

*Безопасность веществ
и материалов*

*Безопасность конструкций,
зданий и сооружений*

*Медико-биологические аспекты
безопасности*

*Общие вопросы
пожарной безопасности*

*Методы и средства
обеспечения безопасности*

*Пожарная
и промышленная безопасность*

Охрана труда

*Снижение рисков и ликвидация
последствий чрезвычайных ситуаций*

*Охрана окружающей среды
Экологическая безопасность*

*Проблемы и перспективы
предупреждения
чрезвычайных ситуаций*

*Мониторинг и прогнозирование
природных и техногенных рисков*

Пожарная техника

*Информационные технологии
Информационное обслуживание
и технические средства обеспечения
информационных процессов*

*Физико-химические аспекты
безопасности*

*Высшая математика
Прикладная математика*

*Математическое моделирование,
численные методы
и комплексы программ*

*Экономические
и организационно-управленческие
проблемы безопасности*

*Аудит безопасности
Системный анализ
Оценка и управление рисками*

*Подготовка специалистов
МЧС России:
гуманитарные аспекты*

Образовательные технологии

ISSN 2226-700X

Министерство Российской Федерации
по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям
и ликвидации последствий стихийных бедствий

**Вестник
Воронежского института
ГПС МЧС России
(Современные проблемы
гражданской защиты)**

Журнал включен в
«Перечень рецензируемых научных изданий,
в которых должны быть опубликованы основные научные
результаты диссертаций
на соискание ученой степени кандидата наук,
на соискание ученой степени доктора наук ВАК при
Минобрнауки России»

№ 1 (26), 2018



**Вестник
Воронежского института
ГПС МЧС России
(Современные проблемы
гражданской защиты)**

Издается с 2011 года

Выходит 4 раза в год

Научный журнал

Учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».

Территория распространения — Российская Федерация.

Журнал индексируется в Научной электронной библиотеке eLIBRARY.RU / РИНЦ (Россия), Международном каталоге периодических изданий «Ulrich's Periodicals Directory» (США), размещается на платформе научной электронной библиотеки «КиберЛенинка» (Россия).

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук

Перепечатка без разрешения редакции запрещена, ссылки на журнал при цитировании обязательны.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор: Калач Андрей Владимирович, д-р хим. наук, профессор,
Воронежский институт ГПС МЧС России (Россия, г. Воронеж)

Члены редколлегии:

Андронов Владимир Анатольевич, д-р техн. наук, проф.,
Национальный университет гражданской защиты Украины
(Украина, г. Харьков)

Барбин Николай Михайлович, д-р техн. наук, проф.,
Уральский институт ГПС МЧС России (Россия, г. Екатеринбург)

Бутман Михаил Федорович, д-р физ.-мат. наук, проф.,
Ивановский государственный химико-технологический
университет (Россия, г. Иваново)

Валуев Николай Прохорович, д-р техн. наук, проф.,
Академия гражданской защиты МЧС России (Россия, г. Химки)

Дешевых Юрий Иванович, д-р техн. наук, МЧС России,
Департамент надзорной деятельности (Россия, г. Москва)

Камлюк Андрей Николаевич, канд. физ.-мат. наук, доц.,
Университет гражданской защиты Министерства по
чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь (Республика
Беларусь, г. Минск)

Ковтун Вадим Анатольевич, д-р техн. наук, проф.,
Гомельский инженерный институт МЧС Республики Беларусь (Республика
Беларусь, г. Гомель)

Корневский Николай Алексеевич, д-р техн. наук, проф.,
Юго-Западный государственный университет (Россия, г. Курск)

Лопанов Александр Николаевич, д-р техн. наук, проф.,
Белгородский государственный технологический университет
(Россия, г. Белгород)

Манохин Вячеслав Яковлевич, д-р техн. наук, проф.,
Воронежский государственный архитектурно-строительный
университет (Россия, г. Воронеж)

Меньших Валерий Владимирович, д-р физ.-мат. наук, проф.,
Воронежский институт МВД России (Россия, г. Воронеж)

Овсяник Александр Иванович, д-р техн. наук, проф.,
Научно-техническое управление МЧС России (Россия, г. Москва)

Платонов Игорь Артемьевич, д-р техн. наук, проф.,
Самарский государственный аэрокосмический университет им. акад.
С. П. Королева (Россия, г. Самара)

Прус Юрий Витальевич, д-р физ.-мат. наук, проф.,
Академия ГПС МЧС России (Россия, г. Москва)

Полевой Василий Григорьевич, канд. воен. наук, доц.,
Академия гражданской защиты МЧС России (Россия, г.о. Химки)

Ресснер Франк, д-р естеств. наук, проф.,
Ольденбургский университет (ФРГ, г. Ольденбург)

Рудаков Олег Борисович, д-р хим. наук, проф.,
Воронежский государственный архитектурно-строительный университет
(Россия, г. Воронеж)

Sumets Pavel PhD in Engineering, The University of Auckland, New
Zeland

Селеменев Владимир Федорович, д-р хим. наук, проф.,
Воронежский государственный университет (Россия, г. Воронеж)

Столжко Наталья Юрьевна, д-р хим. наук, проф.,
Уральский государственный экономический университет (Россия, г.
Екатеринбург)

Сумина Елена Германовна, д-р хим. наук, проф.,
Саратовский государственный университет им. Н. Г. Чернышевского
(Россия, г. Саратов)

Тростянский Сергей Николаевич, д-р техн. наук, доц.,
Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю.
А. Гагарина (Россия, г. Воронеж)

Федянин Виталий Иванович, д-р техн. наук, проф.,
Воронежский институт ГПС МЧС России (Россия, г. Воронеж)

Шарапов Сергей Владимирович, д-р техн. наук, доц.,
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России (Россия,
г. Санкт-Петербург)

Редакторы: Дьякова Юлия Михайловна

Подписной индекс в объединенном каталоге «Пресса России» – 94015.

Подписано в печать __. __. 2018. Усл. печ. л. 6,5. Тираж 500 экз. Заказ №70.

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-70660 от 15.08.2017.

АДРЕС РЕДАКЦИИ: 394052, г. Воронеж, ул. Красная, д. 231, ком. 1214;

тел.: (473) 242-12-63; e-mail: vestnik_vi_gps@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Медико-биологические аспекты безопасности.....	7
Вопросы совершенствования организации оказания медицинской помощи при чрезвычайных ситуациях на территории Воронежской области <i>Сапронов Г.И., Склярова Т.П., Ильичев В.П., Гречкин В.И.</i>	7
Организации оказания медицинской помощи детскому населению при ДТП в г. Воронеже <i>Склярова Т.П., Сапронов Г.И., Карапутьян А.Р., Лернер М.С..</i>	12
Разработка специального ножа для разрезания одежды на пострадавших при оказании первой помощи <i>Шарабанова И.Ю., Базанов С.В., Топоров А.В., Потапенко Л.В.....</i>	17
Методы и средства обеспечения безопасности.....	21
Некоторые аспекты оценки эффективности интегрированных систем безопасности для задач обеспечения противокриминальной защищенности и пожарной безопасности <i>Памяткин М.Ю., Гуцуна А.А., Мальцев А.В.....</i>	21
Решение проблемы неисправности звукового сигнализатора дыхательного аппарата АП «Омега» при тушении пожаров в условиях отрицательных температур <i>Шипилов Р.М., Шарабанова И.Ю., Захаров Д.Ю., Волков О.Г., Анапин А.А.</i>	28
Пожарная и промышленная безопасность.....	38
Модель интеллектуальной обработки информации для прогнозирования пожароопасных показателей продуктов нефтепереработки <i>Королев Д.С., Калач А.В., Волкова С.Н., Кончаков С.А.....</i>	38
Влияние температурно-влажностного режима подкостюмного пространства на защитные свойства боевой одежды пожарного <i>Сорокин Д.В., Никифоров А.Л., Шарабанова И.Ю., Циркина О.Г.....</i>	44
Охрана окружающей среды. Экологическая безопасность.....	49
Дистанционный биофизический метод экологического мониторинга химически опасных объектов <i>Иноземцев В.А., Ефимов И.Н., Григорьев А.А., Позвонков А.А.....</i>	49

