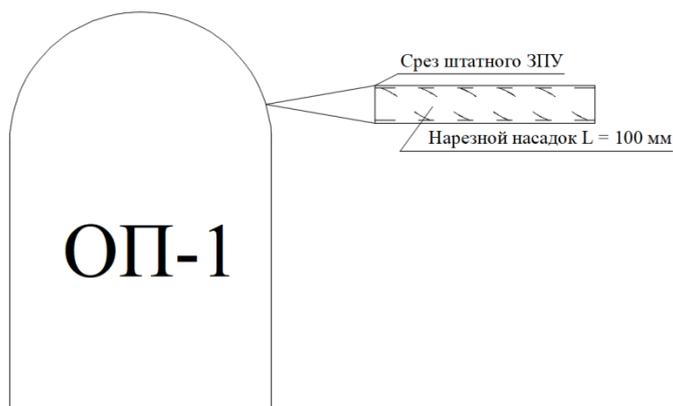


Рисунок 2. Схема присоединения нарезного насадка к огнетушителю ОП-1



Рисунок 3. Огнетушитель ОП-1 с присоединенным нарезным насадком

Проведены натурные огневые испытания огнетушителя ОП-1, оборудованного нарезным насадком. Для испытаний

использована установка, представленная на рис. 4.

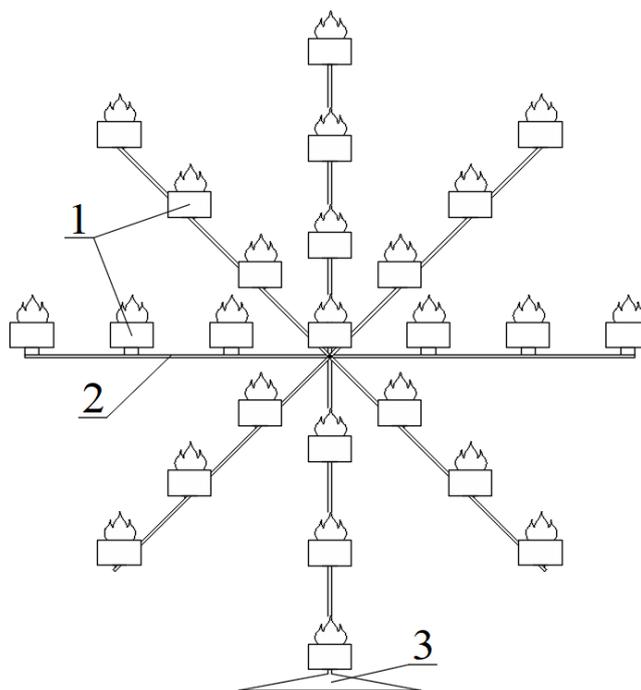


Рисунок 4. Установка для огневых испытаний огнетушителя ОП-1:
1 – экспериментальные очаги пожара; 2 – стержни каркаса установки;
3 – опора

В качестве экспериментальных очагов пожара (далее – ЭОП) использовали металлические емкости круглой формы диаметром 70 мм, в которые заливали горючее – растворитель 646, представляющий собой смесь жидких углеводородов (%_{масс}): толуол – 50; бутилацетат – 24; этанол – 10; изобутанол – 10; ацетон – 6 [3, стр. 153].

Эксперимент проводили в следующем порядке: огнетушитель с нарезным насадком устанавливали на заданном расстоянии от плоскости размещения ЭОП; в ЭОП заливали горючее, поджигали, после чего подавали порошок к очагам. Визуально и с помощью видеосъемки фиксировали количество и расположение потушенных очагов.

Результаты подачи через насадки с различными характеристиками (длина насадка, наличие и шаг спиральной нарезки)

Цель эксперимента – определение оптимальных характеристик нарезного насадка.

Очаги в количестве 13 единиц располагали на установке (рис. 4). Огнетушитель ОП-1 располагали на расстоянии 3 м от центрального очага таким образом, что угол между направлением движения газопорошкового потока и земной поверхностью составлял 45 ° (схема расположения оборудования при проведении эксперимента приведена на рис. 5).

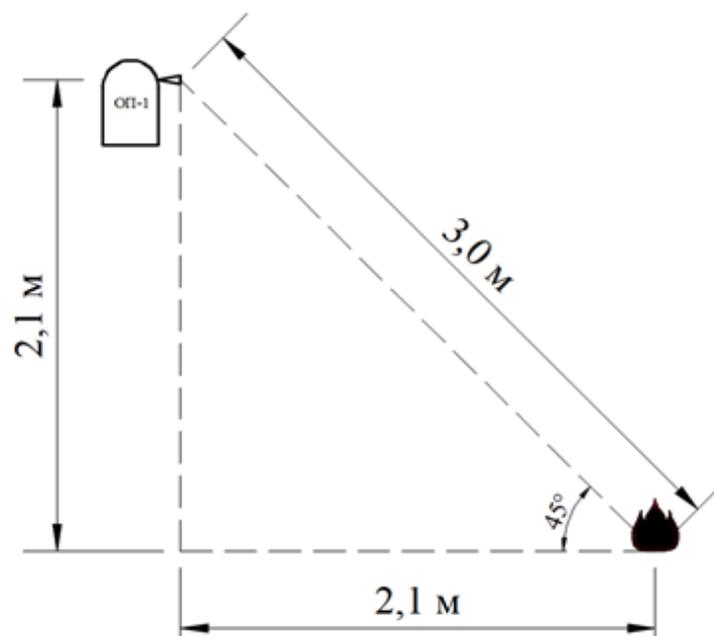


Рисунок 5. Взаиморасположение огнетушителя ОП-1 и установки с тринадцатью экспериментальными очагами (примечание: на схеме указан только центральный ЭОП)

Огнетушитель оснащали насадками различной длины и с разным шагом

нарезки. В табл. 1 представлены характеристики испытанных насадков и количество потушенных ЭОП.

Таблица 1
Характеристики использованных насадков

№ насадка	Длина насадка, мм	Шаг нарезки, мм	Количество потушенных очагов из 13
1	100	15	11
2	50	15	8
3	50	20	13
4	100	20	13
5	150	15	5
6	150	20	9
7	50	Без нарезки	13
8	100	Без нарезки	12
9	150	Без нарезки	10

В табл. 2 представлено суммарное количество потушенных очагов для каждого изменяемого параметра насадка (длина и шаг нарезки).

Таблица 2
Суммарное количество потушенных очагов
в зависимости от длины насадка и шага нарезки

		Шаг нарезки, мм			Суммарное количество потушенных очагов для заданной длины насадка
		15	20	Без нарезки	
Длина насадка, мм	50	8	13	13	34
	100	11	13	12	36
	150	5	9	10	24
Суммарное количество потушенных очагов для заданного шага нарезки		24	35	35	

Из табл. 2 следуют выводы:

– насадки длиной 150 мм показывают низкую эффективность тушения за счет торможения газопорошкового потока при прохождении его сквозь насадок;

– насадки с шагом нарезки 15 мм менее эффективны, чем с шагом нарезки длиной 20 мм. Предположительно, эффект можно объяснить более высоким сопротивлением нарезки с шагом в 15 мм.

По совокупности результатов подач в качестве оптимального выбран насадок длиной 100 мм с шагом спиральной нарезки 20 мм.

Результаты подачи через насадок с выбранными оптимальными характеристиками

Проведено десять серий испытаний, в ходе которых изменяли следующие параметры подачи: насыпную плотность порошка (дисперсный состав), расстояние между срезом огнетушителя и плоскостью ЭОП, угол наклона газопорошкового потока к поверхности земли (схемы расположения оборудования приведены на рис. 6). Фиксировали фактическую массу вышедшего порошка путем взвешивания огнетушителей до и после испытаний; время истечения струи, площадь ее поперечного сечения и угол распыла порошка с помощью видеоматериалов (рис. 7).

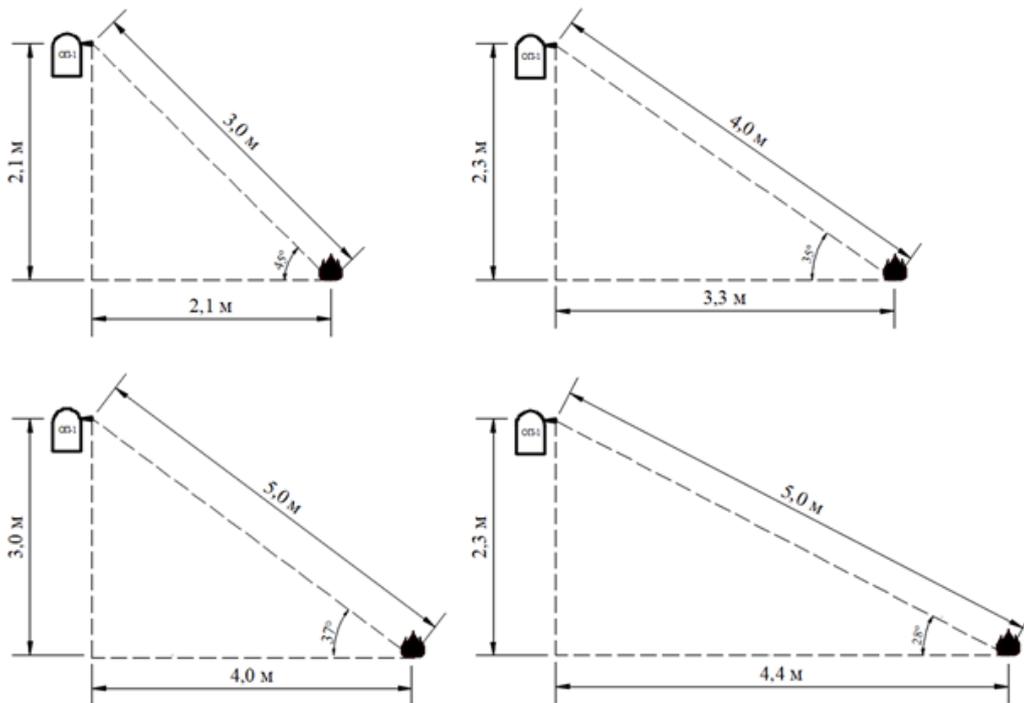


Рисунок 6. Взаиморасположение оборудования при проведении эксперимента (примечание: на схемах указан только центральный ЭОП установки)

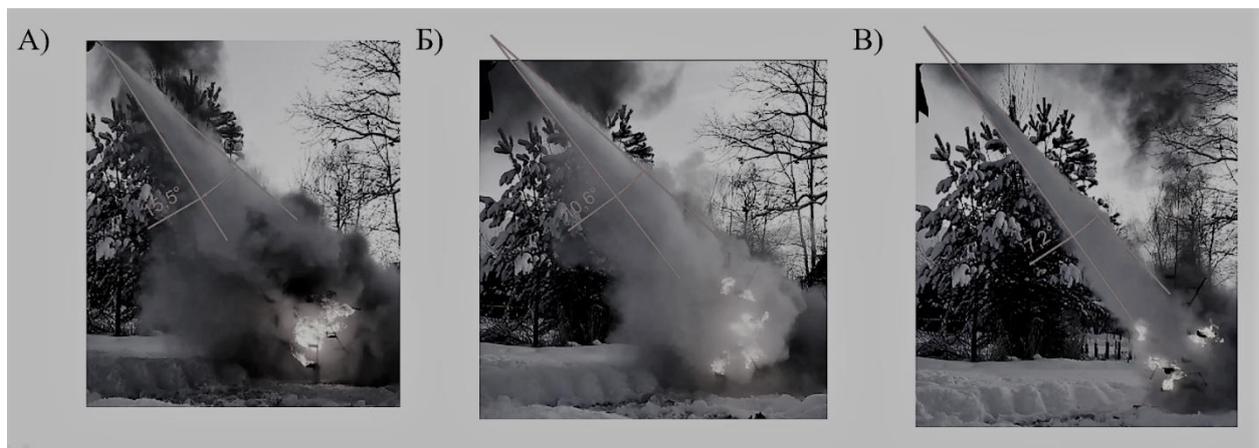


Рисунок 7. Определение угла распыла порошка с помощью видеоматериалов:

А) длина насадки 150 мм, шаг нарезки 15 мм; Б) длина насадки 50 мм, шаг нарезки 15 мм; В) длина насадки 50 мм, шаг нарезки 20 мм

С помощью видеозаписей установлено, что применение нарезного насадка улучшает характеристики огнетушащего газопорошкового потока (в сравнении с подачей через гладкий насадок):

– площадь поперечного сечения потока меньше, то есть поток более компактный;

– дальность полета струи больше (видно на записи подачи порошка с расстояния 5 м);

– скорость газопорошкового потока выше, при этом наибольший эффект ускорения потока дает нарезной насадок длиной 100 мм (по сравнению с насадками длиной 50 и 150 мм);

– использование нарезного насадка дает эффект закручивания потока при его движении к очагу пожара.

По результатам испытаний на основании определяющих и зависимых вели-

чин (табл. 3) методом анализа размерностей [4, 5] был сформирован комплексный показатель, характеризующий эффективность газопорошковой струи, сформированной нарезным насадком.

Таблица 3
Комплексная характеристика эффективности газопорошковой струи, сформированной насадком с внутренней нарезкой

№	Показатели истечения газопорошкового потока	Обозначение	Единица измерения (система СИ)
А. Определяющие величины			
1	Насыпная плотность порошка	$\rho_{\text{пор}}$	$\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
2	Давление вытеснения порошка	P	$\frac{\text{кг}}{\text{м} \cdot \text{с}^2}$
3	Масса заряда порошка	$m_{\text{зар}}$	кг
4	Длина насадка с внутренней нарезкой	$L_{\text{нас}}$	м
5	Площадь зеркала горючей жидкости МОГ	$S_{\text{мог}}$	м^2
6	Угол подачи порошка в очаг МОГ относительно горизонта	$\angle \beta$	безразмерный
Б. Зависимые величины			
7	Масса порошка, осевшего на поверхность МОГ	$m_{\text{эф}}$	кг
8	Дальность газопорошковой струи	$L_{\text{стр}}$	м
9	Площадь поперечного сечения потока газопорошковой струи	$S_{\text{сеч}}$	м^2
10	Скорость газопорошковой струи	$v_{\text{стр}}$	$\frac{\text{м}}{\text{с}}$
11	Импульс частиц газопорошковой струи	$P_{\text{ч}}$	$\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$
12	Длительность истечения порошка	$\tau_{\text{ист}}$	с
13	Угол раскрытия струи порошка	$\angle \alpha$	безразмерный

Структура и взаимосвязи между определяющими и зависимыми величинами газопорошковой струи представлены на рис. 8.

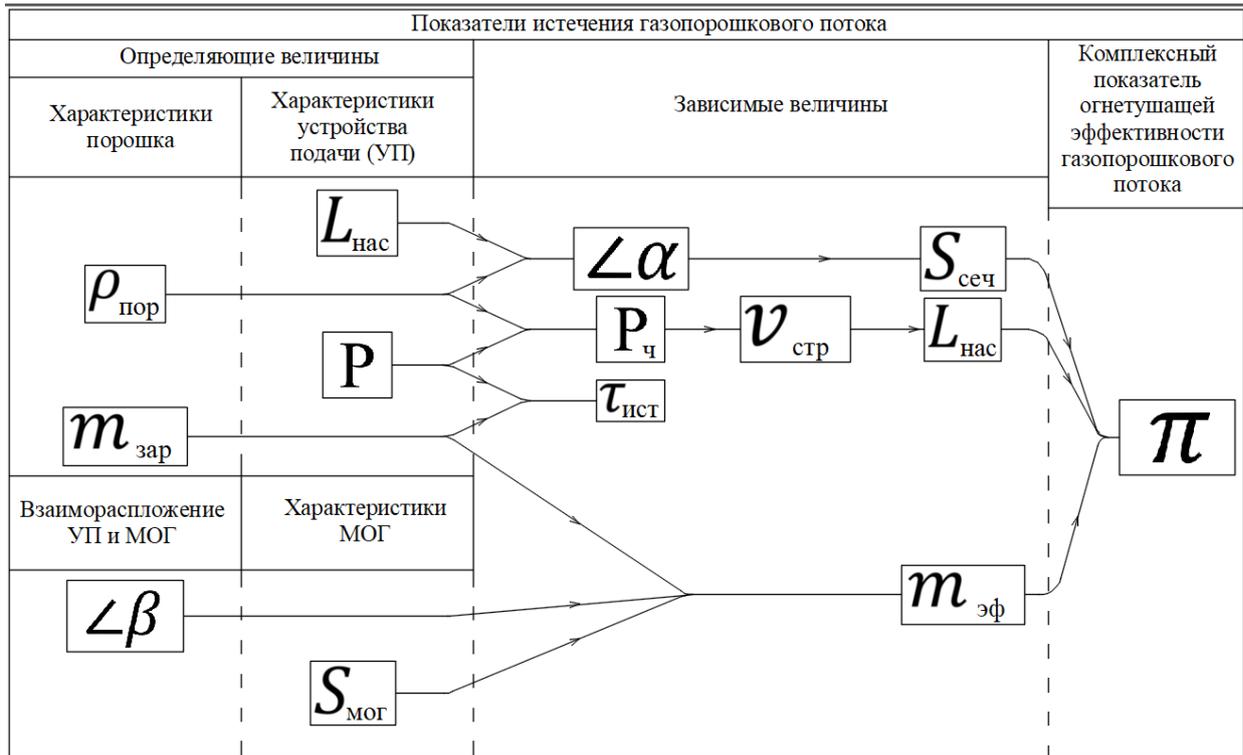


Рисунок 8. Взаимосвязь определяющих и зависимых величин

Из определяющих и зависимых величин составлено пять уравнений связи параметров газопорошкового потока:

$$\begin{aligned} \pi_1 &= \rho_{\text{пор}} \cdot L_{\text{стр}}^{X_1} \cdot v_{\text{стр}}^{Y_1} \cdot S_{\text{сеч}}^{Z_1} \cdot \tau_{\text{ист}}^{G_1} \cdot m_{\text{эф}}^{U_1} \cdot P_{\text{ч}}^{W_1} \\ \pi_2 &= m_{\text{зар}} \cdot L_{\text{стр}}^{X_2} \cdot v_{\text{стр}}^{Y_2} \cdot S_{\text{сеч}}^{Z_2} \cdot \tau_{\text{ист}}^{G_2} \cdot m_{\text{эф}}^{U_2} \cdot P_{\text{ч}}^{W_2} \\ \pi_3 &= L_{\text{нас}} \cdot L_{\text{стр}}^{X_3} \cdot v_{\text{стр}}^{Y_3} \cdot S_{\text{сеч}}^{Z_3} \cdot \tau_{\text{ист}}^{G_3} \cdot m_{\text{эф}}^{U_3} \cdot P_{\text{ч}}^{W_3} \\ \pi_4 &= S_{\text{мог}} \cdot L_{\text{стр}}^{X_4} \cdot v_{\text{стр}}^{Y_4} \cdot S_{\text{сеч}}^{Z_4} \cdot \tau_{\text{ист}}^{G_4} \cdot m_{\text{эф}}^{U_4} \cdot P_{\text{ч}}^{W_4} \\ \pi_5 &= P \cdot L_{\text{стр}}^{X_5} \cdot v_{\text{стр}}^{Y_5} \cdot S_{\text{сеч}}^{Z_5} \cdot \tau_{\text{ист}}^{G_5} \cdot m_{\text{эф}}^{U_5} \cdot P_{\text{ч}}^{W_5} \end{aligned}$$

Корни уравнений представлены в табл. 4.

Таблица 4
Корни уравнений связи параметров потока

Показатель	Корни уравнения					
π_1	X_1	Y_1	Z_1	G_1	U_1	W_1
комплекс	1	0	1	0	-1	0
π_2	X_2	Y_2	Z_2	G_2	U_2	W_2
симплекс	0	0	0	0	-1	0
π_3	X_3	Y_3	Z_3	G_3	U_3	W_3
симплекс	-1	0	0	0	0	0
π_4	X_4	Y_4	Z_4	G_4	U_4	W_4
симплекс	0	0	-1	0	0	0
π_5	X_5	Y_5	Z_5	G_5	U_5	W_5
комплекс	1	1	0	2	0	-1

В табл. 5 раскрыт физический смысл полученных симплексов и комплексов.

Таблица 5
Физический смысл симплексов и комплексов

Относительные показатели	Физический смысл относительных показателей
$[\pi_1] = \frac{\rho_{\text{пор}} \cdot L_{\text{стр}} \cdot S_{\text{сеч}}}{m_{\text{эф}}} = 1$	Удельная эффективная масса порошка в движущемся газовом потоке
$[\pi_2] = \frac{m_{\text{зар}}}{m_{\text{эф}}} = 1$	Удельная масса порошка, осевшего на модельный очаг горения (МОГ)
$[\pi_3] = \frac{L_{\text{нас}}}{L_{\text{стр}}} = 1$	Удельная дальность подачи насадка газового потока
$[\pi_4] = \frac{S_{\text{мог}}}{S_{\text{сеч}}} = 1$	Удельная площадь поперечного сечения струи газового потока
$[\pi_5] = \frac{P \cdot L_{\text{стр}} \cdot v_{\text{стр}} \cdot \tau_{\text{ист}}^2}{P_{\text{ч}}} = 1$	Удельный суммарный импульс частиц газового потока

На основании физического смысла показателей и исходя из необходимости их

улучшения, выведен обобщенный комплекс, характеризующий огнетушащую эффективность газопорошковой струи:

$$\pi = \frac{\pi_1 \cdot \pi_4 \cdot \pi_5}{\pi_2 \cdot \pi_3}$$

$$\pi = \frac{\rho_{\text{пор}} \cdot L_{\text{стр}}^3 \cdot S_{\text{мог}} \cdot P \cdot v_{\text{стр}} \cdot \tau_{\text{ист}}^2}{m_{\text{зар}} \cdot L_{\text{нас}} \cdot P_{\text{ч}}}$$

Применительно к источнику огнетушащего вещества (например, огнетушителю) расход определяют как

$$Q_{\text{ф}} = \frac{m_{\text{зар}}}{\tau_{\text{ист}}}$$

Тогда обобщенный комплекс можно записать в виде

$$\pi = \frac{\rho_{\text{пор}} \cdot L_{\text{стр}}^3 \cdot S_{\text{мог}} \cdot P \cdot v_{\text{стр}} \cdot \tau_{\text{ист}}}{Q_{\text{ф}} \cdot L_{\text{нас}} \cdot P_{\text{ч}}}$$

Литература

1. ГОСТ Р 51057–2001. Техника пожарная. Огнетушители переносные. Общие технические требования. Методы испытаний.
2. Константинова А. С., Кожевин Д. Ф., Поляков А. С. Экспериментальная оценка влияния массы огнетушащего порошка на эффективность тушения углеводородов // Мат. юбилейного X форума «Школа молодых ученых и специалистов МЧС России», 15 октября 2020 г. СПб., 2020. С. 196–198.
3. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов и средства их тушения / А. Н. Баратов, А. Я. Корольченко, Г. Н. Кравчук и др. М., 1990. Кн. 2. 384 с.
4. Бриджмен П. Анализ размерностей. Ижевск, 2001. 148 с.
5. Иванов М. Г. Размерность и подобие. Долгопрудный, 2013. 68 с.

References

1. GOST R 51057–2001. Tekhnika pozharnaya. Ognetchiteli perenosnye. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya. Metody ispytaniy.
2. Konstantinova A. S., Kozhevnikov D. F., Polyakov A. S. Eksperimental'naya ocenka vliyaniya massy ognetchashchego poroshka na effektivnost' tusheniya uglevodorodov // Materialy yubilejnogo X foruma «SHkola molodyh uchyonyh i specialistov MCHS Rossii», 15 oktyabrya 2020 g. SPb., 2020. P. 196–198.
3. Pozharovzryvobezopasnost' veshchestv i materialov i sredstva ih tusheniya / A. N. Baratov, A. YA. Korol'chenko, G. N. Kravchuk i dr. M., 1990. 384 p.
4. Bridzhmen P. Analiz razmernostej. Izhevsk, 2001. 148 p.
5. Ivanov M. G. Razmernost' i podobie. Dolgoprudnyj, 2013. 68 p.

УДК 614.84

ox.guzeeva@yandex.ru

**АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВЗРЫВООПАСНОСТИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ БЛОКОВ МАСЛОЭКСТРАКЦИОННОГО
ОТДЕЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ СОЕВЫХ БОБОВ****ANALYSIS OF ENERGY INDICATORS OF EXPLOSION HAZARD
OF TECHNOLOGICAL UNITS OF OIL EXTRACTION DEPARTMENT
OF SOY BEAN PROCESSING ENTERPRISE**

*Лопанов А. Н., доктор технических наук, профессор,
Фанина Е. А., доктор технических наук, профессор,
Томаровищенко О. Н., кандидат технических наук, доцент,
Прушковский И. В., кандидат технических наук, доцент,
Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова, Белгород*

*Lopanov A., Fanina E., Tomarovshchenko O., Prushkovsky I.,
Belgorod State Technological
University named after V. G. Shukhova, Belgorod*

Многочисленность исследований в области обеспечения техносферной безопасности предприятий по переработке соевых бобов обусловлена взрыво- и пожароопасностью технологического процесса. Ежегодно на таких предприятиях происходят аварии, приводящие к травмированию людей и значительному экономическому ущербу. В статье выполнен анализ условий возникновения и развития аварий в производственных условиях технологического процесса по экстракции соевых семян, выявлено наличие критических состояний, способствующих возникновению горения, распространению пламени и развитию детонационных процессов. В работе установлены основные группы возможных сценариев развития потенциальных аварий с учетом физико-химических характеристик нефраса и условий его использования в технологических блоках экстракционного отделения. Проведено категорирование оцениваемых объектов. Представлены результаты оценки риска аварии с расчетными величинами энергетических показателей взрывоопасности маслоэкстракции. Установлено, что потенциально опасные аварии с максимально тяжелыми последствиями в условиях маслоэкстракционного предприятия случаются при разгерметизации/разрушении технологического оборудования, с сопутствующими процессами разлива и испарения нефраса, дальнейшим воспламенением/взрывом паровоздушной смеси и пожаром разлива растворителя. Предложены организационно-технические мероприятия, направленные на повышение противоаварийной устойчивости экстракционного отделения.

Ключевые слова: пожарная безопасность, взрывозащита, аварийные ситуации, маслоэкстракционное производство, переработка сои.

Numerous studies in the field of ensuring the technosphere safety of soybean processing enterprises are due to the explosion and fire hazard of the technological process. Every year, accidents occur at such enterprises, leading to injury to people and significant economic damage. The article analyzes the conditions for the occurrence and development of accidents in the production conditions of the technological process for the extraction of soybean seeds, reveals the presence of critical states that contribute to the occurrence of combustion, the spread of flame and the development of detonation processes. The paper identifies the main

groups of possible scenarios for the development of potential accidents, taking into account the physicochemical characteristics of oil and the conditions of its use in the technological blocks of the extraction department. The categorization of the evaluated objects has been carried out. The results of assessing the risk of an accident with the calculated values of the energy indicators of the explosiveness of oil extraction are presented. It has been established that potentially dangerous accidents with the most severe consequences in the conditions of an oil extraction plant occur during depressurization / destruction of technological equipment, with concomitant processes of oil spill and evaporation, further ignition / explosion of a vapor-air mixture and a fire of a solvent spill. Organizational and technical measures aimed at increasing the emergency resistance of the extraction department are proposed.

Keywords: fire safety, explosion protection, emergency situations, oil extraction production, soy-bean processing.

Введение

Для обеспечения продовольственной безопасности страны необходима реализация принципа устойчивого развития агропромышленного комплекса. Аспекты указанной концепции подтверждены «Доктриной продовольственной безопасности РФ», утвержденной указом Президента РФ от 21.01.2020 № 20. Одной из приоритетных задач агропродовольственной политики является обеспечение безопасной технологии производства сельскохозяйственной продукции [1, 2].

Организация высокотехнологичного производства по переработке соевых бобов набирает удельный вес в сегменте рынка агропромышленного комплекса, что обуслов-

лено высоким уровнем урожайности, устойчивостью к почвенно-климатическим факторам, сбалансированным химическим составом семян сои с высоким содержанием белка. Согласно официальным данным Федеральной службы государственной статистики в бюллетенях о состоянии сельского хозяйства указанные размеры посевных площадей и урожайности соевых культур в РФ свидетельствуют о востребованности бобов сои на отечественном рынке, рис. 1 [3]. В период 2010–2020 гг. наблюдают интенсификацию производства соевой продукции – размеры посевных площадей данной культуры в РФ выросли на 58 %, урожайность – на 31 %.

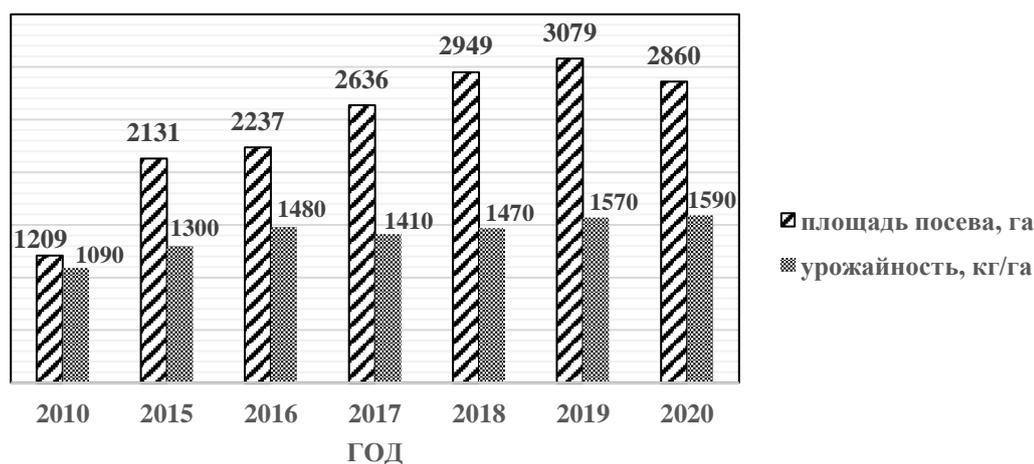


Рисунок 1. Размер посевных площадей и урожайность соевых культур в РФ

При этом лидерами Центрального федерального округа по выращиванию сои являются Белгородская и Курская область, табл. 1.

Таблица 1

Размеры посевных площадей, валового сбора и урожайности сои в хозяйствах всех категорий в ЦФО РФ, тыс. гектаров

Область	Посевные площади сои, тыс. га		Урожайность, ц с 1 га убранной площади		Валовой сбор (в весе после доработки), тыс. тонн	
	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.
РФ	3078,6	2859,5	15,7	15,9	4360,0	4282,6
ЦФО	1117,4	1084,4	19,2	18,8	2130,4	2030,6
Белгородская область	268,1	263,4	21,1	21,3	563,8	560,7
Брянская область	23,7	13,3	14,6	18,8	34,4	24,8
Воронежская область	141,01	156,6	18,0	12,9	251,3	201,6
Калужская область	0,68	0,6	9,2	11,8	0,6	0,8
Курская область	282,6	264,3	20,8	20,8	587,6	545,8
Липецкая область	83,1	64,3	16,8	17,5	139,5	112,1
Московская область	0,3	2,1	12,5	18,3	0,4	3,8
Орловская область	119,2	103,3	16,7	18,6	195,5	188,7
Рязанская область	30,4	41,9	18,3	19,1	55,5	80,1
Тамбовская область	135,5	138,1	18,0	17,4	242,6	241,0
Тульская область	32,2	36,2	19,1	19,6	58,8	70,9

Продуктами обработки соевых плодов являются «белый лепесток», молоко, текстураты, мука, протеиновые концентраты, изолят, масло, шрот, жмых. Основные потребители продуктов переработки бобов сои – это пищевая, фармацевтическая, химическая, текстильная и комбикормовая промышленность. В зависимости от используемых технологических процессов переработки цельных соевых бобов выделяют влажные (получение молока, майонеза, пасты) и сухие способы (шрот, жмых) [4].

Постановка проблемы

Предприятия, осуществляющие переработку соевых бобов маслоэкстракционным способом, регистрируются в реестре опасных производственных объектов и относятся к категории «опасные производственные объекты хранения и переработки растительного сырья». Ежегодно на таких предприятиях происходят аварии, приводящие к травмам людей и значительному экономическому ущербу. Анализ происшествий за 2019–2020 гг. свидетельствует, что большая их часть вызвана эксплуатацией некачественного оборудования или проведением опасных видов работ. Так,

16 января 2018 г. в здании Бийского маслоэкстракционного завода в Алтайском крае в результате разгерметизации бака конденсата и наличия источника зажигания произошел взрыв. В результате взрыва пострадали три человека.

24 мая 2019 г. в организации «Аткарский маслоэкстракционный завод» (г. Аткарск, Саратовская обл.) при проведении работ по зачистке силоса элеватора произошло повреждение трубопровода с воспламенением газа – возник пожар.

28 декабря 2020 г. на Липецком маслоэкстракционном заводе «Либойл» произошел взрыв в результате нарушения технологического процесса. При воспламенении паров экстракта эфиров и масла, пострадали два человека.

23 июня 2020 г. на Невинномысском маслоэкстракционном заводе (г. Георгиевск, Ставропольский край) в здании прессового цеха произошло возгорание кровли, возник пожар общей площадью 500 кв. м.

Таким образом, проблема обеспечения промышленной безопасности на маслоэкстракционных предприятиях является актуальной. Основное технологическое оборудо-

дование – экстракционная линия, при эксплуатации которой необходимо учитывать комплексные показатели безопасности. Поэтому в работе в качестве объекта исследования принят цех маслоэкстракционного производства, в котором осуществляется получение соевого кормового шрота путем извлечения растительного масла из исходного сырья (соевый лепесток) при использовании органического растворителя.

Целью работы является выявление, комплексное исследование и анализ возможных сценариев возникновения аварии на предприятиях по переработке семян масличных культур с производительностью до 2000 т/сут. по исходному сырью (семена сои).

Анализ исследований и публикаций

Исследования в области обеспечения техносферной безопасности предприятий по переработке соевых бобов обусловлена взрыво- и пожароопасностью технологического процесса. Наиболее перспективной считается разработка устройств автоматического контроля массовых концентраций паровоздушной среды, практическое применение которых направлено на осуществление непрерывного мониторинга за уровнем содержания в воздухе токсичных веществ при возникновении аварийной ситуации. Патентные исследования подтверждают развитие рынка систем противопожарной защиты, ежегодно регистрируются многочисленные результаты научно-технических достижений: полезная модель № 195 824 (дата публ. 06.02.2020), патенты № 2 703 173 (дата публ. 15.10.2019) и № 2 666 324 (дата публ. 6.09.2018), полезная модель № 173 785 (дата публ. 11.09.2017).

Результаты исследования

Обслуживанием экстракционного отделения занимается аппаратчик-экстракторщик, который в рабочей смене подчиняется сменному мастеру. Сменный мастер подчиняется начальнику экстракционного отделения. Ремонтом оборудования занимается

персонал (наладчик оборудования, дежурный наладчик) под руководством мастера по ремонту оборудования или главного механика. При оценке взрывопожароопасности производства учитывали характеристики и данные о токсической опасности Нефрас ПР-163/75: концентрационные пределы взрываемости с воздухом (1,24–7,5 %); ПДК в воздухе рабочей зоны (300 мг/м³); класс опасности (4); реакционная способность (пары могут образовывать взрывоопасные смеси с окислителем); степень воздействия на людей – пары действуют наркотически; на коже появляются экземы, сухость. Эксплуатация маслоэкстракционного цеха в условиях применения нагретого нефраса выше температуры вспышки сопровождается факторами, обуславливающими высокие значения уровня риска возникновения аварийных ситуаций и скорости их развития. Возникают опасности при приеме нефраса из транспортных емкостей; опасности, возникающие при необходимом полном освобождении технологических оборудования и трубопроводов от нефраса; опасности, возникающие при эксплуатации компактно расположенных технических систем и устройств. Кроме того, быстрота развития аварийных ситуаций, обуславливается применением большего объема нефраса, а также близким расположением к взрывопожароопасному производству электропотребляющих устройств общепромышленного исполнения (складов шрота, маслопрессового участка, отделений рафинации и фасовки).

Оценку взрывобезопасности маслоэкстракционного производства проводили поэтапно, разделив взрывопожароопасные стадии технологического процесса [5, 6] на 24 блока, рис. 2. Отделение технологического блока производили исходя из возможности безопасного отключения/изолирования входящего в него оборудования от общей технологической системы, т. е. при отсутствии риска возникновения опасных изменений рабочего режима, сопровождающихся аварийными процессами в смежной аппаратуре или системе.

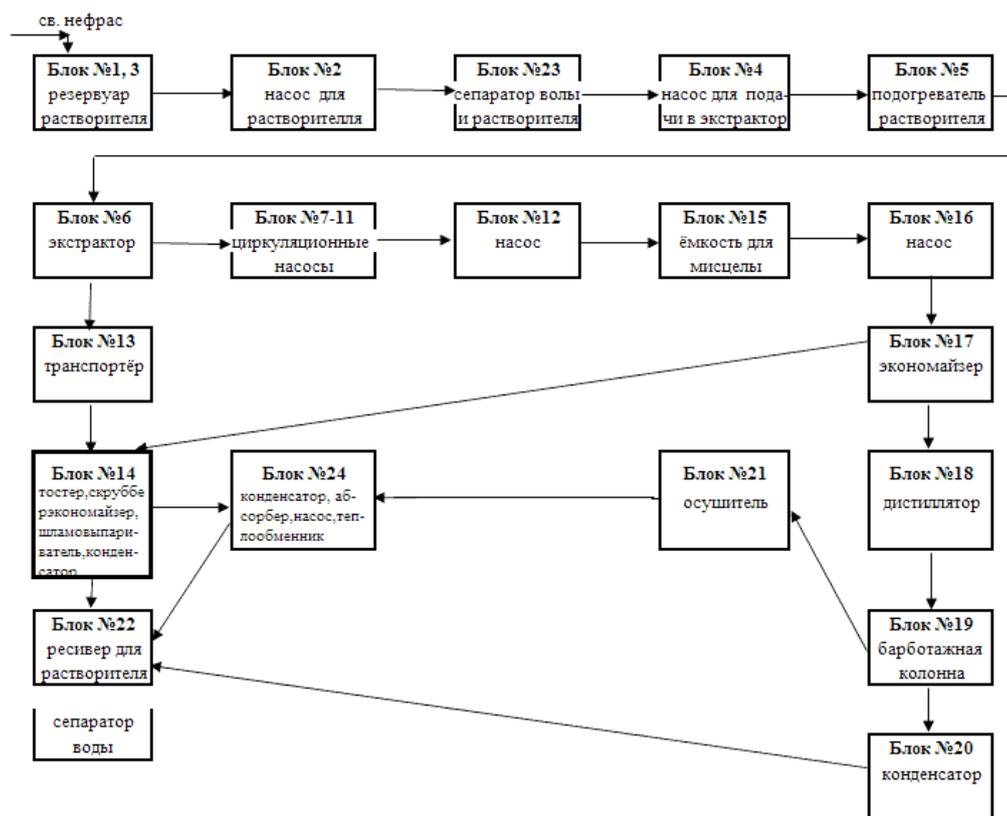


Рисунок 2. Блок-схема экстракционного отделения (аппаратурное оформление блоков)

По методике, изложенной в Приказе Ростехнадзора от 15.12.2020 № 533 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производстве», провели расчёты величин энергетических показателей взрывоопасности технологических блоков, в том числе: E (общего энергетического потенциала взрывоопасности блока, кДж), Q_v (относительного

энергетического потенциала), m (приведенной массы парогазовой среды, определенной по единой удельной теплоте сгорания $4,6 \times 10^4$ кДж); ΔP (избыточного давления взрыва, кПа) [7–9].

Результаты расчетов, взятые из технологического регламента на производства масла и шрота из семян сои на экстракционной установке DE SMET, внесены в табл. 2.

Таблица 2
Энергетически показатели взрывоопасности технологических блоков производства масла и шрота из семян сои на экстракционной установке DE SMET

№	Наименование блока	E , кДж	Q_v	m , кг	ΔP , кПа
1	Резервуар для оборотного растворителя	$7,42 \times 10^6$	11,79	1613,0 4	–
2	Насос для перекачивания растворителя	$4,6 \times 10^5$	4,67	100	1,3
3	Резервуар для аварийного слива	$7,36 \times 10^6$	11,76	1600	–

4	Насос для перекачивания растворителя в экстрактор	$4,32 \times 10^5$	4,57	93,91	1,12
5	Подогреватель растворителя	$4,35 \times 10^5$	4,58	94,57	1,12
6	Экстрактор, трубопровод ПГФ	$9,184 \times 10^6$	12,67	1996,5	67,6
7-11	Циркуляционные насосы экстрактора для мисцеллы	$3,86 \times 10^5$	4,40	83,91	0,79
12	Насос для перекачки мисцеллы из экстрактора	$4,04 \times 10^5$	4,47	87,83	0,9
13	Транспортер для проэкстрагированного материала горизонтально-вертикальный	$3,28 \times 10^5$	4,17	71,3	0,48
14	Дисольватор – тостер, паровой скруббер, выпариватель, конденсатор, трубопроводы ПГФ	$5,58 \times 10^6$	10,73	1213	15,89
15	Емкость для мисцеллы	$6,22 \times 10^5$	5,16	134,78	3,29
16	Насос для питателя выпаривателя	$4,04 \times 10^5$	4,47	87,83	0,9
17	Экономайзер	$8,365 \times 10^6$	12,28	1818,5	21,20
18	Дистиллятор	$7,94 \times 10^5$	5,60	172,61	6,83
19	Барботажная колонна	$5,32 \times 10^5$	4,90	115,65	2,05
20	Конденсатор	$5,59 \times 10^5$	4,98	121,52	1,88
21	Осушитель	$5,23 \times 10^5$	4,87	113,7	2,05
22	Сепаратор воды и растворителя	$4,6 \times 10^5$	4,67	100	1,3
23	Ресивер для растворителя	$4,46 \times 10^5$	4,62	96,96	1,21
24	Конденсатор, поглотитель паров растворителя, насос для удаления масла из парового скруббера, теплообменник, нагреватель абсорбционного масла, барботажная колонна, емкость под масло, насос экстракционного масла	$9,86 \times 10^5$	6,02	214,34	13,08

Проведено категорирование оцениваемых объектов. Определили, что все технологические блоки относятся к III категории взрывоопасности, т. к. расчетные значения приведенной массы парогазовой среды менее 2000 кг, а относительный энергетический потенциал менее 27 кДж.

Самым опасным является блок № 6 «Экстрактор, трубопровод ПГФ». В случае аварии на указанном блоке возможны аварийные состояния на других, близко расположенных блоках.

Также определили расчетные радиусы зон, центром которых является блок № 6, необходимые для оценки степени разрушения конструкций здания, оборудования и трубопроводов: радиус полного разрушения $R_1 = 20,40$ м, радиус сильного разрушения $R_2 = 30,07$ м, радиус среднего разруше-

ния $R_3 = 51,55$ м, радиус умеренного разрушения $R_4 = 150,36$ м, радиус малого разрушения $R_5 = 300,72$ м, радиус токсического поражения $R_{м.п} = 6,2$ м.