Информационные технологии. Информационное обслуживание и технические средства обеспечения информационных процессов.....	59
Организация подсистемы безопасности и защиты информации экологически опасного критически важного объекта <i>Жидко Е.А., Разиньков С.Н.</i>	59
Специфика проектирования систем оповещения <i>Кочнов О.В., Мальцев А.В., Кочегаров А.В., Мальцев А.С.</i>	64
Перспективы развития системы ГраФиС как системы поддержки принятия управленческих решений при тушении пожаров <i>Малютин О.С., Елфимова М.В., Мельник А.А., Батура А.Н.</i>	71
Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.....	80
Модель избыточного давления в пневматической полости средства спасения падающих с высоты людей <i>Мурзинов В.Л., Мурзинов П.В., Попов С.В.</i>	80
Физико-химические аспекты безопасности.....	85
Исследование влияния силиката натрия на термическое разложение древесины методом термической гравиметрии <i>Петров А.В., Никифоров А.Л., Панев Н.М., Ульева С.Н., Шарabanова И.Ю., Циркина О.Г.</i>	85
Аудит безопасности. Системный анализ. Оценка и управление рисками.....	91
Совершенствование модели качества мониторинга крупных пожаров и чрезвычайных ситуаций <i>Тараканов Д.В., Баканов М.О.</i>	91
Подготовка специалистов МЧС России: гуманитарные аспекты.....	96
Подход к оценке качества подготовки граждан, пребывающих в запасе и состоящих в мобилизационном людском резерве <i>Пикалов В.В., Жидко Е.А.</i>	96
Правила для авторов.....	104

CONTENTS

Medical-biological aspects of security.....	7
Questions of improving the organization of rendering medical care in emergencies in the Voronezh region territory <i>Sapronov G.I., Sklyarova T.P., Grechkin V.I.....</i>	7
Peculiarities of organization of rendering medical assistance to children population in the accident in Voronezh <i>Sklyarova T.P., Sapronov G.I., Karapetyan A.R., Lerner M.S.....</i>	12
Development of the special knife for cutting of clothes on victims at first-aid treatment <i>Sharabanova I.Yu., Bazanov S.V., Toporov A.V., Potapenko L.V.....</i>	17
Methods and means of safety.....	21
Some aspects of evaluating the efficiency of integrated security systems for problems of securing anti-criminal protection and fire safety <i>Paklyachenko M.Y., Gushchina A.A., Maltcev A.V.....</i>	21
Solving the problem of the sound signaling of the respiratory apparatus AP «Omega» while exhausting fire in the conditions of negative temperatures <i>Shipilov R.M., Sharabanova I.Yu., Zakharov D.Yu., Volkov O.G., Aparin A.A....</i>	28
Fire and industrial safety.....	38
Model of intelligent information processing for forecasting fire-fighting indicators of oil-processing products <i>Korolev D.S., Kalach A.V., Volkova S.N., Konchakov S.A.....</i>	38
The influence of temperature and humidity conditions podcasting space on the protective properties of combat clothing fire <i>Sorokin D.V., Nikiforov A.L., Sharabanova I.U., Tsirkina O.G.....</i>	44
Environmental protection. Environmental safety.....	49
Remote biophysical method of ecological monitoring of chemically hazardous objects <i>Inozemtsev V.A., Efimov I.N., Grigoriev A.A., Pozvonkov A.A.....</i>	49
Information technology. Information service and technical supplies information processes.....	59

Organization of the security and information protection subsystem ecologically dangerous critically important object <i>Zhidko E.A., Razinkov S.N.</i>	59
Specific design of alert systems <i>Kochnov O.V., Maltsev A.V., Kochegarov A.V., Maltsev A.S.</i>	64
Automated informational-graphical system GraFiS as decision support system development perspectives <i>Malyutin O.S., Elfimova M.V., Melnik A.A., Baturro A.N.</i>	71
Math modeling, numerical methods and complexes of programs...	80
Model of excessive pressure in pneumatic cavity rescue falling people <i>Murzinov V.L., Murzinov P.V., Popov S.V.</i>	80
Physical and chemical safety aspects	85
Thermogravimetical studying the influence of sodium silicate on thermal pyrolysis of wood <i>Petrov A.V., Nikiforov A.L., Panyov N.M., Ulyeva S.N., Sharabanova I.Y., Tsirkina O.G.</i>	85
Audit of safety. System analysis. Risk assessment and management	91
Improvement of monitoring quality model of large fire and emergency situations <i>Tarakanov D.V., Bakanov M.O.</i>	91
Preparation of specialists EMERCOM of Russia: humanitarian aspects	96
Methodological approach to estimate the quality of training citizens residing in the stock and in the mobilization human reserve <i>Picalov V.V., Zhidko E.A.</i>	96
GUIDELINES FOR AUTHORS	104



МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ БЕЗОПАСНОСТИ

УДК: 614.8.013+616-08 (470. 324)

ВОПРОСЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ОКАЗАНИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ НА ТЕРРИТОРИИ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Г.И. Сапронов, Т.П. Складорова, В.П. Ильичев, В.И. Гречкин

В работе приведены статистические данные ЧС по Воронежской области различного характера за последние годы, обобщены данные в организации медико-санитарного обеспечения при них и указаны пути совершенствования.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, медико-санитарное обеспечение, безопасность жизнедеятельности.

Актуальность. Прогресс человечества сопровождается увеличением не только промышленно значимых объектов экономики, ростом количества транспортных средств, но и изменением климата на нашей планете и экологическим загрязнением окружающей среды, возникновением чрезвычайных ситуаций на этих объектах, а также распространением такого негативного явления, как терроризм. Вот почему так важна стройная система оказания своевременной медицинской помощи, а зачастую, и спасения жизни людей при различных чрезвычайных ситуациях и природного, и техногенного характера, требующая постоянного совершенствования.

Цель исследования: изучить организацию медико-санитарного обеспечения пострадавшим при

чрезвычайных ситуациях на территории Воронежской области на догоспитальном этапе лечебно-эвакуационных мероприятий.

Материалы и методы. Изучение и анализ данных ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области», приказов Департамента здравоохранения Воронежской области, касающихся вопросов медико-санитарного обеспечения при чрезвычайных ситуациях.

Полученные результаты исследования.

Анализ данных ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» показал [1], что на территории Воронежской области за период 2006-2016 гг. произошло 157 чрезвычайных ситуаций (ЧС), информация представлена схематично на рисунке 1.