Анализ условий возникновения и развития аварий

Для производственных условий технологического процесса по экстракции соевых семян характерно наличие критических состояний, способствующих возникновению горения, распространению пламени и развитию детонационных процессов [10, 11]. Потенциально опасные аварии с максимально тяжелыми последствиями будут происходить при разгерметизации/разрушении маслоэкстракционного отделения с сопутствующими процессами разлива и испарения нефраса, воспламенением/взрывом паровоздушной смеси и пожаром разлива рас-

творителя. Истечение нефраса в окружающую среду возможно при возникновении разрыва резервуара, пробоя или появлении отверстия на стенке емкости для хранения и транспортировки растворителя. При этом направление потока ЛВЖ может быть ориентировано под различными углами к горизонту. Под действием внешних факторов для жидкости возможен фазовый переход при вскипании с образованием двухфазного потока. Сконденсированная в мелкодисперсный аэрозоль жидкость мгновенно испаряется. С оставшейся частью аэрозоля из крупнодисперсных частиц происходит процесс осаждения на подстилающую поверхность и наблюдается переход жидкой фазы в паровую за счет подвода теплоты к границе раздела фаз из окружающей среды. Сформированное в дальнейшем газокапельное холодное облако, состоящее из паров и аэрозольных включений, рассеивается в атмосфере, дрейфуя по направлению ветра (в зависимости от метеорологических параметров) на высоте до 2 км, сохраняя при этом способность к воспламенению. Варианты развития сценариев аварии зависят от наличия источников воспламенения и времени задержки воспламенения: сгорание облака по типу «пожар–вспышка» без образования критических уровней избыточного давления; сгорание по типу «взрыв облака» с развитием избыточного давления в открытом пространстве; рассеивание облака без воспламенения и горения [4, 12].

Анализ основных причин произошедших аварий

Наиболее вероятными причинами и факторами, приводящими к возникновению и развитию аварий на маслоэкстракционном объекте, являются:

1) частичное или полное разрушение оборудования, обусловленное изнашиванием объектов технологического оснащения, ошибками или браком при изготовлении, монтаже, обслуживании и ремонте;

2) частичное или полное разрушение оборудования, обусловленное усталостными процессами;

3) механическое повреждение объектов технологического оснащения при ошибочном проведении строительно-монтажных работ;

4) локальное повреждение объектов технологического оснащения вследствие коррозионных и эрозийных процессов;

5) ошибочные действия персонала вследствие нарушения требований технологической карты по безопасному производству работ;

6) частичное или полное разрушение оборудования, обусловленное внешним воздействием природного и техногенного характера.

Анализ условий возникновения и развития аварий

С учетом физико-химических характеристик опасных веществ, участвующих в технологическом процессе, условий их использования в технологических блоках экстракционного отделения, установили основные группы возможных сценариев развития потенциальных аварий, рис. 3.



Рисунок 3. Схема построения сценариев развития аварийных ситуаций с указанием основных причин развития

С1. Разгерметизация или разрушение оборудования в помещении маслоэкстракционного отделения или его переполнение → загазованность парами растворителя помещений маслоэкстракционного отделения → превышение ПДК паров растворителя в помещении маслоэкстракционного отделения → попадание в зону превышения ПДК обслуживающего персонала → интоксикация людей в помещении маслоэкстракционного отделения.

С2. Разгерметизация или разрушение оборудования в маслоэкстракционном отделении или его переполнение → загазованность парами растворителя помещений маслоэкстракционного отделения → превышение ПДК паров растворителя в помещении маслоэкстракционного отделения → попадание в зону превышения ПДК обслуживающего персонала → интоксикация людей в помещении маслоэкстракционного отделения → образование взрывоопасного облака в помещении маслоэкстракционного отделения → взрыв → пожар.

С3. Разгерметизация или разрушение оборудования маслоэкстракционного отделения → загазованность парами растворителя рабочих зон маслоэкстракционного отделения, прилегающих к цеху территорий в пределах промышленной площадки предприятия → превышение ПДК паров растворителя в загазованной зоне → попадание в зону превышения ПДК обслуживающего персонала цеха, предприятия → интоксикация людей в пределах промышленной площадки предприятия → распространение токсичного облака и продуктов горения в пределах промышленной площадки предприятия.

С4. Разгерметизация или разрушение оборудования маслоэкстракционного отделения → загазованность парами растворителя территории предприятия и территорий, прилегающих к предприятию → превышение ПДК паров растворителя в загазованной зоне – попадание в зону превышения ПДК персонала предприятия и населения прилегающих к предприятию районов → интоксикация людей в пределах зоны превышения ПДК → образование взрывоопасного облака

→ взрыв → пожар → распространение токсичного облака и продуктов горения за пределы предприятия.

При этом для сценария С1, С2 – разгерметизация экстрактора (блок № 6), для сценария С3, С4 – разгерметизация автоцистерны $V=25 \text{ м}^3$ при приеме сырья в емкости хранения растворителя (блок № 1).

Установлено, что событие «огненного шара» в помещении маслоэкстракционного отделения невозможно вследствие

наличия системы аварийного удаления растворителя из технологического оборудования в аварийная емкость (резервуар) для слива мисцеллы. На наружном участке приема, хранения растворителя и аварийных сливов установлено заглубленное в грунт емкостное оборудование, что исключает его нагрев в случае возникновения пожара.

Выделили основные типы оборудования повышенной опасности в технологических блоках экстракционного отделения, табл. 3.

Таблица 3

Типы оборудования повышенной опасности в технологических блоках экстракционного отделения

Тип оборудования	Источник опасности
Емкостное	значительные объемы опасных веществ
Насосное	избыточное давление, низкий уровень надежности отдельных элементов конструкции насоса, возможность утечки опасных веществ
Трубопроводы	перепад давлений и температур, значительные объемы опасных веществ, возможность утечки опасных веществ, низкий уровень надежности соединений и арматуры

При выполнении расчетов по определению вероятности возникновения аварии, связанной с выбросом нефраса (блок № 6)

использовали статистические данные по аварийности и надежности технологической системы экстракционного отделения, рис. 4.



Рисунок 4. Дерево событий анализа причин аварии в маслоэкстракционном отделении и вероятности ее проявления в блоке № 6

Таким образом, необходимо проведение защитных мероприятий по поддержанию приемлемого уровня риска на имеющемся уровне, что обеспечивается следующим:

– использование бетонного покрытия на производственных площадках и эффективной системы ливневой канализации для защиты окружающей среды от загрязненных и аварийных стоков;

– использование средств по обеспечению электробезопасности и защиты от статического электричества (применение ограждения производственной площадки, молниезащиты и заземления), использование эффективной защиты технологического оборудования, трубопроводов перед сливом нефраса;

– использование средств взрыво- и пожарозащиты зданий и сооружений (пожарных гидрантов, сигнализации, автоматических систем пожаротушения, датчиков сигнализаторов до взрывных концентраций паров нефраса);

– осуществление производственного контроля с целью идентификации и устранения дефектов технологического оборудования, трубопроводов и запорной арматуры;

– постоянный мониторинг за состоянием технологических сооружений;

– проведение обучения и проверки знаний в области охраны труда и защиты в ЧС;

– обеспечение штатной численности и профессиональной подготовки обслуживающего и ремонтного персонала, в трудовые обязанности которых входит выполнение первичных действий по локализации аварийной ситуации;

– осуществление безопасной компоновки технологических блоков и участков с учетом возможных зон разрушений;

– минимизация значений удельного расхода нефраса на единицу выпуска экстрагированного соевого масла.

Литература

1. Горбунов Е. В., Панова Л. В., Атаманов С. Г. Современные технические средства для обеспечения взрывозащиты технологического оборудования на взрывопожароопасных производственных объектах хранения и переработки растительного сырья // Воронежский научно-технический Вестник. 2015. Т. 4. № 3-3 (13). С. 89–99.
2. Кулиева Р. Г., Касьянов Г. И., Кубенко Е. Г. и др. Обоснование промышленной безопасности маслоэкстракционного завода по производству белкового соевого концентрата производительностью 510 т/сутки // Биотехнологические, экологические и экономические аспекты создания безопасных продуктов питания специализированного назначения: мат. междунар. науч.-практ. конф. Краснодар, 2020. С. 254–260.
3. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277>.
4. Вальдман В. А., Лобанов А. А., Огаркова Е. С. Повышение продовольственной безопасности маслоэкстракционного производства на стадии рекуперации паров растворителя // Продовольственная безопасность как важнейший фактор национальной безопасности страны и роль информационно-консультационных служб АПК в ее обеспечении: сб. мат. Всерос. науч.-практ. конф. 2002. С. 123–124.
5. Федоров А. В., Бармашев В. А., Марков В. Н. и др. Актуальные проблемы обеспечения безопасности технологических процессов и производств для предупреждения техногенных чрезвычайных ситуаций // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. 2017. № 3 (24). С. 91–98.
6. Шашкова М. Н., Сергеева Г. А. Исследование пожарной безопасности на маслоэкстракционном предприятии // Аллея науки. 2018. Т. 2. № 10 (26). С. 304–307.
7. Гвоздев Е. В., Матвиенко Ю. Г. Комплексная оценка риска на предприятиях жизнеобеспечения, имеющих опасные производственные объекты // Безопасность труда в промышленности. 2019. № 10. С. 69–78.
8. Луконин В. П. Управление безопасностью химико-технологических систем на базе метода активного контроля утечек: автореф. дисс. ... д-ра техн. наук / Нижегородский государственный технический университет. Нижний Новгород, 2005.
9. Бритиков Д. А. Основные аспекты нормативного регулирования в сфере промышленной безопасности взрывопожароопасных производственных объектов хранения и переработки растительного сырья // Хлебопродукты. 2014. № 7. С. 39–41.
10. Акинин Н. И., Бабайцев И. В., Гериш В. А. Совершенствование системы управления промышленной безопасностью взрывоопасных производственных объектов // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. 2011. № 2 (16). С. 51–54.
11. Ahmad S., Zhu X., Wei X. et al. Influence of process parameters on hydrothermal modification of soybean residue: Insight into the nutrient, solid biofuel, and thermal properties of hydrochars // Journal of Environmental Management. 2021. Volume, P. 111981.
12. Радоуцкий В. Ю., Шапгала В. Г., Шульженко В. Н. и др. Нормирование рисков техногенных чрезвычайных ситуаций // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2008. № 4. С. 65–68.

References

1. Gorbunov E. V., Panova L. V., Atamanov S. G. Modern technical means for ensuring explosion protection of technological equipment at explosion and fire hazardous industrial facilities for storage and processing of vegetable raw materials // *Voronezh Scientific and Technical Bulletin*. 2015. T. 4. No. 3-3 (13). P. 89–99.
2. Kulieva R. G., Kasyanov G. I., Kubenko E. G. et al. Justification of industrial safety of an oil extraction plant for the production of protein concentrate production 510 tons/day // *Biotechnological, environmental and economic aspects of creating safe food for specialized purposes. Materials of the international scientific and practical conference*. Krasnodar, 2020. P. 254–260.
3. Official website of the Federal State Statistics Service. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277>.
4. Valdman V. A., Lobanov A. A., Ogarkova E. S. Increasing food security of oil extraction production at the stage of solvent vapor recovery // *Food security as the most important factor in the national security of the country and the role of information and consulting services of the agro-industrial complex in its section: collection of materials of the All-Russian scientific-practical conference*. 2002. P. 123–124.
5. Fedorov A. V., Barmashev V. A., Markov V. N. et al. Actual problems of safety of technological processes and production for the prevention of technogenic emergencies // *Bulletin of the Voronezh Institute of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia*. 2017. No. 3 (24). P. 91–98.
6. Shashkova M. N., Sergeeva G. A. Investigation of fire safety at an oil extraction plant // *Alley of Science*. 2018. Vol. 2. No. 10 (26). P. 304–307.
7. Gvozdev E. V., Matvienko Yu. G. Comprehensive risk assessment of life support enterprises with hazardous production facilities // *Labor safety in industry*. 2019. No. 10. P. 69–78.
8. Lukonin V. P. Safety management of chemical-technological systems based on the method of active control of leaks: dissertation abstract for the degree of Doctor of Technical Sciences / *Nizhny Novgorod State Technical University*. Nizhny Novgorod, 2005.
9. Britikov D. A. Main aspects of normative regulation in the field of industry of explosive and fire hazardous production facilities for storage and processing of vegetable raw materials // *Khleboprodukty*. 2014. No. 7. P. 39–41.
10. Akinin N. I., Babaytsev I. V., Gerish V. A. Improvement of the industrial management system of explosive production facilities // *Vector of Togliatti State University*. 2011. No. 2 (16). P. 51–54.
11. Ahmad S., Zhu X., Wei X. et al. Influence of Process Parameters on Hydrothermal Modification of Soybean Residues: Understanding Nutrients, Solid Biofuels, and Thermal Properties of Hydrocarbonate // *Journal of Environmental Management*. 2021. Volume, R. 111981.
12. Radoutsky V. Yu., Shaptala V. G., Shulzhenko V. N. et al. Rationing of risks of technogenic emergencies // *Bulletin of the Belgorod State Technological University*. V. G. Shukhov. 2008. No. 4. P. 65–68.

**ОБ ИССЛЕДОВАНИЯХ СОСТАВА ЛЮДСКИХ ПОТОКОВ В ЗДАНИЯХ
РАЗЛИЧНЫХ КЛАССОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ****ON STUDIES OF THE COMPOSITION OF HUMAN FLOWS IN BUILDINGS
OF VARIOUS CLASSES OF FUNCTIONAL FIRE HAZARD**

*Рудченко Г. И., кандидат технических наук,
Центр управления в кризисных ситуациях ГУ МЧС России
по Волгоградской области,
Волгоградский государственный технический университет,
Власова О. С., кандидат технических наук,
Волгоградский государственный технический университет, Волгоград*

*Rudchenko G.,
the Crisis Management Center of the EMERCOM of Russia
in the Volgograd Region,
Volgograd State Technical University,
Vlasova O., Volgograd State Technical University, Volgograd*

Статья раскрывает тему важности точного определения состава людского потока в зданиях различного класса функциональной пожарной опасности. Поднимается проблема отсутствия необходимых сведений в нормативных документах, вследствие чего результаты расчетов, проведенных в зданиях и на объектах с гетерогенным людским потоком, не всегда релевантны эмпирическим данным. Приведены объективные результаты проведенных в последние годы исследований состава людских потоков и сформулированы базирующиеся на них обоснованные выводы.

В статье отражены задачи и ход проведения исследования по определению функционального контингента зданий. Выявлены и приведены зависимости скорости движения слепых и слабовидящих людей, а также людей с заболеваниями опорно-двигательного аппарата от плотности людского потока. Данное обстоятельство позволило установить недостатки существующей классификации маломобильных групп населения. При помощи математической обработки результатов исследования были выделены характерные группы функционального контингента того или иного здания, что в свою очередь решило проблему разграничения зданий и сооружений, в зависимости от присущего им функционального контингента людей и позволило относить к ним одну из расчетных групп состава людского потока. Это разграничение, учитывающее формирующиеся в зданиях и сооружениях людские потоки и параметры движения маломобильных групп, способствует дальнейшему развитию теории людских потоков, совершенствованию моделирования процесса эвакуации, что в конечном итоге позволяет повысить уровень обеспечения безопасности людей при возникновении пожаров.

Ключевые слова: эвакуация, людской поток, параметры движения, маломобильные группы населения, функциональный контингент зданий.

The present article reveals the significance of the accurate determining of the composition of human flow inside buildings of various functional fire hazard classes. The authors raise the problem of the absence of the necessary information in regulatory documents, due to which the results of the calculations carried out in buildings and at facilities with a heterogeneous human flow are not always relevant to empirical data. The objective results of the

investigations of human flow composition carried out in recent years are presented and the justified conclusions based on them are formulated.

The article shows the tasks and the method of conducting the investigation aimed at determining the functional cohorts of people inside buildings. The dependences of the motion speed of blind and visually impaired people as well as of people with musculoskeletal system disorders on the human flow density were revealed and presented. This made it possible to determine the weak points of the existing classification of groups of people with limited mobility. Typical groups of the functional cohorts of people inside this or that building were identified by means of mathematical processing of the investigation results, which in its turn solved the problem of the differentiation of buildings and facilities according to the functional cohorts of people inherent in them and allowed attributing a certain design group of the human flow composition to one of them. The given distinction taking into account the human flows formed inside buildings and facilities and the parameters of the motion of limited-mobility groups contributes to further development of the theory of human flows and to the improvement of evacuation process modeling, which ultimately makes it possible to increase the level of human safety ensuring in the event of fires.

Keywords: evacuation, human flow, motion parameters, groups of people with limited mobility, functional cohorts of people inside buildings.

Для достоверного расчета возможности проведения своевременной и безопасной эвакуации людей из зданий различного функционального назначения необходимы сведения не только о количестве, но и составе людского потока. В существующих нормативных документах такие данные либо отсутствуют, либо в них имеются противоречия. В отдельных документах по строительству, к примеру СП 59.13130 и СП-35-103-2001, можно найти показатели численности только таких групп населения, как «инвалид на кресле коляске» и «инвалид». Подобное разделение людей на группы мобильности не учитывает особенности движения инвалидов других групп с различным перечнем заболеваний. То есть нормативные документы, направленные на обеспечение доступности различных объектов инфраструктуры для маломобильных групп населения, не содержат в себе инструментов, при помощи которых можно было бы достоверно оценить опасность этих объектов при пожаре для указанных групп, а все многообразие понятия «маломобильные группы населения» с разделением на разные группы мобильности в них сведены к двум группам инвалидов. Следует учитывать и то обстоятельство, что понятия «инвалид» и «маломобильные группы» не тождественны.

Любой человек в течение жизни, получив травму, может стать на время «маломобильным», не являясь при этом инвалидом.

На сегодняшний день научно обоснованы как фундаментальные основы движения людских потоков, так и особенности их формирования в зданиях и сооружениях различного назначения [1–4]. Однако, несмотря на несомненную научную проработанность темы, остаются вопросы, которые обуславливают необходимость дальнейших исследований и доработки действующих нормативных документов. Например, описанные в научной литературе исследования по установлению параметров движения детей, маломобильных групп и пожилых людей проводились с гомогенными (однородными) потоками, состоящими из представителей одной и той же группы [5, 6]. Однако такой состав присущ лишь специализированным зданиям (дома престарелых, детские сады и т. п.). В зданиях иного функционального назначения такие группы людей будут являться лишь частью общего людского потока. Причем, например, в зданиях торговых-развлекательных комплексов состав людского потока может меняться в зависимости от дня недели, репертуара кинотеатров или скидочных акций в магазинах (премьера мультфильма для детей, художественного

фильма по мотивам произведения, изучаемого школьниками различного возраста, или ретроспективного показа фильма, который может привлечь внимание пожилых людей). Указанная разнородность потока окажет значительное влияние на общее время эвакуации вследствие различных скоростей движения, характерных для разных возрастных групп и групп людей различной мобильности.

Требования нормативных документов делят существующие здания по функциональной пожарной опасности на 5 классов и 21 подкласс в зависимости от состава основного контингента [7]. Следовательно, при выполнении расчетов в любом из зданий необходимо исходить из предпосылок, что состав людского потока в каждом из указанных классов зданий фактически однороден. Однако проведенные наблюдения показывают, что даже в зданиях одного и того же класса функциональной опасности людской поток значительно различается по возрасту, что оказывает значительное влияние на время эвакуации, которое может варьироваться в диапазоне до 20 % [8].

Не совсем логичным выглядит и то, что мобильное население, разница в скоростях движения которого достигает почти 54 % представлена в нормативных документах одной группой, а маломобильные группы с разницей в 57,1 % – четыремя.

Несмотря на указанные недостатки и противоречия нормирования, до последнего

времени отсутствовали результаты научных исследований, на основании которых можно было бы внести изменения в нормативно-правовые акты. Лишь в середине 2010-х годов коллективом российских ученых были проведены эксперименты по определению индивидуальных особенностей движения представителей различных групп мобильности в разнородном людском потоке [9]. На основании анализа полученных результатов были выявлены закономерности их движения. Обобщенные результаты позволили разработать алгоритм индивидуального движения людей в общем потоке, учитывающий количество людей разных групп мобильности. Натурные наблюдения проводились в различных зданиях. Целью наблюдений являлась классификация по возрасту людей, их посещавших. Сбор данных жилых зданий и на предприятиях в основном осуществлялся путем анализа и обработки списков проживающих и работающих, в зданиях общественного назначения – путем обработки видеозаписей. Состав контингента почти в любом из зданий может варьироваться в течение не только сезона, но и суток, поэтому рассматривался лишь целевой контингент людей, посещающих здания, установленный по результатам наблюдений за людьми в нескольких однотипных зданиях [10]. Вес каждого из зданий, в которых проводились наблюдения, определялся по формуле:

$$k_j = \frac{S_j}{\sum_{m=1}^N S_{jm}}, \quad j = 1, 2, \dots, N, \quad (1)$$

где S_j – общее количество людей в j -м здании;

$$S_j = \sum_{m=1}^M S_{jm}, \quad (2)$$

где M – количество возрастных групп;

N – количество зданий;

S_{jm} – количество людей m -й возрастной группы в j -м здании.

Пример расчета состава посетителей зданий класса Ф 3.5 с учетом доли j -го здания в общем фактическом объеме приведен в табл. 1.

Наблюдения проводились в зданиях и сооружениях всех классов функциональной пожарной опасности и охватывали 28930 человек. После проверки независимых случайных выборок на однородность, при помощи критерия Пирсона, из всей совокупности данных были выделены показатели характерные для тех или иных групп.

Расчеты, при помощи разделяющих алгоритмов свободной программной среды, позволили выделить характерные группы функционального контингента того или иного здания («дети и родители», «служащие и пенсионеры», «все возрастные группы» и т. д.).

Таблица 1
Пример расчета состава посетителей зданий и сооружений

Возраст людей	Количество людей различных возрастных групп S_m			Отношение количества людей m -й группы к общему количеству людей в здании j S_{jm}/S_j			Состав посетителей
	Здание 1	Здание 2	Здание 3	Здание 1	Здание 2	Здание 3	
До 2 лет	0	0	0	0	0	0	0
2–6 лет	9	24	6	0,0204	0,0324	0,0136	0,0240
7–11 лет	8	16	6	0,0181	0,0216	0,0136	0,0185
12–14 лет	4	6	2	0,0090	0,0081	0,0045	0,0074
15–17 лет	8	1	3	0,0181	0,0014	0,0068	0,0074
18–25 лет	118	164	114	0,2670	0,2216	0,2585	0,2440
26–45 лет	115	292	133	0,2602	0,3946	0,3016	0,3327
46–59 лет	136	177	149	0,3077	0,2392	0,3379	0,2847
60–74 года	44	60	28	0,0995	0,0811	0,0635	0,0813
75–89 лет	0	0	0	0	0	0	0
От 90 лет	0	0	0	0	0	0	0
S_j	442	740	441	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
$k_j = S_j/S$	0,2723	0,4559	0,2717				

Для первой группы характерным признаком является наличие в составе людей всех возрастов, за исключением немощных, пожилых и грудных детей. Охарактеризована термином «Активная семья».

Во второй группе преобладающим контингентом (более 30 %) являются дети и их родители. Охарактеризована термином «Дети и родители».

Третья группа в своем составе в основном имеет людей трудоспособного возраста и пенсионеров и характеризуется по-

чти полным отсутствием детей. Охарактеризована термином «Служащие и пенсионеры».

Четвертая группа характеризуется присутствием в своем составе представителей всех возрастов. Примером может являться многоквартирный жилой дом. Охарактеризована термином «Все возрастные группы».

Расчетный состав каждой из групп людского потока гетерогенного состава приведен в табл. 2.

Таблица 2

Состав групп гетерогенного состава людского потока

Наименование группы	Процент в общем потоке, %					
	Дети и подростки		Люди трудоспособного возраста		Пенсионеры	
	До 6 лет	7–17 лет	18–25 лет	26–59 лет	60–74 года	Свыше 75 лет
«Дети и родители»	7,61	26,76	11,55	54,08	0	0
«Активная семья»	3,89	4,48	7,30	71,65	9,74	2,95
«Служащие и пенсионеры»	0	0	1,08	44,09	52,31	2,53
Все возрастные группы	9,25	11,66	12,35	48,37	10,20	8,17

Исследования, проведенные с представителями маломобильных групп населе-

ния, помимо прочего позволили выявить недостатки классификации, которая используется в настоящее время (табл. 3) [11].

Таблица 3

Разделение людей по мобильным качествам согласно действующих НПА

Группы мобильности	Общие характеристики людей групп мобильности
М1	Люди, не имеющие ограничений по мобильности, в том числе с дефектами слуха
М2	Немощные люди, мобильность которых снижена из-за старения организма (инвалиды по старости); инвалиды на протезах; инвалиды с недостатками зрения, пользующиеся белой тростью; люди с психическими отклонениями
М3	Инвалиды, использующие при движении дополнительные опоры (костыли, палки)
М4	Инвалиды, передвигающиеся на креслах-колясках, приводимых в движение вручную

Эксперименты с людьми группы мобильности М1 показали, что люди с дефектами слуха функционально обладают такой же скоростью движения, что и здоровые люди, но имея недостаток получения информации извне, которую здоровые и условно здоровые люди получают посредством слуха, вынуждены чаще оглядываться по сторонам, чтобы исключить столкновение с другими людьми. В процессе эвакуации 67,78 % из них замедляли движение, чтобы время от времени оборачиваться и обмениваться информацией с позади идущими при помощи языка жестов, что уменьшало общую скорость движения.

В группе М2 практически у всех указанных категорий людей имеются свои скорости и особенности движения [12]. Например, скорость и интенсивность движения людей, использующих одну опору, отличается от скорости людей, опирающихся на две (рис. 2–4). Существенные различия в скорости наблюдаются у людей, передвигающихся на протезах. Наименьшую скорость имеют люди, у которых проведено протезирование коленного и тазобедренного суставов, существенное значение имеет в этом случае возраст пациента и время, прошедшее после проведения операции (рис.1). Кроме того, во всех случаях в группе имеет место задержка времени начала эвакуации из-за необходимости надевания протеза.

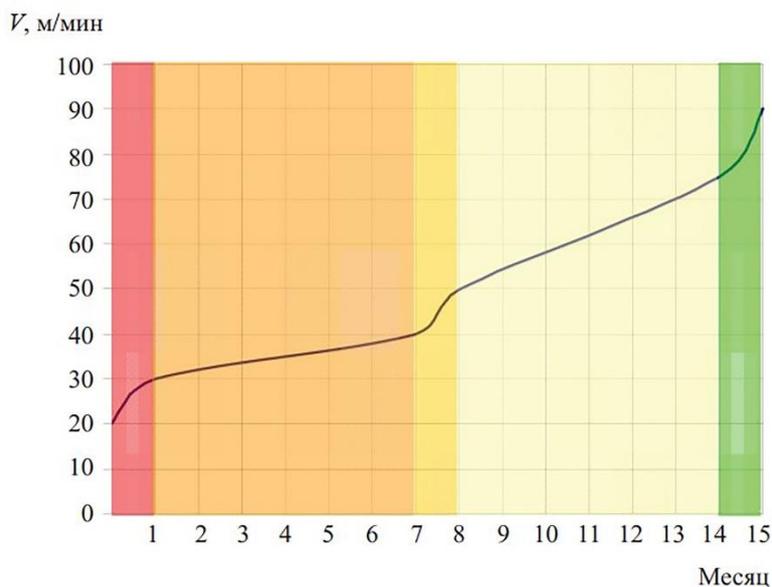


Рисунок 1. Зависимость скорости движения инвалидов на протезах от времени реабилитации

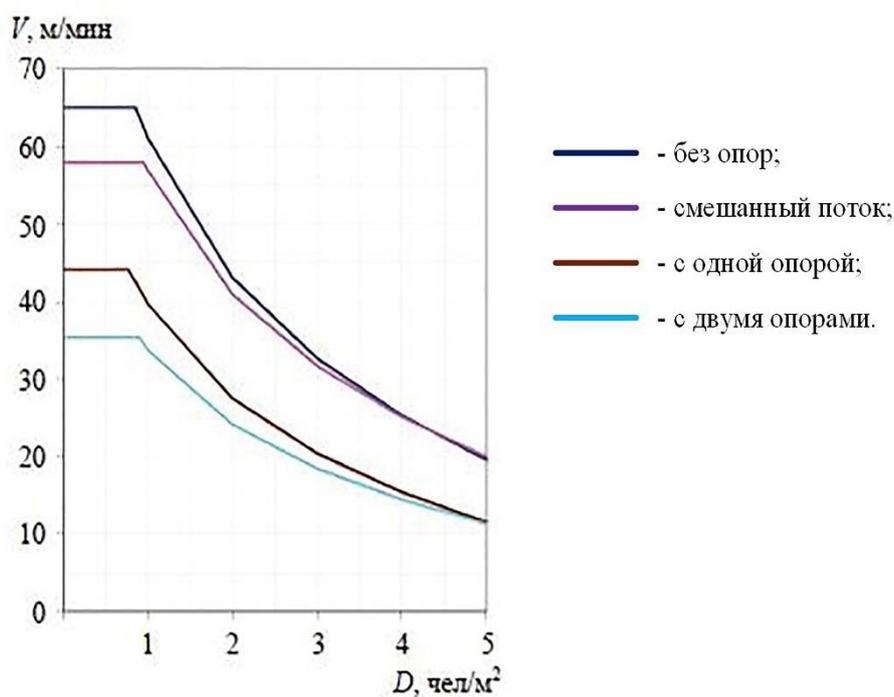


Рисунок 2. Зависимость скорости движения от плотности потока для людей с заболеванием опорно-двигательного аппарата при движении по горизонтальному пути

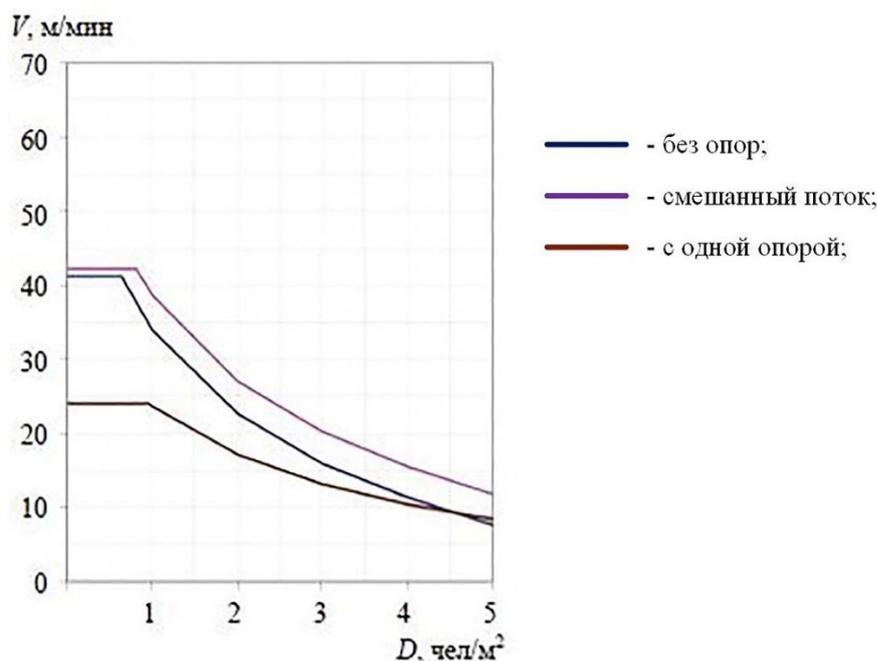


Рисунок 3. Зависимость скорости движения от плотности потока людей с заболеванием опорно-двигательного аппарата при движении по лестнице вниз

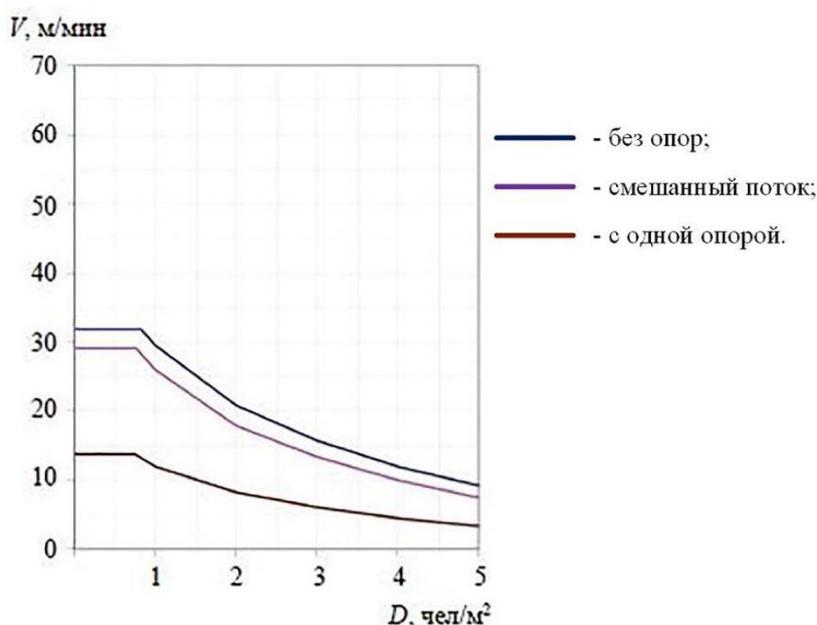


Рисунок 4. Зависимость скорости движения от плотности потока для людей с заболеванием опорно-двигательного аппарата при движении по лестнице вверх

Анализ параметров движения слепых и слабовидящих людей показал, что ключевым фактором, непосредственно влияющим на скорость их движения, является опыт исследования этого пути в прошлом (насколько часто они ранее проходили этим

маршрутом) (рис. 5–6). Указанный фактор имеет настолько большое влияние на скорость передвижения этой группы мобильности, что исследователями был введен особый классификационный признак – признак изученности маршрута.

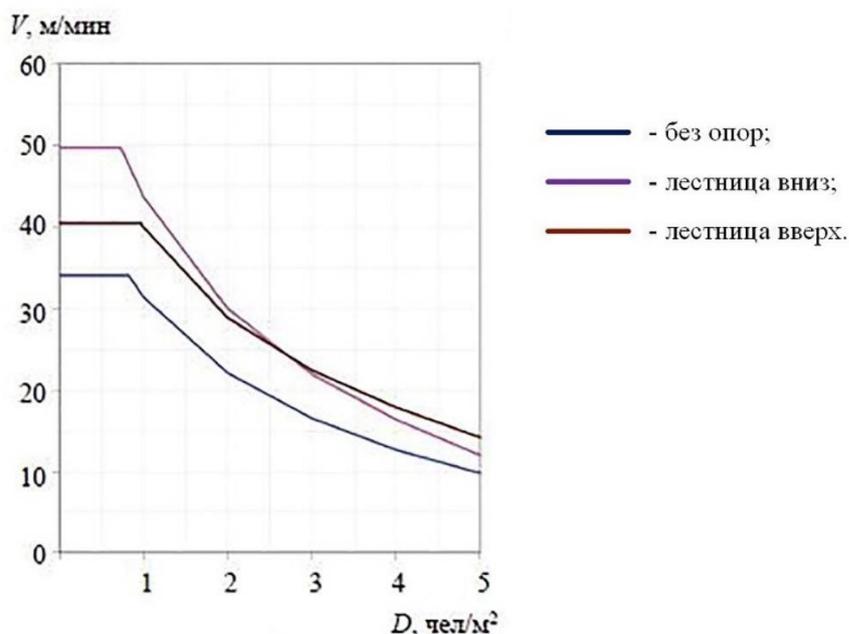


Рисунок 5. Зависимость скорости движения от плотности потока для слепых и слабовидящих людей при движении по знакомому пути

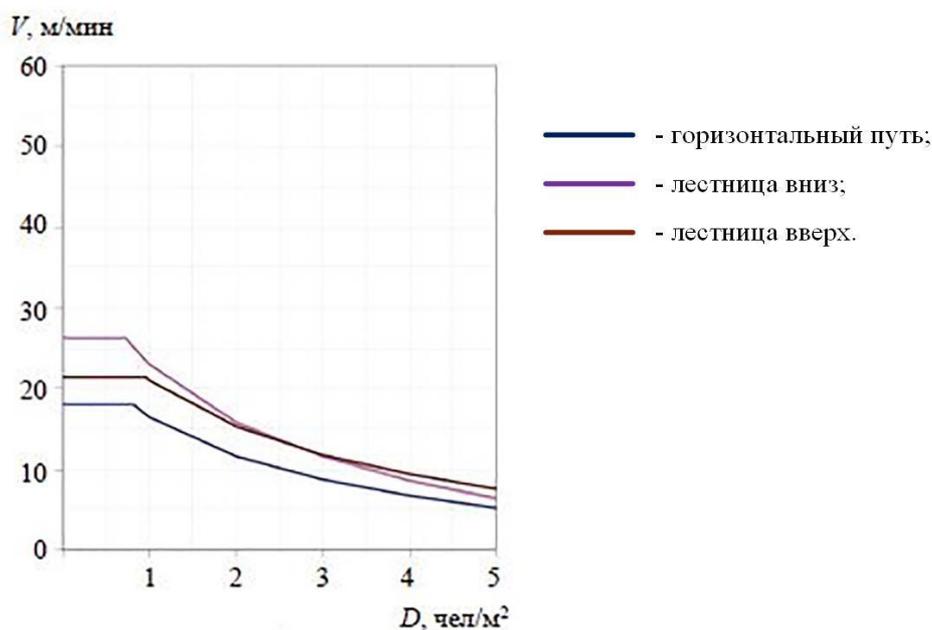


Рисунок 6. Зависимость скорости движения от плотности потока для слепых и слабовидящих людей при движении по незнакомому пути

При экспериментах по эвакуации пациентов с психическими отклонениями выявлено, что 95 % (не находящихся в состоянии медикаментозного сна или седативных препаратов) не имеют пониженной мобильности и только 5 % могут отказаться от эвакуации.

В ходе проведения натурных наблюдений был выявлен неожиданный факт. У людей с поражением опорно-двигательного аппарата и нарушением зрения не удалось зафиксировать достоверной закономерности влияния эмоционального состояния на скорость движения.

Результаты, полученные в ходе исследований, позволили сделать следующие выводы.

1. Существующая на сегодняшний день классификация маломобильных групп людей несовершенна и требует переработки.

1.1. Пониженная мобильность людей с нарушениями слуха требует выделения их в отдельную группу.

1.2. Группу М2 составляют люди, скорости и особенности движения которых отличаются кардинально, и поэтому необходимо полное ее переформирование на основании эмпирических критериев.

1.3. При отнесении людей к группам М3 и М4 в обязательном порядке необходимо учитывать их возраст как фактор, имеющий значительное влияние на скорость движения.

2. При движении слепых и слабовидящих людей основным фактором, влияющим на скорость передвижения, является исследованность маршрута.

Проведенные исследования, анализ и расчеты позволили решить проблему разграничения зданий и сооружения в зависимости от присущего им функционального контингента людей и позволяют относить к ним одну из расчетных групп состава людского потока. Это разграничение, учитывающее формирующиеся в зданиях и сооружениях людские потоки и параметры движения маломобильных групп, способствует дальнейшему развитию теории людских потоков, совершенствованию моделирования процесса эвакуации, что в конечном итоге позволяет повысить уровень обеспечения безопасности людей при возникновении пожаров.

Литература

1. Беляев С. В. Эвакуация из зданий массового назначения. М., 1938. 70 с.
2. Милинский А. И. Исследование процесса эвакуации зданий массового назначения: дис. канд. техн. наук: 05.23.10. М., 1951. 178 с.
3. Предтеченский В. М., Милинский А. И. Проектирование зданий с учетом организации движения людских потоков. М., 1979. 375 с.
4. Холщевников В. В. Людские потоки в зданиях, сооружениях и на территории их комплексов: дис. д-ра техн. наук: 05.23.10. М., 1983. 484 с.
5. Парфененко А. П. Нормирование требований пожарной безопасности к эвакуационным путям и выходам в зданиях детских дошкольных образовательных учреждений: дис. канд. техн. наук: 05.26.03. М., 2012. 153 с.
6. Рудченко Г. И. Совершенствование способов и методов обеспечения пожарной безопасности при проектировании и эксплуатации дошкольных образовательных учреждений: дис. канд. техн. наук: 05.26.03. Волгоград, 2013. 184 с.
7. Закон Российской Федерации «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. 2008 г. № 30 (часть I). Ст. 3579. с изм. и допол. в ред. от 28 июля 2008 г.
8. Самошин Д. А., Матвеева Н. П. Проблемы безопасной эвакуации людей из культовых зданий православной церкви // Технологии техносферной безопасности. 2013. № 6 (52). URL: <http://ipb.mos.ru/ttb/2013-6/2013-6.html>.
9. Самошин Д. А. Состав людских потоков и параметры их движения при эвакуации: монография. М., 2016. 210 с.
10. Канцедаль С. А. Основы статистики. М., 2011. 192 с.
11. Холщевников В. В., Самошин Д. А., Истратов Р. Н. Исследование проблем обеспечения пожарной безопасности людей с нарушением зрения, слуха и опорно-двигательного аппарата // Пожаровзрывобезопасность. 2013. № 3. С. 48–56.
12. Истратов Р. Н. Нормирование требований пожарной безопасности к эвакуационным путям и выходам в стационарах социальных учреждений по обслуживанию граждан пожилого возраста: дис. канд. техн. наук: 05.26.03. М., 2014. 160 с.

References

1. Belyayev S. V. Evakuatsiya iz zdaniy massovogo naznacheniya. M., 1938. 70 p.
2. Milinskiy A. I. Issledovaniye protsessa evakuatsii zdaniy massovogo naznacheniya: dis. kand. tekhn. nauk: 05.23.10. M., 1951. 178 p.

3. Predtechenskiy V. M., Milinskiy A. I. *Proyektirovaniye zdaniy s uchetom organizatsii dvizheniya lyudskikh potokov*. M., 1979. 375 p.
4. Kholshchevnikov V. V. *Lyudskiye potoki v zdaniyakh, sooruzheniyakh i na territorii ikh kompleksov*: dis. d-r. tekhn. nauk: 05.23.10. M., 1983. 484 p.
5. Parfenenko A. P. *Normirovaniye trebovaniy pozharnoy bezopasnosti k evakuatsionnym putyam i vykhodam v zdaniyakh detskikh doshkol'nykh obrazovatel'nykh uchrezhdeniy*: dis. kand. tekhn. nauk: 05.26.03. M., 2012. 153 p.
6. Rudchenko G. I. *Sovershenstvovaniye sposobov i metodov obespecheniya pozharnoy bezopasnosti pri proyektirovanii i ekspluatatsii doshkolnykh obrazovatelnykh uchrezhdeniy*: dis. kand. tekhn. nauk: 05.26.03. Volgograd, 2013. 184 p.
7. *Zakon Rossiyskoy Federatsii «Tekhnicheskiy reglament o trebovaniyakh pozharnoy bezopasnosti» ot 22 iyulya 2008 g. № 123-FZ // Sobraniye zakonodatel'stva Rossiyskoy Federatsii. 2008 g. № 30 (chast' I). St. 3579. s izm. i dopol. v red. ot 28 iyulya 2008 g.*
8. Samoshin D. A., Matveyeva N. P. *Problemy bezopasnoy evakuatsii lyudey iz kul'tovyykh zdaniy pravoslavnoy tserkvi // Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti . 2013. № 6 (52). URL: <http://ipb.mos.ru/ttb/2013-6/2013-6.html>.*
9. Samoshin D. A. *Sostav lyudskikh potokov i parametry ikh dvizheniya pri evakuatsii: monografiya*. M., 2016. 210 p.
10. Kantsedal S. A. *Osnovy statistiki*. M., 2011. 192 p.
11. Kholshchevnikov V. V., Samoshin D. A., Istratov R. N. *Issledovaniye problem obespecheniya pozharnoy bezopasnosti lyudey s narusheniyem zreniya, slukha i oporno-dviga- tel'nogo apparata // Pozharovzryvbezopasnost. 2013. № 3. P. 48–56.*
12. Istratov R. N. *Normirovaniye trebovaniy pozharnoy bezopasnosti k evakuatsionnym putyam i vykhodam v statsionarakh sotsial'nykh uchrezhdeniy po obsluzhivaniyu grazhdan pozhilogo vozrasta*: dis. kand. tekhn. nauk: 05.26.03. M., 2014. 160 p.

УДК 159.9.075

el-tretyak@yandex.ru

**КОПИНГ-ПОВЕДЕНИЕ КУРСАНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ
«ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ» В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ
ИХ СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТИ**

**COPING BEHAVIOR OF CADETS OF THE PREPARATION PROFILE
"FIRE SAFETY" DEPENDING ON THE LEVEL
OF THEIR STRESS RESISTANCE**

*Майстренко Е. В., доктор биологических наук,
Сургутский государственный университет, Сургут,
Карама Е. А., кандидат педагогических наук, доцент,
Уральский институт Государственной
противопожарной службы МЧС России, Екатеринбург,
Костылева А. А.,
Сургутский государственный университет, Сургут*

*Maistrenko E., Surgut State University, Surgut,
Karama E., The Ural Institute of State Firefighting Service
of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg,
Kostyleva A., Surgut State University, Surgut*

В работе представлены результаты исследования взаимосвязи предпочитаемых копинг-стратегий в стрессовых ситуациях и уровня стрессоустойчивости курсантов Уральского Института Государственной противопожарной службы МЧС России, обучающихся по специальности «Пожарная безопасность». В исследовании приняли участие 103 курсанта. Средний возраст участников обследования – 20,2 года. Проведен сравнительный анализ копинг-поведения в стрессовых ситуациях курсантов с разным уровнем стрессоустойчивости. Проведен корреляционный анализ уровня устойчивости к стрессу и степени выраженности стратегий поведения по пяти шкалам: «проблемно-ориентированный копинг», «эмоционально-ориентированный копинг», «копинг, ориентированный на избегание», «отвлечение» и «социальное отвлечение». Установлено, что 7,8 % курсантов обладают «удовлетворительным» уровнем стрессоустойчивости, 78,6 % курсантов – «хорошей» стрессоустойчивостью и 13,6 % курсантов – «высоким» уровнем устойчивости к стрессу. Обнаружена статистически значимая (при $p < 0,05$) обратная связь уровня стрессоустойчивости и эмоционально-ориентированного копинга. У курсантов с «удовлетворительным» уровнем стрессоустойчивости выявлен низкий уровень проблемно-ориентированного копинга. Курсанты с «удовлетворительной» стрессоустойчивостью редко выбирают стратегию, направленную на решение проблемы.

Ключевые слова: нервно-психическая устойчивость, копинг-поведение в стрессовых ситуациях, курсанты, стрессоустойчивость, профессиональный отбор.

The paper presents the results of a study of the relationship between preferred coping strategies in stressful situations and the level of stress resistance of cadets of the Ural Institute of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, who are trained in the "Fire safety" training profile. The study involved 103 cadets. The average age of the survey participants was 20,2 years. A comparative analysis of coping behavior in stressful situations of cadets with different levels of stress resistance was carried out. Correlation

analysis of the level of resistance to stress and the severity of behavioral strategies was carried out on five scales: "problem-oriented coping", "emotionally-oriented coping", "avoidance-oriented coping", "distraction" and "social distraction". It was found that 7,8 % of cadets have a satisfactory level of stress resistance, 78,6 % of cadets have good stress resistance and 13,6 % of cadets have a high resistance to stress. A statistically significant inverse relationship (at $p < 0,05$) of the level of stress resistance and emotionally oriented coping was found. Cadets with a satisfactory level of stress resistance showed a low level of problem-oriented coping. Cadets with satisfactory stress tolerance rarely choose a problem-solving strategy. In general, study participants have a high level of avoidance-oriented coping, which indicates that in stressful situations, cadets tend to choose detachment and avoidance of the problem, rather than its solution.

Keywords: neuropsychic stability, coping behavior in stressful situations, cadets, stress resistance, professional selection.

Специальность «Пожарная безопасность» занимает особое место в списке профессий. Это связано не только с условиями обучения и особыми требованиями к обучающимся, но и с социальной и экономической значимостью уровня подготовки выпускников этой специальности, поскольку от их профессионализма зависит обеспечение профилактических противопожарных мероприятий на всех существующих объектах страны, а также эффективность ликвидации возникших пожаров и последствий других чрезвычайных ситуаций.

Одним из важных компонентов профессиональной пригодности абитуриента и курсанта данной специальности является его нервно-психическая устойчивость. Всем известен тот факт, что трудовая деятельность, связанная со спасением людей, несчастными случаями, пожарами, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера, предполагает повышенные психические нагрузки и эмоциональное перенапряжение. Воздействие стрессогенных факторов может вызывать состояние стресса, имеющее свое отражение как на физическом, так и на психическом состоянии человека, его реакциях и особенностях поведения [8]. У неподготовленных сотрудников могут возникать различные симптомы стресса, среди них: головные боли, изменение артериального давления, учащенное дыхание и сердцебиение, напряжение, повышенная раздражительность и утомляемость,

неспособность сконцентрироваться, расстройство сна, ухудшение аппетита, неуверенность в своих силах, депрессия и другие [5].

Стрессоустойчивость – это качество человека, помогающее ему преодолевать жизненные трудности и обеспечивающее устойчивое состояние психики. Недостаточная устойчивость к стрессу может спровоцировать профессиональное выгорание, основными признаками которого являются: безразличие к тому, что раньше было интересно, усталость от профессиональных обязанностей, конфликтные отношения с коллегами и начальством, неуверенность в собственной компетентности.

Феномен стрессоустойчивости имеет двойственную природу. С одной стороны, стрессоустойчивость рассматривают как внешний показатель, который влияет на успешность\неуспешность деятельности. С другой стороны, устойчивость к стрессу является личностной (внутренней) характеристикой, обеспечивающей постоянство личности как системы [2].

Известно, что каждый индивид имеет определенный предел стрессоустойчивости, превысив который происходит нарушение его психической деятельности [1]. Устойчивость к стрессу зависит в первую очередь, от врожденных типологических особенностей организации нервной системы. Также важную роль играют условия развития человека, его воспитание, характер, социальная

среда и др. В процессе трудовой деятельности, преодоления различных жизненных ситуаций уровень стрессоустойчивости может претерпевать изменения как в сторону возрастания, так и в сторону снижения, и это зависит от целого ряда факторов и их сочетания.

Для исследователей представляет интерес взаимосвязь уровня стрессоустойчивости и других личностных характеристик. С. В. Ильинским и Е. А. Гладышевой установлено, что низкая нервно-психическая устойчивость коррелирует с высоким уровнем личностной тревожности. Такая личность воспринимает большинство жизненных ситуаций, как угрожающие. Между низкой стрессоустойчивостью и высокой реактивной тревожностью также существует положительная взаимосвязь. Личность, склонная к тревожным реакциям, неадекватно оценивает ситуацию и свои возможности в стрессе, поэтому не может эффективно работать, ставить и выполнять боевые задачи в чрезвычайных ситуациях. В экстремальных условиях могут наблюдаться нарушения внимания и тонкой координации. Такая личность представляет опасность для себя и сослуживцев, особенно, если занимает руководящую должность [3].

Важным аспектом является влияние преобладающих стратегий поведения человека на сохранность его психологического здоровья. Существует несколько поведенческих стратегий. Проблемно-ориентированный копинг направлен на решение проблемы, эмоционально-ориентированный – на выражение эмоций. Выбирая копинг, ориентированный на избегание, личность не решает проблему, избегает размышлять о ней и работать для ее разрешения. Копинг «отвлечение» является способом избегания мыслей о проблеме, не предполагающим ее разрешения. Социальное отвлечение – это копинг-поведение, направленное на поиск социальной поддержки.

Л. Р. Правдина и Л. Ю. Ульянова установили, что выбор стратегии поведения влияет на травматичность воинской службы для военнослужащих. Психологи выделили

паттерн совладающего поведения, препятствующий травматизации военнослужащих: отказ от эмоционально-ориентированной и избегающей стратегии и одновременно предпочтение копинга, направленного на социальное отвлечение. Военнослужащие, оценивающие свой опыт службы как травматичный, предпочитают копинг, ориентированный на избегание и эмоционально-ориентированный копинг.

Цель исследования заключается в установлении взаимосвязи между предпочитаемыми стратегиями поведения в стрессовых ситуациях и уровнем стрессоустойчивости курсантов специальности «Пожарная безопасность».

В исследовании приняли участие 103 курсанта 3 курса Уральского института ГПС МЧС России, обучающихся по специальности «Пожарная безопасность». Средний возраст испытуемых составляет 20,2 года.

Стрессоустойчивость курсантов определялась с помощью анкет «Прогноз» и «Прогноз – 2», разработанных в Военно-медицинской академии им. С. М. Кирова. Анкеты содержат шкалу нервно-психической устойчивости и шкалу искренности, что позволяет установить достоверность результата. Для анализа и сравнения результатов были отобраны лишь те данные, которые отвечали требованиям достоверности. Существует четыре уровня стрессоустойчивости: «неудовлетворительный», «удовлетворительный», «хороший» и «высокий». Чем выше показатель устойчивости к стрессу, тем ниже вероятность нарушений психической деятельности и выше уровень психической регуляции.

Методика не выявила курсантов с «неудовлетворительным» уровнем нервно-психической устойчивости. У всех обследованных курсантов имеется благоприятный прогноз поведения в чрезвычайной ситуации. В большей степени в выборке выражены «хороший» (78,6 %) и «высокий» (13,6 %) уровни стрессоустойчивости (см. табл. 1). Лишь у 7,8 % курсантов обнаружен «удовлетворительный» уровень стрессоустойчивости.

Таблица 1
Распределение участников обследования по уровню стрессоустойчивости

Выборка испытуемых	Уровень стрессоустойчивости			
	Неудовлетворительный	Удовлетворительный	Хороший	Высокий
Курсанты специальности «Пожарная безопасность»	0 % (0 чел.)	7,8 % (8 чел.)	78,6 % (81 чел.)	13,6 % (14 чел.)

Далее с помощью методики многомерного измерения С. Нормана и др. в адаптации Т. Л. Крюковой были определены предпочитаемые стратегии поведения [7]. Диагностика копинг-поведения в стрессовых ситуациях показала, что в целом испы-

туемые обладают слабо выраженными проблемно-ориентированным и эмоционально-ориентированным копингами, средневыраженной стратегией отвлечения. При этом сильно выражен копинг, ориентированный на избегание, и стратегия социального отвлечения (см. табл. 2).

Таблица 2
Степень выраженности (в баллах) по пяти шкалам копинг-поведения в стрессовых ситуациях у курсантов (n = 103)

Копинг-поведение в стрессовых ситуациях	Средние значения	Степень выраженности
Проблемно-ориентированный копинг	53,74	Низкая
Эмоционально-ориентированный копинг	22,81	Низкая
Копинг, ориентированный на избегание	47,01	Высокая
Отвлечение	20,22	Средняя
Социальное отвлечение	17,09	Высокая

Предполагается, что существует взаимосвязь между стрессоустойчивостью и предпочитаемыми стратегиями поведения в стрессовых ситуациях. Вся выборка обследуемых была поделена на три группы: курсанты с «удовлетворительным» уровнем устойчивости к стрессу, курсанты с «хорошей» стрессоустойчивостью и курсанты с «высоким» уровнем стрессоустойчивости. С помощью Microsoft Excel 2010 была проведена статистическая обработка данных для каждой выборки: рассчитаны средние значения по шкалам копингов и доверительные интервалы для них. Проанализируем показатели копинг-поведения у курсантов с разными уровнями нервно-психической устойчивости (см. табл. 3).

Для курсантов с «удовлетворительной» устойчивостью к стрессу характерны слабовыраженные проблемно- и эмоцио-

нально-ориентированные стратегии. Наиболее часто испытуемые этой группы выбирают поведение, направленное на избегание разными способами эмоционального напряжения, а также избегание и отвлечение в стрессовых ситуациях.

Испытуемые с «хорошей» стрессоустойчивостью редко используют эмоционально-ориентированный копинг. У них наблюдается средневыраженная стратегия, направленная на решение проблемы. Чаще всего курсанты из этой выборки отдают предпочтение избеганию, отвлечению и поиску социальной поддержки.

Курсанты с «высоким» уровнем стрессоустойчивости склонны чаще выбирать копинг-стратегии, направленные на разрешение проблемы и реже используют избегающие копинги, направленные на уход, отстранение, избегание проблемной ситуации.

Таблица 3

Степень выраженности (в баллах) по пяти шкалам копинг-поведения в стрессовых ситуациях у курсантов с разными уровнями стрессоустойчивости

Копинг-поведение в стрессовых ситуациях	Средние значения	Степень выраженности
Курсанты (n = 8) с «удовлетворительным» уровнем стрессоустойчивости		
Проблемно-ориентированный копинг	51,25 ± 6,92	Низкая
Эмоционально-ориентированный копинг	27,75 ± 3,68	Низкая
Копинг, ориентированный на избегание	47,38 ± 7,85	Высокая
Отвлечение	20,13 ± 3,05	Средняя
Социальное отвлечение	16,13 ± 2,58	Средняя
Курсанты (n = 81) с «хорошим» уровнем стрессоустойчивости		
Проблемно-ориентированный копинг	53,83 ± 2,41	Средняя
Эмоционально-ориентированный копинг	23,02 ± 1,05	Низкая
Копинг, ориентированный на избегание	47,06 ± 1,96	Высокая
Отвлечение	20,30 ± 1,04	Средняя
Социальное отвлечение	17,14 ± 0,77	Средняя
Курсанты (n = 14) с «высоким» уровнем стрессоустойчивости		
Проблемно-ориентированный копинг	54,14 ± 4,77	Средняя
Эмоционально-ориентированный копинг	19,43 ± 1,53	Низкая
Копинг, ориентированный на избегание	45,79 ± 4,17	Высокая
Отвлечение	19,79 ± 1,92	Средняя
Социальное отвлечение	17,07 ± 1,71	Средняя

Примечание: при уровне значимости $p < 0,05$.

Можно заключить, что в целом значение проблемно-ориентированного копинга возрастает в зависимости от уровня стрессоустойчивости. Показатель эмоционально-

ориентированного копинга и уровень стрессоустойчивости курсантов находятся в обратной зависимости статистически значимой на уровне $p < 0,05$ (см. рис. 1).



Рисунок 1. Степень выраженности (в баллах) эмоционально-ориентированного копинг-поведения курсантов с разными уровнями стрессоустойчивости

Далее был проведен корреляционный анализ для выявления статистической зависимости уровня стрессоустойчивости (в бал-

лах) и выраженности копингов. Для установления взаимосвязи были найдены коэффициенты корреляции Пирсона (табл. 4).

Таблица 4
Частные коэффициенты корреляции уровня стрессоустойчивости и копинг-поведений в стрессовых ситуациях

Показатель	Стрессоустойчивость
Проблемно-ориентированный копинг	0,13
Эмоционально-ориентированный копинг	0,54
Копинг, ориентированный на избегание	-0,08
Субшкала «Отвлечение»	-0,05
Субшкала «Социальное отвлечение»	0,03

Примечание: при уровне значимости $p < 0,05$.

Между эмоционально-ориентированным копингом и уровнем стрессоустойчивости наблюдается обратная средневыраженная связь (0,54): чем выше уровень устойчивости к стрессу, тем менее выражена стратегия, направленная на неконтролируемое выражение эмоций.

Подводя итог вышесказанному, можно сделать вывод, что среди обследуемых не было обнаружено курсантов, обладающих «неудовлетворительным» уровнем устойчивости к стрессу. Большинство курсантов достаточно стрессоустойчивы: у

78,6 % курсантов выявлен «хороший» уровень стрессоустойчивости, а у 13,6 % курсантов – «высокий». Это говорит об успешности профессионального отбора по показателю устойчивости к стрессу.

Между эмоционально-ориентированным копингом и уровнем стрессоустойчивости существует средневыраженная обратная связь (при $p < 0,05$). Это подтверждает метод доверительных областей и корреляционный анализ. Таким образом, с увеличением уровня стрессоустойчивости снижается степень влияния эмоций на действия, что является необходимым в ситуациях, связанных с повышенным риском.

У курсантов с «удовлетворительным» уровнем стрессоустойчивости обнаружена низкая ориентированность на решение проблемы в стрессе, в отличие от курсантов с «хорошей» и «высокой» стрессоустойчивостью, у которых проблемно-ориентированная стратегия на среднем уровне.

Полученные результаты диагностики копинг-поведения в стрессовых ситуациях показали необходимость проведения с курсантами в период их обучения занятий, психологических тренингов по решению ситуационных задач, направленных на отработку навыков, позволяющих формировать проблемно-ориентированное поведение с последующим присвоением и закреплением его у курсантов.

Литература

1. Берг Т. Н. Нервно-психическая неустойчивость и способы ее выявления. Владивосток, 2005. 63 с.
2. Варданян Б. Х. Механизмы саморегуляции эмоциональной устойчивости. Психологические процессы. М., 2013.
3. Ильинский С. В., Гладышева Е. А. Особенности стрессоустойчивости сотрудников противопожарной службы // Вестник Самарской гуманитарной академии. Серия: Психология. 2013. № 2 (14). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennostistressoustoychivosti-sotrudnikov-protivopozharnoy-sluzhby> (дата обращения: 09.09.2020).
4. Костылева А. А., Майстренко Е. В. Копинг-поведение в стрессовых ситуациях студентов с разным уровнем нервно-психической устойчивости // Danish Scientific Journal. 2020. № 36. С. 42–46.
5. Петрова Л. Ю., Петров М. А., Зайцева А. В. Определение понятия стресса и его воздействие на организм человека // Актуальные проблемы, современные тенденции развития физической культуры и спорта с учетом реализации национальных проектов. 2020. С. 571–576.
6. Правдина Л. Р., Ульянова Н. Ю. Совладающее поведение и посттравматический стресс у военнослужащих // Психология и психотехника. 2017. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovladayuschee-povedenie-i-posttravmaticheskiy-stress-u-voennosluzhaschih> (дата обращения: 27.03.2021).
7. Психодиагностика стресса: практикум / сост. Р. В. Куприянов, Ю. М. Кузьмина; М-во образ. и науки РФ, Казан. гос. технол. ун-т. Казань, 2012. 212 с.
8. Рогачева Т. В., Залевский Г. В., Левицкая Т. Е. Психология экстремальных ситуаций и состояний. Томск, 2015. 276 с.

References

1. Berg T. N. Neuropsychic instability and methods of its detection. Vladivostok, 2005. 63 p.
2. Vardanyan B. Kh. Mechanisms of self-regulation of emotional stability. Psychological processes. M., 2013.
3. Ilyinsky S. V., Gladysheva E. A. Features of stress resistance of employees of the fire service // Bulletin of the Samara Humanitarian Academy. Series: Psychology. 2013. No. 2 (14). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennostistressoustoychivosti-sotrudnikov-protivopozharnoy-sluzhby> (date accessed: 09.09.2020).
4. Kostyleva A. A., Maistrenko E. V. Coping behavior in stressful situations of students with different levels of neuropsychic stability // Danish Scientific Journal. 2020. No. 36. P. 42–46.
5. Petrova L. Yu., Petrov M. A., Zaitseva A. V. Definition of the concept of stress and its effect on the human body // Actual problems, modern trends in the development of physical culture and sports, taking into account the implementation of national projects. 2020. P. 571–576.
6. Pravdina L. R., Ulyanova N. Yu. Coping behavior and post-traumatic stress in military personnel // Psychology and psychotechnics. 2017. No. 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovladayuschee-povedenie-i-posttravmaticheskiy-stress-u-voennosluzhaschih> (date accessed: 27.03.2021).
7. Psychodiagnostics of stress: workshop / comp. R. V. Kupriyanov, Yu. M. Kuzmina; M-in image. and science of the Russian Federation, Kazan. state technol. un-t. Kazan, 2012. 212 p.

8. Rogacheva T. V., Zalevsky G. V., Levitskaya T. E. Psychology of extreme situations and states: a tutorial. Tomsk, 2015. 276 p.

УДК 614.84

bezzaponnay@mail.ru

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ
РАЗЛИЧНЫХ ПОРОД МЕТОДАМИ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА****STUDY OF THE FIRE HAZARD OF WOOD
VARIOUS ROCKS BY THERMAL ANALYSIS METHODS**

*Беззапонная О. В., кандидат технических наук, доцент,
Красильникова М. А., Евсеенкова А. М., Глухих П. А.,
Макаркин С. В., кандидат юридических наук, доцент,
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Bezzaponnaya O., Krasilnikova M., Evseenkova A.,
Glukhikh P., Makarkin S.,
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

Представлены результаты исследования термоокислительной деструкции древесины разных пород (березы, липы, лиственницы, осины, сосны), а также показатели их пожарной опасности методом синхронного термического анализа. Результаты исследований показали, что наибольшей пожарной опасностью среди исследуемых пород древесины характеризуется липа (обладает наименьшими значениями температур воспламенения и самовоспламенения и наибольшей теплотой сгорания).

Ключевые слова: древесина различных пород, метод синхронного термического анализа, горючесть, температура воспламенения, температура самовоспламенения.

The results of the study of thermal oxidative destruction of wood of different species (birch, linden, larch, aspen, pine), as well as indicators of their fire hazard by the method of synchronous thermal analysis are presented. The research results showed that the linden tree is characterized by the greatest fire hazard among the investigated wood species (it has the lowest values of ignition and autoignition temperatures and the highest heat of combustion).

Keywords: wood of various species, method of synchronous thermal analysis, combustibility, ignition temperature, autoignition temperature.

Введение

Древесина является одним из самых распространенных строительных материалов, однако при этом характеризуется высокой горючестью и, соответственно, высокой пожарной опасностью. Известно, что горение древесины может протекать в двух режимах (гомогенного и гетерогенного горения (тления), а наибольший выход горючих газов при термическом разложении древесины, происходит в интервале температур 300÷450 °С. Анализ пожаров в зданиях с применением деревянных конструкций, отделочных и облицовочных

древесных материалов свидетельствует о том, что пожарная опасность данных объектов определяется несколькими составляющими: высокой интенсивностью тепловыделения при горении древесины и ускоренной динамикой развития пожара. Все эти факторы представляют значительную угрозу для жизни и здоровья людей, находящихся в зданиях.

К настоящему времени накоплен большой объем материала по исследованию процессов пиролиза и термоокислительной деструкции древесины [1–5]. Авторы работ отмечают, что зачастую трудно сравнить (сопоставить) полученные результаты из-за

отсутствия информации о породе древесины или описания ее характеристик, а также условий проведения исследований (влажности, химического состава, среды исследования). В связи с этим актуальны исследования по определению физико-химических характеристик различных пород древесины, включая показатели их пожарной опасности.

Химический состав древесины разных пород колеблется в определенных пределах. Известно, что древесина состоит из целлюлозы, гемицеллюлозы, лигнина, глюкозы, смолы, смоляных кислот, эфирных масел и других компонентов. Состав определяет свойства и характеристики материала, в частности показатели пожарной опасности. Знание этих показателей позволяет характеризовать материал с позиций пожарной опасности, а также проводить идентификацию исследованных материалов в рамках пожарно-технической экспертизы. Причем знание закономерностей термолитизации исследуемого материала, в частности древесины, позволяет еще и проводить диагностику температуры воздействия на материал и место нахождения очага пожара [4]. Поскольку химический состав различных пород древесины в определенной степени различается, то и показатели их пожарной опасности, соответственно, также отличаются. Для снижения погрешности методик диагностики температуры воздействия и очага пожара необходимо знать закономерности термоокислительной деструкции различных пород древесины.

Для выявления характеристик термоокислительной деструкции древесины при воздействии на нее высоких температур, характерных для стандартного (целлюлозного) режима пожара, особенно ценно применение современных методов термического анализа, в частности, термогравиметрического (ТГ) анализа, дифференциального термогравиметрического метода (ДТГ) и метода дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК), позволяющих количе-

ственно оценить термоаналитические характеристики (зольный остаток, потерю массы, скорость потери массы и др.) исследуемого природного полимера, а также показатели пожарной опасности.

Методика проведения исследований

Исследования образцов древесины различных пород в виде стружки с влажностью 12 ± 1 % проводили методом синхронного термического анализа на приборе Netzsch STA 449 F5 Jupiter в среде воздуха при скорости нагрева 20 °С/мин, в корундовых тиглях.

По ТГ-, ДТГ- и ДСК- кривым с помощью программного обеспечения Proteus Thermal Analysis были определены следующие термоаналитические характеристики:

- температуры (T , °С) при потере массы 40 %;
- потеря массы (Δm_t , %) при фиксированном значении температуры 300 °С и 500 °С (ДСК-максимумов);
- зольный остаток, % при температуре 700 °С (температуре окончания процесса термического разложения и горения древесины);
- значения температур при максимумах скорости потери массы (ДТГ-максимумов);
- температуры максимумов тепловых эффектов, (T , °С);
- суммарный тепловой эффект.

Полученные в ходе термического анализа ТГ-, ДТГ- и ДСК- кривые трех параллельных исследований были обработаны и проанализированы с использованием программного обеспечения Proteus Thermal Analysis.

Результаты исследований и их обсуждение

Термограммы процесса термоокислительной деструкции исследуемых пород древесины: березы, липы, лиственницы, осины, сосны приведены на рис. 1–5 соответственно.

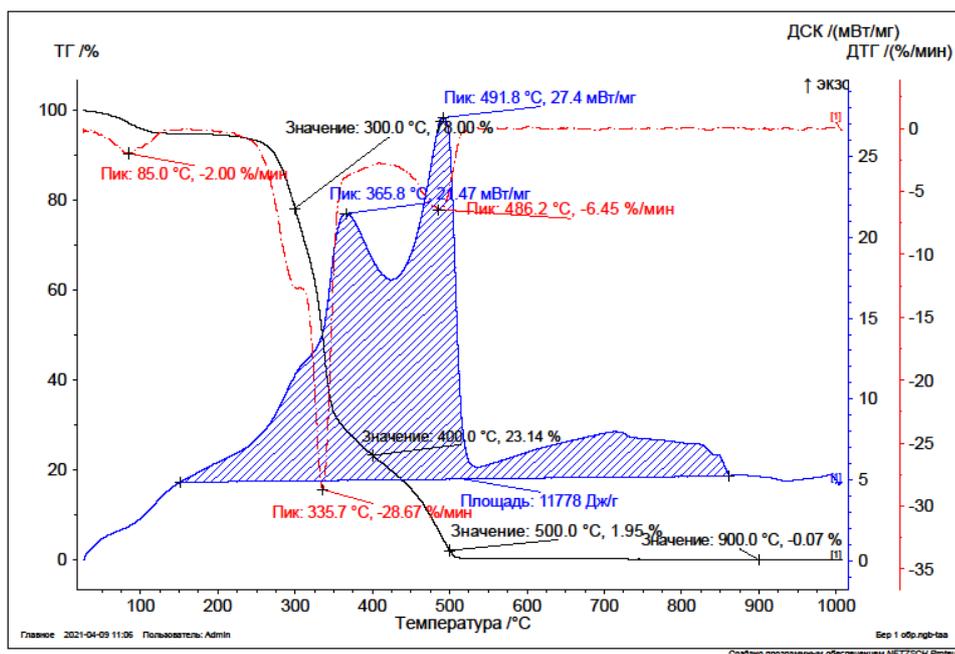


Рисунок 1. Термограмма древесины березы

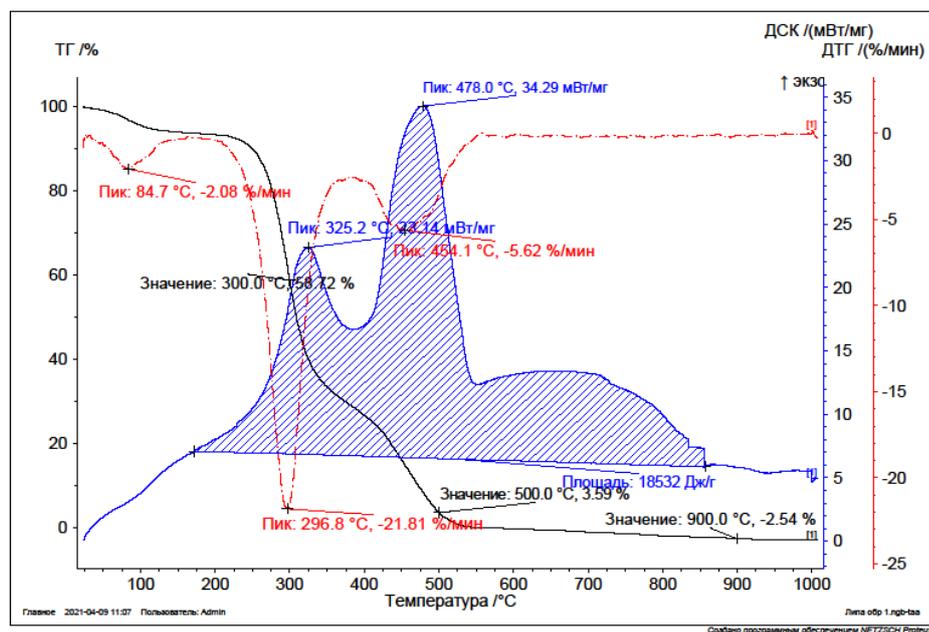


Рисунок 2. Термограмма древесины липы

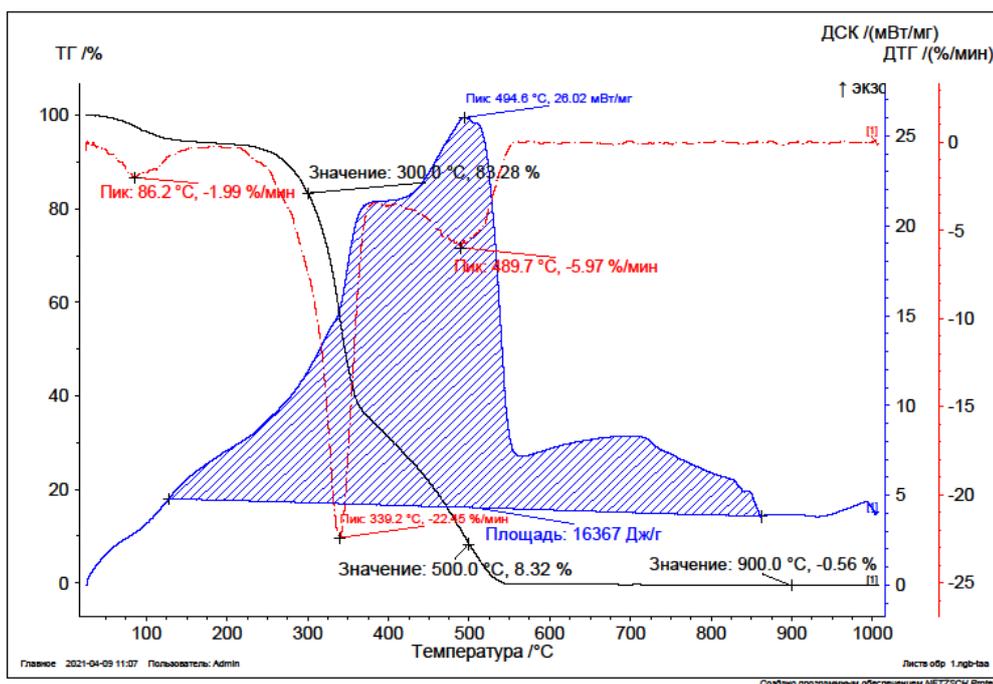


Рисунок 3. Термограмма древесины лиственницы

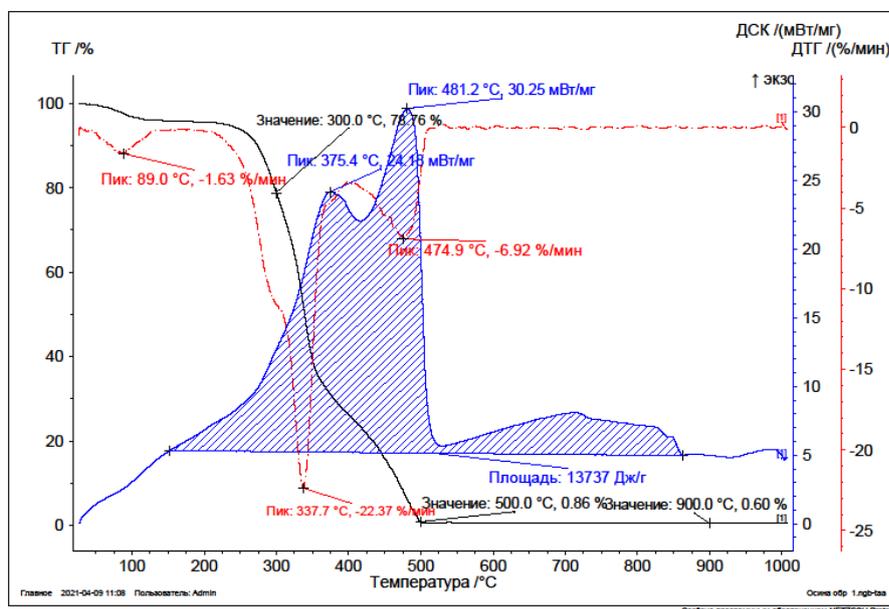


Рисунок 4. Термограмма древесины осины

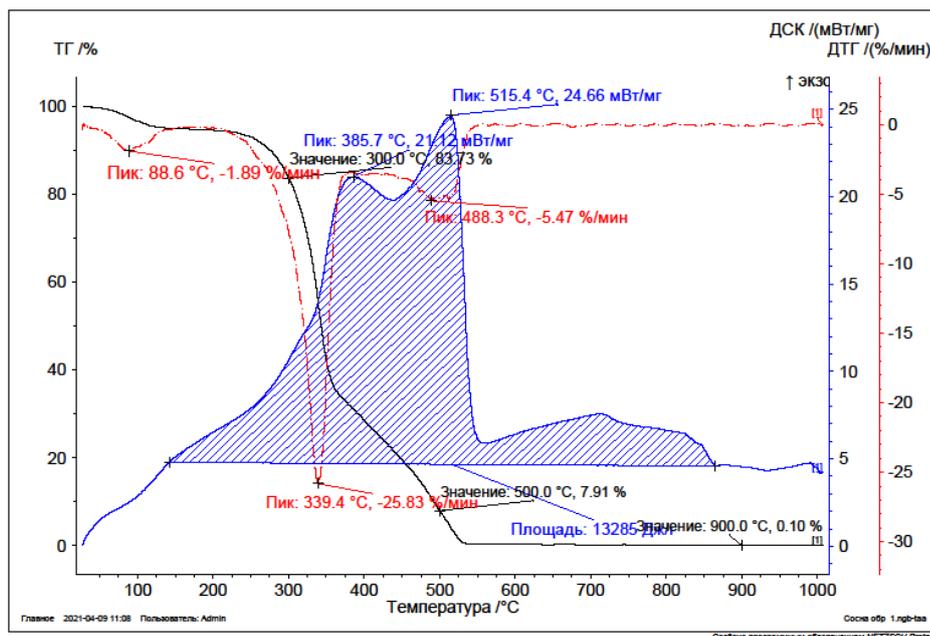


Рисунок 5. Термограмма древесины сосны

Анализ ТГ-кривой на представленных термограммах свидетельствует о трехстадийном процессе термоллиза образцов древесины (с тремя ступенями на ТГ кривой) и тремя ДТГ пиками (на ДТГ кривой). Первая стадия – дегидратация (испарение влаги), вторая стадия – разложение и окисление древесины с выделением горючих и негорючих газов, третья стадия – карбонизация и окисление (выгорание) кокса.

Потеря массы образцами разных пород древесины практически завершается при температурах 550÷600 °С. Наиболее выраженный ДТГ-пик наблюдается в интервале температур 25÷400 °С и свидетельствует об интенсивном протекании процесса термоокислительной деструкции древесины с выделением горючих и негорючих газов,

сопровождающимся интенсивной потерей массы. Максимум третьего ДТГ-пика свидетельствует о выгорании конденсированных ароматических структур древесины. Комплексный экзотермический пик характеризует выгорание летучих горючих газов и пенококса (конденсированных ароматических соединений) соответственно. Значения потери массы при температурах 300 °С и 500 °С были выбраны не случайно, так как именно при этих температурах наблюдаются максимумы экзотермических ДСК пиков.

Термоаналитические характеристики, полученные с использованием программного обеспечения Proteus Thermal Analysis, приведены в табл. 1–3.

Таблица 1

Результаты термогравиметрического анализа древесины различных пород

Вид древесины	Зольный остаток (%) при температуре 900 °С	Потери массы (%) при:	
		300 °С	500 °С
Береза	0,07	22,00	98,05
Лиственница	0,56	16,72	91,68

Осина	0,60	21,24	99,14
Сосна	0,10	16,27	92,09
Липа	2,54	41,28	96,41

Анализ представленных результатов свидетельствует о том, что наименьшими значениями потери массы при температурах 300 °С и 500 °С и соответственно наибольшей термостойкостью характеризуются сосна и лиственница, а наибольшими – липа.

То есть процесс пиролиза липы протекает немного интенсивнее, чем у других пород древесины. Наибольшим зольным остатком характеризуется также липа, что указывает на более высокое содержание минеральных компонентов в ее составе.

Таблица 2
Результаты дифференциального термогравиметрического анализа древесины различных пород

Вид древесины	Температура ДТГ-пигов (°С)			Скорость потери массы по ДТГ-пикам (%/мин) соответственно		
	Береза	85,0	335,7	486,2	2,00	28,67
Лиственница	86,2	339,2	489,7	1,99	22,45	5,97
Осина	89,0	337,7	474,9	1,63	22,37	6,92
Сосна	88,6	339,4	488,3	1,89	25,83	5,47
Липа	84,7	296,8	454,1	2,08	21,81	5,62

Результаты анализа ДТГ кривых свидетельствуют о том, что максимумы потери массы всех трёх ДТГ пиков наступают при меньших температурах у липы, что свиде-

тельствует о лучшей возгораемости этой породы древесины. Самой высокой скоростью потери массы отличается береза, т. е. данная порода быстрее горит и выгорает.

Таблица 3
Результаты анализа дифференциальной сканирующей калориметрии древесины различных пород

Вид древесины	Температуры максимумов ДСК пиков (°С)		Суммарный экзотермический эффект (Дж/г)
	Береза	365,8	
Лиственница	494,6		16 367
Осина	375,4	481,2	13 737
Сосна	385,7	515,4	13 285
Липа	325,2	478,0	18 532

Самым высоким суммарным экзотермическим эффектом характеризуется липа, что свидетельствует о высокой пожарной опасности данной породы древесины. Значительно ниже тепловой эффект у таких пород древесины, как береза, сосна и осина.

Таким образом, наибольшей горючестью и, соответственно, наибольшей пожарной опасностью по данным термического анализа, являются такие породы древесины как береза и липа. Безусловно, горючесть пород древесины во многом определяется ее плотностью и влажностью. Поскольку тер-

мический анализ образцов древесины осуществлялся после их кондиционирования в одних и тех же условиях, в одно и то же время, то наибольшее влияние оказывает плотность.

Наименьшими значениями плотности ($320 \div 560 \text{ кг/м}^3$) характеризуется липа, что коррелирует с результатами термического анализа. Чем меньше плотность и, соответственно, больше воздуха содержится в порах древесины, тем древесина быстрее

возгорается и интенсивнее горит, так как интенсивность горения зависит от содержания воздуха. Наибольшей плотностью ($950 \div 1020 \text{ кг/м}^3$) характеризуется лиственница, что коррелирует с наименьшей горючестью данной породы древесины, подтверждаемой наименьшей потерей массы.

Результаты определения температур воспламенения по началу потери массы на ТГ кривой и температуры самовоспламенения по максимуму ДТГ-пика или 50 % потери массы, приведены в табл. 4.

Таблица 4
Показатели пожарной опасности древесины разных пород

Вид древесины	Температура воспламенения (°C)	Температура самовоспламенения, (°C)
Береза	290	336
Лиственница	296	340
Осина	294	338
Сосна	304	339
Липа	284	297

Анализ результатов термического анализа свидетельствует о том, что наименьшими температурами воспламенения и самовоспламенения и, соответственно, наибольшей пожарной опасностью характеризуется липа, а наибольшими температурами воспламенения и самовоспламенения – сосна. Низкие значения температур воспламенения и самовоспламенения у липы можно объяснить ее меньшей плотностью (большей пористостью).

Выводы

В результате исследований определены закономерности

термоокислительной деструкции древесины разных пород, а также показатели их пожарной опасности. Результаты исследований показали, что наибольшей пожарной опасностью среди исследуемых пород древесины характеризуется липа (обладает наименьшими значениями температур воспламенения и самовоспламенения и наибольшей теплотой сгорания). Объяснением этому может служить низкая плотность и высокая пористость данной породы древесины.

Литература

1. Асеева Р. М., Серков Б. Б., Сивенков А. Б. Горение древесины и ее пожароопасные свойства: монография. М., 2010. 262 с.
2. Сивенков А. Б. Влияние физико-химических характеристик древесины на ее пожарную опасность и эффективность огнезащиты: дис. д-ра физ.-мат. наук: 02.00.06. М., 2015. 289 с.
3. Чубинский А. Н., Тамби А. А., Варанкина Г. С. и др. Физические методы испытаний древесины. СПб., 2015. 125 с.
4. Беззапонная О. В. Оценка температуры воздействия на древесину в условиях пожара методами термического анализа // Техносферная безопасность. 2020. № 3 (28). С. 70–80.
5. Халимов Е. В., Беззапонная О. В., Зыков П. И. Исследование пиролиза берёзовой древесины горельников методом синхронного термического анализа и масс-спектрометрии // Техносферная безопасность. 2017.

№ 3 (16). С. 26–35.

Reference

1. Aseeva R. M., Serkov B. B., Sivenkov A. B. Gorenje drevesiny i ee pozharoopasnye svojstva: monografiya. M., 2010. 262 p.
2. Sivenkov A. B. Vliyanie fiziko-himicheskikh harakteristik drevesiny na ee pozharnuyu opasnost' i effektivnost' ognezashchity: dis. d-ra fiz.-mat. nauk: 02.00.06. M., 2015. 289 p.
3. SHubinskij A. N., Tambi A. A., Varankina G. S. et al. Fizicheskie metody ispytaniy drevesiny. SPb., 2015. 125 p.
4. Bezzaponnaya O. V. Ocenka temperatury vozdejstviya na drevesinu v usloviyah pozhara metodami termicheskogo analiza // Tekhnosfernaya bezopasnost'. 2020. № 3 (28). P. 70–80.
5. Halimov E. V., Bezzaponnaya O. V., Zykov P. I. Issledovanie piroliza beryozovoj drevesiny gorel'nikov metodom sinhronnogo termicheskogo analiza i mass-spektrometrii // Tekhnosfernaya bezopasnost'. 2017. № 3 (16). P. 26–35.

УДК 614.841.2.001.2

fire-risk1@mail.ru

**РЕГРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ СТЕПЕНИ ТЕРМИЧЕСКОГО ПОРАЖЕНИЯ
ХОЛОДНОДЕФОРМИРОВАННЫХ СТАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

**REGRESSION MODEL OF THE THERMAL DAMAGE DEGREE
OF COLD-FORMED VEHICLES STEEL ELEMENTS**

*Моторыгин Ю. Д., доктор технических наук, профессор,
Сикорова Г. А., Санкт-Петербургский университет Государственной
противопожарной службы МЧС России, Санкт-Петербург*

*Motorygin Yu., Sikorova G.,
Saint-Petersburg university of state fire service
of EMERCOM of Russia, Sankt-Peterburg*

В статье предлагается методика исследования корпуса транспортного средства для определения зоны наибольшего термического с помощью трех полевых методов: индукционной толщинометрии, магнитного метода и метода определения микротвердости.

С помощью вихретокового метода исследования удалось установить связь между температурой отжига стали и толщиной высокотемпературного окисла или окалины. Слой окалины увеличивался по мере роста температуры и длительности нагрева. С помощью магнитного метода исследования удалось установить связь между нагревом стальных конструкций и потерей магнитных свойств сталей. Время выдержки в печи на итоговые показатели практически не повлияло.

Метод определения микротвердости выявил общую тенденцию снижения твердости изделия по мере роста температур обжига.