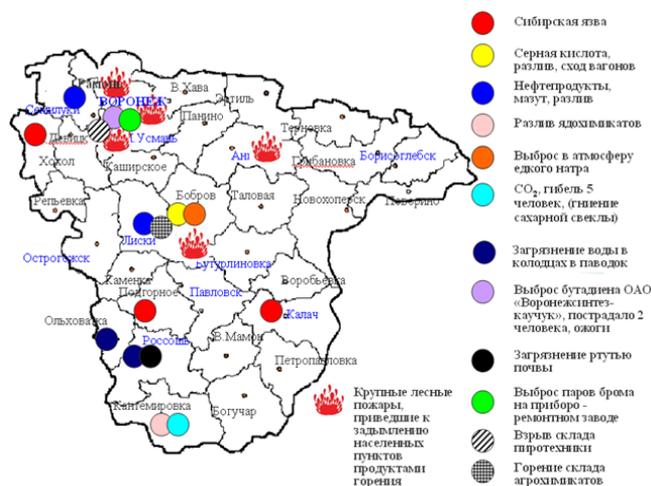


Рис.1. Структура чрезвычайных ситуаций на территории Воронежской области за 2006-2016 гг.

Структура наиболее значимых ЧС за 2006-2016 г:

- химические аварии (2006 г. март - разлив жидкого брома на заводе «Эталон»; апрель - разлив ртути в Россошанском районе; июнь - разлив нефтепродуктов в Каширском районе; июль - выброс 1,3-бутадиена на предприятии синтетического каучука г. Воронежа; сентябрь – серной кислоты в Бобровском районе и аварийный выброс в атмосферный воздух паров едкого натра в котельной в г. Боброве; отравление людей продуктами распада от гниения овощей в овощехранилище в Кантемировском районе; 2009 г. - горение склада сельскохозяйственных ядохимикатов в Лискинском районе; взрыв склада пиротехники в г. Воронеже; химическое загрязнение объектов окружающей среды в 2014, 2015 г.г.);

- биологические ЧС (очаг сибирской язвы в 2006 году в Нижнедевицком районе - 3 случая; групповые заболевания в 2013 г. занимали 1-ое ранговое место по числу случаев среди ЧС);

- пожары (задымленность и загазованность воздуха, связанные с лесными пожарами, июль-август 2010, при этом по времени экспозиции и числу лиц, находящихся в зоне воздействия факторов, занимает первое ранговое место);

- ЧС на транспорте: с 2010 по 2016 гг. в Воронежской области зарегистрировано более 25000 ДТП, при этом число аварий на транспорте уменьшилось на 21%.

За 2017 год на территории Воронежской области зарегистрировано 59 ЧС, структура которых наглядно представлена в таблице 1 и на рисунке 2.

Таблица 1

Структура ЧС за 2017 год на территории Воронежской области

ДТП		пожары		хим. аварии		социального характера	
Кол-во	%	Кол-во	%	Кол-во	%	Кол-во	%
47	79,7	8	13,5	3	5,1	1	1,7

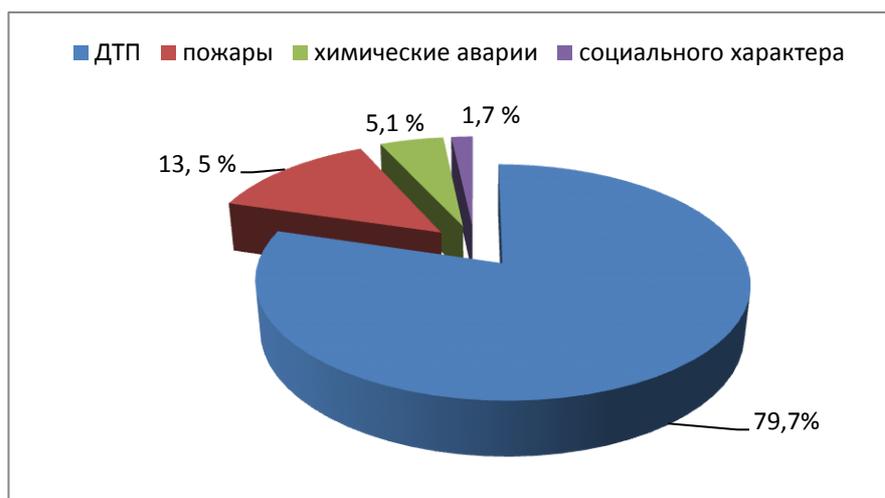


Рис. 2. Структура ЧС за 2017 год на территории Воронежской области

Возникновение пожаров сопровождается тяжелыми медико-санитарными последствиями:

- большим числом жертв,
- высокой догоспитальной летальностью, составляющей от 55,7% до 57,2% общей летальности при ожоговой травме,
- развитием сложной оперативной медицинской обстановки [3].

По данным Центра пожарной статистики МЧС Российской Федерации, ежегодно при пожарах в нашей стране травмируется свыше 25 000 человек и около 12 000 из них погибают.

На территории Воронежской области наибольшее количество травмированных людей отмечалось при пожарах в жилом секторе, что в 2015 году составило 67,3% от общего числа, получивших травмы при пожарах.

Организация оказания медико-санитарного обеспечения при ликвидации последствий пожаров сопряжена с:

- невозможностью срочного приближения медицинских работников к месту происшествия,
- сложностью розыска пораженных на задымленной территории
- трудностью прогнозирования медицинской оперативной обстановки,
- групповыми и массовыми санитарными потерями,
- оказанием первой врачебной помощи в максимально короткие сроки и приближением ее к месту пожара.

Таким образом, в структуре ЧС в Воронежской области преобладают ситуации техногенного характера, связанные с действием

химических факторов; дорожно-транспортные происшествия, пожары.

Система организации оказания медицинской помощи при чрезвычайной ситуации включает два этапа: догоспитальный и госпитальный [2].

На догоспитальном этапе осуществляется оказание первой помощи пострадавшим в порядке само- и взаимопомощи, очевидцами ЧС до прибытия в зону ЧС аварийно-спасательных, медицинских и других формирований.

По прибытии медицинских формирований (бригад скорой медицинской помощи и экстренной медицинской помощи ВОКЦМК) в места временного сбора пострадавших оказывается первая врачебная помощь и осуществляется подготовка к дальнейшей медицинской эвакуации. В задачи бригад СМП и экстренной медицинской помощи территориального центра медицины катастроф входят:

- оценка тяжести состояния пострадавших и проведение медицинской сортировки;
- оказание экстренной медицинской помощи перед эвакуацией в пункте сбора пораженных;
- организация сортировочной площадки;
- проведение эвакуационно-транспортной сортировки;
- немедленная эвакуация пострадавших в специализированные многопрофильные лечебные учреждения (ожоговое отделение, травматологическое и т.д.) или в ближайшие к месту чрезвычайной ситуации лечебно-профилактические медицинские организации;
- уточнение оперативной медицинской обстановки в динамике;
- заблаговременное оповещение объектов здравоохранения, осуществляющих прием массового количества пострадавших.

В соответствии с данными Роспотребнадзора по Воронежской области насчитывается свыше 300 формирований, способных выполнять поставленные перед ними задачи как в очаге поражения, так и на этапах медицинской эвакуации. К ним относят: бригады скорой медицинской помощи (СМП – 174); врачебно-сестринские бригады (ВСБ – 54); бригады специализированной медицинской помощи (БСМП – 40); санитарно-профилактические формирования Роспотребнадзора (47).

Госпитальный этап оказания медицинской помощи начинается с момента размещения пораженных в ближайших лечебно-профилактических медицинских организациях, к числу которых относят центральные районные и межрайонные больницы.