По итогам проведенного комплексного исследования можно сделать вывод о том, что эти методы оптимально дополняют друг друга. Во-первых, они снимают показания независимых друг от друга изменений, которые происходят со стальными холоднодеформированными изделиями при нагревании: толщину слоя окалины, магнитные свойства и микротвёрдость. Во-вторых, эти методы применяются в разных температурных диапазонах. Магнитные свойства постепенно уменьшаются до температуры примерно 700 °С, а окалина, наоборот, при этой температуре только начинает образовываться. И только метод измерения микротвердости охватывает весь диапазон температур, нарастающих в процессе горения автомобиля.

Совместное применение описанных выше методов поможет повысить точность границ зоны наибольших термических повреждений для определения причины возникновения горения.

Ключевые слова: транспортное средство, горючая среда, место возникновения горения, полевые приборы, линейная регрессия.

The article proposes a method for studying the vehicle body to determine the zone of the greatest thermal damage using three field methods: induction thickness measurement, magnetic method and method for determining microhardness.

Using the eddy current method of research, it was possible to establish a relationship between the annealing temperature of steel and the thickness of a high-temperature oxide or scale. The scale layer increased with increasing temperature and duration of heating. Using the

magnetic research method, it was possible to establish a connection between the heating of steel structures and the loss of magnetic properties of steels. The exposure time in the oven practically did not affect the final indicators.

The method of determining microhardness revealed a general tendency to decrease the hardness of the product as the firing temperatures increase.

Based on the results of a comprehensive study, it can be concluded that these methods optimally complement each other. First, they take readings of independent changes that occur with cold-formed steel products when heated: the thickness of the scale layer, magnetic properties and microhardness. Secondly, these methods are used in different temperature ranges. The magnetic properties gradually decrease to a temperature of about 700 °C, but on the contrary, scale at this temperature is just beginning to form. And only the method of measuring microhardness covers the entire range of temperatures that increase during the gorenje car.

The joint application of the methods described above will help to increase the accuracy of the boundaries of the zone of greatest thermal damage to determine the cause of gorenje.

Keywords: vehicle, combustible medium, place of gorenje, field devices, linear regression.

По данным аналитического агентства «Автостат», российский автопарк за период 2010–2020 гг. увеличился примерно на 30 %. Наибольшее количество всех транспортных средств приходится на легковые автомобили, на втором месте по численности находится легковой коммерческий транспорт. На начало 2021 г. средний возраст автомобилей в России составил около 15 лет [8].

Несмотря на достаточно небольшие размеры, современный автомобиль – сложное техническое устройство, он является продуктом передовых технологий, которые делают его совершеннее.

Однако совершенствование узлов и систем не исключает возможности возникновения неисправностей, приводящих к горению. Это происходит не только в результате поджога, но и вследствие образования в отсеках автомобиля горючей среды, соприкасающейся с различными источниками зажигания.

Окончательный вывод о месте возникновения горения может быть сделан с учетом расположения сгораемых материалов и закономерности протекания процессов горения в условиях пространства внутри транспортного средства. Сгораемые материалы или пожарная нагрузка в транспортном средстве делится на два вида: стационарная и привнесенная. К стационарной пожарной

нагрузке относятся горючие материалы, которые уже имеются внутри автомобиля: в моторном и багажном отсеке, внутри салона. В подкапотном пространстве сосредоточена основная масса узлов и агрегатов, в которых используются горючие жидкости, соединительные трубопроводы и емкости, выполненные из различных горючих материалов: пластик, резина. Также имеется разветвленная система электропитания, сгораемым материалом которой является изоляция проводов, изготовленная в основном из поливинилхлорида. Из горючей пластмассы сделаны платы и радиодетали электронных узлов и материал воздушного фильтра. Самыми пожароопасными материалами моторного отсека являются различные привнесенные горючие жидкости: топливо, незамерзающая жидкость для обмывания окон, смазочные материалы.

В салоне автомобиля располагаются пластмассовая приборная панель, под которой сосредоточено большое количество электропроводов, плотно примыкающих друг к другу; сиденья, состоящие из значительного объема поролона и обивочного материала. Верхняя часть салона отделана шумоизоляционным материалом: пенополиуретаном, поролон, ткань и пластик, иногда искусственная кожа. В салоне на полу находятся термошумоизоляционные прокладки и резиновые коврики.

Багажный отсек отделан тканью и пластиком, под ними проходят электропровода с горючей изоляцией. По сравнению с салоном, сгораемых материалов не много, до тех пор, пока в багажнике нет груза. В случае его заполнения привнесенную горючую нагрузку нужно учитывать отдельно. Обычно там находятся запасное колесо и емкости с горюче-смазочными материалами [4–6].

При установлении места загорания, кроме расположения горючих материалов, следует учитывать конструкционные особенности транспортного средства. В основном легковые автомобили характеризуются наличием нескольких изолированных друг от друга объемов моторного, пассажирского отсеков, багажного или грузового отсеков. В настоящее время существует множество автомобилей с различными вариантами исполнения кузова и салона. По этому принципу можно разделить все автомобили на следующие группы: с открытым кузовом; с закрытым однообъемным кузовом; с закрытым многообъемным кузовом. Примером автомобиля с открытым кузовом может служить кабриолет, к закрытым однообъемным кузовам относятся легковые автомобили с кузовом минивэн и микроавтобусы. Такие автомобили не имеют внутри салона жестких изолирующих перегородок, разделяющих моторный, пассажирский на багажный отсеки.

К многообъемным автомобилям можно отнести легковые автомобили с кузовами типа седан и универсал. Конструктивные особенности типа кузова будут вносить коррективы в следовую картину пожара [5, 6].

Термические изменения на корпусе автомобиля образуются неравномерно, там, где температура была выше и время воздействия больше, изменения свойств стали выражены сильнее. На практике с местом наибольших термических повреждений связывают место начала горения.

Место наибольшего обжига на металлических конструкциях и изделиях характеризуется визуальными признаками, такими

как степень и направленность деформации, выгорание лакокрасочного покрытия на корпусе, образование на поверхности высокотемпературного окисла (окалины), расплавление металла. Кроме видимых признаков существуют и скрытые, но не менее значимые изменения степени наибольшего термического повреждения: снижение магнитных свойств, изменение структуры и твердости. При позднем тушении визуальные признаки нивелируются и зону больших термических повреждений можно выявить только по скрытым изменениям корпуса автомобиля. После точного определения зоны, откуда началось горение, приступают к поиску неисправности, приведшей к горению [2,3].

При определении места первоначального возникновения горения необходимо изучить его конструктивные особенности и расположение стационарной и привнесенной пожарной нагрузки, а также показатели их пожарной опасности. После этого необходимо провести визуальное исследование термических повреждений транспортного средства после пожара, если автомобиль погорел частично. Если на автомобиле огнем уничтожены все сгораемые материалы, то информативными будут инструментальные полевые методы исследования. В настоящее время для поиска зоны начала горения применяются: индукционная толщинометрия, магнитный метод и метод измерения микротвердости. Следует отметить, что индукционная толщинометрия предназначена для исследования горячекатаных изделий из сталей. Метод основан на том, что при воздействии высоких температур, примерно 700 °С, на поверхности стального изделия в атмосфере кислорода образуется пленка окисла буро-рыжего цвета, иначе называемая окалиной. По мере нарастания температур или при длительном воздействии на стальное изделие толщина слоя окалины увеличивается, при этом цвет покрытия чернеет. Толщину слоя можно измерить и получить зону наибольшего термического повреждения, она будет там, где слой окалины окажется толще. Магнитный метод предназначен для исследования стальных изделий,

подвергшихся холодной деформации. По мере нагревания стальное изделие на основе железа теряет магнитные свойства, пока они не исчезнут совсем, происходит это при возрастании температуры обжига до 700 °С. Метод измерения микротвердости применяется для исследования трубчатых нагревательных элементов (ТЭНов). Все три метода исследуют стали на основе железа после воздействия высоких температур. Если холоднодеформированное изделие было нагрето до температур выше 700 °С, то на нем, так же как и на горячекатаном изделии, появится окалина, соответственно, может быть уместно применение метода индукционной толщинометрии. Если метод измерения микротвердости успешно применяется

на ТЭНе, значит, он должен показать результат и при исследовании других холоднодеформированных стальных изделий. Обобщив методики исследования стальных конструкций и изделий, можно сделать вывод, что все три метода можно применить при определении зоны наибольшего термического повреждения корпуса транспортного средства [1, 4].

В качестве объектов для исследования степени термического воздействия на корпус автомобиля выбрано десять стальных пластин, вырезанных из двери ВАЗ–2107. Пластины представляют собой металлические полосы размером примерно 5×25 см с лакокрасочным покрытием на внешней части, на внутренней – остатки мастик-битумного композита (рис. 1).



Рисунок 1. Стальная полоса из двери автомобиля ВАЗ–2107

Образцы по очереди помещались в муфельную и выдерживались по 20 минут каждая в диапазоне температур от 500 °С до 950 °С с шагом 50 °С (рис. 2).

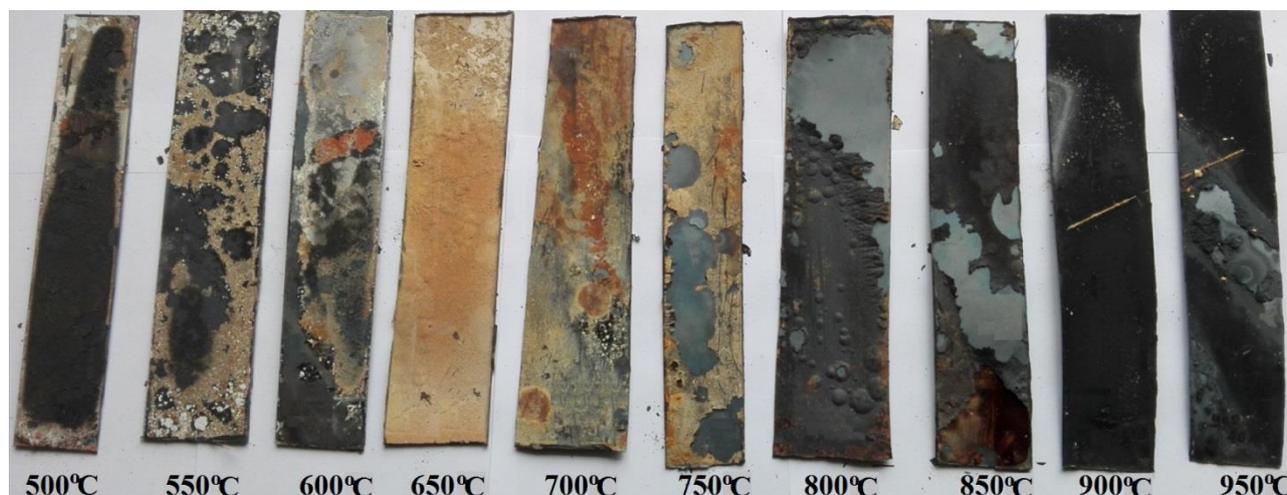


Рисунок 2. Пластины из корпуса автомобиля, обожженные в муфельной печи

После нагрева образцов, на поверхности постепенно выгорело лакокрасочное покрытие с одной стороны и мастикобитумные остатки с другой. При температуре обжига около 700 °С начинает образовываться окалина. Далее фрагменты транспортного средства исследовались тремя различными полевыми методами. В первую очередь были проведены индукционная толщинометрия вихретоковым многофункциональным МВП-2М, так как для этого метода не

нужна предварительная обработка поверхности образца. Метод позволяет измерить толщину не токопроводящего слоя на магнитном основании, в нашем случае измерялся слой окалины на металле. Как уже упоминалось выше, окалина образуется на поверхности стали при температуре примерно 700 °С. При дальнейшем нагреве толщина слоя увеличивается. Результаты исследования представлены в табл. 1.

Таблица 1

Изменение толщины слоя окалины в зависимости от температуры отжига

Температура отжига, °С	Толщина окалины, мкм										Среднее значение	СКО
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
700	8	9	11	6	5	7	11	9	10	6	8	2
750	12	10	11	12	13	12	14	15	14	12	13	2
800	15	14	17	11	13	14	16	17	15	16	15	2
850	16	20	18	15	19	16	19	21	17	22	18	2
900	24	22	21	23	22	23	24	25	26	27	24	2
950	27	29	30	31	28	29	30	29	26	28	29	1

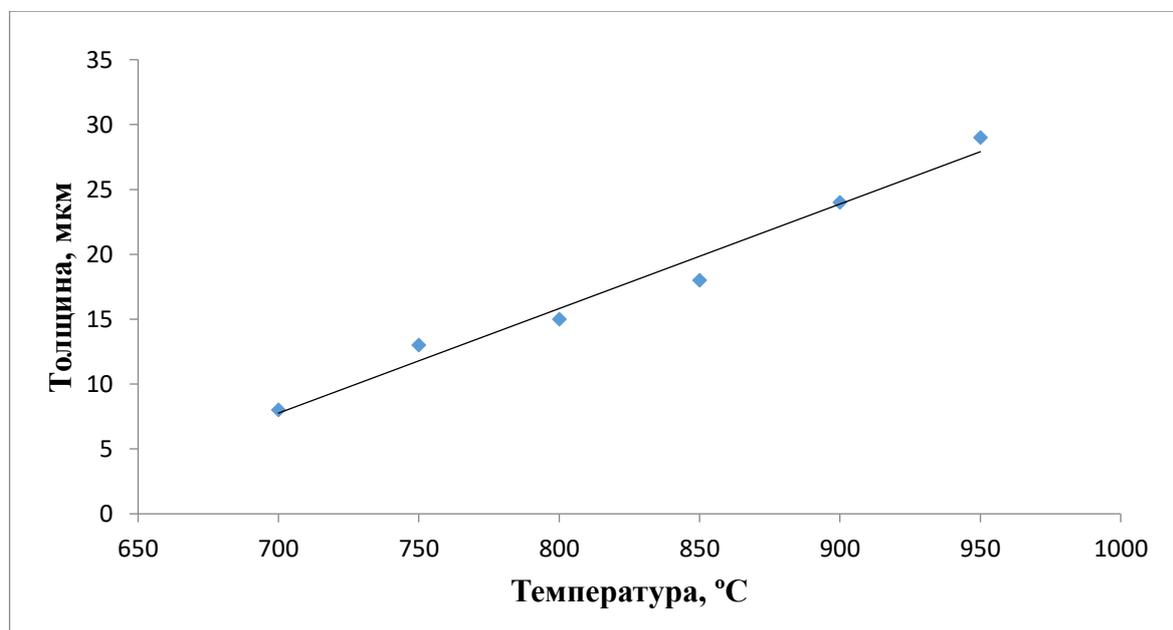


Рисунок 3. Зависимость толщины слоя окалины от температуры обжига в печи

По итогам исследования было установлено, что рост толщины слоя окалины в зависимости от повышения температуры обжига в печи описывается линейным уравнением:

$$h = 0,08 \cdot T - 48,6, \quad (1)$$

где h – толщина слоя окалины, мкм; T – температура нагрева образцов, °С. Величина достоверности аппроксимации полученной зависимости составила 0,98.

На следующем этапе изучались магнитных свойств пластин корпуса автомобиля прибором коэрцитиметр-структуроскоп портативный КСП-01. Перед снятием показаний поверхность стального образца была зачищена от остатков сгоревшей краски, грунта под покраску и окалины. По мере повышения температуры воздействия обжига, стальные изделия на основе

железа постепенно теряют магнитные свойства. После 700 °С магнитные свойства нивелируются, поэтому исследования стальных пластин с обжигом выше этой температуры не дают результат.

Итоги измерений представлены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты исследования изменения магнитных свойств стальных пластин, обожженных при температуре в диапазоне от 500 до 700 °С

Температура отжига, °С	Токи размагничивания, А										Среднее знач.	СКО
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
500	0,042	0,04	0,038	0,042	0,044	0,041	0,042	0,04	0,042	0,044	0,042	0,002
550	0,038	0,041	0,04	0,039	0,044	0,042	0,038	0,042	0,041	0,042	0,041	0,002
600	0,032	0,027	0,028	0,03	0,032	0,026	0,026	0,03	0,028	0,026	0,029	0,002
650	0,022	0,022	0,026	0,022	0,028	0,028	0,026	0,026	0,02	0,016	0,024	0,004
700	0,011	0,01	0,01	0,01	0,012	0,01	0,01	0,011	0,011	0,01	0,011	0,001

На каждом образце показатель снимался десять раз, для формирования итоговой графической зависимости рассчитано среднее арифметическое значение измерений (рис. 4).

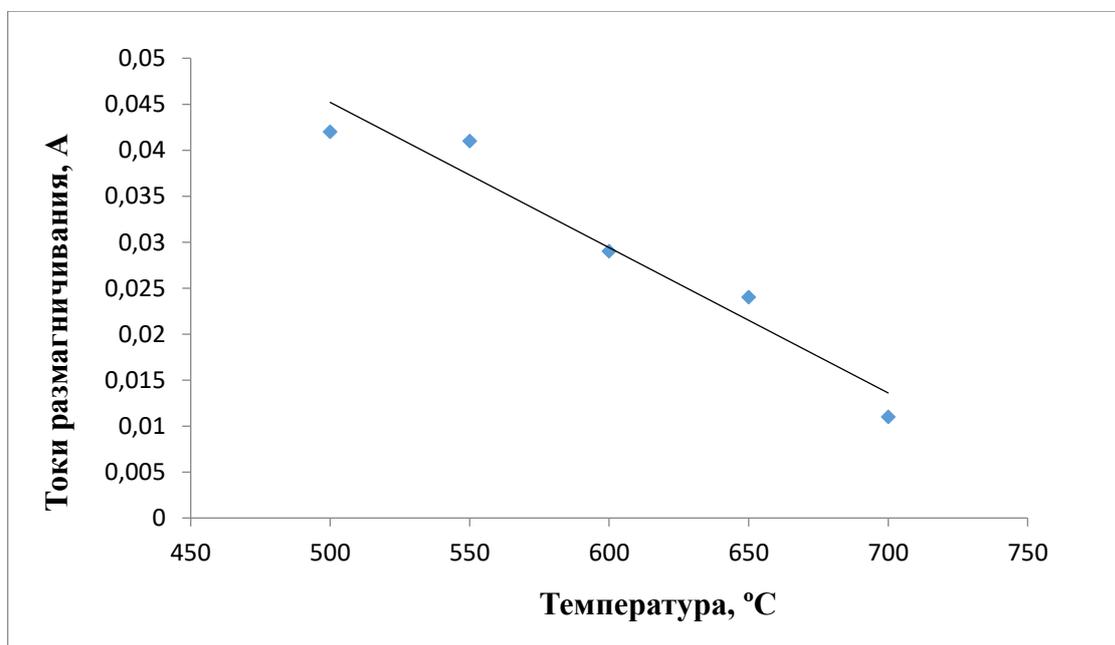


Рисунок 4. Зависимость токов размагничивания стальных пластин из двери автомобиля от температуры обжига в печи

Зависимость описывается линейным уравнением:

$$I_p = -0,0002 \cdot T + 0,124, \quad (2)$$

где I_p – величина тока размагничивания, А; T – температура нагрева образцов, °С. Величина достоверности аппроксимации – 0,94.

На завершающем этапе исследования снимались показания микротвердости стальных пластин портативным динамическим твердомером ТЭМП-4, оснащенный выносным датчиком. Измерения проводятся по шкале Бринелля в диапазоне 100–450

НВ. Пробоподготовка заключается в шлифовке уже очищенной поверхности, которая была проведена перед снятием показателей магнитных свойств. Для обеспечения достоверности снятых значений микротвердости, величина шероховатости не должна превышать показатель R 2.5.

Таблица 3
Результаты исследования микротвердости по Бринеллю стальных пластин, обожженных при температуре в диапазоне от 500 до 950 °С

Температура отжига, °С	Микротвердость, НВ										Среднее	СКО
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
500	285	291	301	287	280	271	277	283	278	287	284	8
550	264	255	269	262	276	266	259	290	269	262	267	10
600	256	278	264	248	275	258	260	254	251	256	260	13
650	240	243	272	257	255	270	271	267	250	263	259	13
700	245	236	267	236	263	260	279	253	236	267	254	15
750	227	241	246	223	236	227	248	230	234	220	235	9
800	219	210	211	211	194	197	199	211	197	194	204	9
850	185	187	176	188	172	175	209	208	203	188	189	13
900	180	194	174	162	179	168	188	180	172	182	178	9
950	174	168	184	166	180	170	184	182	178	168	175	7

Графическая зависимость среднего арифметического значения микротвердости по Бринеллю от температуры обжига представлена на рис. 5.

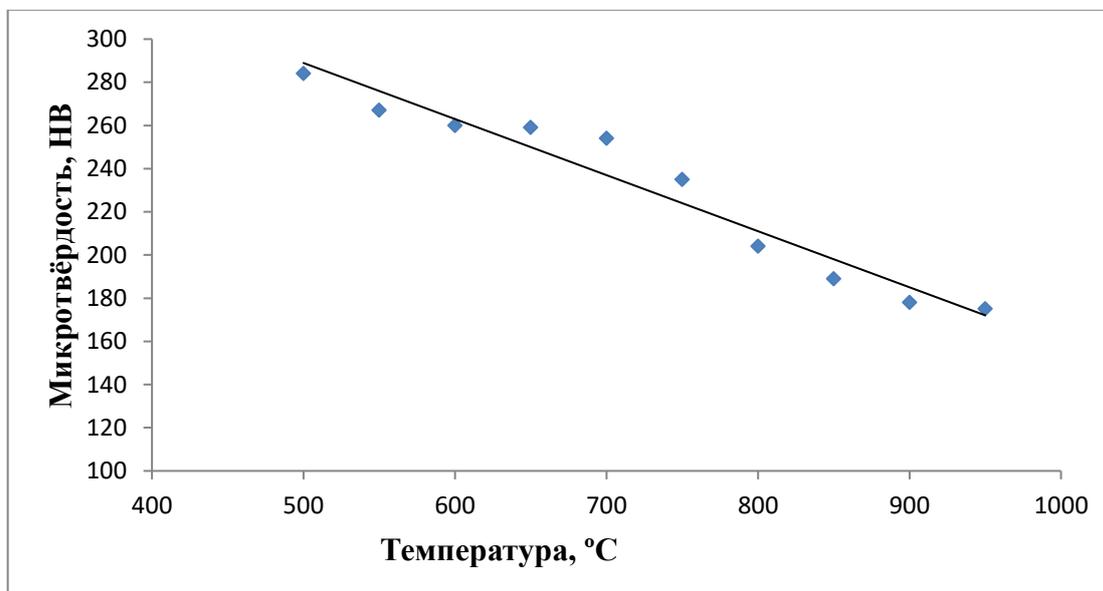


Рисунок 5. Зависимость микротвердости стальных пластин из двери автомобиля от температуры обжига в печи

Зависимость описывается линейным уравнением:

$$HV = -0,26 \cdot T + 419, \quad (3)$$

где НВ – значение микротвердости по Бринеллю, НВ; Т – температура нагрева образцов, °С. Величина достоверности аппроксимации - 0.95.

Далее результаты были представлены в виде сводной табл. 4. Для построения многопараметрической регрессии с целью соблюдения разрядности между параметрами вводились поправочные коэффициенты.

Таблица 4
Результаты исследования металлических изделий различными методами

Температура, °С	твёрдость, усл. ед./10	магнит, А*1000	толщина, мкм
500	28,4	42	0
550	26,7	41	0
600	26,0	29	0
650	25,9	24	0
700	25,4	11	8
750	23,5	0	13
800	20,4	0	15
850	18,9	0	18
900	17,8	0	24
950	17,5	0	29

Экспериментальные значения (табл. 4) были обработаны с помощью программного пакета Stadia. Многопараметрическая линейная регрессия имеет вид

$$T = 1117 - 17,1 \cdot НВ - 2,582 \cdot I_p + 3,748 \cdot h , \quad (4)$$

где Т – температура нагрева образцов, °С; НВ – значение микротвердости по Бринеллю, НВ; I_p – величина тока размагничивания, А; h – толщина слоя окалины, мкм. Достоверность аппроксимации полученной модели составляет 0,97, что говорит об ее адекватности.

Полученная зависимость позволяет по результатам комплексного исследования холоднодеформированных стальных изде-

лий выбранными методами оценить температуру нагрева, для дальнейшего выявления зон максимального поражения на пожаре. Данная информация наряду со знанием распределения горючей нагрузки в автомобиле необходима для решения задачи поиска очага пожара. Совместное применение описанных выше методов поможет повысить точность доказательной базы при расследовании пожаров на автотранспорте.

Литература

1. Сикорова Г. А., Лебедев А. Ю., Дементьев Ф. А. и др. Полевые инструментальные методы исследования объектов пожарно-технической экспертизы. СПб., 2018. 136 с.
2. Моторыгин Ю. Д. Моделирование пожароопасных режимов в электросети автомобилей для принятия решения при проведении пожарно-технической экспертизы // Пожаровзрывобезопасность. 2016. Т. 25. № 9. С. 45–51.
3. Моторыгин Ю. Д., Литовченко И. О., Максимов А. В. и др. Оценка эффективности принятия решений по повышению пожарной безопасности на открытых автостоянках // Пожаровзрывобезопасность. 2017. Т. 26. № 1. С. 25–31. DOI: 10.18322/PVB.2017.26.01.25-31.
4. Галишев М. А., Бельшина Ю. Н., Дементьев Ф. А. и др. Пожарно-техническая экспертиза. СПб., 2014. 453 с.
5. Чешко И. Д., Плотников В. Г. Анализ экспертных версий возникновения пожара. СПб., 2010. Кн. 2. 708 с.
6. Чешко И. Д., Голяев В. Г. Комплексная методика установления очага пожара. Л., 1987. 114 с.
7. Аналитическое агентство Автостат. Date Views. URL: www.autostat.ru (дата обращения: 15.06.2021).

References

1. Sikorova G. A., Lebedev A. YU., Dement'yev F. A. и др. Polevyye instrumental'nyye metody issledovaniya ob"yektov pozharno-tekhnicheskoy ekspertizy. SPb., 2018. 136 p.
2. Motorygin YU. D. Modelirovaniye pozharoopasnykh rezhimov v elektroseti avtomobiley dlya prinyatiya resheniya pri provedenii pozharno-tekhnicheskoy ekspertizy // Pozharovzryvobezopasnost'. 2016. T. 25. № 9. P. 45–51.
3. Motorygin YU. D., Litovchenko I. O., Maksimov A. V. et al. Otsenka effektivnosti prinyatiya resheniy po povysheniyu pozharnoy bezopasnosti na otkrytykh avtostoyankakh // Pozharovzryvobezopasnost'. 2017. T. 26. № 1. P. 25–31. DOI: 10.18322/PVB.2017.26.01.25-31.
4. Galishev M. A., Bel'shina YU. N., Dement'yev F. A. et al. Pozharno-tekhnicheskaya ekspertiza. SPb., 2014. 453 p.
5. Cheshko I. D., Plotnikov V. G. Analiz ekspertnykh versiy vozniknoveniya pozhara. SPb., 2010. Kn. 2. 708 p.
6. Cheshko I. D., Golyayev V. G. Kompleksnaya metodika ustanovleniya ochaga pozhara. L., 1987. 114 p.
7. Analiticheskoe agentstvo Avtostat. Date Views. URL: www.autostat.ru (date accessed: 15.06.2021).

УДК 614.84

otdel_1_3@mail.ru

**ЗАВИСИМОСТЬ ГИБЕЛИ И ТРАВМИРОВАНИЯ ЛЮДЕЙ
ПРИ ПОЖАРАХ В 5- И 9-ЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ДОМАХ
ОТ ЭТАЖА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРА**

**THE DEPENDENCE OF THE DEATH AND INJURY OF PEOPLE
IN FIRES IN 5 AND 9-STOREY RESIDENTIAL BUILDINGS
ON THE FLOOR OF THE FIRE**

*Харин В. В., Арсланов А. М.,
Кондашов А. А., кандидат физико-математических наук,
Бобринев Е. В., кандидат биологических наук,
Удавцова Е. Ю., кандидат технических наук,
ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
противопожарной обороны МЧС России», Балашиха*

*Kharin V., Arslanov A., Kondashov A., Bobrinev E., Udavtsova E.,
FGBU VNIPO of EMERCOM of Russia, Balashikha*

Изучено распределение пожаров и пострадавших при пожарах людей в Российской Федерации за 2016–2020 гг. в 5- и 9-этажных жилых домах по этажам возникновения пожаров, в тушении которых участвовали территориальные пожарно-спасательные подразделения ФПС ГПС. Показано, что чаще всего пожары в жилых домах пяти и девяти этажей происходят на первом этаже, затем наблюдается снижение количества пожаров по этажам возникновения пожара от нижних этажей к верхним. Минимальное значение среднего количества пострадавших при пожарах людей в расчете на сто пожаров и максимальное значение отношения количества травмированных при пожарах людей к погибшим в 5- и 9-этажных жилых домах соответствует пожарам, возникающим на первом этаже, затем наблюдается увеличение значений среднего количества пострадавших при пожарах людей в расчете на сто пожаров и уменьшение значений отношения количества травмированных при пожарах людей к погибшим по этажам возникновения пожара от нижних этажей к верхним.

Ключевые слова: пожар, факторы, многоэтажные жилые дома, гибель, травмирование.

The distribution of fires and people affected by fires in the Russian Federation in 2016–2020 in 5 and 9-storey residential buildings by the floors of fires that were extinguished by the territorial fire and rescue units of the FPS GPS was studied. It is shown that most often fires in residential buildings of 5 and 9 floors occur on the first floor, then there is a decrease in the number of fires on the floors of fire occurrence from the lower floors to the upper ones. The minimum value of the average number of people injured in fires per 100 fires and the maximum value of the ratio of the number of people injured in fires to those killed in 5 - and 9-storey residential buildings corresponds to fires occurring on the first floor, then there is an increase in the average number of people injured in fires per 100 fires and a decrease in the ratio of the number of people injured in fires to those killed on the floors of fire occurrence from the lower floors to the upper floors.

Keywords: fire, factors, multi-storey residential buildings, death, injury.

Тушение пожаров в жилых домах в современных условиях требует применения наиболее эффективных тактических схем [1]. В работах [2–5] исследованы пожароопасные факторы многоэтажных жилых домов. В этих работах описан градиент действия опасных факторов пожара: огонь и дым распространяются вверх в помещения этажей, расположенных выше. При этом необходимо отметить, что горение также распространяется сверху вниз только с намного меньшей скоростью. Таким образом, в пятиэтажном доме при возникновении пожара на первом этаже в зоне действия опасных факторов окажутся жители всех пяти этажей, при возникновении пожара на втором этаже – четырех этажей, и т.д. В такой ситуации наиболее опасным местом возникновения пожара по количеству людей, попавших под воздействие опасных факторов пожара, должен быть первый этаж, наименее опасным – последний.

С другой стороны, существуют временные параметры разворачивания сил и

средств [6–7], которые увеличиваются от первого этажа к последнему, то есть присутствует фактор противоположного действия, увеличивающий опасность действия факторов пожара от первого этажа к последнему – увеличивается площадь пожара при увеличении времени разворачивания сил и средств пожарной охраны. Кроме того, с нижних этажей у людей во время пожара есть больше возможностей эвакуироваться, чем с верхних.

Изучению результатов взаимодействия этих разнонаправленных по градиенту факторов посвящена настоящая работа.

Сведения по Российской Федерации за 2016–2020 гг. рассчитаны по электронным базам данных учета пожаров и их последствий [8]. На рис. 1–2 представлено распределение пожаров в 5- и 9-этажных жилых домах в 2016–2020 г. по этажам возникновения пожара, в тушении которых участвовали территориальные пожарно-спасательные подразделения ФПС ГПС.

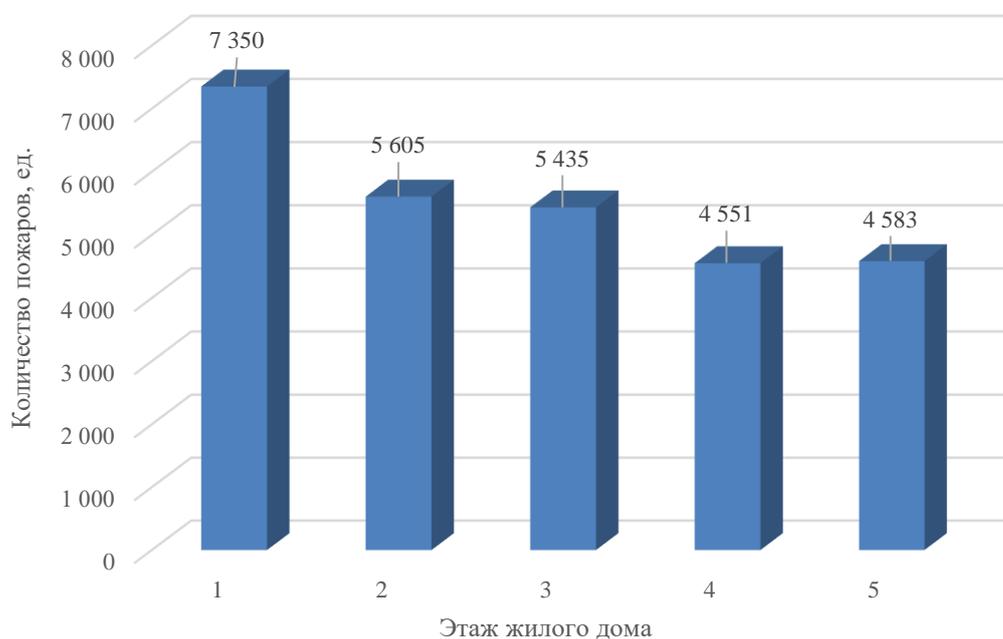


Рисунок 1. Распределение количества пожаров в 5-этажных жилых домах по этажам возникновения пожаров, в тушении которых участвовали территориальные пожарно-спасательные подразделения ФПС ГПС

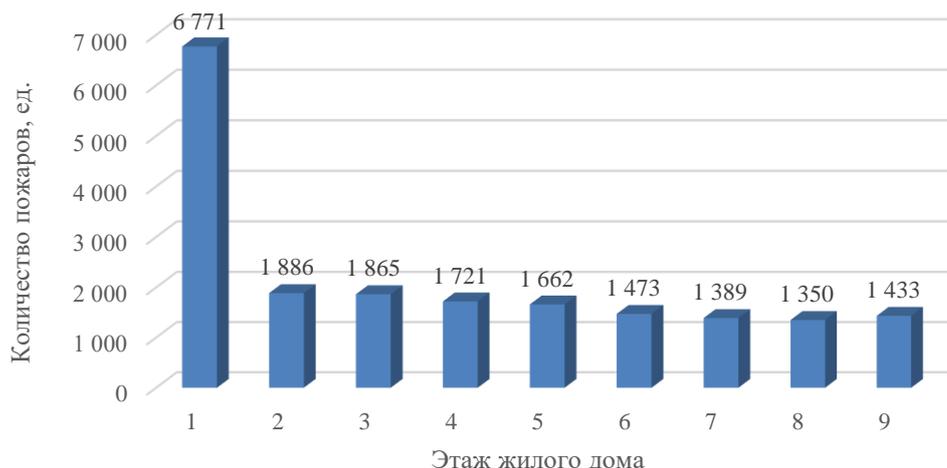


Рисунок 2. Распределение количества пожаров в 9-этажных жилых домах по этажам возникновения пожаров, в тушении которых участвовали территориальные пожарно-спасательные подразделения ФПС ГПС

Чаще всего пожары в 5- и 9-этажных жилых домах происходят на первом этаже, затем наблюдается снижение количества пожаров по этажам возникновения пожара от нижних этажей к верхним.

На рис. 3–4 представлено распределение среднего количества пострадавших при

пожарах людей (травмированных плюс погибших) в расчете на сто пожаров в 5- и 9-этажных жилых домах в 2016–2020 гг. по этажам возникновения пожара, в тушении которых участвовали территориальные пожарно-спасательные подразделения ФПС ГПС.

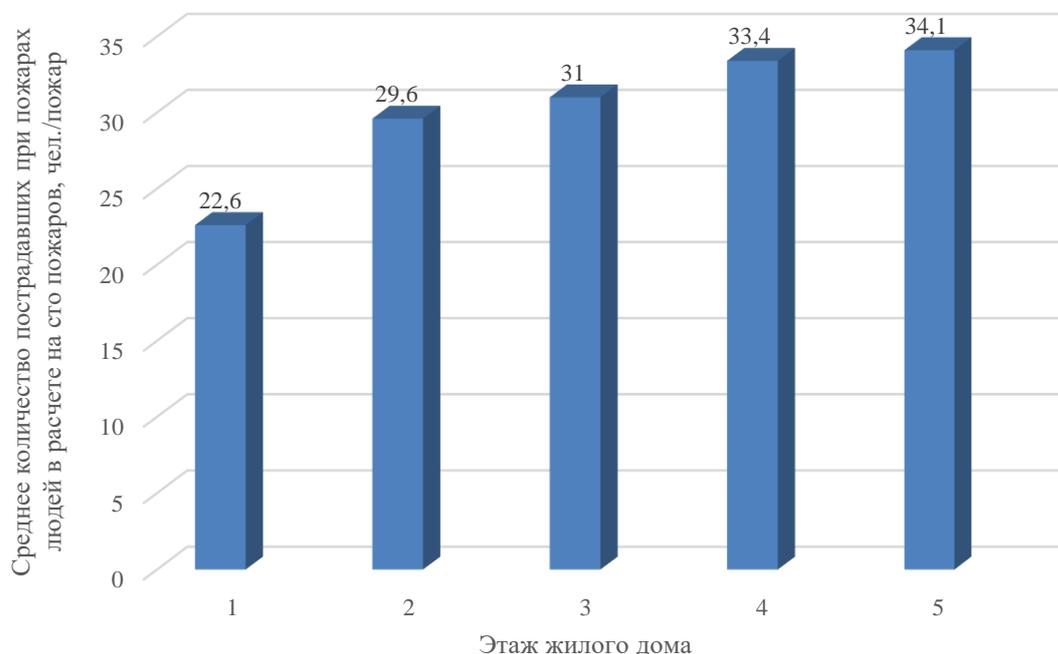


Рисунок 3. Распределение среднего количества пострадавших при пожарах людей (травмированных плюс погибших) в расчете на сто пожаров в 5-этажных жилых домах по этажам возникновения пожаров, в тушении которых участвовали территориальные пожарно-спасательные подразделения ФПС ГПС

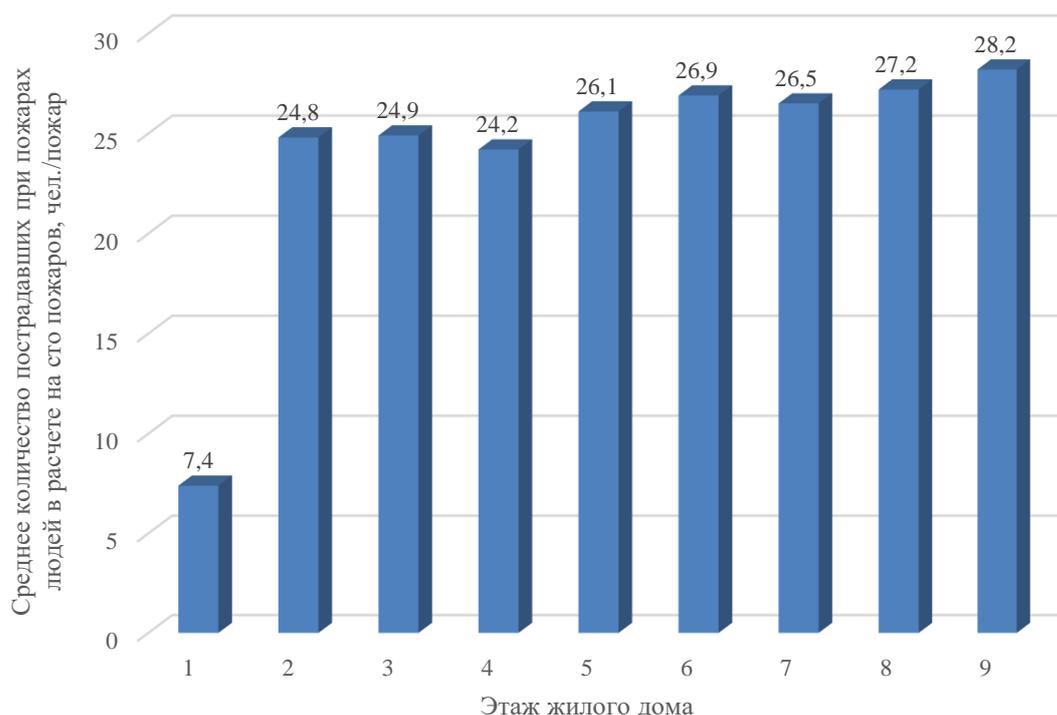


Рисунок 4. Распределение среднего количества пострадавших при пожарах людей (травмированных плюс погибших) в расчете на сто пожаров в 9-этажных жилых домах по этажам возникновения пожаров, в тушении которых участвовали территориальные пожарно-спасательные подразделения ФПС ГПС

Минимальное значение среднего количества пострадавших при пожарах людей в расчете на 100 пожаров в 5- и 9-этажных жилых домах соответствует пожарам, возникающим на первом этаже, затем наблюдается увеличение значений этого показателя по этажам возникновения пожара от нижних этажей к верхним.

На рис. 5–6 представлено распределение отношения количества травмированных при пожарах людей к погибшим в 5- и 9-этажных жилых домах в 2016–2020 г. по этажам возникновения пожара, в тушении которых участвовали территориальные пожарно-спасательные подразделения ФПС ГПС.

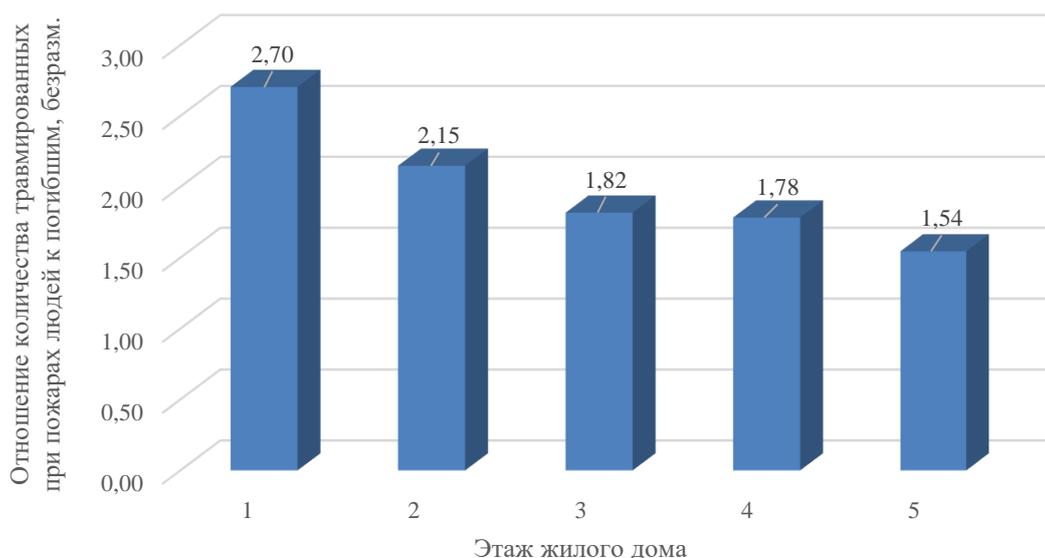


Рисунок 5. Распределение отношения количества травмированных при пожарах людей к погибшим в 5-этажных жилых домах по этажам возникновения пожаров, в тушении которых участвовали территориальные пожарно-спасательные подразделения ФПС ГПС

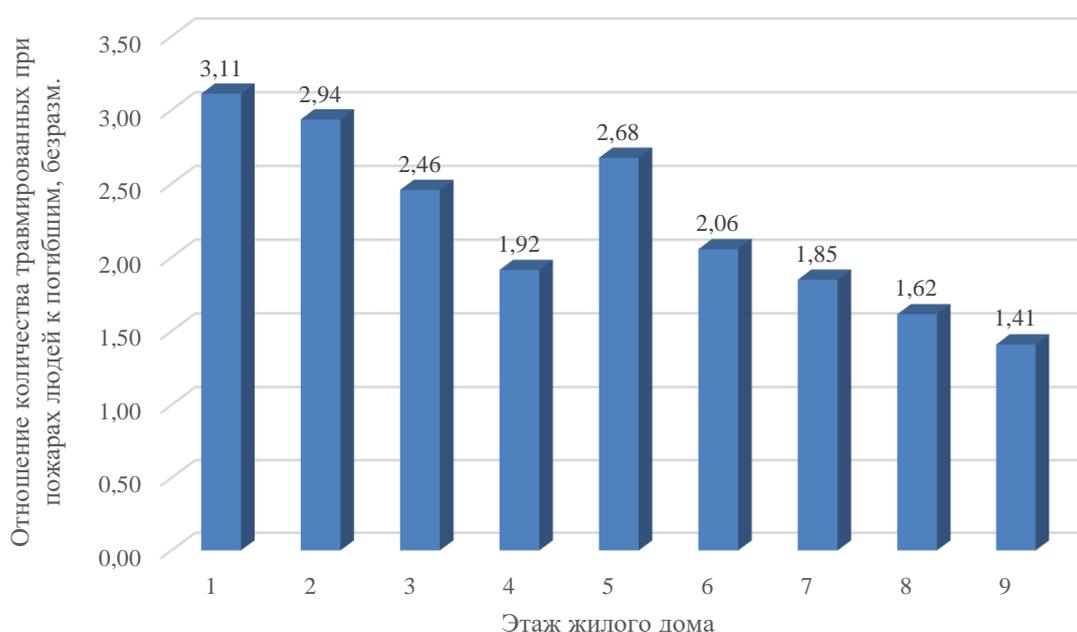


Рисунок 6. Распределение отношения количества травмированных при пожарах людей к погибшим в 9-этажных жилых домах по этажам возникновения пожаров, в тушении которых участвовали территориальные пожарно-спасательные подразделения ФПС ГПС

Этот показатель характеризует уровень развития мероприятий противопожарной защиты (средства пожарной сигнализации, первичные средства пожаротушения и др.), а также действия пожарной охраны по тушению пожаров и спасению людей, нейтрализующие опасные факторы пожара

и сопутствующие проявления опасных факторов пожара. При этом при повышении уровня противопожарной защиты снижается количество погибших при пожарах людей и, соответственно, увеличивается отношение количества травмированных при пожарах людей к погибшим [9–10].

Максимальное значение отношения количества травмированных при пожарах людей к погибшим в 5- и 9-этажных жилых домах принимает при пожарах, возникающих на первом этаже, затем наблюдается снижение этого показателя по этажам возникновения пожара от нижних этажей к верхним.

Таким образом, мероприятия противопожарной защиты и действия пожарной охраны по тушению пожаров и спасению людей, наилучшим способом нейтрализуют опасные факторы пожара при его возникновении на первом этаже. Степень этой

нейтрализации уменьшается при возникновении пожара на более высоких этажах. По-видимому, это связано с параметрами разветвления сил и средств пожарной охраны, а также с большими возможностями эвакуации людей с нижних этажей жилых домов по сравнению с верхними. Для снижения количества пострадавших и, особенно, погибших при пожарах в жилых домах людей необходимо уделить повышенное внимание разработке новых тактических схем тушения пожаров.

Литература

1. Теребнев В. В. Основы организации и управления силами и средствами на пожаре. М., 2020. 256 с.
2. Дмитриев И. И., Черненко В. А. Анализ пожароопасных факторов многоэтажного здания // Неделя науки СПбПУ: мат. науч. конф. с междунар. уч. СПб., 2018. С. 353–356.
3. Методические рекомендации по обучению в области гражданской обороны, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и пожарной безопасности: утв. Министром Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий В. А. Пучковым, 30 июня 2014 г. 28 с.
4. Харин В. В., Кондашов А. А., Бобринев Е. В. и др. Пожарная безопасность жилых домов в зависимости от их этажности // Безопасность жизнедеятельности. 2020. № 4. С. 25–29.
5. Порошин А. А., Харин В. В., Бобринев Е. В. и др. Оценка уровня пожарной опасности в жилых домах разной этажности с использованием статистических данных // Вестник НЦБЖД. 2020. № 2 (44). С. 132–140.
6. Теребнев В. В. Справочник руководителя тушения пожара. Тактические возможности пожарных подразделений. М., 2004. 256 с.
7. Никишов С. Н., Чистяков И. М., Легошин М. Ю. и др. Определение оптимальных способов подачи огнетушащих веществ звеном ГДЗС на этажи здания: мат. XII междунар. науч.-практ. конф. «Пожарная и аварийная безопасность». 2017. С. 347–352.
8. Статистика пожаров за 2007–2020 гг. URL: <https://sites.google.com/site/pojstat/home/statistika> (дата обращения: 14.04.2021).
9. Харин В. В., Бобринев Е. В., Кондашов А. А. и др. Статистический подход оценки степени пожарной опасности по соотношению травмированных и погибших при пожарах людей // Вестник НЦ БЖД. 2019. № 4. С. 127–135.
10. Харин В. В., Порошин А. А., Удавцова Е. Ю. и др. Соотношение числа травмированных и погибших как показатель опасности последствий пожара // Сб. мат. XXXI Междунар. науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы пожарной безопасности». М., 2019. С. 568–571.

References

1. Terebnev V. V. Osnovy organizacii i upravleniya silami i sredstvami na pozhare. M., 2020. 256 p.
2. Dmitriev I. I., Chernenko V. A. Analiz požaropasnykh faktorov mnogoetazhnogo zdaniya // Nedelya nauki SPbPU Materialy nauchnoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. SPb., 2018. P. 353–356.
3. Metodicheskie rekomendacii po obucheniyu v oblasti grazhdanskoj oborony, preduprezhdeniya i likvidacii chrezvychajnykh situacij i požarnoj bezopasnosti: utv. Ministrom Rossijskoj Federacii po delam grazhdanskoj oborony, chrezvychajnym situacijam i likvidacii posledstvij stihijnykh bedstvij V. A. Puchkovym 30 iyunya 2014 g. 28 p.
4. Harin V. V., Kondashov A. A., Bobrinev E. V. et al. Pozharnaya bezopasnost' zhilyh domov v zavisimosti ot ih etazhnosti // Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti. 2020. № 4. P. 25–29.
5. Poroshin A. A., Harin V. V., Bobrinev E. V. et al. Ocenka urovnya požarnoj opasnosti v zhilyh domah raznoj etazhnosti s ispol'zovaniem statisticheskikh dannyh // Vestnik NCBZHD. 2020. № 2 (44). P. 132–140.
6. Terebnev V. V. Spravochnik rukovoditelya tusheniya požhara. Takticheskie vozmozhnosti požarnyh podrazdelenij. M., 2004. 256 p.

7. Nikishov S. N., CHistyakov I. M., Legoshin M. YU. et al. Opredelenie optimal'nyh sposobov podachi oagnetushashchih veshchestv zvenom GDZS na etazhi zdaniya // Mat. XII mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Pozharnaya i avariynaya bezopasnost'». 2017. P. 347–352.

8. Statistika pozharov za 2007–2020 gg. URL: <https://sites.google.com/site/pojstat/home/statistika> (data obrashcheniya: 14.04.2021).

9. Harin V. V., Bobrinev E. V., Kondashov A. A. et al. Statisticheskij podhod ocenki stepeni pozharnoj opasnosti po sootnosheniyu travmirovannyh i pogibshih pri pozharah lyudej // Vestnik NC BZHD. 2019. № 4. P. 127–135.

10. Harin V. V., Poroshin A. A., Udavcova E. YU. et al. Sootnoshenie chisla travmirovannyh i pogibshih kak pokazatel' opasnosti posledstvij pozhara // Sb. mat. XXHI Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Aktual'nye problemy pozharnoj bezopasnosti». M., 2019. P. 568–571.

УДК 614.849 (614.842/.847)

otrid@rambler.ru

**МЕТОДИКА ОЦЕНКИ МАТЕРИАЛЬНОГО УЩЕРБА В СЛУЧАЕ
ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ
НА ОБЪЕКТЕ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ**

**METHODOLOGY FOR ASSESSING MATERIAL DAMAGE IN THE EVENT
AND DEVELOPMENT OF AN EMERGENCY AT THE OBJECT
OF THE OIL AND GAS INDUSTRY**

*Королев Д. С., кандидат технических наук,
Воронежский государственный технический университет, Воронеж,
Шмырева М. Б., кандидат экономических наук,
Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Железнодорожск,
Русских Е. А., кандидат технических наук,
Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, Москва*

*Korolev D., Voronezh state technical university, Voronezh
Shmireva M., Siberian Fire and Rescue Academy of State Fire Service
of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Zheleznogorsk
Russkih E., Academy of the State Fire Service
of EMERCOM of Russia, Moscow*

Последнее время слышно много разговоров о том, что Российской Федерации необходимо встать на путь развития и избавиться от нефтегазовой зависимости. Однако, быстро это сделать практически невозможно. Эксперты подсчитали, что для достижения необходимых результатов в энергонезависимости страны должно пройти как минимум 15-20 лет, после чего процесс повышения энергоэффективности и развития возобновляемых источников энергии будет удовлетворительным. Поэтому на сегодняшний день нефтегазовая отрасль остается одной из наиболее взрывопожароопасных, которой следует уделять особое внимание с точки зрения пожарной безопасности.

Ранее, в основе исследования, авторы использовали данные реально действующего объекта защиты (нефтяная база топлива). Рассчитали основные неблагоприятные явления: площадь разлива, горение «зеркала» разлива, параметры «огненного шара» при диффузионном горении и т.д. Был предложен комплекс превентивных и инженерно-технических мероприятий, сводящий к минимуму риск возникновения подобных ситуаций или минимизирующий последствия чрезвычайной ситуации.

В настоящей работе поднимается вопрос о том, что если разработанных мероприятий окажется недостаточным и какой материальный ущерб мог бы быть? В статье представлена методика расчета ущерба при разных сценариях развития чрезвычайной ситуации

Ключевые слова: пожарная опасность, методика расчета, ущерб, нефтегазовая отрасль, энергонезависимость.

Lately, there has been a lot of talk about the need for the Russian Federation to take the path of development and get rid of oil and gas dependence. However, it is almost impossible to do this quickly. Experts have calculated that at least 15-20 years must pass to achieve the necessary results in the country's energy independence, after which the process of improving energy efficiency and developing renewable energy sources will be satisfactory. Therefore, today the oil and gas industry remains one of the most explosive and fire hazardous, which

should be given special attention from the point of view of fire safety.

Previously, the study was based on the data of a really operating object of protection (oil fuel base). The main unfavorable phenomena were calculated: the filling area, burning of the filling mirror, parameters of the fireball during diffusion burning, etc. A set of preventive and engineering-technical measures was proposed, minimizing the risk of such situations or minimizing the consequences of an emergency.

This work raises the question of what if the measures developed are insufficient and what material damage could be? The article presents a methodology for calculating damage in different scenarios of the development of an emergency.

Keywords: fire hazard, calculation method, damage, oil and gas industry, energy independence.

События последних лет показали, что динамические и структурные характеристики процветания российской экономики кардинально отличаются от развитых и крупных развивающихся экономик мира. Статистический анализ (2008–2020 гг.) показал, что отечественный рост ВВП не превысил 5 %, обеспечив 17-е место по темпу роста, притом, что общемировой рост составил более 25 %, а вот, например, ВВП КНР увеличился вдвое. Хуже дела обстояли у некоторых ведущих стран Евросоюза (Великобритании, Франции и Италии), а также Японии, Бразилии, Республики Беларусь [1].

Такую ситуацию можно объяснить повышением энергоэффективности и попытками заменить продукты нефтепереработки возобновляемыми источниками энергии. Но в одном сходятся эксперты, что в ближайшие 10–15 лет будет пик потребления природного газа как наиболее чистого ископаемого топлива. Правда не в привычном виде, поскольку мировая энергетика претерпевает большие изменения, продиктованные современными трендами: декарбонизации, цифровизации, децентрализации и др. Одним словом, Россия обладает достаточным запасом полезных ископаемых и минимальным набором необходимых технологий, чтобы оставаться ведущим игроком на энергетическом рынке. Но предстоит обсуждение ряда проблемных вопросов, решение которых позволит определить основной драйвер развития:

– как использовать потенциал топливно-энергетического комплекса для ускорения технологической эволюции;

– возможен ли уход от бизнес-стратегии продажи нефти и нефтепродуктов к поставке услуг и технологий;

– нужно ли инвестировать в нефтегазовую и нефтегазохимическую отрасли в условиях спроса на новые вещества и материалы.

Стоит отметить, что в вопросах обеспечения пожарной безопасности населения и территорий участвуют различные факторы, включая социально-экономические. Часто приходится учитывать различные изменения физико-химических параметров веществ и материалов, применяемых в технологическом процессе (оборудовании) и т. д., при этом прогнозирование крупномасштабных происшествий (чрезвычайных ситуаций) является ограниченной возможностью для человека. Огромные средства придется инвестировать на восстановление производства в стране на федеральном, региональном или муниципальном уровне [2].

В статьях [3, 4] поднимался актуальный вопрос оценки возможных рисков возникновения аварийных ситуаций на нефтяной базе топлива при разгерметизации РВС-2000. Авторами проведена идентификация опасностей (событий): возможные зоны разлива нефтепродуктов, зона поражения в случае воспламенения зеркала разлива, параметры «огненного шара» в случае диффузионного горения и т. д. Что позволило предложить комплекс превентивных и инженерно-технических мероприятий, направленных на предупреждение подобных ситуаций.

Однако бывают случаи, когда чрезвычайные ситуации выходят из-под контроля,

а разработанные мероприятия оказались недостаточными или малоэффективными. Все это сопровождается человеческими жертвами, травмами тяжелой степени, огромными материальными потерями. Поэтому в рамках исследования проведем оценку возможного материального ущерба (рис. 1) на базе данных статьи [3, 4] по исходным сценариям:

$C_{1,6,11}$ – локальная (полная) разгерметизация РВС; стремительное воспламенение паров бензина, вытекающего из потенциального отверстия; пожар разлива в пределах защитного обвалования (производственной площадки);

$C_{2,7,12}$ – локальная (полная) разгерметизация РВС; стремительного воспламенения паров бензина не возникло; разлив продукта нефтепереработки исключительно в рамках защитного обвалования (производственной площадки); произошло образование взрывоопасной зоны в результате аварийной ситуации и ее последующее горение с образованием максимального избыточного давления; пожар разлива в пределах защитного обвалования (производственной площадки);

$C_{3,8,13}$ – сценарий подразумевает развитие чрезвычайной ситуации, как в сценариях $C_{2,7,12}$, и предусматривает факт образования пожара-вспышки, реализуемый сценарий на территории объекта защиты;

$C_{4,9,14}$ – сценарий подразумевает разгерметизацию резервуара вертикального стального, но стремительного воспламенения паров бензина, в результате разлива, и образования взрывоопасной зоны не произошло;

$C_{5,10,15}$ – частичное или полное разрушение резервуара; стремительное воспламенение нефтепродукта отсутствует; пролив бензина в рамках производственной площадки.

Методика расчета максимального ущерба начинается с определения прямых экономических потерь по формуле (1):

$$P_{\text{шт}} = P_{\text{оф}} + P_{\text{тмц}} + P_{\text{уи}}, \quad (1)$$

$P_{\text{оф}}$ – потери предприятия в результате уничтожения (повреждения) основных фондов (производственных и непроизводственных), руб., формула (2):

$$P_{\text{оф}} = P_{\text{офв}} + P_{\text{офп}}, \quad (2)$$

$P_{\text{офп}}$ – материальные потери из-за повреждения и выхода из строя технологического оборудования, финансовые инвестиции на восстановление имущества до состояния перед чрезвычайной ситуацией, с учетом амортизационных износков;

$P_{\text{офу}}$ – ущерб от полного уничтожения оборудования, формула (3):

$$P_{\text{офу}} = \sigma \cdot (S_{\text{oi}} - (S_{\text{mi}} - S_{\text{yi}})), \quad (3)$$

i – вид уничтоженных основных фондов;

S_{oi} – стоимость замещения или воспроизводства (а при затруднительности ее определения - остаточная стоимость) i -го вида уничтоженных основных фондов, руб.;

S_{mi} – стоимость материальных ценностей i -го вида, годных для дальнейшего использования, руб.;

S_{yi} – утилизационная стоимость i -го вида уничтоженных основных фондов, руб.;

$P_{\text{тмц}}$ – потери производственных запасов, готовой продукции, руб. (среднегодовой объем хранения продукции и сырья на объектах, попадающих в зону поражения, средние оптовые цены);

$P_{\text{уи}}$ – повреждение или уничтожение имущества третьих лиц, руб. (рыночная стоимость объектов, принадлежащих им по праву).

Для оценки величины материального ущерба принимались следующие допущения, представленные на рис. 1.

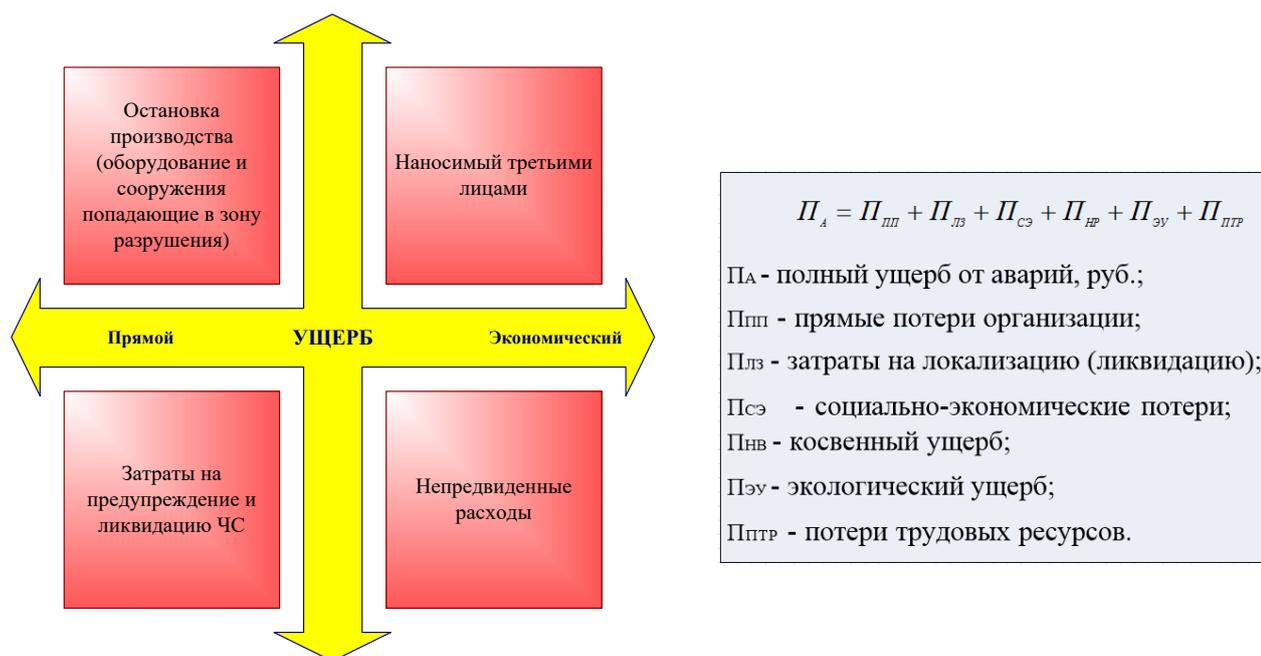


Рисунок 1. Структура оценки полного материального ущерба

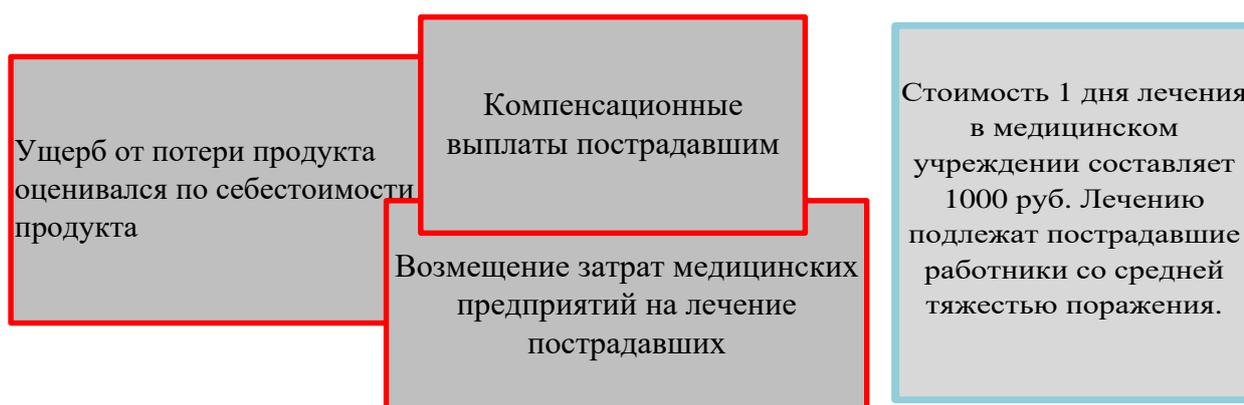


Рисунок 2. Компенсационные выплаты физическим лицам

Основным документом, определяющим обязательные социальные выплаты при получении физическим лицом производственных и других травм, является Федеральный закон от 24.07.1998 № (в редакции от 05.04.2021) «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний». Содержит порядок возмещения вреда, причиненного жизни и здоровью работника при исполнении им обязанностей по трудовому договору. По формуле (4) возможно определить максимальную сумму выплат [5]:

$$\sum B = \sum ЕДП + \sum ВВ, \tag{4}$$

$\sum ЕДП$ – сумма единовременного пособия – представляет собой единовременную страховую выплату равную 94018 руб. (без учета районных коэффициентов), а в случае смерти выплата будет равна 1 млн руб.;

$\sum ВВ$ – сумма возмещения вреда – представляет собой размер ежемесячной страховой выплаты, определяется как доля среднего месячного заработка и не может

превышать 72290,4 руб. (без учета районных коэффициентов), а также дополнительные расходы, связанные с трудовыми увечьями в размере 60 % от двух МРОТ.

Косвенный ущерб (ПНВ) или непредвиденные выплаты необходимо определять по формуле (5):

$$P_{НВ} = \sum P_{НП} + \sum P_{ЗП} + \sum P_{ПР} + \sum P_{ВН} + \sum P_{ВТЛ}, \tag{5}$$

$\Sigma P_{НП}$ – сумма недополученной прибыли;

$\Sigma P_{ЗП}$ – сумма денежных средств, израсходованных на зарплаты, сумма простоя, находится по формуле (6):

$$P_{ЗП} = (V_{ЗП} \cdot A) + V_{УР} + T_{ПР}, \tag{6}$$

$V_{ЗП}$ – объем заработной платы (около 20 тысяч руб.); A – количество сотрудников; $V_{УР}$ – объем условных расходов; $T_{ПР}$ – продолжительность простоя (один день простоя около 500 руб./день); $\Sigma P_{ПР}$ – сумма постоянных расходов (коммунальный платеж); $\Sigma P_{ВН}$ – сумма неустоек (штрафы, пени и т.д.); $\Sigma P_{ВТЛ}$ – сумма убытков третьих лиц.

Не менее важным элементом определения материального ущерба при нештатной чрезвычайной ситуации является экологический фактор, формула (7):

$$P_{ЭВ} = Э_{АВ} + Э_{П} + Э_{Б} + Э_{О} + Э_{ОГ}, \tag{7}$$

$Э_{АВ}$ – ущерб от загрязнения атмосферного воздуха; определяется исходя из массы загрязняющих веществ, рассеивающихся в атмосфере, в соответствии с Федеральным законом от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [6].

Поскольку розлив продуктов нефтепереработки (бензин АИ-95) будет ограничен производственными площадями (в частности обвалованием), то материальный

ущерб будет определяться как размер взысканий за горение розлива и испарения поллютантов, причем ориентировочная масса загрязняющих веществ (окись углерода, углеводороды, двуокись азота), выбрасываемых в атмосферу, будет определена по формуле (8):

$$M_{ЗВ} = K_{Э} \cdot K_{ПС} \cdot M_{ГП}, \tag{8}$$

$K_{Э}$ – коэффициент выброса вещества; $K_{ПС}$ – коэффициент сгорания вещества (допускается принимать 0,8); $M_{ГП}$ – ориентировочная масса горящих продуктов (кг).

$Э_{П}$, $Э_{Б}$, $Э_{О}$ – ущерб от загрязнения почвы, ущерб от уничтожения биологических ресурсов и показатель засорения территории обломками соответственно, определяются степенью деградации земель, уничтожением биологических ресурсов в результате загрязнения и размещения химических веществ на не отведенной для этой цели территории будут равны нулю, поскольку розлив произошел в рамках производственной площадки.

$Э_{ОГ}$ – ущерб от сброса опасных веществ в окружающую среду, определяется как сумма затрат на восстановление нарушенного состояния среды, с учетом прогнозируемых убытков, упущенной выгоды и др.

Результаты расчетов ущерба от выброса загрязняющих веществ и материального ущерба по всем сценариям представлены в табл. 1 и табл. 2.

Таблица 1

Результаты расчета ущерба от выброса загрязняющих веществ

Сценарий	Вещество	$K_{Инд}^*$	$K_{Эз}^*$	$K_{П}^*$	$M_{В}^*$	Норматив оплаты	Ущерб, руб.	Итого
----------	----------	-------------	------------	-----------	-----------	-----------------	-------------	-------

C ₁	CO	0,22	0,8	17489	3,762	3	350,264	15799,257
	H ₂ S	0,05	0,8	17489	0,012	1285	895,594	
	NO, NO ₂ , N ₂ O	0,025	0,8	17489	0,180	260	12718,144	
	SO ₂	0	0,8	17489	0,012	200	139,392	
	Сажа	0	0,8	17489	0,018	205	210,029	
	HCN	0,00E+00	0,8	17489	0,012	1025	714,384	
	V ₂ O ₅	0,00E+00	0,8	17489	0,00012	5125	35,719	
	C ₂₀ H ₁₂	0,00E+00	0,8	17489	7,32E+07	10249005	435,732	
C ₂	CO	0,22	0,8	60	0,000	3	50,264	799,257
	H ₂ S	0,05	0,8	60	0,000	1285	95,594	
	NO, NO ₂ , N ₂ O	0,025	0,8	60	0,000	260	718,144	
	SO ₂	0	0,8	60	0,000	200	39,392	
	Сажа	0	0,8	60	0,000	205	10,029	
	HCN	0,00E+00	0,8	60	0,000	1025	14,384	
	V ₂ O ₅	0,00E+00	0,8	60	0,00000	5125	35,719	
	C ₂₀ H ₁₂	0,00E+00	0,8	60	0,00E+00	10249005	5,732	
C ₃	CO	0,22	0,8	32	3,762	3	0,264	99,257
	H ₂ S	0,05	0,8	32	0,012	1285	5,594	
	NO, NO ₂ , N ₂ O	0,025	0,8	32	0,180	260	8,144	
	SO ₂	0	0,8	32	0,012	200	9,392	
	Сажа	0	0,8	32	0,018	205	10,029	
	HCN	0,00E+00	0,8	32	0,012	1025	14,384	
	V ₂ O ₅	0,00E+00	0,8	32	0,00012	5125	35,719	
	C ₂₀ H ₁₂	0,00E+00	0,8	32	7,32E+07	10249005	35,732	
C ₄	CO	0,22	0,8	500	0,000	3	350,264	2799,257
	H ₂ S	0,05	0,8	500	0,000	1285	95,594	
	NO, NO ₂ , N ₂ O	0,025	0,8	500	0,000	260	2718,144	
	SO ₂	0	0,8	500	0,000	200	139,392	
	Сажа	0	0,8	500	0,000	205	210,029	
	HCN	0,00E+00	0,8	500	0,000	1025	14,384	
	V ₂ O ₅	0,00E+00	0,8	500	0,00000	5125	35,719	
	C ₂₀ H ₁₂	0,00E+00	0,8	500	0,00E+00	10249005	35,732	
C ₅	CO	0,22	0,8	150	3,762	3	30,264	399,257
	H ₂ S	0,05	0,8	150	0,012	1285	85,594	
	NO, NO ₂ , N ₂ O	0,025	0,8	150	0,180	260	28,144	
	SO ₂	0	0,8	150	0,012	200	139,392	
	Сажа	0	0,8	150	0,018	205	210,029	
	HCN	0,00E+00	0,8	150	0,012	1025	74,384	
	V ₂ O ₅	0,00E+00	0,8	150	0,00012	5125	75,719	
	C ₂₀ H ₁₂	0,00E+00	0,8	150	7,32E+07	10249005	35,732	
C ₆	CO	0,22	0,8	100	0,000	3	50,264	229,235
	H ₂ S	0,05	0,8	100	0,000	1285	95,594	
	NO, NO ₂ , N ₂ O	0,025	0,8	100	0,000	260	28,144	
	SO ₂	0	0,8	100	0,000	200	19,392	
	Сажа	0	0,8	100	0,000	205	10,029	
	HCN	0,00E+00	0,8	100	0,000	1025	71,384	
	V ₂ O ₅	0,00E+00	0,8	100	0,00000	5125	3,719	
	C ₂₀ H ₁₂	0,00E+00	0,8	100	0,00E+00	10249005	5,732	
C ₇	CO	0,22	0,8	40	3,762	3	0,264	
	H ₂ S	0,05	0,8	40	0,012	1285	5,594	
	NO, NO ₂	0,025	0,8	40	0,180	260	18,144	

	N ₂ O							79,257
	SO ₂	0	0,8	40	0,012	200	9,392	
	Сажа	0	0,8	40	0,018	205	10,029	
	HCN	0,00E+00	0,8	40	0,012	1025	4,384	
	V ₂ O ₅	0,00E+00	0,8	40	0,00012	5125	5,719	
	C ₂₀ H ₁₂	0,00E+00	0,8	40	7,32E+07	10249005	35,732	
C ₈	CO	0,22	0,8	150	0,000	3	30,264	399,257
	H ₂ S	0,05	0,8	150	0,000	1285	85,594	
	NO, NO ₂ , N ₂ O	0,025	0,8	150	0,000	260	28,144	
	SO ₂	0	0,8	150	0,000	200	139,392	
	Сажа	0	0,8	150	0,000	205	210,029	
	HCN	0,00E+00	0,8	150	0,000	1025	74,384	
	V ₂ O ₅	0,00E+00	0,8	150	0,00000	5125	75,719	
	C ₂₀ H ₁₂	0,00E+00	0,8	150	0,00E+00	10249005	35,732	
C ₉	CO	0,22	0,8	200	3,762	3	50,264	420,27
	H ₂ S	0,05	0,8	200	0,012	1285	95,594	
	NO, NO ₂ , N ₂ O	0,025	0,8	200	0,180	260	18,144	
	SO ₂	0	0,8	200	0,012	200	39,392	
	Сажа	0	0,8	200	0,018	205	210,029	
	HCN	0,00E+00	0,8	200	0,012	1025	4,384	
	V ₂ O ₅	0,00E+00	0,8	200	0,00012	5125	5,719	
	C ₂₀ H ₁₂	0,00E+00	0,8	200	7,32E+07	10249005	3,732	
C ₁₀	CO	0,22	0,8	150	0,000	3	30,264	399,257
	H ₂ S	0,05	0,8	150	0,000	1285	85,594	
	NO, NO ₂ , N ₂ O	0,025	0,8	150	0,000	260	28,144	
	SO ₂	0	0,8	150	0,000	200	139,392	
	Сажа	0	0,8	150	0,000	205	210,029	
	HCN	0,00E+00	0,8	150	0,000	1025	74,384	
	V ₂ O ₅	0,00E+00	0,8	150	0,00000	5125	75,719	
	C ₂₀ H ₁₂	0,00E+00	0,8	150	0,00E+00	10249005	35,732	
C ₁₁	CO	0,22	0,8	100	3,762	3	50,264	229,235
	H ₂ S	0,05	0,8	100	0,012	1285	95,594	
	NO, NO ₂ , N ₂ O	0,025	0,8	100	0,180	260	28,144	
	SO ₂	0	0,8	100	0,012	200	19,392	
	Сажа	0	0,8	100	0,018	205	10,029	
	HCN	0,00E+00	0,8	100	0,012	1025	71,384	
	V ₂ O ₅	0,00E+00	0,8	100	0,00012	5125	3,719	
	C ₂₀ H ₁₂	0,00E+00	0,8	100	7,32E+07	10249005	5,732	
C ₁₂	CO	0,22	0,8	10000	0,000	3	550,264	12328,352
	H ₂ S	0,05	0,8	10000	0,000	1285	895,594	
	NO, NO ₂ , N ₂ O	0,025	0,8	10000	0,000	260	2718,144	
	SO ₂	0	0,8	10000	0,000	200	839,392	
	Сажа	0	0,8	10000	0,000	205	4210,029	
	HCN	0,00E+00	0,8	10000	0,000	1025	1714,384	
	V ₂ O ₅	0,00E+00	0,8	10000	0,00000	5125	635,719	
C ₁₃	CO	0,22	0,8	100	0,000	3	50,264	229,235
	H ₂ S	0,05	0,8	100	0,000	1285	95,594	
	NO, NO ₂ , N ₂ O	0,025	0,8	100	0,000	260	28,144	
	SO ₂	0	0,8	100	0,000	200	19,392	
	Сажа	0	0,8	100	0,000	205	10,029	
	HCN	0,00E+00	0,8	100	0,000	1025	71,384	

	V ₂ O ₅	0,00E+00	0,8	100	0,00000	5125	3,719	
	C ₂₀ H ₁₂	0,00E+00	0,8	100	0,00E+00	10249005	5,732	
C ₁₄	CO	0,22	0,8	3	3,762	3	0,26	0,68
	H ₂ S	0,05	0,8	3	0,012	1285	0,04	
	NO, NO ₂ , N ₂ O	0,025	0,8	3	0,180	260	0,04	
	SO ₂	0	0,8	3	0,012	200	0,04	
	Сажа	0	0,8	3	0,018	205	0,029	
	H ₂ CN	0,00E+00	0,8	3	0,012	1025	0,2	
	V ₂ O ₅	0,00E+00	0,8	3	0,00012	5125	0,19	
	C ₂₀ H ₁₂	0,00E+00	0,8	3	7,32E+07	10249005	0,02	
	C ₁₅	CO	0,22	0,8	100	0,000	3	
H ₂ S		0,05	0,8	100	0,000	1285	95,594	
NO, NO ₂ , N ₂ O		0,025	0,8	100	0,000	260	28,144	
SO ₂		0	0,8	100	0,000	200	19,392	
Сажа		0	0,8	100	0,000	205	10,029	
H ₂ CN		0,00E+00	0,8	100	0,000	1025	71,384	
V ₂ O ₅		0,00E+00	0,8	3	0,00012	5125	0,19	
C ₂₀ H ₁₂		0,00E+00	0,8	3	7,32E+07	10249005	0,02	

Примечание: $K_{Инд}^*$ – коэффициент индексации; $K_{ЭЗ}^*$ – коэффициент экологической значимости; $K_{П}^*$ – повышающий коэффициент; M_B^* – масса загрязняющего вещества; CO – оксид углерода; H₂S – сероводород; NO, NO₂, N₂O – оксиды азота; SO₂ – оксид серы; H₂CN – синильная кислота; V₂O₅ – пятиокись ванадия; C₂₀H₁₂ – бензаперен.

Таблица 2
Расчет материального ущерба по всем сценариям

Сценарий		С1	С2	С3	С4	С5
Прямые потери	Потери продукции, руб.	38020	8452	4212	12258	6000
	Остаточная стоимость оборудования, руб.	1500000	45000	35000	100000	100000
Потери на локализацию аварии, руб.		380	845	421	1225	600
Общий экологический ущерб, руб.		11245	435,8	289,2	644	53,6
Количество погибших		2	0	0	1	1
Количество пострадавших		2	1	1	2	2
СЭ потери	Социально-экономи- ческие выплаты по- гибшим, руб.	2000000	0	0	2000000	2000000
	Социально-экономи- ческие выплаты постра- давшим, руб.	1479370	739684,8	739684,8	1479370	1479370
Общий ущерб по сценарию, тыс.руб.		5029015,00	794417,60	779607,00	3593497,00	358623,60
Сценарий		С6	С7	С8	С9	С10
Прямые потери	Потери продукции, руб.	4218	1365	6000	6812	6000
	Остаточная стоимость	100000	85000	85000	80000	80000

	оборудования, руб.					
	Потери на локализацию аварии, руб.	422	137	600	681	600
	Общий экологический ущерб, руб.	912,8	389,2	53,6	87,2	53,6
	Количество погибших	1	1	1	1	1
	Количество пострадавших	2	2	2	2	2
СЭ потери	Социально-экономические выплаты погибшим, руб.	2000000	2000000	2000000	2000000	2000000
	Социально-экономические выплаты пострадавшим, руб.	1479370	1479370	1479370	1479370	1479370
	Общий ущерб по сценарию, тыс. руб.	3584922,80	3566261,20	3571023,60	3566950,20	3566023,60
	Сценарий	C11	C12	C13	C14	C15
Прямые потери	Потери продукции, руб.	5286	11210	6789	980	6789
	Остаточная стоимость оборудования, руб.	85000	120000	80000	80000	80000
	Потери на локализацию аварии, руб.	527	1121	679	98	679
	Общий экологический ущерб, руб.	49,8	520,45	912,3	332,6	912,8
	Количество погибших	1	1	1	1	1
	Количество пострадавших	2	2	2	2	2
СЭ потери	Социально-экономические выплаты погибшим, руб.	2000000	2000000	2000000	2000000	2000000
	Социально-экономические выплаты пострадавшим, руб.	1479370	1479370	1479370	1479370	1479370
	Общий ущерб по сценарию, тыс. руб.	3570232,80	3612221,45	3567750,30	3560780,60	3567750,80

Таким образом, можно сделать следующие выводы, что:

– представленная методика достаточно полно позволяет оценить максимальный материальный ущерб (прямые и социально-экономические потери) в случае возникновения чрезвычайной ситуации, в частности на реально действующем объекте защиты

(нефтяная база топлив);

– дает четкое представление о последствиях в случае недостаточности разработки превентивных и инженерно-технических мероприятий по пожарной безопасности;

– методика может быть использована для подобных расчетов.

Литература

1. Экономика Евросоюза: анализ до 2020 г. и прогноз на 2021 г. URL: <https://immigrantinvest.com/insider/eu-economy-stats-2020/>.
2. Korolev D. S., Vytovtov A. V., Kargashilov D. V. et al. Mathematical simulation of the forecasting process of the fire hazard properties of substances. IOP Conference series: Materials science and engineering, 2020. PP. 52025.
3. Королев Д. С., Батуро А. Н. Определение интенсивности теплового излучения пожара пролива ЛВЖ нефтегазового комплекса с учетом спрогнозированных пожароопасных показателей веществ // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2020. № 2 (17). С. 20–26.
4. Королев Д. С., Вытовтов А. В., Сушко Е. А. Анализ возможных рисков пожарной опасности на действующем объекте защиты нефтегазовой отрасли. 2021. № 2.
5. Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний: федер. закон от 24.07.1998 (в ред. от 05.04.2021) № 125–ФЗ; одобр. Сов. Федерации 31.03.2021 // Собрание законодательства РФ. 2021. № 15 (I ч.), ст. 2448.
6. Об охране окружающей среды: федер. закон от 10.01.2002 № 7–ФЗ; одобр. Сов. Федерации 26.12.2001 // Российская газета. 2001. № 2874; Собр. Законодательства РФ. 2002. № 2 (ч. I), ст. 133.

References

1. Ekonomika Yevrosoyuza: analiz do 2020 g. i prognoz na 2021 g. URL: <https://immigrantinvest.com/insider/eu-economy-stats-2020/>.
2. Korolev D. S., Vytovtov A. V., Kargashilov D. V. et al. Mathematical simulation of the forecasting process of the fire hazard properties of substances. IOP Conference series: Materials science and engineering, 2020. PP. 52025.
3. Korolev D. S., Batur A. N. Opredeleniye intensivnosti teplovogo izlucheniya pozhara proлива LVZH neftegazovogo kompleksa s uchetom sprognozirovannykh pozharoopasnykh pokazateley veshchestv // Sibirskiy pozharno-spasatel'nyy vestnik. 2020. № 2 (17). P. 20–26.
4. Korolev D. S., Vytovtov A. V., Sushko Ye. A. Analiz vozmozhnykh riskov pozharnoy opasnosti na deystvuyushchem ob"yekte zashchity neftegazovoy otrasli. 2021. № 2.
5. Ob obyazatel'nom sotsial'nom strakhovanii ot neschastnykh sluchayev na proizvodstve i professional'nykh zabolovaniy: feder. zakon ot 24.07.1998 (v redaktsii ot 05.04.2021) № 125–FZ; odobr. Sov. Federatsii 31.03.2021 // Sobraniye zakonodatel'stva RF. 2021. № 15 (I ch.), st. 2448.
6. Ob okhrane okruzhayushchey sredy: feder. zakon ot 10.01.2002 № 7–FZ; odobr. Sov. Federatsii 26.12.2001 // Rossiyskaya gazeta. 2001. № 2874; Sobr. Zakonodatel'stva RF. 2002. № 2 (ch. I), st. 133.

**ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ СПОСОБНОСТИ К САМОДЕТЕРМИНАЦИИ
У БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ ГАЗОДЫМОЗАЩИТНОЙ СЛУЖБЫ
В ПРОЦЕССЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ**

**FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF THE ABILITY
FOR SELF-DETERMINATION IN FUTURE SPECIALISTS OF GAS PROTECTION
SERVICE IN THE PROCESS OF PROFESSIONAL TRAINING**

*Газизова Ю. С., кандидат психологических наук, доцент,
Демченко О. Ю., кандидат психологических наук, доцент,
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург
Почтарева Е. Ю.,
Академия профессионального образования, Екатеринбург*

*Gazizova Y., Demchenko O.,
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg
Pochtareva E.,
Academy of Professional Education, Yekaterinburg*

В статье представлены результаты исследования самодетерминации у будущих специалистов газодымозащитной службы в процессе их профессиональной подготовки. Рассмотрена специфика зон самодетерминации, обеспечивающих эффективность регулирования субъектной активности в напряженной событийности специалистов. Описана содержательная наполненность базовых компонентов самодетерминации курсантов, прошедших курс дисциплины «Подготовка газодымозащитника». Выделены факторы самодетерминации: «Толерантность к неопределенности», «Готовность к осознанному выбору», «Отношение к новизне» (интенциональный компонент); «Мотивационные ресурсы», «Самоорганизация», «Контроль» (операционно-регуляторный компонент); «Увлеченность работой», «Направленность на взаимодействие», «Удовлетворенность потребности в компетентности» (атрибутивно-деятельностный компонент); «Смысложизненные ориентации», «Рефлексия» (ценностно – смысловой компонент).

Ключевые слова: специалисты газодымозащитной службы, профессиональная подготовка, самодетерминация, субъективный образ ситуации, субъективный образ психического состояния, согласование мотивационно-потребностной сферы субъекта, ценности, смыслы, компоненты самодетерминации специалиста газодымозащитной службы.

The article presents the results of a study of self-determination in future specialists of the gas and smoke protection service in the process of their professional training. The specificity of self-determination zones, ensuring the effectiveness of regulation of subjective activity in the intense eventfulness of specialists, is considered.