Рис. 3. Госпитальный этап оказания медицинской помощи

Согласно плану, разработанному Департаментом здравоохранения по Воронежской области, для усиления лечебных медицинских организаций и оказания специализированной медицинской помощи привлекаются силы и средства Воронежского областного клинического центра медицины катастроф, а также создаваемые в лечебных учреждениях г. Воронежа нештатные бригады специализированной медицинской помощи. ВОКЦМК не только координирует деятельность лечебных учреждений на территории Воронежской области, но и осуществляет, благодаря санитарной авиации, эвакуации наиболее тяжелых пораженных в лечебные учреждения для оказания специализированной, в том числе высокотехнологичной, медицинской помощи.

Эффективное оперативное управление, осуществляемое специалистами территориального центра медицины катастроф (ТЦМК), позволяет обеспечить экстренное реагирование на сложившуюся ситуацию и согласованную работу всех привлеченных медицинских сил. Согласованное взаимодействие ведомственных служб: Главного управления МЧС России по Воронежской области, управления МВД РФ, службы медицины катастроф, Департамента здравоохранения Воронежской области обеспечивает своевременное выполнение мероприятий по ликвидации медико-санитарных последствий пожаров и других чрезвычайных ситуаций на территории Воронежской области и города.

Выводы

1. Минимизация санитарных потерь при различных ЧС достигается созданием стройной системы организации оказания медицинской помощи на всей территории Воронежской области.
2. Привлечение сил и средств Воронежского областного клинического центра медицины катастроф значительно сокращает время приближения медицинской помощи пораженным в ЧС.
3. Организация и подготовка к эвакуации пораженных специализированными видами транспорта, в том числе санитарной авиацией, значительно снижает риск развития тяжелых осложнений.

Библиография

1. Анализ чрезвычайных ситуаций на территории Воронежской области. / Н.П. Мамчик, О.В.Клепиков, Л.В.Молоканова // Прикладные информационные аспекты медицины: научно-практический журнал. – Воронеж: ВГМУ им. Н.Н. Бурденко, 2017.– Т. 20, № 1. – С. 39-44.
2. Медико-санитарное обеспечение аварийно-опасных объектов города Воронежа при чрезвычайных ситуациях мирного времени. / Г.И. Сапронов, В.И. Гречкин, Л.Г. Скоробогатова // Прикладные информационные аспекты медицины: научно-практический журнал. – Воронеж: ВГМУ им. Н.Н. Бурденко, 2017.– Т. 20, № 1, – С. 96-105.
3. Особенности оказания медицинской помощи пострадавшим при пожарах / Г.И. Сапронов, Т.П. Склярлова, П.А.Полубояринов // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. - 2017. - № 4. - С.114-117.

References

1. Analiz chrezvychajnyh situacij na territorii Voronezhskoj oblasti. / N.P. Mamchik, O.V.Klepikov, L.V.Molokanova // Prikladnye informacionnye aspekty mediciny: nauchno-prakticheskij zhurnal. – Voronezh: VGMU im. N.N. Burdenko, 2017.– T. 20, № 1. – S. 39-44.
2. Mediko-sanitarnoe obespechenie avarijno-opasnyh ob"ektov goroda Voronezha pri chrezvychajnyh situacijah mirnogo vremeni. / G.I. Sapronov, V.I. Grechkin, L.G. Skorobogatova // Prikladnye informacionnye aspekty mediciny: nauchno-prakticheskij zhurnal. – Voronezh: VGMU im. N.N. Burdenko, 2017.– T. 20, № 1, – S. 96-105.
3. Osobennosti okazaniya medicinskoj pomoshchi postradavshim pri pozharah / G.I. Sapronov, T.P. Sklyarova, P.A.Poluboyarinov // Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MCHS Rossii. - 2017. - № 4. - S.114-117.

QUESTIONS OF IMPROVING THE ORGANIZATION OF RENDERING MEDICAL CARE IN EMERGENCIES IN THE VORONEZH REGION TERRITORY

The work presents statistical data of emergency situations in the Voronezh region of various types in recent years, summarized data in the organization of health care with them and indicated the ways of improvement.

Key words: *emergency situation, medical and sanitary provision, life safety.*

Сапронов Геннадий Иванович,

*кандидат медицинских наук,
доцент кафедры медицины катастроф и безопасности жизнедеятельности,
Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко,
Россия, г. Воронеж,
e-mail: gisdok09@yandex.ru*

Sapronov G.I.,

*Candidate of Medical Sciences,
Associate Professor of the Department of Life Safety and Disaster Medicine,
Voronezh State Medical University. N.N. Burdenko,
Russia, Voronezh.*

Склярлова Татьяна Петровна,

*кандидат медицинских наук,
доцент кафедры медицины катастроф и безопасности жизнедеятельности,
Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко,
Россия, г. Воронеж,
e-mail: SklyarovaT@yandex.ru*

Sklyarova T.P.,

*Candidate of Medical Sciences,
Associate Professor of the Department of Life Safety and Disaster Medicine,
Voronezh State Medical University. N.N. Burdenko,
Russia, Voronezh.*

Ильичев В.П.,

*Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко,
Россия, г. Воронеж,*

Ilichev V.P.,

*Voronezh State Medical University. N.N. Burdenko,
Russia, Voronezh.*

Гречкин В.И.,

*Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко,
Россия, г. Воронеж,*

Grechkin V.I.,

*Voronezh State Medical University. N.N. Burdenko,
Russia, Voronezh.*

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОКАЗАНИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ ДЕТСКОМУ НАСЕЛЕНИЮ ПРИ ДТП В Г. ВОРОНЕЖЕ

Т.П. Складова, Г.И. Сапронов, А.Р. Каранитьян, М.С. Лернер

Оказание медицинской помощи детскому населению в условиях чрезвычайных ситуаций несомненно является актуальной проблемой медицины катастроф. Отдельного внимания заслуживает организация помощи детям, пострадавшим в дорожно-транспортных происшествиях. К сожалению, особенностям организации оказания медицинской помощи педиатрического профиля не уделяется должного внимания в современной дидактической литературе. Ряд факторов, таких как масштаб происшествия, число пострадавших, удельный вес и возраст пострадавших детей в структуре медико-санитарных потерь, непосредственно влияют на процессы организации и оказания медицинской помощи. Для оказания медицинской помощи детскому населению необходимы организации рационального порядка оказания помощи, наличие соответствующих профильных медицинских организаций, а также привлечение квалифицированных специалистов педиатрического профиля и максимальное использование санитарной авиации.

Ключевые слова: чрезвычайные ситуации, дети, медицинская помощь, дорожно-транспортные происшествия

Актуальность. Численность детского населения в Российской Федерации, по современным данным, составляет порядка 30 миллионов человек [1, 4]. Резкое увеличение количества чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, военных конфликтов и террористических актов диктует необходимость разработки современных подходов к организации оказания медицинской помощи детям [1, 2, 3, 5]. Отдельного рассмотрения заслуживает вопрос рациональной организации медицинской помощи детям, пострадавшим в результате дорожно-транспортных происшествий. В 2017 только в г. Воронеже зарегистрировано 1249 ДТП, в которых пострадало 1611 человек, 35% из них – дети. Несмотря на наличие современной материально-технической и методической базы для оказания помощи пострадавшим в ДТП, уровень смертности среди пострадавших детей остается на высоком уровне. Учитывая перечисленные особенности, не вызывает сомнений необходимость рационализации подходов к организации и оказанию медицинской помощи.

Цель исследования – изучить особенности организации оказания медицинской помощи детскому населению при дорожно-транспортных происшествиях в г. Воронеже.

Материалы и методы. Проанализированы источники актуальной литературы по организации

медицинской помощи детям в условиях чрезвычайных ситуаций, а также истории болезни 12 детей в возрасте от 3 до 14 лет, пострадавших в результате дорожно-транспортных происшествий и поступивших в детский хирургический центр (ДХЦ) на базе БУЗ ВО ОДКБ №2 в 2017 году.

Результаты и их обсуждение.

К сожалению, особенностям организации оказания медицинской помощи педиатрического профиля не уделяется должного внимания в современной дидактической литературе. Однако, стоит отметить ряд ключевых факторов, определяющих особенности оказания медицинской помощи детям.

Первым ключевым фактором является возможность высокого удельного веса детей в структуре медико-санитарных потерь в условиях ДТП, что в свою очередь осложняет прогнозирование медико-тактической обстановки [2].

Во-вторых, возрастные анатомо-физиологические аспекты детского организма, которые формируют особенности патогенеза, динамики клинических проявлений, что необходимо учитывать при обосновании лечебной тактики [3].

Анализ данных первичной документации выявил следующее распределение больных по локализации полученных повреждений, представленное в табл. 1.

Таблица 1

Структура повреждений, полученных в результате ДТП у детей в г. Воронеже

Локализация повреждения	Количество больных с данной локализацией повреждений, %
Голова	58
Грудь	16

Живот	8
Верхние конечности	33
Нижние конечности	25
Сочетанные повреждения	83

Более 50% больных имели травмы головы, порядка 30% - травмы верхних конечностей, несколько меньше, 25% - повреждения нижних конечностей, повреждения области груди и живота встречались реже – 16% и 8% соответственно. Следует отметить, что в подавляющем большинстве травмы носили сочетанный характер, что обусловлено механизмом повреждения, а также сопряжено с тяжелым и крайне тяжелым состоянием при поступлении в ДХЦ.

Следующий ключевой фактор – отсутствие у детского населения таких важных компонентов комплексной медицинской помощи, как само- и взаимопомощь. Далеко не последнее место занимает и состояние отечественной системы здравоохранения, в которой выявляется недостаток высококвалифицированных специалистов педиатрического профиля [5].

Невозможна рациональная организация оказания медицинской помощи детскому населению

при ДТП и без соответствующей нормативно-правовой базы. Основными документами, регламентирующими порядок организации и оказания медицинской помощи детскому населению, являются со стороны ВЦМК «Защита» - «Порядок организации и оказания Всероссийской службой медицины катастроф медицинской помощи при чрезвычайных ситуациях, в том числе осуществления медицинской эвакуации», а со стороны Министерства здравоохранения Российской Федерации – «Порядок оказания медицинской помощи по профилю «детская хирургия»» [1, 5, 6].

Для оказания медицинской помощи детскому населению в условиях ДТП, равно как и при других чрезвычайных ситуациях, система здравоохранения имеет определенный опыт и соответствующее материальное обеспечение. Принципиальная схема материально-технического обеспечения оказания медицинской помощи детям в условиях ЧС представлена ниже.

Материально-техническое обеспечение оказания медицинской помощи детям при ЧС



В составе Минздрава имеются Российская детская клиническая больница и НИИ хирургии детского возраста РНИМУ им. Н.И. Пирогова, оснащенные высокотехнологичной современной аппаратурой и укомплектованные высококвалифицированными кадрами педиатрического профиля. На базе краевых, республиканских и областных больниц в регионах созданы центры детской хирургии, в том числе профильные [5]. В крупных городах имеются хирургические отделения на базе детских больниц. Подстанции скорой помощи в своем составе имеют специализированные педиатрические бригады,

готовые выдвинуться непосредственно в зону ЧС. При возникновении чрезвычайных ситуаций службой медицины катастроф разворачивается полевой многопрофильный госпиталь (ПМГ) – основное формирование, оказывающее квалифицированную помощь с элементами специализированной, оснащенное современной аппаратурой. В составе ПМГ имеется педиатрическое отделение, укомплектованное детскими анестезиологами-реаниматологами, детскими хирургами и педиатрами. В условиях чрезвычайных ситуаций с высоким удельным весом детей в структуре медико-санитарных потерь ПМГ

госпиталь может быть перепрофилирован в полевой педиатрический госпиталь (ППГ), усиление происходит за счет привлечения штатных специалистов педиатрического профиля из ближайших к зоне ЧС медицинских организаций [4].

Своевременное оказание медицинской помощи определяет прогноз для сохранения жизни и выздоровления детей, пострадавших в результате

дорожно-транспортных происшествий. Пострадавшие с сочетанными травмами в тяжелом состоянии нуждаются в транспортировке на этапы оказания квалифицированной или специализированной медицинской помощи в наиболее ранние сроки. Данные о времени транспортировки пострадавших детей в ДХЦ в Воронежской области представлены в таблице 2.

Таблица 2

Время транспортировки пострадавших детей в детский хирургический центр

Время прибытия в ДХЦ с момента происшествия	Количество пострадавших, %	Прогноз для выживания
Первые 30 минут	8	Благоприятный
Первый час	58	Благоприятный
1 – 3 часа	17	Относительной благоприятный
Более 3 часов	17	Неблагоприятный

Необходимо отметить правило «золотого часа» - своевременное оказание медицинской помощи в необходимом объеме в течение первого часа с момента получения травмы достоверно улучшает прогноз для выживания, что особенно важно при наличии сочетанных повреждений у детей. Транспортировка детей с сочетанной травмой в тяжелом состоянии более 3 часов часто сопряжена

с дестабилизацией состояния и летальным исходом.

Для обеспечения ранней доставки пострадавших детей в профильные отделения ДХЦ в Воронежской области привлекается санитарный автотранспорт, а также санитарная авиация. Анализ временных характеристик средств транспортировки пострадавших детей в Воронежской области представлен в таблице 3.

Таблица 3

Временные характеристики средств транспортировки пострадавших детей

Средство транспортировки	Число транспортированных пострадавших, %	Среднее время доставки в ДХЦ, мин.
Санитарная авиация	8	28
Автомобили скорой медицинской помощи	83	52 - 213
Личный автотранспорт граждан	8	76

Очевидно, что наиболее скоростным видом транспортировки является вариант с задействованием компактных единиц санитарной авиации, что особенно актуально для пострадавших детей с сочетанной травмой.

Выводы.

1. При оказании медицинской помощи пострадавшим в ДТП приоритет в ее очередности следует отдавать детям.

2. Наиболее прогностически благоприятным является оказание медицинской помощи детям в первые 30-60 минут.

3. Учитывая особенности трафика на автодорогах крупных городов, привлечение санитарной авиации для транспортировки пострадавших в ДТП детей является предпочтительным.