The content of the basic components of self-determination of cadets who have completed the course of the discipline «Preparation of a gas and smoke defender» The factors of self-determination are highlighted: «Tolerance to uncertainty», «Readiness for a conscious choice», «Attitude to novelty» (intentional component); «Motivational resources», «Self-organization», «Control» (operational and regulatory component); «Enthusiasm for work»,

«Focus on interaction», «Satisfaction of the need for competence» (attributive-activity component); «Life-meaning orientations», «Reflection» (value-semantic component).

Keywords: specialists of the gas and smoke protection service, professional training, self-determination, subjective image of the situation, subjective image of the mental state, coordination of the motivational-need sphere of the subject, values, meanings, components of self-determination of a specialist in gas and smoke protection service.

Эффективность подготовки специалистов газодымозащитной службы (далее – ГДЗС) определяется качеством организации его процесса и способностями специалистов к слаженной коллективной деятельности в звене ГДЗС при ведении действий по тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ в зоне с непригодной для дыхания средой; высокой психологической устойчивостью, развитием профессионального самосознания, чувства ответственности за свои действия, стремлением к постоянному совершенствованию профессионального уровня с учетом специфики деятельности в конкретных подразделениях газодымозащитной службы, высокими показателями скоростно-силовых, сложно-координационных действий и навыков применения средств индивидуальной защиты органов дыхания, специальной защитной одежды, других технических средств специалистов ГДЗС [1].

Известно, что действия личного состава ГДЗС по тушению пожаров в непригодной для дыхания среде начинаются с момента прибытия личного состава к месту вызова и включают разведку места пожара; проникновение в места возникновения опасных факторов пожара (далее – ОФП), а также опасных проявлений аварий, катастроф и иных чрезвычайных ситуаций; обеспечение эвакуации с мест пожаров, аварий, катастроф и иных чрезвычайных ситуаций людей и имущества; оказание первой помощи пострадавшим; создание условий, снижающих вероятность возникновения ОФП, аварий, катастроф и иных чрезвычайных ситуаций, обеспечивающих их ликвидацию.

Поведение специалиста в экстремальных условиях изменяющейся ситуации, его готовность или неготовность реализации

профессиональных действий в измененных условиях, прежде всего, с особенностями его системы ценностей и жизненных установок [2]. При этом одной из характеристик, обеспечивающих формирование психологических качеств, выработки психофизиологической и морально-волевой готовности к действиям, необходимым для эффективной работы звена ГДЗС при тушении пожаров в непригодной для дыхания среде является их способность к самодетерминации.

На современном этапе проблема самодетерминации не нашла достойного отражения в поле научно-психологических исследований специалистов экстремального профиля, хотя в целом она активно изучается в контексте педагогической деятельности. Однако проблема самодетерминации приобретает особую значимость в контексте задач по определению методологических и исследовательских решений, релевантных для изучения того, как трансформируются ментальные картины мира людей, живущих в условиях нарастающей неопределенности и сложности мира, и того, как люди реагируют на эти изменения [3].

Важно отметить, что профессиональная деятельность предъявляет высокие требования к компетенциям специалистов ГДЗС, поскольку при выполнении профессиональных задач они должны не только приспособиваться к условиям быстрых и качественных изменений непригодной для дыхания среды, но и активно воздействовать на них для достижения необходимых результатов. В таких ситуациях требуется быть готовыми к различным изменениям, а для этого нужно отказаться от ослепленности собственными стереотипами и занять открытую позицию по отношению к процессам, происходящим в окружающей экстремальной среде [4]. Успешность действий

специалистов ГДЗС во многом будет зависеть от их готовности к активной деятельности, способности инициировать собственное развитие, выступать источником и причиной собственного поведения, преодолевая негативное влияние ситуаций неопределенности, т. е. от способности к самодетерминации. Выступая и как результат некоторой деятельности, и как характеристика процесса ее выполнения, самодетерминация способна раскрыть значение одних личностных особенностей для жизнедеятельности специалиста и в большей степени развить другие. В связи с этим важно определить, насколько специалисты ГДЗС обладают способностью к самодетерминации, а также каким образом этот феномен влияет на их личностный потенциал.

Следует отметить, что исследование феномена самодетерминации в психологической науке связано с проблемами мотивации поведения личности, раскрывающимися в работах зарубежных психологов Э. Л. Деси, Р. М. Райан, в контексте теорий организмической интеграции, когнитивной оценки, каузальных ориентаций, базовых психологических потребностей и содержания целей [5]. Однако для нас принципиально важным оказывается мнение о природе феномена самодетерминации, сформулированное отечественными исследователями Е. Р. Калитеевской и Д. А. Леонтьевым, характеризующими его через призму активности личности по отношению к внешнему миру и собственным психологическим процессам. При этом самодетерминация выступает не только как потребность, но и как качественная характеристика поведения человека, характеризующая его способность выбирать и делать выборы, чувствовать себя, а не подкрепления, стимулы или какие-то иные силы, которые также могут выступать в качестве детерминант его поведения. В обеспечении данной характеристики, по мнению Д. А. Леонтьева, особую роль выполняют локус контроля и воля, детерминирующие проявление гибкости человека в управлении и взаимодействии между собой и окружением [6].

С позиции отечественного подхода становление самодетерминации происходит в процессе психического развития человека на основе постепенно формирующихся и сближающихся друг с другом стремления к свободе (как готовности человека к активным действиям) и ответственности (как высшей формы саморегуляции) в его поведении. Ключевым периодом в рамках этого процесса выступает подростковый возраст, поскольку на данном этапе паттерны свободы и ответственности объединяются, образуя высший уровень саморегуляции – самодетерминацию [6–8].

По мнению Д. А. Леонтьева, самодетерминация выступает важным компонентом личностного потенциала, представляющего собой «системную организацию индивидуально-психологических особенностей личности, лежащую в основе ее способности исходить из устойчивых внутренних критериев и ориентиров в своей жизнедеятельности и сохранять стабильность смысловых ориентаций и эффективность деятельности на фоне давлений и изменяющихся внешних условий» [6].

В определении структурно-содержательных особенностей самодетерминации в исследованиях Н. Н. Васягиной и Е. Ю. Почтарева предложена модель структурно-содержательной организации самодетерминации, основу которой составляет интегративная целостность мотивационно-волевых, эмоционально-ценностных, регуляторно-деятельностных, рефлексивно-смысловых, инструментально-стилевых характеристик [9].

В соответствии с отечественным подходом исследователи определяют четыре компонента: интенциональный, операционно-регуляторный, атрибутивно-деятельный и ценностно-смысловой, которые дают возможность дифференцировать изучаемый феномен в контексте профессиональной деятельности. При этом обоснование психологической структуры позволяет рассматривать самодетерминацию субъекта профессиональной деятельности как многомерное об-

разование в интеграции данных компонентов, динамическая совокупность взаимосвязей которых определяет самостоятельное и ответственное поведение специалиста, что, соответственно, ведет к результатам, всесторонне охватывающим профессиональную деятельность, определяющим «уникальную комбинацию индивидуальной специфики реализации профессиональной активности и профессионально-личностного развития субъекта» [10].

В этом случае самодетерминация выступает как условие эффективной профессиональной деятельности. Определяя направление и содержание профессиональной деятельности, самодетерминация интегрирует ценности и смыслы, научные знания и практические навыки, характеристики саморегуляции и взаимодействия, которые способствуют взаимным изменениям субъектов профессиональной деятельности, их социальному и личностному становлению и развитию.

В контексте данного исследования особый интерес также вызывает исследовательский опыт Г. Ю. Мартьяновой. Остановимся на его детальном изучении. С позиции автора, являясь способностью выступать причиной собственной активности и организовывать деятельность, самодетерминация прежде всего определяет регуляторные механизмы адаптации к неблагоприятным обстоятельствам общей событийности человека. При этом, по мнению исследователя, правомочно ставить вопрос об оптимальности и неоптимальности самодетерминации как содержательного фактора дифференциации внешней и внутренней причинности поведения и деятельности субъекта [11]. Автор ссылается на работы Э. Деси и Р. Райана, в которых самодетерминация выражается в возможности самоинициирования и саморегуляции в отличие от событийного принуждения [12], а в соответствии с позицией Р. Харре, подчеркивает Г. Ю. Мартьянова, самодетерминация обнаруживается в способности переключаться с одних причин поведения на другие, делать выбор между равно

привлекательными альтернативами, сопротивляться отвлекающим моментам и перестраивать ведущие условия поведения [13]. Степень событийного напряжения обуславливает то, как человек будет устанавливать равновесия между собой и ситуацией и как будет управлять этим равновесием. Именно поэтому ведущим типом активности субъекта ситуации признается регуляторная активность.

Г. Ю. Мартьянова полагает, что по отношению к процессам самодетерминации содержанием внутренней активности выступает осознанная регуляция, что задает границы стилевых регуляторных параметров, способствующих разрешению противоречий в конкретной ситуации для снятия ее напряженности и достижения результата – успешной адаптации. Факторы же, влияющие на саморегуляцию, признаются исследователем как условие самоорганизации зон самодетерминации. В своем исследовании автор опирается на концепцию стиля саморегуляции, которая наиболее полно представлена в научной школе О. А. Конопкиной, где осознанная саморегуляция рассматривается как система необходимых для управления любой деятельностью структурно-функциональных и содержательных психологических характеристик. Как системный процесс саморегуляция – это преодоление человеком неопределенности в каждом отдельном звене при их информационном согласовании или, по-иному, достижение осознанного психического отражения предмета, средств и условий деятельности для расходования собственных резервов [14]. В рамках теории осознанной саморегуляции деятельности В. И. Моросановой выделен феномен индивидуального стиля саморегуляции, позволяющий рассматривать субъектную активность через процессы планирования, программирования, моделирования и оценивания результатов своей деятельности и выстраивать дифференцированные линии управления предикторами данных процессов для оптимизации внешней и внутренней активности [15]. Введенное А. К. Осницким понятие регуляторного опыта позволяет

обосновывать событийную природу человека не только как регуляцию результатов субъектной деятельности, но и как процесс ее организации; сам же регуляторный опыт рассматривать как ценностно-мотивационный опыт, опыт привычной активизации, опыт самоосознания, операциональный опыт и опыт сотрудничества [16]. Опираясь на данные положения, Г. Ю. Мартянова в рамках субъектно-регуляторного подхода выделила такие источники, как субъективная картина ситуации и субъективный образ психического состояния, широта, конфликтность и осознанность ценностно-смысловых образований, согласование мотивационно-потребностной сферы.

Субъективная картина ситуации – внутренний образ ситуации, который отражается в значимости внешних условий события и последствий этих условий для субъективного восприятия. Субъективное отношение человека к ситуации, субъективная картина мира в большей степени обуславливают психическое реагирование, нежели объективная реальность. Отношение формируется на базе регуляторного опыта, который субъект накопил и ассимилировал в решение жизненно значимых проблем. Субъективный образ психического состояния, вслед за А. О. Прохоровым, Г. Ю. Мартянова определяет как семантическое пространство, включающее в себя следы переживаний ранее осуществленных деятельностей, поведения, реакций и др. Воссоздавая прошлые впечатления, образ антиципирует и переориентирует свое содержание в будущее, что, в свою очередь, регулирует активность в аналогичной ситуации, придавая ей заведомо трудный характер и повышая субъективную значимость [17].

Активность, направляемая ценностями и смыслами, соотносится с процес-

сами принятия цели. Воздействуя на целеполагание, они формируют способы оценки и контроля побуждений и выступают условием их коррекции. Ценностно-смысловая конфликтность при этом детерминирует степень расхождения ценностей по отношению к оценке ситуации в каждый временной момент, осознанность определяет интенсивность понимания и придания смысла конкретной ценности в иерархии, а широта раскрывается как количество осознанных ценностей, доминирующих в настоящий момент по отношению к трудному жизненному контексту.

Мотивационно-потребностная сфера – это и важнейший регуляторный фактор и требуемое основание субъектной произвольной активности. В общей событийности система побуждений выражает отношения по построению взаимодействия с миром. Оптимальность мотивационно-потребностной сферы доказывается согласованием следующих мотивационных групп, регулирующих активность в напряженной ситуации: потребности в социальной поддержке, в создании эмоционально значимых отношений, самореализации, намерения осуществить цель и стремления снизить мотивационную напряженность.

Для того чтобы выделить зону самодетерминации, способную эффективно регулировать субъектную активность в напряженной событийности, Г. Ю. Мартяновой также были изучены типы напряженных ситуаций и определены предикторы регуляторной активности по каждой из них. Среди них зоны, соответствующие типам напряженных ситуаций: зона оптимальной адаптации с минимальным приложением сил, зона оптимальной адаптации с приложением дополнительных сил и зона напряженной адаптации [11]. Дадим оценку этим зонам (табл. 1).

Таблица 1
Зоны самодетерминации

Сравнительные характеристики	Зоны самодетерминации		
	зона оптимальной адаптации с минимальным приложением сил	зона оптимальной адаптации с приложением дополнительных сил	зона напряженной адаптации
Субъективный образ ситуации			
особенности восприятия ситуации субъектом	сохранная событийная результативность (<i>проявляется психоэмоциональной устойчивостью субъекта, сбалансированное чувство психофизиологического комфорта, позитивная оценка своих качеств и действий, наличие устойчивого интереса к жизни</i>)	нарушение сохранности событийной результативности (<i>появление признаков неудовлетворенности реализацией жизненных планов, но их перспективность все еще высокая, отмечается узкая направленность активности на отдельные эпизоды ситуации</i>)	сохранность событийной результативности низкая на фоне включения психофизиологической и эмоциональной напряженности
субъективная картина ситуации	четко дифференцируется по основным характеристикам внешней ситуации	зависит от субъектного образа состояния (<i>чем выше субъективная значимость ситуации, тем меньше характеристик приписывает себе человек</i>)	перестает коррелировать с образом психического состояния субъекта и приобретает изолированный характер
субъективная значимость ситуации	самая низкая	повышается	повышается
Субъективный образ психического состояния			
структурированность образа психического состояния	мощный, структурированный	незначительное уменьшение структурированности	снижение структурированности на фоне роста факторов напряженности ситуации
осознание себя	уравновешенное, адекватное	увеличение спектра противоречивых характеристик в содержании образа Я	снижение дифференцированности образа Я на фоне ослабления психофизиологических и эмоциональных адаптивных ресурсов
адаптивная эффективность	высокая, не зависит от негативных эмоций	снижение продуктивности психических процессов на фоне повышения истощаемости и раздражительности	регуляторная активность направлена на достижение благоприятного психофизиологического функционирования
Широта, конфликтность и осознанность ценностно-смысловых образований			
ценности и смыслы	имеют широкую структуру, непротиворечивы, высоко осознаны	сужаются, степень осознанности остается прежней, но повышается конфликтность	сужается, осознанность уменьшается и повышается конфликтность
Согласование мотивационно-потребностной сферы субъекта			

<i>базовые потребности</i>	в потенциальной зоне	актуализированы, сопровождаются психоэмоциональным реагированием, но без нарушения функций самоконтроля	значимы, становятся актуальными для удовлетворения, возрастает потребность в безопасности, высокий уровень эмоционального отреагирования жизненной ситуации, самообладание снижается, внутренний контроль действий и переживаний не поддерживается
<i>потребность в социальной поддержке, признании</i>	слабая	возрастает	не удовлетворена, возникают статусные и коммуникативные проблемы
<i>потребности в самоуважении и самоактуализации</i>	актуальные	на фоне их дефицита возрастает потребность в переносе регуляторной активности в зону необходимости их удовлетворения	актуализирована
<i>мотивационная напряженность</i>	низкая	изменение общего эмоционального фона, стремление снизить мотивационное напряжение	высокая, способствует росту неудовлетворенности внутренним комфортом
<i>потребность в реализации целей</i>	высокая	возрастает	достигает максимальных значений на фоне стремления снизить напряжение

Принимая во внимание концепцию Г. Ю. Мартыановой, можно предположить, что вопрос оптимальности самодетерминации определяет наличие определенного функционального потенциала специалиста ГДЗС, который бы гарантировал высокий уровень его достижений, поскольку наличие ресурсности специалиста характеризует его как самоорганизованного субъекта с высокой способностью к саморазвитию.

Определяя зону оптимальной самодетерминации специалиста ГДЗС как содержательный параметр регуляторной активности, приводящий к разрешению противоречий и эффективному преобразованию сложных ситуаций профессиональной деятельности, следует выделить ее актуальный (если он находится в напряженной ситуации) и ресурсный (если он имеет опыт совладания с напряженными обстоятельствами) формат. Условия самоорганизации субъектной активности специалиста ГДЗС, выходящие за

зону оптимальности, обеспечивают внешнюю детерминацию его поведения и деятельности в напряженной ситуации, обуславливают его зависимость от обстоятельств, приводящих к нарушенному восприятию ситуации и себя, мотивационному несогласованию, узости, малой осознанности и конфликтности ценностей и смыслов, а в результате, к нарушению произвольной регуляции. Зависимость от внешней событийной причинности, в конечном итоге, снижает продуктивность реагирования специалиста ГДЗС на возникающие трудности, делая общий регуляторный опыт в ситуациях высокой напряженности малоэффективным. В свете актуальности проблематики эффективности специалистов в ситуациях высокой неопределенности и риска изучение данного вопроса вызывает у нас особый исследовательский интерес.

С целью выявления особенностей самодетерминации у специалистов ГДЗС в

профессиональной деятельности было проведено эмпирическое исследование содержательной наполненности базовых компонентов самодетерминации курсантов, прошедших курс дисциплины «Подготовка газодымозащитника» [18].

В исследовании приняли участие 232 обучающихся 3–5 курсов факультета пожарной и техносферной безопасности ФГБОУ ВО «Уральский институт ГПС МЧС России».

Процедура исследования предполагала использование пакета психодиагностических методик, включающего: Шкалу витальности, Шкалу направленности личности в общении, Шкалу самодетерминации, Шкалу толерантности к неопределенности, Шкалу контроля за действием, методику исследования удовлетворенности потребностей на работе, опросник самоорганизации деятельности, опросник трудовой мотивации, опросник смысловых ориентаций, Шкалу каузальных ориентаций, тест дифференциальной рефлексивности, УСК, Шкалу увлеченности работой, Шкалу «ОТеЦ».

Полученные результаты подверглись математико-статистической обработке посредством факторного анализа. Процедура факторного анализа выполнялась в программе Statistica 10.0, в результате чего методом главных компонент в 51-мерном пространстве признаков было выделено по три фактора, объединяющих профессионально важные характеристики интенционального, операционно-регуляторного и атрибутивно-деятельного компонентов, и два фактора ценностно-смыслового компонента самодетерминации газодымозащитника.

Обратимся к анализу факторной структуры содержательной наполненности самодетерминации газодымозащитника.

Первый компонент самодетерминации – интенциональный – представлен совокупностью трех факторов.

1. Фактор «Толерантность к неопределенности» раскрывается через принятие ее специалистом (0,80), его отношение к неопределенным ситуациям (0,74), готовность

к решению сложных задач (0,63) и предпочтение неопределенности (0,58) – переменные Шкалы толерантности к неопределенности.

2. Фактор «Готовность к осознанному выбору» определяется восприимчивым выбором (0,82), стремлением к самовыражению (0,75), витальностью как диспозицией (0,63) (переменными Шкалы самодетерминации). При этом роль субъективной витальности, как производной от личностной автономии, в процессе совладания психологической устойчивостью в экстремальных обстоятельствах в измененной среде и в развитии личности газодымозащитника является мерой психологического благополучия. Готовность к осознанному выбору также определяется неприятием безличной ориентации (–0,52) (переменная Шкалы каузальных ориентаций), провоцирующей возникновение феномена «выученной беспомощности».

3. Фактор «Отношение к новизне» характеризуется ее принятием (0,79) (переменная Шкалы толерантности к неопределенности), а также стремлением специалиста к автономной (0,58) и контролирующей ориентации (0,75) (переменные Шкалы каузальных ориентаций), проявляющемся, с одной стороны, в готовности газодымозащитников к самоуправлению собственным поведением и принятии личной ответственности в сложных профессиональных ситуациях, а с другой – следовании приказам вышестоящего руководства, определяющего адекватные алгоритмы решения задач в экстремальных обстоятельствах деятельности.

Таким образом, интенциональный компонент самодетерминации определяет имманентно обусловленную устремленность специалистов газодымозащитной службы к гармоничному сосуществованию с внутренним и внешним миром посредством осознания вариативности взаимодействия, определяющего как актуализированные резервы специалиста, так и субъективные источники потенциальных возможностей развития его профессионально-важных характеристик:

- осознание способности быть источником движения, переживание аутентичности как соответствия профессиональной деятельности собственным представлениям;
- специфичное отношение к своему внутреннему миру, своей субъективности и субъектности как ценности;
- чувствительность к субъективным и объективным потребностям внутренних и внешних стресс-факторов, воздействующих на специалистов в измененных условиях экстремальной деятельности и возможностям личного профессионального развития;
- склонность опираться на внутренние, субъектные критерии выбора;
- стремление к осуществлению психологически автономного поведения, психологическая устойчивость в экстремальных ситуациях, определяемых качеством профессиональной подготовки специалистов газодымозащитной службы, готовность следовать приказам вышестоящего руководства, определяющего адекватные алгоритмы решения задач в экстремальных обстоятельствах деятельности.

Операционно-регуляторный компонент самодетерминации газодымозащитников также представлен совокупностью трех факторов.

1. Фактор «Мотивационные ресурсы» включает в себя совокупность смыслообразующих мотивов, способных оказывать влияние на профессиональное поведение газодымозащитников. Наиболее значимым в иерархии стимулов труда явились интегрированная мотивация (0,89), предполагает идентификацию специалиста ГДЗС с ценностью выполняемой деятельности, которая становится в его сознании частью его «я» и частью его естественного функционирования, при том профессиональная деятельность на данном уровне регуляции воспринимается как «призвание». Усиливают значение данного фактора внутренняя мотивация (0,83), отражающая высокий интерес специалиста к деятельности ГДЗС, удовольствие и воодушевление от ее выполнения, идентифицированная моти-

вация (0,79), отражающая преимущественное опосредование профессионального поведения газодымозащитника правилами или требованиями, которые побуждают его к и строгому соблюдению нормативных предписаний служебной деятельности (переменные Опросника самоорганизации деятельности), а также целеустремленность (0,48), сознательная и активная направленность специалиста на достижение высоких результатов деятельности (переменная Опросника самоорганизации деятельности) и амотивация (-0,60) (переменная Опросника трудовой мотивации), проявляющаяся в неприятии сотрудником безынициативности и лени.

2. Фактор «Самоорганизация» определяется чувством долга и стремлением сотрудников ГДЗС к организации и планированию своей деятельности (0,80) (переменная Опросника самоорганизации деятельности), самооэффективностью (0,75) (переменная Шкалы контроля за действием), проявляющейся в быстроте принятия решений и ответственности за них, критичности оценки результатов своих действий, целеустремленности (0,54), обоснованности мотивации ориентацией на настоящее (0,42), плановности, организованности и самостоятельности (0,62) (переменные Опросника самоорганизации деятельности).

3. Фактор «Контроль» представлен переменными, обеспечивающими непрерывный мониторинг за психической деятельностью и исполнительской активностью в области выполнения действий при возможных неудачах и настоящих деструктивных включений экстремальных ситуаций (0,80) конструктивных действий при планировании (0,72) и реализации тактических мероприятий (0,79) (переменные Шкалы контроля за действием), настойчивости в реализации и достижении поставленных целей (0,54), реалистичности восприятия и ориентации на настоящее (0,51) (переменные Опросника самоорганизации деятельности).

Таким образом, совокупность факторов операционно-регуляторного компо-

нента самодетерминации газодымозащитников является их необходимым ресурсом для формирования высокой психологической устойчивости, эффективных навыков, обеспечивающих успешное выполнение оперативно-служебных задач с учетом специфики деятельности в конкретных подразделениях газодымозащитной службы.

Атрибутивно-деятельностный компонент самодетерминации газодымозащитников раскрывает особенности интерпретации субъектного опыта когнитивных, эмоциональных и поведенческих конструктов и представлен совокупностью следующих факторов.

1. Фактор «Увлеченность работой» наполнен переменными, характеризующими альтероцентристской направленностью специалистов газодымозащитной службы (0,85), проявляющейся в стремлении помогать окружающим людям, бескорыстно жертвовать своими личными интересами и целями ради интересов службы и общества, быть верным верность служебному долгу, даже порой в ущерб собственному благополучию, неприятие манипулятивных ориентаций на использование ситуаций профессионального и межличностного взаимодействия в собственных целях для получения разного рода выгоды (-0,79) (переменные Шкалы направленности личности в общении). Усиливают значение данного фактора такие характеристики, как энергичность (0,68), энтузиазм (0,63) и поглощенность профессией (0,57) (переменные Шкалы увлеченности работой), раскрывающие высокую оценку своей профессиональной деятельности специалистами ГДЗС, их желание и готовность включаться в выполнение сложных профессиональных задач.

2. Фактор «Направленность на взаимодействие» представлен совокупностью характеристик, которые раскрывают коммуникативные компетенции специалистов ГДЗС, отражающие их диалогичную направленность в ситуациях профессионального взаимодействия (0,79) (переменная Шкалы направленности личности в общении), проявляющаяся в их ориентации на

равноправное общение, основанное на взаимном уважении и доверии, ориентации на взаимопонимание, взаимную открытость и коммуникативное сотрудничество, стремление к взаимному самовыражению, развитию. Также специалистов отличает интернальность в межличностных отношениях (0,53) (переменная УСК), проявляющаяся в их способности контролировать свои неформальные отношения с другими людьми, вызывать к себе уважение и симпатию, а также удовлетворенность потребности специалистов в связанности (0,66) (переменная Шкалы направленности личности в общении), обеспечивающая способность к установлению ими надежных и эффективных связей с другими людьми.

3. Фактор «Удовлетворенность потребности в компетентности» наполнен характеристиками, отражающими стремление специалистов к личностному и профессиональному развитию, наращиванию профессионального мастерства (0,84) (переменная методики исследования удовлетворенности потребностей на работе), авторитарную направленность (0,78), раскрывающую ориентацию на доминирование в общении, в сочетании «требованием» быть понятым (а точнее – требованием согласия с собственной позицией, требованием поддержки и безоговорочного принятия), уход от индифферентной направленности (-0,78), проявляющийся в тенденции к доверительным отношениям внутри коллектива (переменные Шкалы направленности личности в общении). Также фактор дополняют интернальность специалистов в производственной сфере (0,48) (переменная УСК), отражающая их понимание своего профессионального предназначения, принятие профессиональной роли и статуса в производственном коллективе и удовлетворенность потребности в связанности (0,42) (переменная методики исследования удовлетворенности потребностей на работе) проявляющаяся в способности устанавливать крепкие и надежные профессиональные контакты.

Таким образом, атрибутивно-деятельностный компонент самодетерминации

газодымозащитников отражает важнейшие атрибуты, закладывающие основу для эффективной профессиональной деятельности.

Интенционально-рефлексивный (ценностно-смысловой) компонент самодетерминации газодымозащитников определяет ценностно-смысловые основания профессионального развития и самосовершенствования специалиста ГДЗС, которые характеризуются: осмыслением аксиологических характеристик профессиональной деятельности; самопониманием как смысловой определенностью личностных ценностей профессионала; интеграцией личностных и профессиональных ценностей и смыслов как основы эффективности деятельности в сложных условиях экстремальной среды. Компонент включает два фактора.

1. Фактор «Смысложизненные ориентации» наполнен характеристиками, раскрывающими целостную систему сознательных и избирательных связей, отражающих направленность личности газодымозащитников, наличие их жизненных целей, осмысленность выборов и оценок. Среди значимых переменных следует выделить ориентацию специалистов на цели (0,80), свидетельствующих о том, что в целом для испытуемых характерно наличие целей в будущем, которые придают жизни осмысленность, направленность и временную перспективу; ориентация на результат (0,80), характеризующая оценивание испытуемыми прожитого отрезка жизни как результативного и осмысленного; ориентация на процессы (0,77), характеризующая завершение профессиональной идентификации испытуемых и восприятие ими самого процесса своей жизни как интересного, эмоционально насыщенного и наполненного смыслом (переменные Опросника смысложизненных ориентаций); ориентация специалистов на профессиональную жизнь (0,69) (переменная шкалы «ОТеЦ») и ориентация на локус контроля (0,53) (переменная

Опросника смысложизненных ориентаций) отражают представления испытуемых о себе как о сильной личности, обладающей достаточной свободой выбора, чтобы построить свою жизнь в соответствии со своими целями и представлениями о ее смысле.

2. Фактор «Рефлексия» характеризуется как «важнейшая регулятивная составляющая личности, позволяющая ей сознательно выстраивать свою жизнедеятельность» [19]. В контексте данного анализа он раскрывается через системную рефлексивность (0,83), обеспечивающую способность видеть как саму ситуацию взаимодействия во всех ее аспектах, включая и полюс субъекта, и полюс объекта, так и альтернативные возможности. Именно такой взгляд позволяет обнаружить новое качество себя, что является основой для дальнейшего самопознания и работы с внутренним миром, и способность к интроспекции (0,81), фокусом которой является фиксация на себе, внутренних переживаниях и ощущениях (переменные теста дифференциальной рефлексивности).

Таким образом, интенционально-рефлексивный компонент самодетерминации газодымозащитников наполнен таким набором аксиологических характеристик профессиональной деятельности, который отражает осознание специалистами места и роли в нем профессиональных ценностей и смыслов.

В заключение следует резюмировать, что проблема формирования способности к самодетерминации специалистов ГДЗС в процессе профессиональной подготовки является важной и требует дальнейшего научного и методического осмысления, поскольку открывает новые пути для повышения эффективности и качества подготовки специалистов к слаженной коллективной деятельности в звене ГДЗС при ведении действий по тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ в зоне с непригодной для дыхания средой.

Литература

1. Методические рекомендации по организации и проведению занятий с личным составом газодымозащитной службы (ГДЗС) федеральной противопожарной службы (ФПС) МЧС России: утв. Главным военным экспертом МЧС России, генерал-

полковником Платом П. В. от 30.06.2008 за № 2-4-60-14-18.

2. Колантаевская А. С., Гришина Н. В., Базаров Т. Ю. Стилевые особенности самодетерминации в ситуации жизненных изменений // Вестник СПбГУ. Сер. 16. 2016. Вып. 4. С. 51–62.

3. Асмолов А. Г. Психология современности: вызовы неопределенности, сложности и разнообразия // Психологические исследования. 2015. Т. 8, № 40. URL: <http://psystudy.ru>.

4. Богомаз С. А., Мартынова М. А. Самодетерминация в структуре личностного потенциала современной российской молодежи // Вестник ТГУ. 2012. № 357. С. 164–168.

5. Гордеева Т. О. Теория самодетерминации: настоящее и будущее. Ч. 2: Вопросы практического применения теории // Психологические исследования. 2010. № 5 (13). URL: <http://psystudy.ru>.

6. Личностный потенциал: структура и диагностика / под ред. Д. А. Леонтьева. М., 2011. 679 с.

7. Калитеевская Е. Р., Леонтьев Д. А. Пути становления самодетерминации личности в подростковом возрасте // Вопросы психологии. 2006. № 3. С. 49–55.

8. Калитеевская Е. Р., Леонтьев Д. А., Осин Е. Н., Бородин И. И. Смысл, адаптация и самодетерминация у подростков // Вопросы психологии. 2007. № 2. С. 68–80.

9. Васягина Н. Н., Почтарева Е. Ю. Психологическая структура самодетерминации как личностно-профессиональной характеристики субъекта педагогической деятельности // Педагогическое образование в России. 2018. № 7. С. 43–48.

10. Васягина Н. Н. Профессионально-личностная направленность педагогических работников как психологическое условие эффективности профессиональной деятельности в условиях внедрения профессиональных стандартов // Гуманитарные науки. 2017. № 1 (37). С. 143.

11. Мартынова Г. Ю. Оптимальность самодетерминации активности субъекта напряженной ситуации // Ежегодник научно-методологического семинара «Проблемы психолого-педагогической антропологии»: сб. науч. ст. / отв. ред. И. В. Егоров, Г. Ю. Мартынова. Санкт-Петербург, 2017. С. 26–34.

12. Deci E., Ryan R. A motivational approach to self: Integration in personality // Perspectives on motivation / ed. R. Dienstbier. Lincoln, 1991. V. 38. P. 237–288.

13. Harre R. Personal being. Oxford, 1983. 642 p.

14. Конопкин О. А. Психическая саморегуляция произвольной активности человека (структурно-функциональный аспект) // Вопросы психологии. 1995. № 1. С. 5–15.

15. Моросанова В. И. Дифференциально-психологические основы саморегуляции в обучении и воспитании подрастающего поколения // Мир психологии. 2013. № 2. С. 189–199.

16. Осницкий А. К. Психологические механизмы самостоятельности. М., 2010. 232 с.

17. Прохоров А. О. Образ психического состояния: пространственно-временной аспект // Экспериментальная психология в России: традиции и перспективы / под ред. В. А. Барабанщикова. М., 2010. С. 28.

18. Газизова Ю. С., Демченко О. Ю., Талалаева Г. В. Учет теоретико-методологических подходов в определении структуры личности будущих специалистов газодымозащитной службы // Проблемы современного педагогического образования. 2019. № 65-2. С. 313–316.

19. Карпов А. В. Психология рефлексивных механизмов деятельности. М., 2004. С. 77.

References

1. Metodicheskie rekomendacii po organizacii i provedeniyu zanyatij s lichnym sostavom gazodymozashchitnoj sluzhby (GDZS) federal'noj protivopozharnoj sluzhby (FPS) MCHS Rossii: utv. Glavnym voennym ekspertom MCHS Rossii, general-polkovnikom Platom P. V. ot 30.06.2008 za № 2-4-60-14-18.

2. Kolantaevskaya A. S., Grishina N. V., Bazarov T. YU. Stilevye osobennosti samodeterminacii v situacii zhiznennykh izmenenij // Vestnik SPbGU. Ser. 16. 2016. Vyp. 4. P. 51–62.

3. Asmolov A. G. Psihologiya sovremennosti: vyzovy neopredelennosti, slozhnosti i raznoobraziya // Psihologicheskie issledovaniya. 2015. T. 8, № 40. URL: <http://psystudy.ru>.

4. Bogomaz S. A., Martynova M. A. Samodeterminaciya v strukture lichnostnogo potenciala sovremennoj rossijskoj molodezhi // Vestnik TGU. 2012. № 357. P. 164–168.

5. Gordeeva T. O. Teoriya samodeterminacii: nastoyashchee i budushchee. CH. 2: Voprosy prakticheskogo primeneniya teorii // Psihologicheskie issledovaniya. 2010. № 5 (13). URL: <http://psystudy.ru>.

6. Lichnostnyj potencial: struktura i diagnostika / pod red. D. A. Leont'eva. M., 2011. 679 p.

7. Kaliteevskaya E. R., Leont'ev D. A. Puti stanovleniya samodeterminacii lichnosti v podrostkovom vozraste // Voprosy psihologii. 2006. № 3. P. 49–55.

8. Kaliteevskaya E. R., Leont'ev D. A., Osin E. N., Borodina I. I. Smysl, adaptaciya i samodeterminaciya u podrostkov // Voprosy psihologii. 2007. № 2. P. 68–80.

9. Vasyagina N. N., Pochtareva E. YU. Psihologicheskaya struktura samodeterminacii kak lichnostno-professional'noj harakteristiki subekta pedagogicheskoy deyatel'nosti // Pedagogicheskoe obrazovanie v Rossii. 2018. № 7. P. 43–48.

10. Vasyagina N. N. Professional'no-lichnostnaya napravlennost' pedagogicheskikh rabotnikov kak psihologicheskoe uslovie effektivnosti professional'noj deyatel'nosti v usloviyah vnedreniya professional'nyh standartov // Gumanitarnye nauki. 2017. № 1 (37). P. 143.
11. Mart'yanova G. YU. Optimal'nost samodeterminacii aktivnosti sub"ekta napryazhennoj situacii // Ezhegodnik nauchno-metodologicheskogo seminar'a «Problemy psihologo-pedagogicheskoy antropologii»: sb. nauch. st. / otv. red. I. V. Egorov, G. YU. Mart'yanova. Sankt-Peterburg, 2017. P. 26–34.
12. Deci E., Ryan R. A motivational approach to self: Integration in personality // Perspectives on motivation / Ed. R. Dienstbier. Lincoln, 1991. V. 38. P. 237–288.
13. Harre R. Personal being. Oxford, 1983. 642 p.
14. Konopkin O. A. Psihicheskaya samoregulyaciya proizvol'noj aktivnosti cheloveka (strukturno-funkcional'nyj aspekt) // Voprosy psihologii. 1995. № 1. P. 5–15.
15. Morosanova V. I. Differencial'no-psihologicheskie osnovy samoregulyacii v obuchenii i vospitanii podrastayushchego pokoleniya // Mir psihologii. 2013. № 2. P. 189–199.
16. Osnickij A. K. Psihologicheskie mekhanizmy samostoyatel'nosti. M., 2010. 232 p.
17. Prohorov A. O. Obraz psihicheskogo sostoyaniya: prostranstvennovremennoj aspekt // Eksperimental'naya psihologiya v Rossii: tradicii i perspektivy / pod red. V. A. Barabanshchikova. M., 2010. P. 28.
18. Gazizova YU. S., Demchenko O. YU., Talalaeva G. V. Uchet teoretiko-metodologicheskikh podhodov v opredelenii struktury lichnosti budushchih specialistov gazodymozashchitnoj sluzhby // Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniya, 2019. № 65-2. P. 313–316.
19. Karpov A. V. Psihologiya reflektivnyh mekhanizmov deyatel'nosti. M., 2004. P. 77.

УДК 159.9.07

olga-dem78@mail.ru

**ИЗУЧЕНИЕ АДАПТАЦИИ СПЕЦИАЛИСТОВ ГАЗОДЫМОЗАЩИТНОЙ СЛУЖБЫ
К РАБОТЕ В ИЗМЕНЕННЫХ УСЛОВИЯХ С ПРИМЕНЕНИЕМ
ДИАГНОСТИЧЕСКИХ И ФОРМИРУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОДГОТОВКИ**

**STUDY OF ADAPTATION OF GAS PROTECTION SERVICE SPECIALISTS
TO WORK UNDER CHANGED CONDITIONS USING DIAGNOSTIC AND FORMING
PREPARATION TECHNOLOGIES**

*Демченко О. Ю., кандидат психологических наук, доцент,
Газизова Ю. С., кандидат психологических наук, доцент,
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Demchenko O., Gazizova Y.,
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

В статье описаны результаты исследования эффективности технологий психологического сопровождения специалистов газодымозащитной службы в процессе их адаптации к работе в измененных условиях. Обозначены перспективы использования результативных путей и способов оптимизации профессиональной подготовки личного состава газодымозащитной службы. Работа в рамках данной проблематики должна строиться с учетом передовых достижений в области науки и техники. Подчеркивается важность внедрения находящихся на балансе подразделений психологического сопровождения, технологических реабилитационных комплексов, предназначенных для тренировок навыков саморегуляции и оптимизации психофизиологических ресурсов, в практику профессионального обучения специалистов ГДЗС.

Ключевые слова: адаптация, специалисты газодымозащитной службы, профессиональная подготовка, измененные условия профессиональной деятельности, психологическое сопровождение.

The article describes the results of a study of the effectiveness of technologies for psychological support of specialists of the gas and smoke protection service in the process of their adaptation to work in changed conditions. The prospects for the use of effective ways and methods of optimizing the professional training of personnel of the gas and smoke protection service are outlined. Work within the framework of this issue should be built taking into account the advanced achievements in the field of science and technology. The importance of introducing psychological support units on the balance sheet of technological rehabilitation complexes designed for training self-regulation skills and optimizing psychophysiological resources into the practice of professional training of GDZS specialists is emphasized.

Keywords: adaptation, specialists of the gas and smoke protection service, professional training, changed conditions of professional activity, psychological support.

В последнее время, в связи с увеличением числа природных и антропогенных катастроф, актуальность проблемы адаптации личности к экстремальным условиям воз-

растает. Зачастую с данным процессом приходится сталкиваться именно сотрудникам МЧС России, в ходе их профессиональной деятельности и особенно специалистам газодымозащитной службы (далее – ГДЗС). При

этом способность к адаптации специалистов ГДЗС является ключевым аспектом жизнедеятельности.

Рассмотрим психологические процессы адаптации к экстремальным нагрузкам в различных условиях профессиональной деятельности специалиста ГДЗС. Следует отметить, что условия деятельности специалиста ГДЗС связаны с необходимостью соблюдения строгого режима дня, стрессовыми состояниями во время чрезвычайных ситуаций, сопряженных с риском возникновения аварийных ситуаций, систематическим выполнением больших физических нагрузок, работой в условиях ограниченной видимости и высокой температуры с использованием защитных средств и изолирующих дыхательных аппаратов. В данном формате предъявляемых условий адаптация к физической работе предстает как структурно-функциональная перестройка организма, позволяющая субъекту деятельности выполнять физические нагрузки большей мощности и продолжительности, развивать более высокие мышечные усилия по сравнению с нетренированным человеком. Индивидуальные особенности адаптации учитываются при отборе сотрудников ГПС МЧС, а значительное увеличение их адаптационных возможностей происходит при регулярной профессиональной подготовке.

Согласно нормативным документам под подготовкой личного состава ГДЗС понимается вид деятельности, обеспечивающий получение и совершенствование профессиональных знаний, практических умений и навыков, необходимых для выполнения служебных обязанностей в сфере газодымозащитной службы [1].

Основными задачами подготовки личного состава газодымозащитной службы являются:

- обучение умелым и эффективным действиям, обеспечивающим успешное выполнение оперативно-служебных задач газодымозащитной службы;

- выработка и поддержание на должном уровне знаний, практических умений и

навыков эксплуатации средств индивидуальной защиты органов дыхания, специальной защитной одежды, других стоящих на вооружении технических средств газодымозащитной службы;

- обучение слаженным и наиболее эффективным приемам и способам коллективных действий при ведении действий по тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ в зоне с непригодной для дыхания средой;

- формирование высокой психологической устойчивости, развитие наблюдательности, устойчивости к физическим нагрузкам и других профессионально важных психологических качеств и навыков;

- формирование профессионального самосознания, чувства ответственности за свои действия, стремления к постоянному совершенствованию профессионального уровня с учетом специфики деятельности в конкретных подразделениях газодымозащитной службы [1].

При этом процесс профессиональной подготовки выступает в роли мощного экологического стресса, актуализирующего адаптационно-компенсаторные возможности специалистов в работе в сложных, и строится на развитии общей физической работоспособности, специальной квалификационной подготовки с помощью профессионально-прикладных упражнений, а также адаптации к стрессовым ситуациям в условиях опасных факторов пожара (ОФП) на основании методических рекомендаций по организации и проведению занятий с личным составом газодымозащитной службы ФПС МЧС России [1]. Систематическое же включение специалистов ГДЗС в процесс организованной профессиональной подготовки способствует совершенствованию и оптимизации их адаптационных механизмов функционирования в измененных условиях жизненной среды [2–5].

Однако регламентированные условия подготовки не позволяют учитывать специфику перехода функциональных состояний специалистов от стадии толерантности

(адаптации) к стадии истощения и определения их способностей к выполнению сверхтяжелых нагрузок в измененных условиях деятельности в рамках тренировочного процесса. Существующие методики тренировки специалистов ГДЗС не дают ответа на данный вопрос.

Считаем необходимым изучение факторов, детерминирующих проявление подобных переходных состояний специалистов ГДЗС. При этом важно акцентировать научно-исследовательское внимание на комплексном анализе не только физиологических, но и психологических составляющих.

Анализ работ [6–9] позволяет выделить ключевые аспекты деятельности человека в измененных условиях среды, требующие внимательного изучения: взаимодействие организма с внешней средой; общие принципы высшей нервной деятельности; возможности адаптации организма к условиям существования; резервные возможности организма; индивидуальные психологические особенности человека и его возможностей в процессе деятельности; проявление утомления и процессов восстановления и др.