Библиография

1. Бессмертнов В.В. Особенности оказания медицинской помощи детям в условиях чрезвычайной ситуации / В.В. Бессмертнов, Д.М. Волкова, Д.А. Кожанова, А. Нуржанова // Бюллетень медицинских интернет-конференций. – 2013. – Т.3, №2. – С.238.
2. Бычков В.А. Организация работы полевого педиатрического госпиталя в г. Гудермесе Чеченской Республики / Бычков В.А., Е.Я. Гаткин, Е.С. Ильина // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: медицина. – 2004. – Т.1. – С.68-73.
3. Гончаров С.Ф. Медицинская помощь детям, пострадавшим в локальных военных конфликтах и террористических актах / С.Ф. Гончаров, В.И. Петлах, В.М. Розин // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. – 2015. – Т.5, №1. – С.21-27.
4. Возрастные особенности как основа формирования запасов медицинского имущества, используемых для оказания медицинской помощи детям, пострадавшим в условиях чрезвычайных ситуаций / Г.Я. Ибрагимова, А.Х. Гайсаров, А.Ф. Каюмова, Р.В. Насырова // Аспирантский вестник Поволжья. – 2016. – №5-6. – С.179-182.
5. Розин В.М. Организация медицинской помощи детям в чрезвычайных ситуациях / В.М. Розин, В.И. Петлах // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. – 2016. – Т.6, №4. – С.6-12.
6. Современная неотложная помощь при критических состояниях у детей. Практическое руководство / под ред. К. Макуэйя-Джонса, Э. Малинеукс, Б. Филлипс, С. Витески; пер. с англ.; под общ. ред. проф. Н.П. Шабалова. М.: МЕДпресс-информ, 2009.
7. Paediatric basic and advanced life support / A.R. de Caen, M.E. Kleinman, L. Chameides // 2010 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science with Treatment Recommendations. Resuscitation. – 2010. – Т.8. – С.213–259.

References

1. Bessmertnov V.V. Osobennosti okazaniya medicinskoj pomoshchi detyam v usloviyah chrezvychajnoj situacii / V.V. Bessmertnov, D.M. Volkova, D.A. Kozhanova, A. Nurzhanova // Byulleten' medicinskih internet-konferencij. – 2013. – T.3, №2. – S.238.
2. Bychkov V.A. Organizaciya raboty polevogo pediatricheskogo gospitalya v g. Gudermese Chechenskoj Respubliki / Bychkov V.A., E.YA. Gatkin, E.S. Il'ina // Vestnik Rossijskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: medicina. – 2004. – T.1. – S.68-73.
3. Goncharov S.F. Medicinskaya pomoshch' detyam, postradavshim v lokal'nyh voennyh konfliktah i terroristicheskikh aktah / S.F. Goncharov, V.I. Petlah, V.M. Rozinov // Rossijskij vestnik detskoj hirurgii, anesteziologii i reanimatologii. – 2015. – T.5, №1. – S.21-27.
4. Vozrastnye osobennosti kak osnova formirovaniya zapasov medicinskogo imushchestva, ispol'zuemyh dlya okazaniya medicinskoj pomoshchi detyam, postradavshim v usloviyah chrezvychajnyh situacij / G.YA. Ibragimova, A.H. Gajсарov, A.F. Kayumova, R.V. Nasyrova // Aspirantskij vestnik Povolzh'ya. – 2016. – №5-6. – S.179-182.
5. Rozinov V.M. Organizaciya medicinskoj pomoshchi detyam v chrezvychajnyh situacijah / V.M. Rozinov, V.I. Petlah // Rossijskij vestnik detskoj hirurgii, anesteziologii i reanimatologii. – 2016. – T.6, №4. – S.6-12.
6. Sovremennaya неотложная помощь при критических состояниях у детей. Практическое руководство / под ред. К. Макуэйя-Джонса, Э. Малинеукс, Б. Филлипс, С. Витески; пер. с англ.; под общ. ред. проф. Н.П. Шабалова. М.: МЕДпресс-информ, 2009.
7. Paediatric basic and advanced life support / A.R. de Caen, M.E. Kleinman, L. Chameides // 2010 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science with Treatment Recommendations. Resuscitation. – 2010. – T.8. – S.213–259.

PECULIARITIES OF ORGANIZATION OF RENDERING MEDICAL ASSISTANCE TO CHILDREN POPULATION IN THE ACCIDENT IN VORONEZH

Providing medical assistance to children in emergency situations is undoubtedly an urgent problem of disaster medicine. Special attention deserves the organization of assistance to children affected by road accidents. Unfortunately, the peculiarities of organizing the provision of medical assistance to the pediatric profile are not given due attention in modern didactic literature. A number of factors, such as the scale of the incident, the number of victims, the proportion and age of the affected children in the structure of health-care losses directly affect the organization and delivery of medical care. To provide medical assistance to the children of the population, it is necessary to organize a rational procedure for the provision of assistance, the availability of relevant specialized medical organizations, as well as the involvement of qualified pediatric specialists and the maximum use of sanitary aviation.

Keywords: emergency situations, children, medical care, traffic accidents.

Склярова Татьяна Петровна,

кандидат медицинских наук,
доцент кафедры медицины катастроф и безопасности жизнедеятельности,
Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко,
Россия, г. Воронеж,
e-mail: SklyarovaT@yandex.ru,

Sklyarova T.P.,

Candidate of Medical Sciences,
Associate Professor of the Department of Life Safety and Disaster Medicine,
Voronezh State Medical University. N.N. Burdenko,
Russia, Voronezh.

Сапронов Геннадий Иванович,

кандидат медицинских наук,
доцент кафедры медицины катастроф и безопасности жизнедеятельности,
Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко,
Россия, г. Воронеж,
e-mail: gisdok09@yandex.ru,

Sapronov G.I.,

Candidate of Medical Sciences,
Associate Professor of the Department of Life Safety and Disaster Medicine,
Voronezh State Medical University. N.N. Burdenko,
Russia, Voronezh.

Карапатьян Артём Ромэнович,

Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко,
Россия, г. Воронеж,

Karapetyan A.R.,

Voronezh State Medical University. N.N. Burdenko,
Russia, Voronezh.

Лернер Маргарита Сергеевна,

Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко,
Россия, г. Воронеж,

Lerner M.S.,

Voronezh State Medical University. N.N. Burdenko,
Russia, Voronezh.

РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛЬНОГО НОЖА ДЛЯ РАЗРЕЗАНИЯ ОДЕЖДЫ НА ПОСТРАДАВШИХ ПРИ ОКАЗАНИИ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ

И.Ю. Шарбанова, С.В. Базанов, А.В. Топоров, Л.В. Потапенко

При оказании первой помощи зачастую приходится снимать одежду, обувь, защитные приспособления с пострадавшего. Для предотвращения дополнительного повреждения тела человека разработан нож, который может быть использован при травмах для срезания одежды с пострадавшего с целью обеспечения доступа к поврежденным частям тела для оказания первой и медицинской помощи.

Ключевые слова: *пострадавший, первая помощь, нож для разрезания одежды, травма, несчастные случаи.*

Несмотря на видимую схожесть определений, первая помощь и скорая медицинская помощь имеют ряд принципиальных отличий, наиболее принципиальным из которых является возможность обучать любого человека, в том числе без медицинского образования, оказывать первую помощь пострадавшему. Это говорит о том, что комплекс мероприятий первой помощи прост и доступен, но самое важное – он крайне эффективен [1]. Как показывает статистика, в России порядка 40% погибших в чрезвычайных ситуациях умирают до приезда скорой медицинской помощи, в т.ч. вследствие неоказания им первой помощи. Такая ситуация обусловлена прежде всего тем, что аварии могут происходить в труднодоступных местах или районах, расположенных вдали от населенных пунктов. Поэтому бригада скорой медицинской помощи вынуждена добираться до пострадавших в течение нескольких часов, зачастую по пересеченной местности и бездорожью. Отрицательную роль в сложившейся ситуации также играет низкая степень готовности населения к оказанию первой помощи [2], а также уровень мотивации к ее оказанию [3]. Указанные выше обстоятельства однозначно говорят о том, что простой человек, не имеющий специального медицинского образования, применяя навыки первой помощи, может спасти жизнь человеку [4].

В соответствии со ст. 31 Федерального закона от 21.11.2011 г. № 323–ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» первая помощь до оказания медицинской помощи осуществляется гражданам при несчастных случаях, травмах, отравлениях и других состояниях и заболеваниях, угрожающих их жизни и здоровью, лицами, обязанными оказывать первую помощь в соответствии с Федеральным законом или со специальным правилом и имеющими соответствующую подготовку, в том числе сотрудниками органов внутренних дел Российской Федерации, сотрудниками, военнослужащими и работниками Государственной противопожарной службы, спасателями аварийно-спасательных формирований и аварийно-спасательных служб.

Наиболее часто именно противопожарная служба является самой мобильной, оснащенной и обученной службой спасения, одной из первых прибывающих на место катастрофы. В России подразделения государственной противопожарной службы привлекаются не только к тушению пожаров, но и к ликвидации последствий катастроф техногенного и природного характера.

В соответствии с законодательно-правовыми документами пожарные, полиция и спасатели всех ведомств относятся к спецконтингенту, обязанному оказывать первую помощь пострадавшим на местах трагедий, в тех случаях, когда медицинские работники отсутствуют в зонах повышенного риска, т. е. в районах случившейся катастрофы.

Часто при оказании первой помощи с пострадавшего приходится снимать одежду, обувь, защитное снаряжение и приспособления. При этом нужно стремиться как можно меньше передвигать человека и не причинять ему боль.

Для снятия одежды необходимо расстегнуть все пуговицы, молнии, застёжки. Снимать одежду необходимо с наименее поврежденных участков тела. Разрывать одежду не рекомендуется. Если нужно разрезать одежду, делать это необходимо предельно осторожно, по швам, ножницами из аптечки, острым ножом или специальным приспособлением. При нахождении в пассивном состоянии пострадавший неподвижен, он не может самостоятельно изменить принятую позу, голова и конечности свешиваются. Такое положение характерно для бессознательного состояния. Вынужденное положение пострадавший принимает для облегчения тяжелого состояния, ослабления боли; например, при поражении легких, плевры он вынужден лежать на пораженной стороне. Положение «лежа на спине» пострадавший принимает, как правило, при сильных болях в животе; при поражении почек некоторые пострадавшие держат ногу (со стороны повреждения) согнутой в тазобедренном и коленном суставе, так как при этом боль ослабевает [5].

В настоящее время существуют различные приспособления, позволяющие снимать (разрезать) одежду с пострадавшего (рис. 1) [6].



Нож спасателя EMS Rescue Pocket Knife Clip Point REMK



Нож FOX Servator FX-0171101



Нож Rescue Knife Singing Rock.



Тактические медицинские ножницы NAR-7 North American Rescue.



Ножницы Leatherman RAPTOR



Устройство для разрезания одежды S-CUT

Рис. 1. Виды устройств для разрезания одежды

Основным недостатком, объединяющим представленные конструкции, является отсутствие возможности для разрезания одежды на пострадавшем без риска пореза для пользующегося или любого возможного пациента из-за двухсторонней заточки, а также отсутствие возможности создания значительного усилия на лезвии, необходимого для резанья через подгибы, карманы, многослойные ткани, ремни, плотные планки и т.д., низкая скорость резания и риск пореза для пользующегося или любого возможного пациента.

Для устранения указанных недостатков был разработан нож, который может быть использован при травмах для срезания одежды с пострадавшего с целью обеспечения доступа к поврежденным частям тела для оказания первой и медицинской помощи [7].

Нож для разрезания одежды на пострадавших (рис.2) содержит рукоять 1, которая снабжена держателем 2 г-образной формы, установленным под углом α к оси рукояти 1. Торец держателя 3 скошен под углом β к торцу рукояти. Лезвие 4 закреплено в держателе 2 таким образом, что его режущая кромка 5 расположена на одной линии с кромкой 6 держателя и обращена к торцу рукояти 1 под углом γ , при этом угол α выбирают в диапазоне $30\div 60^\circ$, угол β выбирают в диапазоне $0\div 15^\circ$, угол γ выбирают в диапазоне $60\div 80^\circ$, длину режущей кромки лезвия выбирают в диапазоне 30-60 мм.

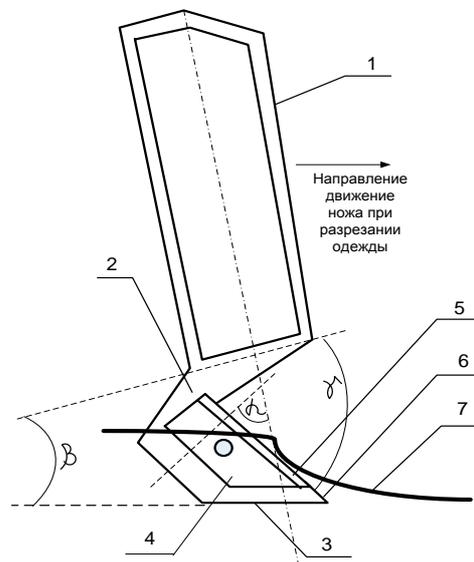


Рис. 2. Чертеж ножа 1 – рукоять, 2 – держатель, 3 – торец держателя 4 – лезвие 5 – режущая кромка лезвия 6- кромка, 7 - ткань

При применении ножа для разрезания одежды на пострадавших рукоять 1 зажимают в руке таким образом, чтобы держатель 2 находился со стороны мизинца. Режущая кромка 5 лезвия 4 должна быть ориентирована к пользующемуся («на

себя»). Нож устанавливают режущей кромкой 5 лезвия 4 к разрезаемой ткани 7 одежды, например, с изнанки горловины одежды. Разрезание производят продольным движением руки «на себя», что позволяет пользующемуся контролировать усилие и направление резания. Движение ножа происходит вдоль поверхности тела пострадавшего параллельно торцу держателя 3, кромкой 6 держателя ткань 7 поднимается к режущей кромке 5 лезвия 4, где происходит ее разрезание.

Разрезание одежды производится продольным движением руки «на себя». Эффективность разрезания обеспечивается созданием значительного усилия по сравнению с хватом ножа лезвием «от себя». При хвате ножа лезвием к большому пальцу сила сопротивления разрезанию компенсируется силой трения между

рукояткой и рукой, что при неблагоприятных условиях, например, повышенной влажности рук, может повлечь его выскальзывание. При хвате ножа лезвием к мизинцу сила сопротивления разрезанию компенсируется парой сил возникающие на рукоятке от реакций, появляющихся в области контакта рукоятки 1 с большим пальцем и мизинцем.

Таким образом, заявляемый нож обеспечивает возможность быстро резать как тонкую, так и плотную ткань, безопасно для использования в непосредственной близости к телу пострадавшего. Кроме применения для использования при медицинских травмах, как описано выше, заявляемый нож можно использовать для множества других видов деятельности, таких как скалолазание, прыжки с парашютом и т.д.