Учет выделенных психологических особенностей и условий выполнения деятельности в методике профессиональной подготовки специалистов ГДЗС имеет чрезвычайно важное значение в определении психолого-педагогических мероприятий по оптимизации их адаптационных возможностей к физическим нагрузкам в условиях измененной среды.

В настоящее время в практике профессиональной подготовки газодымозащитников имеется широкий спектр практико-ориентированных технологий с применением психополос, теплодымокамер и других учебных тренажеров. Однако не всегда процесс подготовки специалистов ГДЗС строится с учетом целостного состояния их психофизиологических параметров. Новые перспективы для профессиональной подготовки личного состава ГДЗС открывают комплексы биологической обратной связи,

широко применяемые в традиционной практике медико-психологической реабилитации специалистов МЧС. Эффективность технологий раскрывается в работах Е. В. Луценко, Д. В. Горбачева, Г. В. Талалаевой, И. А. Малого [10–13].

Биологическая обратная связь (БОС) – это метод психофизиологической реабилитации, направленной на достижение оптимального функционирования организма, находящегося в условиях стресса, обучение навыкам стрессоустойчивости, биоуправлению мышечной активностью и координацией, профилактика профессиональной заболеваемости и оптимизация психофизиологического состояния работников, функционирующих в экстремальных условиях, условиях повышенной опасности, риска и высокой ответственности.

Поскольку профессиональные риски специалистов ГДЗС напрямую связаны с дыхательной системой, существенным преимуществом технологий БОС является возможность проведения тренировочных занятий по оптимизации дыхательных функций специалистов, работающих в непригодной для дыхания среде.

БОС-тренинги представляют собой образовательную методику, не связанную с медикаментозным или иным воздействием на организм, практически не имеют противопоказаний, не вызывают зависимость и допускают возможность проведения занятий по урежению дыхания, оптимизации диафрагмального дыхания, изменению дыхательного ритма.

В состав исследуемых параметров комплексами БОС входят различные значения: ЭЭГ головного мозга (амплитуда, мощность, когерентность и т. д.), а также показатели вегетативной (симпатико-парасимпатической) активации: проводимость кожи (КГР), кардиограмма (ЭКГ), частота сердечных сокращений (ЧСС), дыхание (РД), электромиограмма (ОЭМГ), температура (Т), фотоплетизмограмма (ФПП). Именно эти показатели в большей степени определяют уровень выносливости и работоспособности специалистов в экстремальных условиях.

Другим преимуществом комплексов БОС является его мобильность и универсальность реализации, допускающие возможность применения в условиях не только лабораторных психологических обследований и стационарных комнатах психологической разгрузки, но и использование в любых тренировочных комплексах, применяемых в практике подготовки специалистов ГДЗС (например, теплодымокамера).

Кроме того, настоящие технологии допускают возможность подбора вариативных образовательных и коррекционных программ с учетом целей и задач подготовки, условий тренировки и индивидуальных особенностей каждого обучающегося. Достижению данной задачи способствует многообразие программно-аппаратного оборудования, рекомендованного ЦЭПП МЧС России для использования: БОС «Реакор-Т», БОС-Эгоскоп, «Энцефалан-ЭЭГР-19/26» и другие. Таким образом, психолого-педагогические технологии в практике профессиональной подготовки специалистов ГДЗС являются необходимым ресурсом для формирования высокой психологической устойчивости, эффективных навыков, обеспечивающих успешное выполнение оперативно-служебных задач с учетом специфики деятельности в конкретных подразделениях газодымозащитной службы.

С целью изучения специфики адаптации специалистов ГДЗС к работе в измененных условиях с применением диагностических и формирующих технологий подготовки было проведено сравнительное исследование, в котором приняли участие 21 обучающийся 3 курса факультета пожарной и техносферной безопасности Уральского института ГПС МЧС России, допущенные к самостоятельному использованию средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения. По случайному принципу испытуемые были разделены на контрольную и экспериментальную группы.

С общей выборкой испытуемых были проведены замеры функционального состояния с использованием методики

«Степ-тест» (замеры проводились в соответствии с Методическими рекомендациями по организации и проведению занятий с личным составом газодымозащитной службы ФПС МЧС России) и реабилитационного психологического комплекса для тренинга БОС «Реакор» (замеры проводились в соответствии с Руководством пользователя А_2476-02_РП). Одновременно с этим испытуемые экспериментальной группы были задействованы в тренинговой программе психологического сопровождения с использованием комплекса «Реакор». С учетом индивидуальных особенностей каждого испытуемого была подобрана индивидуальная траектория коррекционного сопровождения по формированию необходимого психофизиологического статуса и восстановлению нарушенных функций испытуемых.

По результатам полученных данных был проведен их сравнительный анализ и сформулированы выводы. Обратимся к описанию эксперимента и выявленных результатов.

На этапе изучения специфики влияния измененных условий профессиональной деятельности на психофизиологические ресурсы газодымозащитников в общей выборке испытуемых использовалась методика определения уровня физической работоспособности, в основу которой положен метод функциональной пробы с дозированной физической нагрузкой с определением частоты пульса («Степ-тест»).

Методика заключается в определении мощности физической нагрузки, при которой частота сердечных сокращений после вработывания устанавливается на уровне 170 уд. В 1 мин. Частота сердечных сокращений (ЧСС) фиксируется в начале 4-й минуты первой и второй физических нагрузок.

Для проведения теста применялись секундомер, метроном, две ступеньки для дозирования нагрузки высотой 50 см и 25 см, шириной каждая не менее 40 см, глубиной 35 см.

Условия проведения теста (см. рис. 1):

– частота восхождения на ступеньку составляет: при первой и второй нагрузках – 20 подъемов в 1 минуту (маятник метронома устанавливают на 80 уд/мин);

– восхождение на ступеньки выполняется в четыре шага, каждому из которых соответствует один удар метронома;

– время выполнения каждой физической нагрузки 4 мин.



Рисунок 1. Проведение «Степ-теста»

Проведение «Степ-теста» предполагало 3 серии замеров, с интервалом в один месяц:

1) оценка физической работоспособности в повседневной форме одежды в обычных условиях (далее – вариант № 1);

2) оценка физической работоспособности в боевой одежде пожарного и в средствах индивидуальной защиты органов дыхания (аппарат со сжатым воздухом «Альфа») в обычных условиях (далее – вариант № 2);

3) оценка физической работоспособности в боевой одежде пожарного, в сред-

ствах индивидуальной защиты органов дыхания (аппарат со сжатым воздухом «Альфа») в условиях ограниченной видимости (далее – вариант № 3).

Перед началом проведения теста газодымозащитники были ознакомлены с техникой его проведения и выполнили 2–3 пробных восхождения.

Сводные результаты средних показателей физической работоспособности и расхода воздуха в баллонах ДАСВ представлены на рис. 2 и 3. Обратимся к их описанию.

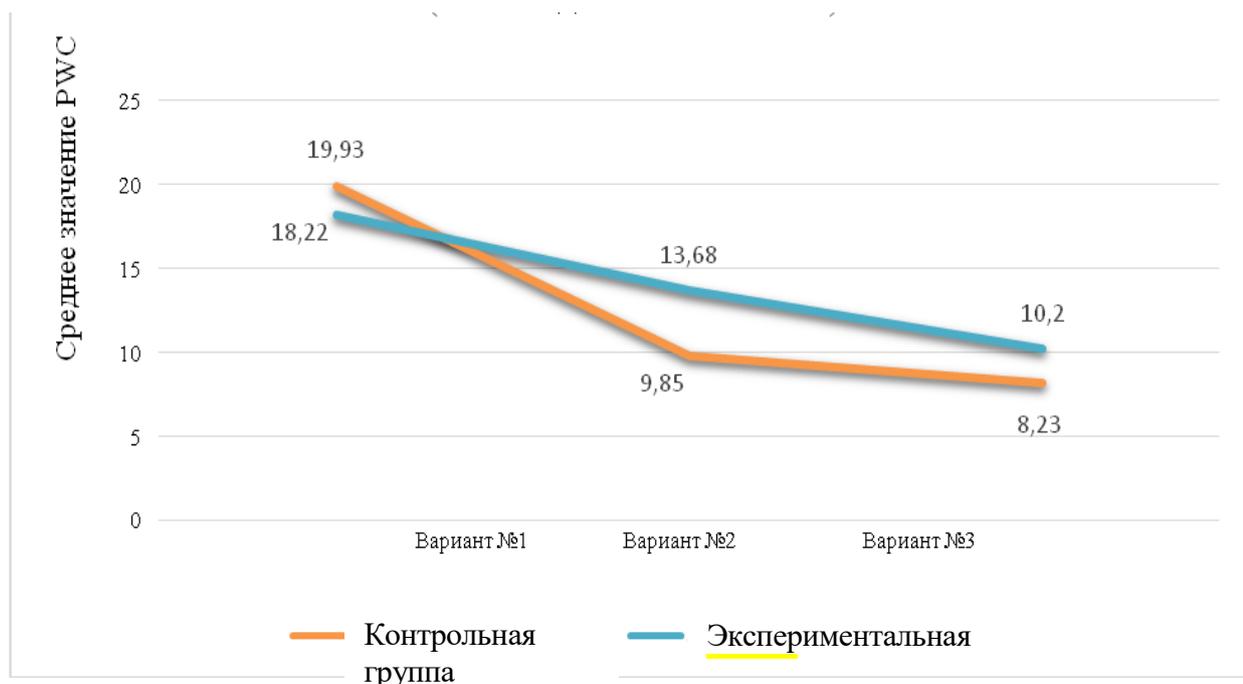


Рисунок 2. Показатели физической работоспособности

На рис. 2 отражено снижение уровня физической работоспособности испытуемых по мере увеличения нагрузки при прохождении «Степ-теста». Так, при прохождении испытаний в повседневной форме одежды испытуемые экспериментальной и контрольной группы продемонстрировали средний уровень работоспособности (19,93 в контрольной группе, 18,22 в экспериментальной), а в боевой одежде пожарного и ДАСВ наблюдается значительное снижение показателей работоспособности до 9,85 в контрольной 10,2 и 8,23 в экспериментальной группе. Следует заметить, что, несмотря на последовательное усложнение испытаний, разница падения физической работоспособности от первого ко второму варианту (на 10,08 в контрольной и 4,54 в экспериментальной группе) значительно выше, чем от второго к третьему варианту (на 1,62 в контрольной и 3,48 в экспериментальной группе). Снижение темпов падения можно объяснить включением адаптационных ресурсов испытуемых по мере прохождения «Степ-теста». Кроме того, при имеющемся

превосходстве показателей работоспособности испытуемых контрольной группы (на 1,71 по сравнению с экспериментальной группой), испытуемые экспериментальной группы показали во втором и третьем варианте испытаний результаты значительно выше (на 3,83 во втором варианте и 1,97 в третьем варианте по сравнению с контрольной группой). Улучшение показателей у испытуемых экспериментальной группы следует связать с включением их в процесс тренировки навыков саморегуляции и психофизиологического состояния с помощью реабилитационного психологического комплекса для тренинга БОС «Реакор».

На рис. 3 видно, что по мере усложнения условий в обеих группах наблюдается тенденция к увеличению показателей расхода воздуха в баллонах ДАСВ, однако в варианте № 3 наблюдается незначительное снижение уровня расхода воздуха, что можно объяснить запуском адаптационных ресурсов по мере включения испытуемых в тренировочный процесс.

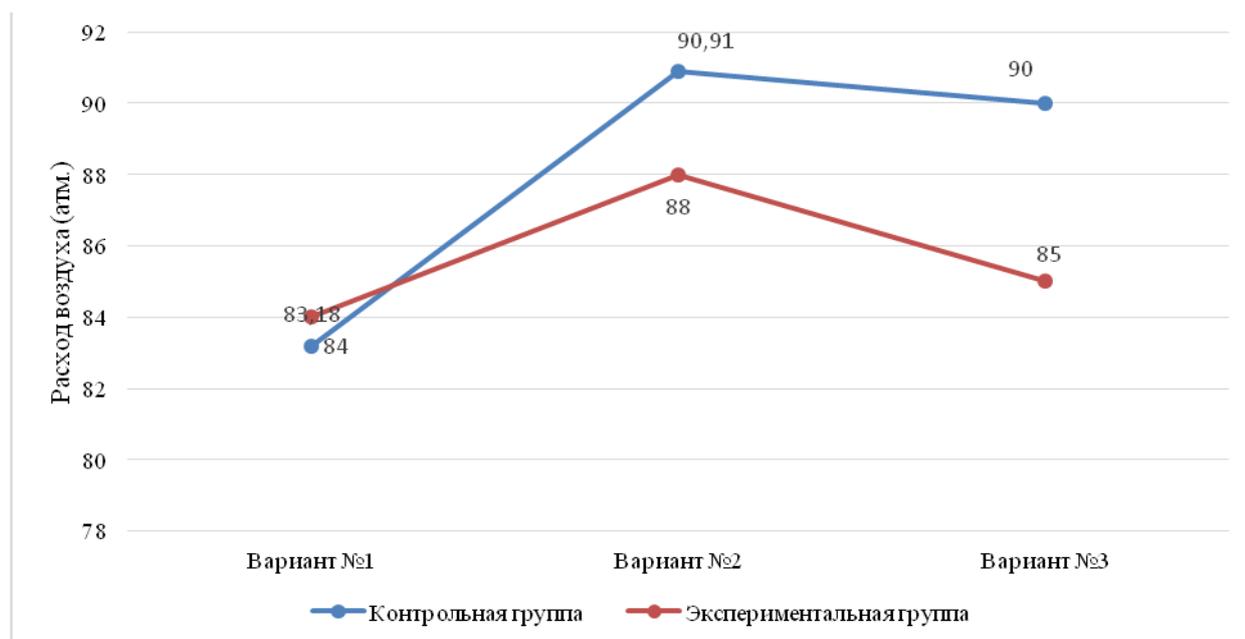


Рисунок 3. Показатели расхода воздуха в баллоне ДАСВ

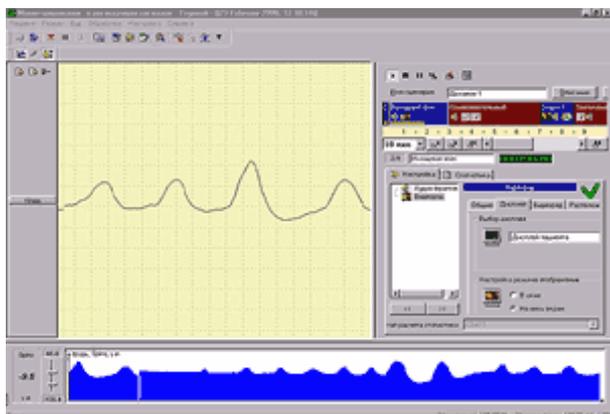
Тем не менее, важно отметить, что уровень конструктивных изменений показателей дыхательной регуляции значительно выше среди испытуемых экспериментальной группы. Этот факт также следует объяснить включением данной выборки испытуемых в тренинговый процесс с использованием реабилитационного оборудования БОС «Реакор».

Как уже было отмечено, одновременно с прохождением «Степ-теста», у испытуемых были измерены показатели состояния регуляторных систем с использованием реабилитационного психологического комплекса для тренинга БОС «Реакор». Среди показателей измерялись: математическое ожидание ЧСС (уд./мин), мода (мс), индекс напряжения (%/с*с), индекс вегетативного равновесия (%/с), показатель адекватности регуляции (%/с), нормализованный индекс дыхательных волн (%), индекс дыхательных волн (%), дыхательная аритмия по

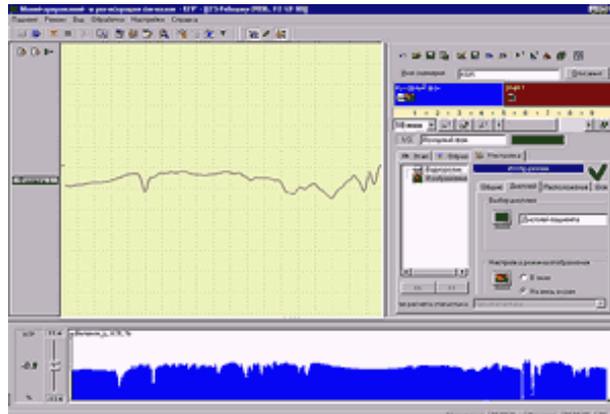
RR и ЧСС (мс, уд./мин), период дыхательного цикла по ЧСС, пульсовое давление (мм. рт. ст.) и другие.

Данные показатели были подвергнуты процедуре автоматической обработки (см. рис. 4), в результате которой была определена итоговая диагностическая оценка рабочего состояния регуляторных систем. Итоговая оценка дифференцирована по уровням, среди которых: состояние оптимального рабочего напряжения, умеренное напряжение регуляторных систем с вовлечением дополнительных функциональных резервов, выраженное напряжение регуляторных систем с активной мобилизацией защитных механизмов, перенапряжение регуляторных систем, истощение (астенизация) регуляторных систем, срыв адаптационных механизмов регуляции.

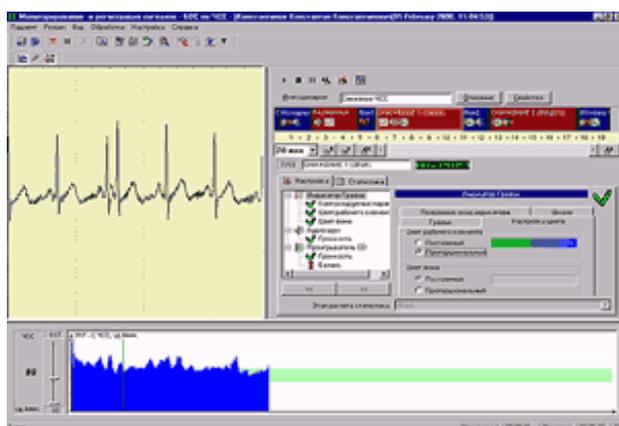
Мониторинг и запись дыхательной кривой при проведении респираторного БОС-тренинга



Мониторинг и запись изменения кожного сопротивления при проведении тренировки по кожно-гальванической реакции



Мониторинг и запись сигнала ЭКГ при проведении тренировки по частоте сердечных сокращений



Мультипараметрический мониторинг

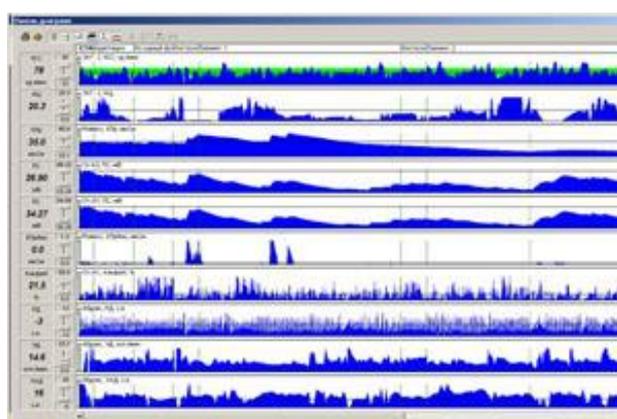


Рисунок 4. Мониторинг параметров функционального состояния испытуемых

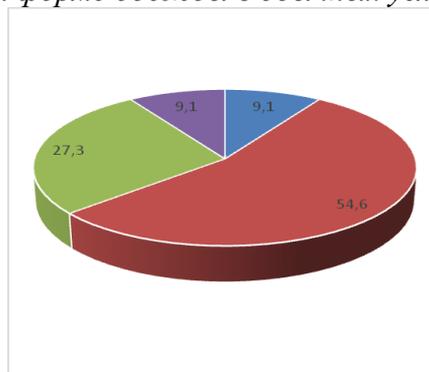
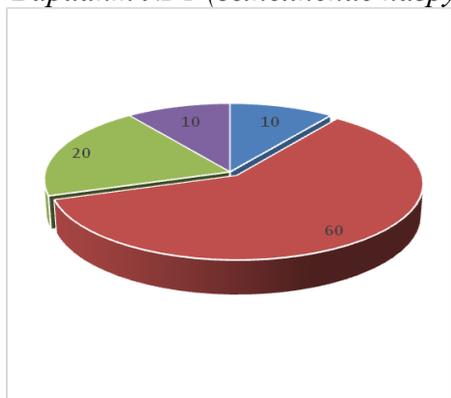
На рис. 5 представлена динамика рабочего состояния регуляторных систем испытуемых в процессе выполнения «Степ-теста» при различных условиях.

Показатели рабочего состояния регуляторных систем

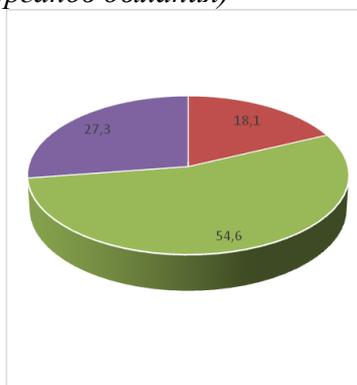
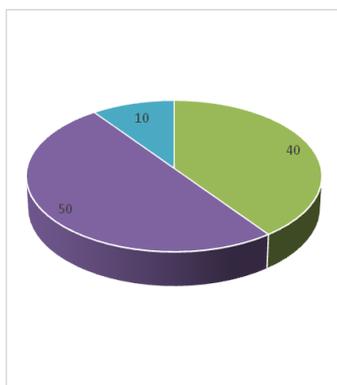
Контрольная группа

Экспериментальная группа

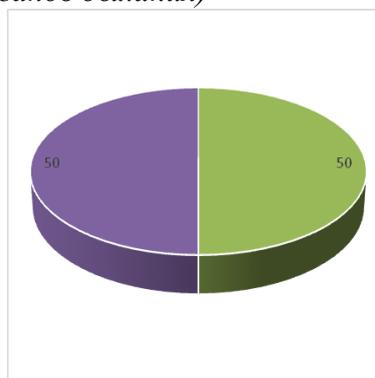
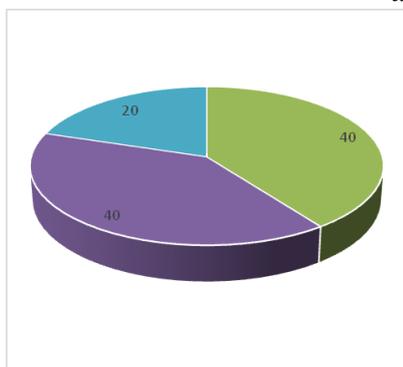
Вариант № 1 (выполнение нагрузки в повседневной форме одежды в обычных условиях)



Вариант № 2 (выполнение нагрузки в боевой одежде пожарного и в средствах индивидуальной защиты органов дыхания)



Вариант № 3 (выполнение нагрузки в боевой одежде пожарного, в средствах индивидуальной защиты органов дыхания)



-  Состояние оптимального рабочего напряжения
-  Умеренное напряжение регуляторных систем с вовлечением дополнительных функциональных резервов
-  Выраженное напряжение регуляторных систем с активной мобилизацией защитных механизмов
-  Перенапряжение регуляторных систем
-  Истощение (астенизация) регуляторных систем

Рисунок 5. Показатели рабочего состояния регуляторных систем (данные представлены в процентном соотношении)

Анализ показал, что рабочее состояние регуляторных систем испытуемых подвержено изменениям по мере увеличения нагрузки. Так, в первом варианте испытаний, когда нагрузка выполнялась испытуемыми в повседневной форме одежды в обычных условиях, в обеих группах наблюдались проявления состояния оптимального рабочего напряжения (10 % от общего количества испытуемых контрольной группы, 9,1 % от общего количества испытуемых экспериментальной группы), умеренное напряжение регуляторных систем с вовлечением дополнительных функциональных резервов (60 % от общего количества испытуемых контрольной группы, 54,6 % от общего количества испытуемых экспериментальной группы), выраженное напряжение регуляторных систем с активной мобилизацией защитных механизмов (20 % от общего количества испытуемых контрольной группы, 27,3 % от общего количества испытуемых экспериментальной группы), перенапряжение регуляторных систем (10 % от общего количества испытуемых контрольной группы, 9,1 % от общего количества испытуемых экспериментальной группы).

В ходе прохождения второго варианта испытаний, когда нагрузка выполнялась испытуемыми в боевой одежде пожарного и в средствах индивидуальной защиты органов дыхания, состояние оптимального рабочего напряжения не проявилось ни у кого. Одновременно с этим наблюдался рост выраженного напряжения регуляторных систем с активной мобилизацией защитных механизмов (40 % от общего количества испытуемых контрольной группы, 54,6 % от общего количества испытуемых экспериментальной группы) и перенапряжения регуляторных систем (50 % от общего количества испытуемых контрольной группы, 27,3 % от общего количества испытуемых экспериментальной группы). Как видно,

рост напряжения регуляторных систем активнее проявлялся у испытуемых контрольной группы. Данный факт подтверждается и тем, что наряду с имеющимися 18,1 % испытуемых с умеренным напряжением регуляторных систем с вовлечением дополнительных функциональных резервов в экспериментальной группе, в контрольной группе таких лиц не наблюдалось, однако появилось 10 % испытуемых с признаками истощения регуляторных систем. Данные испытуемые сбивались с общего ритма выполнения упражнения, останавливались, переводили дыхание и оступались на подъемах.

При выполнении третьего варианта испытаний тенденция к увеличению напряжения у испытуемых сохранялась. Так, выраженное напряжение регуляторных систем с активной мобилизацией защитных механизмов наблюдалось у 40 % испытуемых контрольной группы и 50 % экспериментальной. Перенапряжение регуляторных систем наблюдалось у 40 % испытуемых контрольной группы и 50 % экспериментальной. При этом в контрольной группе у 20 % испытуемых наблюдались признаки истощения регуляторных систем. Эти испытуемые терялись в пространстве, испытывали трудности в регуляции дыхания, оступались и падали. В то же время навыки саморегуляции и управления дыханием, полученные в ходе тренингов на комплексе БОС «Реакор», позволили испытуемым экспериментальной группы дольше сохранять психологическую устойчивость и работоспособность.

Сравнительный анализ динамики показателей функционального состояния осуществлялся с помощью метода сопоставительного анализа различий по t-критерию Стьюдента. Эмпирические данные, полученные в результате исследования, показали следующие статистические различия (таб.).

Таблица
Сопоставительный анализ различий показателей динамики функционального состояния

Параметры	Группы		t-крит.	Уровень значимости, p
	Экспериментальная	Контрольная		
Оценка физической работоспособности в повседневной форме одежды в обычных условиях	2,39	2,61	-1,22	0,22
Расход воздуха (атм.) в повседневной форме одежды в обычных условиях	1,48	1,26	1,23	0,22
Оценка физической работоспособности в боевой одежде пожарного и в средствах индивидуальной защиты органов дыхания	2,03	1,69	2,71	0,01
Расход воздуха (атм.) в боевой одежде пожарного и в средствах индивидуальной защиты органов дыхания	1,91	2,27	2,09	0,04
Оценка физической работоспособности в боевой одежде пожарного, в средствах индивидуальной защиты органов дыхания (аппарат со сжатым воздухом «Альфа») в условиях ограниченной видимости	2,71	2,22	2,45	0,02
Расход воздуха (атм.) в боевой одежде пожарного, в средствах индивидуальной защиты органов дыхания (аппарат со сжатым воздухом «Альфа») в условиях ограниченной видимости	1,91	2,71	4,89	0,00
Индекс напряжения (%/с*с)	2,39	3,33	-5,00	0,00
Индекс вегетативного равновесия (%/с)	1,48	1,23	1,49	0,14
Показатель адекватности регуляции (%/с)	2,03	1,70	2,01	0,05
Нормализованный индекс дыхательных волн (%)	1,91	2,22	-1,57	0,12
Индекс дыхательных волн (%)	2,39	3,74	-5,04	0,00
Дыхательная аритмия по RR (мс)	3,33	3,74	-2,01	0,05
Дыхательная аритмия по ЧСС (уд./мин)	1,69	2,17	-3,99	0,00
Пульсовое давление (мм рт. ст.)	2,27	2,71	-2,53	0,01
Период дыхательного цикла по ЧСС	2,61	3,33	-4,14	0,00
Рабочее состояние регуляторных систем	2,17	1,70	3,01	0,00

Из данных таблицы следует, что показатели функционального состояния испытуемых контрольной и экспериментальной групп характеризуются статистически

значимыми различиями. Так, уровень физической работоспособности в боевой одежде пожарного и в средствах индивидуальной защиты органов дыхания (t-крит. =

2,71, при $p = 0,01$); уровень физической работоспособности в боевой одежде пожарного, в средствах индивидуальной защиты органов дыхания (аппарат со сжатым воздухом «Альфа») в условиях ограниченной видимости (t -крит. = 2,45, при $p = 0,02$); показатель адекватности регуляции (t -крит. = 2,01, при $p = 0,05$); рабочее состояние регуляторных систем (t -крит. = 3,01, при $p = 0,00$) значительно выше у испытуемых экспериментальной группы, по сравнению с контрольной.

Также различия обнаружены по показателям расхода воздуха в боевой одежде пожарного и в средствах индивидуальной защиты органов дыхания (t -крит. = 2,09, при $p = 0,04$); расхода воздуха в боевой одежде пожарного, в средствах индивидуальной защиты органов дыхания (аппарат со сжатым воздухом «Альфа») в условиях ограниченной видимости (t -крит. = 4,89, при $p = 0,00$); индекс напряжения (t -крит. = 4,89, при $p = 0,00$); индекс дыхательных волн (t -крит. = -5,00, при $p = 0,00$); дыхательная аритмия по RR (t -крит. = -2,01, при $p = 0,05$); дыхательная аритмия по и ЧСС (t -крит. = -3,99, при $p = 0,00$); пульсовое давление (t -крит. = -2,53, при $p = 0,01$); период дыхательного цикла по ЧСС (t -крит. = -4,14, при $p = 0,01$). Полученные данные свидетельствуют об эффективности технологий подготовки испытуемых экспериментальной группы. Индивидуально подобранные программы сопровож-

дения с использованием тренингов комплекса БОС «Реакор» позволили испытуемым экспериментальной группы последовательно восстанавливать нарушенные функции в результате пребывания в ситуациях повышенной напряженности и измененной среды в процессе тренировок, оптимизировать навыки регуляции дыхания в измененных условиях, повысить стрессоустойчивость функциональных резервов психики, сформировать навыки самоуправления острыми стрессовыми реакциями, скорректировать индивидуальные особенности до предела полезности.

Сравнительный анализ доказал эффективность применения диагностических и формирующих технологий в подготовке специалистов ГДЗС в работе в измененных условиях. Диагностические технологии комплекса БОС «Реакор» позволяют более качественно подойти к анализу физиологических показателей газодымозащитников, выстроить индивидуальные траектории коррекционного сопровождения по формированию необходимого психофизиологического статуса и восстановлению нарушенных функций испытуемых [14].

Важно заметить, что использование данных технологий не требует внедрения дополнительного материально-технического и кадрового обеспечения в связи с тем, что реализация данных мероприятий возможна при наличии имеющихся сил и средств.

Литература

1. Методические рекомендации по организации и проведению занятий с личным составом газодымозащитной службы ФПС МЧС России: утв. главным военным экспертом министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий 30 июня 2008 г. № 2-4-60-14-18.
2. Батюшев В. М., Ищенко А. Д., Талалаева Г. В., Легенький К. В. Комплексная оценка готовности газодымозащитников к работе в дыхательных аппаратах // Технологии техносферной безопасности. 2017. № 2 (72). С. 229–235.
3. Талалаева Г. В., Демченко О. Ю., Газизова Ю. С., Батюшев В. М. К вопросу о формализации психологического портрета газодымозащитника // Актуальные вопросы подготовки кадров в области гражданской обороны, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций: сб. мат. науч.-практ. конф. Химки, 2017. С. 23–24.
4. Талалаева Г. В., Демченко О. Ю., Газизова Ю. С. Аппаратные методы в работе психологов силовых структур: РОФЭС Диагностика для профотбора кандидатов в подразделения газодымозащитной службы // Актуальные проблемы экстремальной и кризисной психологии: сб. мат. Всерос. науч.-практ. конф. Екатеринбург, 2019. С. 16–18.

5. Талалаева Г. В., Демченко О. Ю., Газизова Ю. С., Контбойцева М. Г. Возможности применения инновационных образовательных технологий в системе подготовки кадров МЧС России // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы: сб. мат. Всерос. науч.-практ. конф. Воронеж, 2018. С. 872–874.
6. Резинкин С. М. Динамика резервных возможностей организма при действии факторов внешней среды на организм человека // Вестник неврологии, психиатрии и нейрохирургии. 2009. № 9. С. 69–70.
7. Бодров В. А. Теоретические проблемы работоспособности профессионального утомления субъекта труда // Актуальные проблемы психологии труда, инженерной психологии и эргономики: сб. науч. тр. Сер. «Труды института психологии РАН». М., 2012. С. 239–260.
8. Гуров А. В. К вопросу о модели профессиональной подготовки газодымозащитника // Современные проблемы гражданской защиты. Вып. № 4 (5). 2012. С. 38–39.
9. Батюшев В. М., Бикулов А. В., Легенький К. В. Особые условия выполнения профессиональных обязанностей газодымозащитников // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2016. Т. 2. № 1 (17). С. 371–373.
10. Луценко Е. Л. Эффективность психофизиологических тренингов с биологической обратной связью при разных особенностях личности // Вестник Харьковского национального университета им. В. Н. Каразина. Серия: Психология. 2010. № 913. С. 111–115.
11. Горбачев Д. В., Гондарева Л. Н., Вальцев В. В. Исследование эффективности бос-тренинга по параметрам огибающей электромиограммы ведущих мышечных групп в системе скоростно-силовой подготовки борцов греко-римского стиля // Филология и культура (Вестник ТГГПУ). 2010. № 20. С. 34–37.
12. Батюшев В. М., Ищенко А. Д., Талалаева Г. В., Легенький К. В. Комплексная оценка готовности газодымозащитников к работе в дыхательных аппаратах // Технологии техносферной безопасности. 2017. Вып. 2 (72). С. 229–235. URL: <http://academygps.ru/ttb>.
13. Малый И. А., Потемкина О. В., Ермилов А. В. Методы развития профессионально значимых качеств у курсантов вуза МЧС России с применением программного обеспечения // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2016. № 1 (45). С. 144–149.
14. Газизова Ю. С., Демченко О. Ю. Особенности применения диагностических и формирующих технологий в практике профессиональной подготовки специалистов ГДЗС к работе в измененных условиях // Психолого-педагогические аспекты подготовки кадров к профессиональной деятельности в экстремальных условиях: сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. Санкт-Петербург, 2021. С. 352–360.

References

1. Metodicheskie rekomendacii po organizacii i provedeniju zanjatij s lichnym sostavom gazodymozashhitnoj sluzhby FPS MChS Rossii: utv. glavnym voennym jekspertom ministerstva Rossijskoj Federacii po delam grazhdanskoj oborony, chrezvychajnym situacijam i likvidacii posledstvij stihijnyh bedstvij 30 ijunja 2008 g. № 2-4-60-14-18.
2. Batjushev V. M., Ishhenko A. D., Talalaeva G. V., Legen'kij K. V. Kompleksnaja ocenka gotovnosti gazodymozashhitnikov k rabote v dyhatel'nyh apparatah // Tehnologii tehnosfernoj bezopasnosti. 2017. № 2 (72). P. 229–235.
3. Talalaeva G. V., Demchenko O. Ju., Gazizova Ju. S., Batjushev V. M. K voprosu o formalizacii psihologicheskogo portreta gazodymozashhitnika // Aktual'nye voprosy podgotovki kadrov v oblasti grazhdanskoj oborony, preduprezhdenija i likvidacii chrezvychajnyh situacij: sb. mat. nauch.-prakt. konf. Himki, 2017. P. 23–24.
4. Talalaeva G. V., Demchenko O. Ju., Gazizova Ju. S. Apparatnye metody v rabote psihologov silovyh struktur: ROFJeS Diagnostika dlja profotbora kandidatov v podrazdelenija gazodymozashhitnoj sluzhby // Aktual'nye problemy jekstremal'noj i krizisnoj psihologii: sb. mat. Vseros. nauch.-prakt. konf. Ekaterinburg, 2019. P. 16–18.
5. Talalaeva G. V., Demchenko O. Ju., Gazizova Ju. S., Kontbojceva M. G. Vozmozhnosti primenenija innovacionnyh obrazovatel'nyh tehnologij v sisteme podgotovki kadrov MChS Rossii // Pozharnaja bezopasnost': problemy i perspektivy: sb. mat. Vseros. nauch.-prakt. konf. Voronezh, 2018. P. 872–874.
6. Rezinkin S. M. Dinamika rezervnyh vozmozhnostej organizma pri dejstvii faktorov vneshnej sredy na organizm cheloveka // Vestnik nevrologii, psihiatrii i nejrohirurgii. 2009. № 9. P. 69–70.
7. Bodrov V. A. Teoreticheskie problemy rabotosposobnosti professional'nogo utomlenija subekta truda // Aktual'nye problemy psihologii truda, inzhenernoj psihologii i jergonomiki: sb. nauch. tr. Ser. «Trudy instituta psihologii RAN». M., 2012. P. 239–260.
8. Gurov A. V. K voprosu o modeli professional'noj podgotovki gazodymozashhitnika // Sovremennye problemy grazhdanskoj zashhity. 2012. Vyp. № 4 (5). P. 38–39.
9. Batjushev V. M., Bikulov A. V., Legen'kij K. V. Osobyje uslovija vypolnenija professional'nyh objazannostej gazodymozashhitnikov // Pozharnaja bezopasnost': problemy i perspektivy. 2016. T. 2. № 1 (17). P. 371–373.
10. Lucenko E. L. Jeffektivnost' psihofiziologicheskikh treningov s biologicheskoj obratnoj svjaz'ju pri raznyh osobennostjah lichnosti // Vestnik Har'kovskogo nacional'nogo universiteta imeni V. N. Karazina. Serija: Psihologija. 2010. № 913. P. 111–115.

11. Gorbachev D. V., Gondareva L.N., Val'cev V. V. Issledovanie jeffektivnosti bos-treninga po parametram ogibajushhej jelektromiogrammy vedushhih myshechnyh grupp v sisteme skorostno-silovoj podgotovki borcov grekorimskogo stilja // Filologija i kul'tura (Vestnik TGGPU). 2010. № 20. P. 34–37.

12. Batjushev V. M., Ishhenko A. D., Talalaeva G. V., Legen'kij K. V. Kompleksnaja ocenka gotovnosti gazodymozashhitnikov k rabote v dyhatel'nyh v apparatah // Tehnologii tehnosfernoj bezopasnosti. 2017. Vyp. № 2 (72). P. 229–235. URL: <http://academygps.ru/ttb>.

13. Malyj I. A., Potemkina O. V., Ermilov A. V. Metody razvitija professional'no znachimyh kachestv u kursantov vuza MChS Rossii s primeneniem programmno obespechenija // Sovremennye naukoemkie tehnologii. Regional'noe prilozhenie. 2016. № 1 (45). P. 144–149.

14. Gazizova Ju. S., Demchenko O. Ju. Osobennosti primeneniya diagnosticheskikh i formirujushhih tehnologij v praktike professional'noj podgotovki specialistov GDZS k rabote v izmenennyh uslovijah // Psihologo-pedagogicheskie aspekty podgotovki kadrov k professional'noj dejatel'nosti v jekstremal'nyh uslovijah: sb. nauch. tr. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Sankt-Peterburg, 2021. P. 352–360.

БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

УДК 614.8, УДК 629.7.02

bazalt@mail.ru

**ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РАСШИРЕНИЮ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПРИ ОЦЕНКЕ ОБСТАНОВКИ
ОПЕРАТИВНОЙ ГРУППОЙ В ХОДЕ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ
ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ****PROPOSALS FOR EXPANDING THE USE OF UNMANNED AIRCRAFT
IN THE ASSESSMENT OF THE SITUATION BY THE OPERATIONAL TEAM
DURING EMERGENCY RESPONSE**

*Логинов В. В., кандидат технических наук, доцент,
Вишняков А. В., кандидат биологических наук, доцент,
Зубарев И. А., кандидат педагогических наук, доцент,
Осипчук А. О., кандидат технических наук, доцент,
Шишкин П. Л., Уральский институт
ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Loginov V., Vishnyakov A., Zubarev I., Osipchuk A., Shishkin P.,
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

В ходе работы оперативной группы органа управления единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций по оценке обстановки и сбора данных на месте возникновения техногенной аварии или стихийного бедствия особенно важным является определение количества техники экстренных и спасательных служб, находящейся в зоне указанных происшествий. Своевременная оценка количества данных средств и их расположения на месте чрезвычайной ситуации позволит принимать адекватные решения по применению сил и средств ликвидации её последствий. Значимые перспективы в данном случае имеет применение беспилотных летательных аппаратов, предложения по расширению возможностей использования которых при оценке обстановки оперативной группой в ходе ликвидации последствий чрезвычайной ситуации представлены в настоящей статье.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, оперативная группа, опознавательный знак, разведка местности, распознавание объектов, техника экстренных служб, чрезвычайная ситуация.

In the course of the work of the operational group of the control body of the unified state system for the prevention and elimination of emergency situations to assess the situation and collect data at the place of occurrence of a man-made accident or natural disaster, it is especially important to determine the number of emergency and rescue services equipment located in the zone of these incidents. A timely assessment of the amount of these funds and their location at the site of an emergency will make it possible to make adequate decisions on the use of forces and means of eliminating its consequences. In this case, the use of unmanned aerial vehicles has significant prospects, proposals for expanding the possibilities of

using them in assessing the situation by the operational group during the elimination of the consequences of an emergency are presented in this article.

Keywords: unmanned aerial vehicle, operational group, identification mark, terrain reconnaissance, object recognition, emergency services equipment, emergency.

Успешная ликвидация чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС) всегда определяет необходимость изучения и анализа факторов и условий, влияющих на проведение работ по ликвидации последствий сложившейся ЧС, что фактически и является оценкой обстановки в условиях аварии (катастрофы) или стихийного бедствия.

Для оценки обстановки и сбора данных на месте возникновения ЧС или иного бедствия, что определяется необходимостью изучения и анализа факторов и условий, влияющих на развитие ЧС, органами управления единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (далее – РСЧС) всегда создаются оперативные группы (далее – ОГ). В таком документе, как Методические рекомендации по организации деятельности оперативных штабов ликвидации чрезвычайных ситуаций и оперативных групп территориальных органов МЧС России, местных гарнизонов пожарной охраны устанавливаются их задачи и порядок использования.

В числе этих задач прежде всего следует выделить следующие:

- непрерывный сбор, анализ данных обстановки в зоне ЧС и их представление в оперативный штаб ликвидации ЧС и центр управления в кризисных ситуациях территориального органа МЧС России;

- осуществление управления подчиненными силами и средствами, привлекаемыми к ликвидации ЧС в соответствии с решениями руководителя работ по ликвидации ЧС;

- ведение учёта личного состава, вооружения, техники и других материальных средств в районе ЧС;

- осуществление контроля за выполнением принятых решений.

Для выдвижения в зону ЧС ОГ согласно положениям указанных выше методических рекомендаций обеспечивается всеми доступными видами транспорта (автомобильным, железнодорожным, авиационным). Минимальный комплект имущества, позволяющий выполнять возложенные на ОГ задачи, составляет:

- ноутбуки с возможностью выхода в сеть интернет и объединением их в единую локальную сеть, укомплектованные справочными базами и формализованными документами на каждого члена ОГ;

- носимые радиостанции УКВ-диапазона на каждого члена ОГ;

- сотовый телефон с сим-картами безлимитных тарифных планов не менее двух различных операторов сотовой связи;

- телефон спутниковой связи.

Определив данный круг задач, важно указать, что все они требуют непосредственной работы на местности, а это, в частности, предполагает использование целого ряда мобильных технических средств, среди которых представляется необходимым выделить такую номенклатуру изделий как беспилотные летательные аппараты (далее – БПЛА).

Данные аппараты в последнее время находят самое широкое применение во многих сферах деятельности, в том числе и определяемой задачами, стоящими перед МЧС России [1–3]. При этом использование БПЛА в МЧС России определяется значительным накопленным опытом, длится уже продолжительный период времени и носит по решаемым задачам достаточно широкий характер [4–7].

Работа ОГ при оценке обстановки практически всегда проходит в условиях неопределенности и дефицита времени, при этом важно правильно оценить обстановку и при докладе старшему начальнику передать максимум достоверной информации.

Анализ деятельности оперативных групп показывает, что все они в целом выполняют поставленные в нормативных документах задачи, вместе с тем численность и оснащение данных групп не позволяет достаточно качественно решать задачи контроля обстановки и управления силами и средствами РСЧС, если зона ЧС имеет размеры несовместимые с обходом ее пешим порядком или на выделенном (штатном) автотранспорте.

Для успешного решения подобного рода задач в состав ОГ представляется необходимым включать группу применения БПЛА с соответствующей техникой и подготовленными специалистами. Технические характеристики указанных технических средств должны определяться значениями, позволяющими выполнять транспортировку ОГ со всем ее комплектом имущества.

В то же время вопрос оснащения оперативных групп БПЛА достаточно непрост и в силу объективных причин и обстоятельств в короткие сроки не осуществим. Прежде всего, это положение объясняется тем, что этот вопрос тесно увязан с совершенствованием БПЛА на основе научных исследований и конструкторских разработок, что, как известно, требует значительных временных, материальных и финансовых затрат.

В этих условиях актуальный характер приобретают вопросы совершенствования тактики применения БПЛА, имеющих технические характеристики, позволяющие их применение в сложной обстановке. Обычно подразделения применения данных средств с такими характеристиками будут находиться в подчинении старшего начальника, и при этом не обязательно будут включаться в состав группы, действия которой четко регламентированы по времени при возникновении различных ЧС.

В связи с приведенными обстоятельствами цель настоящей статьи – подготовка конкретного предложения по расширению возможностей предоставления информации, получаемой от БПЛА оперативной группой в ходе работ по ликвидации ЧС, что несо-

мненно предполагает актуальность этого вопроса. Достижение поставленной цели становится выполнимой путем решения такой прикладной задачи, как размещение на крышах или иных частях автомобилях информации, легко воспринимаемой видеоборудованием, входящим в комплект беспилотного летательного средства. При этом, опираясь на возможности современных изделий из номенклатуры видеоборудования, авторским коллективом были сформулированы примерные требования к указанной информации, реализуемой в виде специальных знаков (обозначений).

При выполнении задач ОГ, после развертывания, прежде всего если на нее будет возложена обязанность управления силами и средствами, привлекаемыми к ликвидации ЧС, лицу, осуществляющему руководство данной группой, будет необходимо выполнять всесторонний анализ информации, получаемой из разных источников, в отдельных случаях носящей противоречивый характер, т. е. требующей определенного уточнения.

В этих условиях при своевременном развертывании и применении подразделений БПЛА становится необходимой передача информации, полученной с летательных аппаратов старшему ОГ для анализа и уточнения. Такие действия могут быть осуществлены, в том числе и по запросу оперативного штаба или старшего оперативного дежурного территориального органа РСЧС.

При анализе видеoinформации, как основной, получаемой с БПЛА, обычно используется следующая последовательность обработки видеоизображения:

- определение зоны мониторинга (определение района, где имело место ЧС):
- детектирование (нахождение зоны происшествия, зоны проявления опасного фактора):
- распознавание, т. е. возможность определения объектов с последующей идентификацией.

Распознавание носит первостепенный характер при оценке обстановки и при-

нятии управленческих решений на ликвидацию ЧС. На этом этапе прежде всего оценивается возможное количество людей, попавших в ЧС или пострадавших, а в дальнейшем количество сил и средств, участвующих в ликвидации ЧС, для координации их действий. Имея информацию с БПЛА и находясь на месте чрезвычайной ситуации, лицо, руководящее ОГ, будет иметь возможность более полно и детально оценить обстановку, доложить старшему начальнику свои предложения в решение на ликвидацию ЧС.

При анализе информации, полученной с БПЛА (рис. 1), особую актуальность приобретает задача идентификации техники, привлекаемой к ликвидации ЧС или последствий иного происшествия. В этом случае будет очень важно идентифицировать автомобили экстренных и спасательных служб, так как от их скоординированных действий будет зависеть выполнение задачи в целом.



Рисунок 1. Изображение зоны чрезвычайной ситуации при взрыве газа в жилом доме в Иваново, полученное с беспилотного летательного аппарата (фотография из открытых источников)

Актуальность обозначенной задачи прежде всего обусловлена такими значимыми условиями, как:

- необходимость точного знания количества единиц техники экстренных служб, прибывших в зону ЧС, и ее расстановки в ходе выполнения работ;

- идентификация подразделений и служб, к которым относится техника, находящаяся в зоне ЧС; определение техники посторонних организаций;

- необходимость координации действий экстренных служб при ликвидации ЧС и получение возможности расширения непосредственного контроля за ходом работ.

Задача опознавания техники экстренных служб при оценке обстановки с БПЛА может быть решена нанесением специаль-

ных знаков принадлежности на крыши автомобилей по аналогии со знаками, наносимыми на борта и двери машин.

Для четкой идентификации техники, необходимо определить размеры наносимых знаков, которые напрямую зависят:

- от характеристик камер БПЛА;
- оборудования, используемого для анализа изображения;
- высоты съемки;
- характеристик освещенности зоны ЧС или происшествия;
- метеоусловий.

Размеры знаков для четкого распознавания необходимо определять из минимальных требований к качеству передаваемого изображения. Для БПЛА типа Phantom 3 Advanced такой характеристикой будет режим HD с параметрами 1280×720 пикселей.

В этом случае следует принять условие, что изображение анализируется ноутбуком с диагональю 15 дюймов и разрешением 1280 × 720 пикселей. Часть изображения экрана, на котором уверенно распознаются три символа, имеет размер 60 × 60 пикселей. Данное положение достаточно спорно, но оно легко проверяется эмпирически в компьютерных программах – графических редакторах. Такой размер может иметь часть крыши автомобиля, пригодной для нанесения знаков принадлежности. На рисунке 1 автомобиль скорой медицинской помощи в центре снимка имеет размеры части крыши 63 × 59 пикселей.

Для определения высоты съемки, при которой автомобиль будет отображаться на экране в этом размере можно воспользоваться методикой определения дальности до объекта (D) по фотографии, смысл которой можно передать формулой:

$$D = \frac{f(H+h)}{H},$$

где: f – фокусное расстояние; h – размер объекта; H – размер объекта на матрице камеры.

Размеры крыши автомобиля, учитывая скошенные поверхности, можно принять как 1,5 м. Из характеристик камеры Phantom 3 Advanced известно, что f равно 0,02 м, а линейные размеры 1/2,3" матрицы составляют 0,00616 × 0,00462 м.

В этом случае высота съемки будет составлять 104 м. Эта высота вполне приемлема для объективной оценки обстановки в зоне происшествия и соответствует техническим возможностям всех БПЛА и оборудования, находящегося в распоряжении оперативной группы.

Размеры знаков для распознавания должны размещаться на площади кабины или крыши техники с размерами 1,5 × 1 м. Высоту знака (цифры или буквы) принимаем как 0,45 м, количество знаков в одном ряду не более трех, при необходимости можно нанести второй ряд, состоящий из одного или двух знаков.

На некоторых образцах техники знаки до определенного момента могут быть закрыты деталями (элементами) внешнего оборудования, что может затруднить их восприятие. Но даже в этом случае опознавание будет облегчено, а при приведении оборудования в рабочее положение задача опознавания будет однозначно выполнена в полном объеме.

Достоверность опознавания техники экстренных служб возрастет, если полученное с летательного аппарата изображение будет анализироваться не на месте съемки (как пример при работе ОГ), а в оперативном подразделении, находящемся на стационарном объекте и имеющем в этом случае в своём распоряжении оборудование с более мощным программным обеспечением и иными техническими показателями.

Таким образом, в заключение представляется возможным сделать следующие выводы.

1. Использование беспилотных летательных аппаратов для сбора информации по идентификации техники, привлекаемой к ликвидации чрезвычайной ситуации, позволит существенно расширить возможности оперативных групп, решающих задачи по ее ликвидации.

2. Для решения такой задачи, как идентификация техники, используемой для ликвидации последствий аварий, стихийных бедствий и иных происшествий, что является немаловажной составляющей в деятельности оперативных групп, становится необходимым разместить на поверхностях указанной техники специальные знаки.

3. Данные знаки в обязательном порядке должны отвечать требованиям, обеспечивающим их однозначное четкое восприятие видеооборудованием, входящим в состав беспилотных летательных аппаратов. Указанное положение должно позволить специалистам из состава ОГ корректно оценить наличие необходимой техники, её размещение в месте ЧС, – что, в том числе, позволит более оперативно обеспечить ликвидацию последствий ЧС.

Литература

1. Соколов Д. А. Модель обнаружения радиоактивного загрязнения местности с применением беспилотных летательных аппаратов // Технологии гражданской безопасности. 2020. № 1. С. 71–76.
2. Овчинников В. В., Мингалеев С. Г. Применение группировок высокотехнологичных средств единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций в крупномасштабных спасательных и гуманитарных операциях // Технологии гражданской безопасности. 2020. № 2. С. 19–23.
3. Логинов В. В., Вишняков А. В., Осипчук А. О. и др. Беспилотные летательные аппараты: отдельные проблемы в использовании, предложения по применению при проведении химической разведки на местности // Мат. V Междунар. науч.-практ. конф., посвященной Всемирному дню гражданской обороны «Гражданская оборона на страже мира и безопасности». М., 2021. Ч. I. С. 172–178.
4. Тодосейчук С. П., Калдаев А. В. Использование дистанционно-пилотируемых летательных аппаратов для решения задач МЧС России // Технологии гражданской безопасности, 2009. № 3-4. С. 177–181.
5. МЧС России: Техника МЧС России. Беспилотный летательный аппарат. URL: <https://www.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/informacionnye-proekty/2020-30-letie-mchs-rossii/30-let-mchs/4282677> (дата обращения: 29.05.2021).
6. МЧС России: Техника спасателей МЧС России: Беспилотный летательный аппарат Орлан-10. URL: <https://www.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/informacionnye-proekty/2020-30-letie-mchs-rossii/30-let-mchs/4294048> (дата обращения: 29.05.2021).
7. МЧС России: В Камчатском спасательном центре МЧС России появился современный комплекс с беспилотными летательными аппаратами. URL: <https://www.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/novosti/14286854294048> (дата обращения: 29.05.2021).

References

1. Sokolov D. A. Model' obnaruzheniya radioaktivnogo zagryazneniya mestnosti s primeneniem bespilotnyh letatel'nyh apparatov // Tekhnologii grazhdanskoj bezopasnosti. 2020. № 1. P. 71–76.
2. Ovchinnikov V. V., Mingaleev S. G. Primenenie gruppировок vysokotekhnologichnyh sredstv edinoj gosudarstvennoj sistemy preduprezhdeniya i likvidacii chrezvychajnyh situacij v krupnomasshtabnyh spasatel'nyh i gumanitarnyh operacijah // Tekhnologii grazhdanskoj bezopasnosti. 2020. № 2. P. 19–23.
3. Loginov V. V., Vishnyakov A. V., Osipchuk A. O. et al. Bespilotnye letatel'nye apparaty: Otdel'nye problemy v ispol'zovanii, predlozheniya po primeneniyu pri provedenii himicheskoy razvedki na mestnosti // Мат. V Mezhdunar. науч.-практ. конф., posvyashchennoj Vsemirnomu dnyu grazhdanskoj oborony «Grazhdanskaya oborona na strazhe mira i bezopasnosti». М., 2021. Ch. 1. P. 172–178.
4. Todosejchuk S. P., Kaldaev A. V. Ispol'zovanie distancionno-pilotiruemyh letatel'nyh apparatov dlya resheniya zadach MCHS Rossii // Tekhnologii grazhdanskoj bezopasnosti. 2009. № 3-4. P. 177–181.
5. MCHS Rossii: Tekhnika MCHS Rossii. Bespilotnyj letatel'nyj apparat. URL: <https://www.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/informacionnye-proekty/2020-30-letie-mchs-rossii/30-let-mchs/4282677> (data obrashcheniya: 29.05.2021).
6. MCHS Rossii: Tekhnika spasatelej MCHS Rossii: Bespilotnyj letatel'nyj apparat Orlan-10. URL: <https://www.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/informacionnye-proekty/2020-30-letie-mchs-rossii/30-let-mchs/4294048> (data obrashcheniya: 29.05.2021).
7. MCHS Rossii: V Kamchatskom spasatel'nom centre MCHS Rossii poyavilsya sovremennyy kompleks s bespilotnymi letatel'nymi apparatami. URL: <https://www.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/novosti/14286854294048> (data obrashcheniya: 29.05.2021).

УДК:629.7

antonkobelev85@mail.ru

**АНАЛИЗ НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЙ НА ОБЪЕКТАХ НАЗЕМНОЙ
КОСМИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ КОСМОДРОМОВ БАЙКОНУР
И ВОСТОЧНЫЙ ЗА ПЕРИОД 2011–2020 ГГ.**

**ANALYSIS OF NON-STANDARD SITUATIONS AT THE OBJECTS
OF THE GROUND SPACE INFRASTRUCTURE OF THE BAYKONUR
AND VOSTOCHNY SPACE FOR THE PERIOD 2011–2020**

*Кобелев А. М., кандидат технических наук,
Барбин Н. М., доктор технических наук, доцент,
Терентьев Д. И., кандидат химических наук, доцент,
Титов С. А.,
Кокорин В. В., кандидат технических наук, доцент,
Тужиков Е. Н., кандидат технических наук, доцент,
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Kobelev A., Barbin N., Terentyev D.,
Titov S., Kokorin V., Tuzhikov E.,
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

В статье проведен анализ нештатных ситуаций на космодромах Байконур и Восточный в период с 2011 по 2020 гг. Определено, что наибольшее количество аварийных ситуаций на космодроме Байконур было зафиксировано в 2011 г. В рассматриваемый период нештатные ситуации чаще всего происходили вследствие ошибки персонала. Процентное соотношение причин нештатных ситуаций следующее: ошибки персонала – 27 %; компьютерные неисправности и срабатывание систем автоматики – 20 %; неисправности в третьей ступени ракета-носителя – 20 %; неисправности в перелетном модуле – 7 %; неисправности в разгонном блоке – 7 %; неисправности в беспилотном космическом корабле – 7 %; неисправности во второй ступени ракета-носителя – 6 %; причина не определена – 6 %. Наибольшее количество нештатных ситуаций произошло при запуске ракет-носителей «Протон-М». Процентное соотношение количества нештатных ситуаций на космодроме Байконур с 2011 по 2020 гг. по типу ракет-носителей следующее: «Протон-М» – 33 %; «Союз-2.1а» – 27 %; «Союз-У» – 13 %; «Союз-2.1б» – 13 %; «Зенит-2СБ» – 7 %; «Союз-ФГ» – 7 %. Наибольшее количество нештатных ситуаций произошло в атмосфере. На земной поверхности произошли две нештатные ситуации, связанные с отбоем системы автоматики и неисправностью компьютерного блока. За рассматриваемый период на космодроме Восточный произошли две нештатные ситуации. Первая – в 2016 г. вследствие срабатывания автоматической системы, которая прервала запуск. Возможные причины нештатной ситуации: проблема с дренажными клапанами; пережатие кабеля при монтаже одной из систем; некорректная пайка или нештатная стыковка разъемов. Вторая была зафиксирована в 2017 г. Причина нештатной ситуации – несовершенство алгоритмов программного обеспечения системы управления разгонного блока «Фрегат» и неверные азимуты пуска.

Ключевые слова: нештатная ситуация, авария, ракета-носитель, грузовой корабль, космодром.

The article analyzes emergency situations at the Baikonur and Vostochny cosmodromes in the period from 2011 to 2020. It was determined that the largest number of emergency situations at the Baikonur cosmodrome was recorded in 2011. In the period under consideration, emergency situations most often occurred due to personnel errors. The percentage of the causes of emergency situations is as follows: personnel errors – 27 %; computer malfunctions and activation of automation systems – 20 %; malfunctions in the third stage of the launch vehicle – 20 %; malfunctions in the flight module – 7 %; malfunctions in the upper stage – 7 %; malfunctions in an unmanned spacecraft – 7 %; malfunctions in the second stage of the launch vehicle – 6 %; the reason is not determined – 6 %. The largest number of emergency situations occurred during the launch of the Proton-M launch vehicles. The percentage of the number of emergency situations at the Baikonur cosmodrome from 2011 to 2020 by the type of launch vehicles the following: "Proton-M" – 33 %; Soyuz-2.1a – 27 %; Soyuz-U – 13 %; Soyuz-2.1b – 13 %; Zenit-2SB – 7 %; Soyuz-FG – 7 %. The largest number of abnormal situations occurred in the atmosphere. On the earth's surface, there were two emergency situations associated with the breakdown of the automation system and a malfunction of the computer unit. During the period under review, two abnormal situations occurred at the Vostochny cosmodrome. The first occurred in 2016 due to the activation of an automatic system that interrupted the launch. Possible causes of the abnormal situation: a problem with the drain valves; pinching the cable when installing one of the systems; incorrect soldering or abnormal docking of connectors. The second one was recorded in 2017. The reason for the abnormal situation is the imperfection of the algorithms of the software of the control system of the upper stage "Fregat" and incorrect azimuths of the launch.

Keywords: emergency situation, accident, launch vehicle, cargo ship, cosmodrome.

Актуальными проблемами освоения космоса всегда были высокий технический риск и рост числа аварий, что приводило к экологическим последствиям и значительному материальному ущербу. 24 октября 1960 г. на космодроме Байконур произошла самая крупная авария в истории ракетостроения. В результате пожара, по официальным данным, погибло 74 человека. Причиной аварии стал несанкционированный запуск двигателя второй ступени Р-16. Баки первой ступени были уничтожены, произошло взрывообразное возгорание компонентов ракетного топлива. Информация о катастрофе была засекречена, и первое упоминание о ней в советских СМИ появилось в 1989 г. 18 марта 1980 г. при подготовке к запуску ракеты-носителя «Восток-2М» произошел мощный взрыв. Недалеко от ракеты находились 141 человек, 48 из них погибли, 40 пострадали [1].

На стартовых площадках запуска ракет аварии могут происходить по разным причинам, начиная от ошибок в расчетах и заканчивая неисправностью самих

устройств. В работе рассмотрены и проанализированы нештатные ситуации, произошедшие на космодромах Байконур и Восточный с 2011 по 2020 гг. Проведен системный и статистический анализ.

В 2011 г. со стартового комплекса № 200/39 стартовала ракета-носитель «Протон-М» (серийный номер 99522) с новейшим российским спутником связи «Экспресс-АМ4». Из-за программной ошибки при работе разгонного блока «Бриз-М» спутник связи «Экспресс-АМ4» был выведен на нерасчетную орбиту [2–4].

В том же году произошла авария при запуске грузового корабля «Прогресс М-12М» ракетой «Союз-У» (серийный номер ПВБ L15000-132 132), стартовавшей с космодрома Байконур. На 325-й секунде полета произошло аварийное отключение двигателя третьей ступени ракеты. Около 2,6 тонн различных грузов и обломки «Прогресса М-12М» и «Союза-У» упали на территорию Республики Алтай. Причиной аварии стало засорение тракта подачи горючего [4, 5].

В том же году произошла нештатная ситуация при попытке вывода на межпланетную траекторию автоматической межпланетной станции «Фобос-Грунт» ракетаносителем «Зенит-2СБ» (серийный номер 2SB41.1, 2FG). Причина аварии – не произошло расчетное срабатывание маршевой двигательной установки перелетного модуля. В результате чего межпланетная станция не смогла покинуть окрестности Земли, оставшись на низкой околоземной орбите. Автоматическая межпланетная станция сгорела в плотных слоях земной атмосферы [4].

В 2012 г. с пусковой установки № 24 площадки № 81 космодрома Байконур был выполнен пуск ракеты-носителя «Протон-М» (серийный номер 935-31) с разгонным блоком «Бриз-М» (серийный номер 99532) и двумя спутниками «Экспресс-МД2» и «Телком-3». Во время второго включения двигателя разгонного блока нештатно остановились. Общее время работы двигателей составило 7 секунд, положенное время работы – 18 минут 5 секунд. Спутники не были выведены на положенную орбиту и не могут быть использованы по назначению [4].

В 2013 г. произошла авария на 32 секунде после запуска ракеты-носителя «Протон-М» (8K82KM, серийный номер 535-43) с разгонным блоком «ДМ-03» (серийный номер 2Л). На борту находились три навигационных спутника системы ГЛОНАСС («Глонасс-М» № 747, 749, 750). Причиной аварии стала неправильная установка датчиков при сборке ракеты в ноябре 2011 г. Датчики были перевернуты на 180 градусов, что привело к получению системой управления ракеты некорректных данных о ее ориентации. Ущерб для экологии Казахстана оценили в 14 млрд тенге, а потери России – в 100 млн долларов [4–6].

В 2014 г. произошел аварийный запуск «Протона-М» (8K82KM, серийный номер 935-45) с разгонным блоком «Бриз-М» (серийный номер 99547) и спутником связи «Экспресс-АМ4Р» (платформа Eurostar 3000). На 545-й секунде полета у ракеты отказал рулевой двигатель третьей ступени, в результате чего головная часть (разгонный

блок и спутник) не успела отделиться от носителя. Все составные части, а также компоненты топлива сгорели в плотных слоях атмосферы. Причиной аварии стала неисправность, которая привела к разрушению подшипника турбонасосного агрегата ступени ракеты [4, 5].

В 2015 г. стартовавшая с космодрома Байконур ракета «Союз-2.1а» (14А14, 372РН16, серийный номер G15000-022) не смогла вывести на расчетную орбиту грузовой корабль «Прогресс М-21М» (серийный номер 426), который направлялся к международной космической станции. 8 мая того же года грузовой корабль сошел с орбиты и сгорел в плотных слоях атмосферы, фрагменты корабля упали в воды Тихого океана на 900 км западнее Маркизовских островов. Причиной невыхода на орбиту стало нештатное разделение третьей ступени «Союза» с «Прогрессом». Согласно заключению комиссии по расследованию аварии чрезвычайное происшествие произошло из-за разгерметизации баков носителя с окислителем и горючим. К этому привели недостатки при опытно-конструкторских работах по совместному использованию ракеты и корабля [4–6].

В этом же году аварией завершился запуск с Байконура «Протона-М» (8K82KM серийный номер 935-54) с разгонным блоком «Бриз-М» (серийный номер 99555) и мексиканским спутником связи MexSat-1. На 497-й секунде полета отказал рулевой двигатель РД-0214 третьей ступени ракеты. Разгонный блок, третья ступень ракеты и спутник упали на территорию Забайкальского края. Причина аварии – «повышенные вибрагрузки, вызванные увеличением дисбаланса ротора турбонасосного агрегата, связанного с деградацией свойств его материала под действием высоких температур и несовершенством системы балансировки» [4, 5].

В 2016 г. во время запуска ракеты-носителя «Союз-2.1б» со спутником дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) с космодрома Байконур автоматическая система запуска дала отбой на осуществление старта.

По информации источника в ракетно-космической отрасли, автоматика сработала до начала работы двигателей ракеты. Пуск ракеты был перенесен на резервную дату – 13 марта [7].

В этом же году произошел аварийный запуск с Байконура ракеты «Союз-У» (серийный номер R15000-148) с кораблем «Прогресс МС-04» (11Ф615А61, серийный номер 434, ISS-65P). На 383-й секунде полета, во время работы третьей ступени ракеты, перестала поступать телеметрическая информация. Потеря корабля произошла на высоте около 190 км над землей. Большая часть обломков сгорела в плотных слоях атмосферы, часть фрагментов упала в 100 км западнее Кызыла. Госкомиссия, расследующая причины аварии, пришла к выводу, что «произошло нештатное механическое разделение» третьей ступени ракеты и корабля. Причина аварии – разрушение бака окислителя третьей ступени «Союза-У» из-за возгорания насоса окислителя двигателя РД-0110. К возгоранию могло привести попадание посторонних частиц в полость насоса или возможное нарушение технологии сборки двигателя [4–6].

В 2017 г. произошла нештатная ситуация после запуска ракеты-носителя «Союз-2.1а» со спутником дистанционного зондирования Земли «Канопус-В-ИК» и 72 малыми аппаратами. Не вышли на связь два малых космических аппарата «МКА-Н» № 1, 2 российской компании «Даурия Аэропейс». Не смогли определить координаты одного из наноспутников Dove американской компании Planet Lab. Краудфандинговый спутник «Маяк» Московского политехнического университета не смог раскрыть свой солнечный парус размером 3×3 метра [7].

В 2018 г. ракета «Союз-2.1а» не смогла стартовать с грузовым кораблем «Прогресс МС-08» в расчетное время с космодрома Байконур, пуск был отменен. Согласно источнику в ракетно-космической отрасли, к отмене пуска могли привести непрохождение сигнала через разъем к борткомпьютеру

или неисправность компьютера. Компьютерный блок был заменен, и 13 февраля ракета «Союз-2.1а» с грузовым кораблем «Прогресс МС-08» стартовала с космодрома Байконур [7].

В этом же году произошла крупнейшая авария в истории отечественной пилотируемой космонавтики за последние десятилетия. Ракета-носитель «Союз-ФГ» (серийный номер U15000-062) не смогла вывести на орбиту космический корабль «Союз МС-10» с новым экипажем МКС. На борту находились Алексей Овчинин (Россия) и Ник Хейг (США), которым удалось эвакуироваться на Землю в спасательной капсуле. Причина аварии – неправильная работа датчика разделения первой и второй ступеней. Далее один из боковых блоков первой ступени не отошел на необходимое расстояние и ударил по баку горючего второй ступени, что привело к разрыву бака [4, 7].

В 2019 г. произошла нештатная ситуация на третьей ступени ракеты «Союз-2.1б», которая привела к тому, что разгонный блок «Фрегат» со спутником EgyptSat-A был выведен на суборбитальную траекторию с перигеем на 57 километров ниже номинального. Спутник был выведен на расчетную орбиту за счет запасов топлива и работы интеллектуальной системы «Фрегат», которая смогла скорректировать недовыведение. Причина нештатной ситуации – досрочное выключение двигателя третьей ступени ракеты «Союз-2.1б», связанное с преждевременным окончанием окислителя, из-за недолива перед пуском. Недолив произошел вследствие неправильной настройки датчиков уровня заправки топливом в баке ракеты [7].

В этом же году ракета-носитель «Союз-2.1а» с кораблем «Союз МС-14» успешно стартовала с Байконура. Позднее беспилотный космический корабль «Союз МС-14» с роботом FEDOR на борту не смог пристыковаться к модулю «Поиск» Российского сегмента МКС [7].

В табл. 1 представлено описание нештатных ситуаций на космодроме Байконур за 2011–2020 гг.

Таблица 1
Нештатные ситуации на космодроме Байконур за 2011–2020 гг.

Дата нештатной ситуации	Причина нештатной ситуации	Последствия	Место возникновения: атмосфера/ земная поверхность
18 августа 2011 г.	ошибки при формировании циклограммы (точное расписание команд, которые подаются на приборы космического аппарата) работы разгонного блока «Бриз-М»	не известно	атмосфера
24 августа 2011 г.	засорение тракта подачи горючего	ущерб для экологии, материальные потери	атмосфера
8 ноября 2011 г.	несрабатывание маршевой двигательной установки перелетного модуля	материальные потери	атмосфера
6 августа 2012 г.	нештатная остановка двигателей разгонного блока	материальные потери	атмосфера
2 июля 2013 г.	неправильная установка датчиков при сборке ракеты	ущерб для экологии – 14 млрд тенге, потери России – 100 млн долларов	атмосфера
16 мая 2014 г.	отказ рулевого двигателя третьей ступени	материальные потери	атмосфера
28 апреля 2015 г.	разгерметизация баков носителя с окислителем и горючим	ущерб для экологии, материальные потери	атмосфера
16 мая 2015 г.	деградация свойств материала ротора турбонасосного агрегата под действием высоких температур и несовершенство системы балансировки	ущерб для экологии, материальные потери	атмосфера
12 марта 2016 г.	отбой системы автоматики	последствий нет	земная поверхность
1 декабря 2016 г.	разгерметизация баков носителя с окислителем и горючим, брак при сборке ракетного двигателя РД-0110	ущерб для экологии, материальные потери	атмосфера
14 июля 2017 г.	не определена	неизвестно	атмосфера
11 февраля 2018 г.	неисправность компьютерного блока	неизвестно	земная поверхность
11 октября 2018 г.	неправильная работа датчика разделения первой и второй ступеней	материальные потери	атмосфера
21 февраля 2019 г.	неправильная настройка датчиков уровня заправки топливом в баке ракеты	неизвестно	атмосфера

24 августа 2019 г.	поломка оборудования системы сты- ковки «Курс» на модуле «Поиск»	неизвестно	атмосфера
-----------------------	---	------------	-----------

С 2011 по 2020 гг. на космодроме Байконур зарегистрировано 15 нештатных ситуаций. Наибольшее количество было за-

фиксировано в 2011 г. (рис. 1). В 2020 г. нештатных ситуаций на космодроме Байконур не произошло.

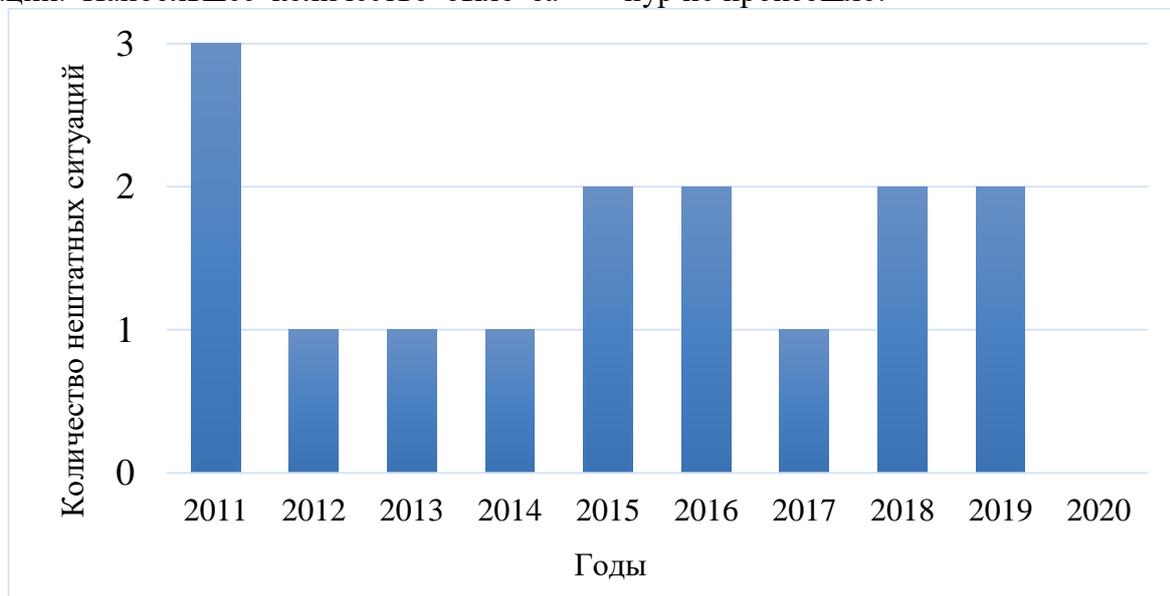


Рисунок 1. Распределение количества нештатных ситуаций на космодроме Байконур с 2011 по 2020 гг.

За рассматриваемый период времени нештатные ситуации чаще всего происходили вследствие ошибки персонала. Процентное соотношение причин нештатных ситуаций следующее: ошибки персонала (недостатки при опытно-конструкторских работах, сборке ракеты, неправильная настройка датчиков уровня заправки топливом) – 27 %; компьютерные неисправности

и срабатывание систем автоматики – 20 %; неисправности в третьей ступени ракета-носителя – 20 %; неисправности в перелетном модуле – 7 %; неисправности в разгонном блоке – 7 %; неисправности в беспилотном космическом корабле – 7 %; неисправности во второй ступени ракета-носителя – 6 %; причина не определена – 6 % (рис. 2).



Рисунок 2. Процентное соотношение причин нештатных ситуаций на космодроме Байконур с 2011 по 2020 гг.

На рис. 3 представлено процентное соотношение количества нештатных ситуаций на космодроме Байконур с 2011 по 2020 гг. по типу ракет-носителей. Наибольшее количество нештатных ситуаций произошло при запуске ракет-носителей «Протон-М».

Процентное соотношение количества нештатных ситуаций на космодроме Байконур с 2011 по 2020 гг. по типу ракет-носителей следующее: «Протон-М» – 33 %; «Союз-2.1а» – 27 %; «Союз-У» – 13 %; «Союз-2.1б» – 13 %; «Зенит-2СБ» – 7 %; «Союз-ФГ» – 7 %.

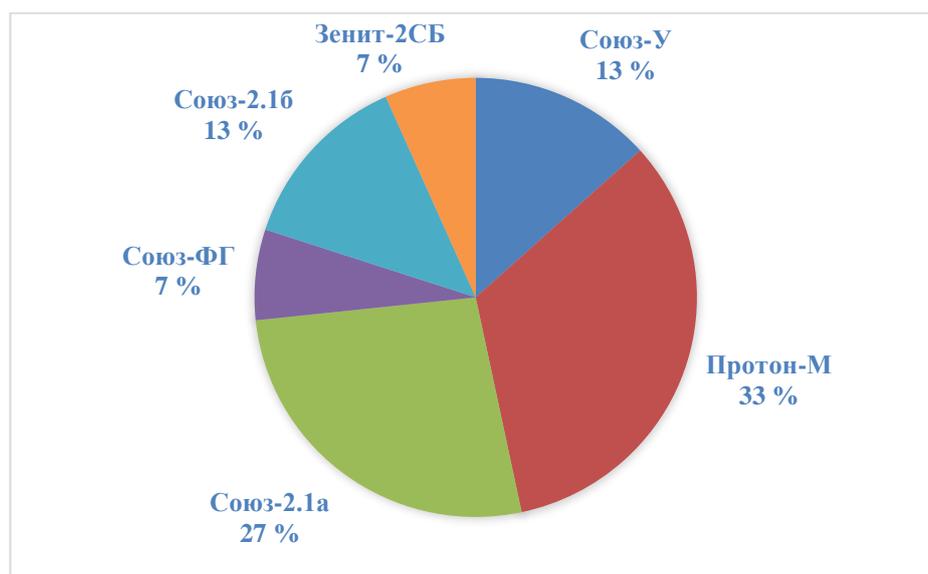


Рисунок 3. Процентное соотношение количества нештатных ситуаций на космодроме Байконур с 2011 по 2020 гг. по типу ракет-носителей

На рис. 4 представлено распределение количества нештатных ситуаций на космодроме Байконур с 2011 по 2020 гг. по месту возникновения. Наибольшее количество нештатных ситуаций произошло в атмосфере.

На земной поверхности произошли две нештатные ситуации, связанные с отбоем системы автоматики и неисправностью компьютерного блока.

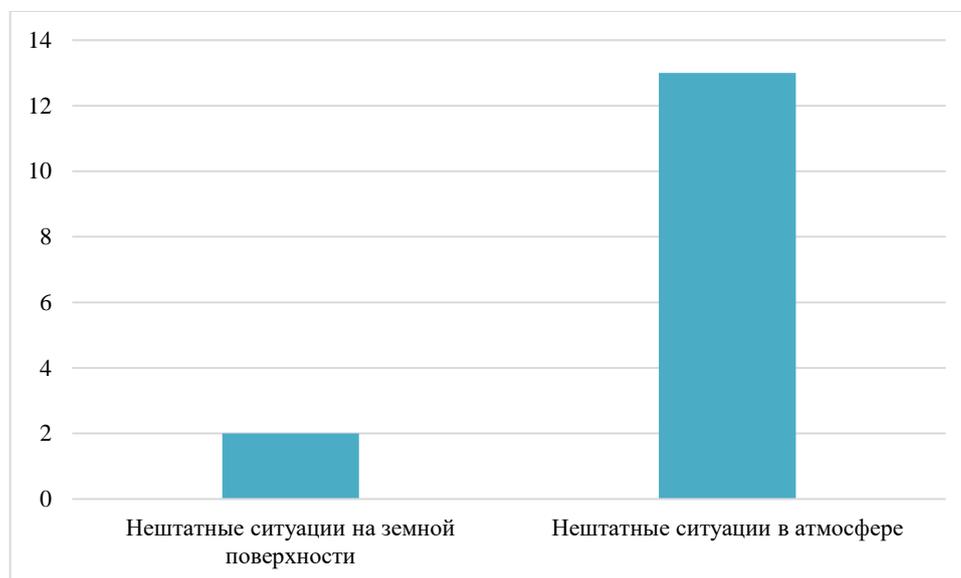


Рисунок 4. Распределение количества нештатных ситуаций на космодроме Байконур с 2011 по 2020 гг. по месту возникновения

27 апреля 2016 г. должен был состояться первый исторический пуск ракеты-носителя «Союз-2.1а» с космодрома Восточный с тремя спутниками, однако сработала автоматическая система, которая прервала запуск. Причина нештатной ситуации – не прошло подтверждение нормальной работы систем [7, 8].

Были выявлены недостатки в работе одного из кабелей, который был заменен. При подготовке к первому запуску было предложено более двадцати пожеланий для улучшения работы различных систем. Существуют и другие версии произошедшего: автоматическая отмена запуска могла произойти на этапе наддува баков ракеты-носителя, проблема могла возникнуть с дренажными клапанами. В качестве причины

рассматривается пережатие кабеля при монтаже одной из систем, некорректная пайка или нештатная стыковка разъемов. Пуск успешно был произведен 28 апреля [7, 8].

28 ноября 2017 г. ракета «Союз-2.1б» (14А14, 372РН17, серийный номер N15000-001) с разгонным блоком «Фрегат» и 19 спутниками стартовала с космодрома Восточный и штатно достигла промежуточной орбиты. Позднее Роскосмос сообщил, что связь со спутником «Метеор-М» № 2-1, который должен был отделиться первым, установить не удалось, так как аппарат отсутствовал на целевой орбите. Разгонный блок со спутниками упал в океан [4, 7, 9].

В табл. 2 представлено описание нештатных ситуаций на космодроме Восточный за период 2011–2020 гг.

Таблица 2
Нештатные ситуации на космодроме Восточный за 2011–2020 гг.

Дата нештатной ситуации	Причина нештатной ситуации	Последствия	Место возникновения: атмосфера/земная поверхность
27 апреля 2016 г.	проблема с дренажными клапанами; пережатие кабеля при монтаже одной из систем; некорректная пайка или нештатная стыковка разъемов (причина не выяснена)	не известно	земная поверхность
28 ноября 2017 г.	несовершенство алгоритмов программного обеспечения системы управления разгонного блока «Фрегат» и неверные азимуты пуска	ущерб для экологии, материальные потери	атмосфера

Анализ нештатных ситуаций на космодроме Байконур с 2011 по 2020 гг. показал, что наибольшее количество нештатных ситуаций произошло в 2011 г. Основными причинами возникновения нештатных ситуаций были: ошибки персонала (недостатки при опытно-конструкторских работах, сборке ракеты, неправильная настройка датчиков уровня заправки топливом), компьютерные неисправности и срабатывание систем автоматики, неисправности в третьей ступени ракета-носителя. Наибольшее количество нештатных ситуаций произошло при запуске ракет-носителей «Протон-М», «Союз-2.1а». Наибольшее количество нештатных ситуаций произошло в атмосфере. На земной поверхности произошли две не-

штатные ситуации, связанные с отбоем системы автоматики и неисправностью компьютерного блока.

За рассматриваемый период на космодроме Восточный произошли две нештатные ситуации. Первая произошла в 2016 г. вследствие срабатывания автоматической системы, которая прервала запуск. Возможные причины нештатной ситуации: проблема с дренажными клапанами; пережатие кабеля при монтаже одной из систем; некорректная пайка или нештатная стыковка разъемов. Вторая была зафиксирована в 2017 г. Причина нештатной ситуации – несовершенство алгоритмов программного обеспечения системы управления разгонного блока «Фрегат» и неверные азимуты пуска.

Литература

- 10 громких катастроф в истории космонавтики. URL: <https://dymontiger.livejournal.com/620802.html> (дата обращения: 25.05.2021).
- Третьяков И. А., Кравченко А. В. Основные проблемы космических запусков за 2014–2018 годы // Сб. мат. V Междунар. науч.-практ. конф., посвященной Дню космонавтики «Актуальные проблемы авиации и космонавтики» (8–12 апреля 2019 г., Красноярск): в 3 т.; СибГУ им. М. Ф. Решетнева. – Красноярск, 2019. Т. 1. С. 174–176.
- Беляков Г. П., Анищенко Ю. А., Сафронов М. В. Риски космических проектов. Анализ неудачных космических запусков // Вестник СибГАУ. 2014. № 5 (57). С. 208–215.
- Астрономия. URL: <http://www.astro.websib.ru/kosmo/sprav/avaria> (дата обращения: 25.05.2021).
- ТАСС. URL: <https://tass.ru/info/4764721> (дата обращения: 12.05.2021).
- Inform БЮРО. URL: <https://informburo.kz/stati/kakie-avarii-proizoshli-na-baykonure-za-poslednie-gody-i-chto-eto-znachit-dlya-kosmonavтики.html> (дата обращения: 12.05.2021).
- РИА НОВОСТИ. URL: <https://ria.ru/20210217/situatsii-1597823332.html> (дата обращения: 17.05.2021).
- РИА НОВОСТИ. URL: <https://ria.ru/20160504/1426080068.html> (дата обращения: 17.05.2021).
- РИА НОВОСТИ. URL: <https://ria.ru/20171212/1510707313.html> (дата обращения: 21.05.2021).

References

1. 10 gromkih katastrof v istorii kosmonavтики. URL: <https://dymontiger.livejournal.com/620802.html> (data obrashcheniya: 25.05.2021).
2. Tret'yakov I. A., Kravchenko A. V. Osnovnye problemy kosmicheskikh zapuskov za 2014–2018 gody // Sb. mat. V Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoj Dnyu kosmonavтики «Aktual'nye problemy aviacii i kosmonavтики» (8–12 aprelya 2019 g., Krasnoyarsk): v 3 t.; SibGU im. M. F. Reshetneva. – Krasnoyarsk, 2019. T. 1. S. 174–176.
3. Belyakov G. P., Anishchenko YU. A., Safronov M. V. Riski kosmicheskikh proektov. Analiz neudachnykh kosmicheskikh zapuskov // Vestnik SibGAU. 2014. № 5(57). S. 208–215.
4. Astronomiya. URL: <http://www.astro.websib.ru/kosmo/sprav/avaria> (data obrashcheniya: 25.05.2021).
5. TASS. URL: <https://tass.ru/info/4764721> (data obrashcheniya: 12.05.2021).
6. Inform BYURO. URL: <https://informburo.kz/stati/kakie-avarii-proizoshli-na-baykonure-za-poslednie-gody-i-chto-eto-znachit-dlya-kosmonavтики.html> (data obrashcheniya: 12.05.2021).
7. RIA NOVOSTI. URL: <https://ria.ru/20210217/situatsii-1597823332.html> (data obrashcheniya: 17.05.2021).
8. RIA NOVOSTI. URL: <https://ria.ru/20160504/1426080068.html> (data obrashcheniya: 17.05.2021).
9. RIA NOVOSTI. URL: <https://ria.ru/20171212/1510707313.html> (data obrashcheniya: 21.05.2021).