Библиография

1. Шарабанова И.Ю., Базанов С.В. Основы медицины катастроф: теория и практика. Первая помощь в чрезвычайных ситуациях: учебник, 2014. – 319 с.
2. Базанов С.В., Потапенко Л.В., Шарабанова И.Ю. Степень готовности населения к оказанию первой помощи пострадавшим в дорожно-транспортных происшествиях // Международный журнал экспериментального образования. – 2016. – № 4-3. – С. 490-490.
3. Базанов С.В., Потапенко Л.В., Шарабанова И.Ю. Уровень мотивации населения к оказанию первой помощи пострадавшим в дорожно-транспортных происшествиях // Международный журнал экспериментального образования. – 2016. – № 4-3. – С. 495.
4. Базанов С.В. Роль первой помощи в снижении смертности от дорожно-транспортных происшествий // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 11-5. – С. 707.
5. Шарабанова И.Ю., Базанов С.В., Потапенко Л.В. Алгоритмы выполнения практических навыков при оказании первой помощи пострадавшим. - Иваново, 2017. – 231 с.
6. Шарабанова И.Ю., Базанов С.В. Практическое руководство по оказанию первой помощи пострадавшим в экстремальных и чрезвычайных ситуациях / И.Ю. Шарабанова, С.В. Базанов. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2015. – 122 с.
7. Базанов С.В., Мальный И.А., Шарабанова И.Ю. Потапенко Л.В., Топоров А.В., Зейнетдинова О.Г. Нож, преимущественно для разрезания одежды на пострадавших. Патент на полезную модель RU 178 618 U1 от 15.06.2017.

References

1. SHarabanova I.YU., Bazanov S.V. Osnovy mediciny katastrof: teoriya i praktika. Pervaya pomoshch' v chrezvychajnyh situacijah: uchebnik, 2014. – 319 s.
2. Bazanov S.V., Potapenko L.V., SHarabanova I.YU. Stepen' gotovnosti naseleniya k okazaniyu pervoj pomoshchi postradavshim v dorozhno-transportnyh proisshestviyah // Mezhdunarodnyj zhurnal ehksperimental'nogo obrazovaniya. – 2016. – № 4-3. – S. 490-490.
3. Bazanov S.V., Potapenko L.V., SHarabanova I.YU. Uroven' motivacii naseleniya k okazaniyu pervoj pomoshchi postradavshim v dorozhno-transportnyh proisshestviyah // Mezhdunarodnyj zhurnal ehksperimental'nogo obrazovaniya. – 2016. – № 4-3. – S. 495.
4. Bazanov S.V. Rol' pervoj pomoshchi v snizhenii smertnosti ot dorozhno-transportnyh proisshestvij // Mezhdunarodnyj zhurnal ehksperimental'nogo obrazovaniya. – 2015. – № 11-5. – S. 707.
5. SHarabanova I.YU., Bazanov S.V., Potapenko L.V. Algoritmy vypolneniya prakticheskikh navykov pri okazanii pervoj pomoshchi postradavshim. - Ivanovo, 2017. – 231 s.
6. SHarabanova I.YU., Bazanov S.V. Prakticheskoe rukovodstvo po okazaniyu pervoj pomoshchi postradavshim v ehkstremaal'nyh i chrezvychajnyh situacijah / I.YU. SHarabanova, S.V. Bazanov. – Ivanovo: FGBOU VO Ivanovskaya pozharno-spatatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2015. – 122 s.
7. Bazanov S.V., Malyj I.A., SHarabanova I.YU. Potapenko L.V., Toporov A.V., Zejnetdinova O.G. Nozh, preimushchestvenno dlya razrezaniya odezhdy na postradavshih. Patent na poleznuyu model' RU 178 618 U1 ot 15.06.2017.

DEVELOPMENT OF THE SPECIAL KNIFE FOR CUTTING OF CLOTHES ON VICTIMS AT FIRST-AID TREATMENT

Annotation: *At first-aid treatment often it is necessary to take off clothes, footwear, defensors from the victim. The knife which can be used at injuries for cutting of clothes from the victim for the purpose of ensuring access to the damaged parts of a body for rendering the first and medical care is developed for prevention of additional injury of a body of the person.*

Keywords: *Victim, first aid, clothes cutting knife, a trauma, accidents.*

Шарабанова Ирина Юрьевна,

к.м.н., доцент,

заместитель начальника академии по научной работе,

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»,

Россия, г. Иваново,

e-mail: sharabanova@bk.ru,

Sharabanova I.Yu.,

PhD, Associate Professor,

Deputy Chief of the Academy for Scientific Work,

Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,

Russia, Ivanovo.

Базанов Сергей Владимирович,

директор государственного казенного учреждения здравоохранения Ивановской области «Территориальный центр медицины катастроф Ивановской области», главный внештатный специалист по медицине катастроф Департамента здравоохранения Ивановской области,

Россия, г. Иваново,

т. 8-908-562-97-53, e-mail: tcmkio@rambler.ru

Bazanov S.V.,

the director of state establishment of health care of the Ivanovo region "The territorial center of medicine of accidents of the Ivanovo region", the chief non-staff specialist on medicine of accidents of Department of health care of the Ivanovo region

Russia, Ivanovo.

Топоров Алексей Валериевич,

к.т.н.,

доцент кафедры механики, ремонта и деталей машин,

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»,

Россия, г. Иваново,

т. 8-920-678-35-90, e-mail: ironaxe@mail.ru

Toporov A.V.,

Candidate of Technical Sciences,

the associate professor of department of mechanics, repair and machines parts,

Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,

Russia, Ivanovo.

Потапенко Людмила Владимировна,

кандидат медицинских наук, доцент,

заведующая клиническим отделом, главный внештатный специалист Департамента здравоохранения Ивановской области по скорой медицинской помощи,

Россия, г. Иваново,

e-mail: tcmkio@rambler.ru

Potapenko L.V.,

the candidate of medical sciences,

the manager of clinical department, the chief non-staff specialist of Department of health care of the Ivanovo region on emergency medical service,

Russia, Ivanovo.



МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

УДК 519.248

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ ЗАДАЧ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОТИВОКРИМИНАЛЬНОЙ ЗАЩИЩЕННОСТИ И ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

М.Ю. Пакляченко, А.А. Гущина, А.В. Мальцев

В статье рассмотрены проблемы толкования, особенности классификации, некоторые критерии и принципы проектирования интегрированных систем безопасности, а также критерии оценки эффективности интегрированных систем безопасности в рамках повышения уровня противокриминальной безопасности и пожарной защищенности. Авторами предложено и актуализировано построение вероятностной модели для оценки эффективности интегрированных систем безопасности.

Ключевые слова: охраняемый объект, противокриминальная защита, противопожарная защита объектов, система интегрирования, интегрированные системы безопасности, программно-аппаратные комплексы, двухуровневое интегрирование.

Согласно Стратегии национальной безопасности, утвержденной указом Президента от 31.12.2015 № 683, к угрозам государственной и общественной безопасности относятся действия и события, провоцирующие нарушение функционирования объектов инфраструктур, которые могут быть вызваны не только стихийными бедствиями и катастрофами, но и ухудшением их технического состояния, а также возникновением пожаров [1].

Регулярно происходящие чрезвычайные техногенные ситуации [2,3] подтверждают, что стратегически важным является укрепление и повышение уровней противокриминальной и пожарной защищенности объектов. В частности, этого можно достичь проведением комплексных мероприятий, в перечень которых входит, в том числе, и организация охраны объектов с применением инженерно-технических средств охраны (ИТСО). Для обеспечения надлежащей защищенности различных инфокоммуникационных систем необходимо учитывать факторы технологической, логической и физической безопасности.

В этой связи актуальными являются концептуальные решения задач эффективного проектирования, монтажа и обслуживания ИТСО с учетом быстрого развития и совершенствования материально-технической базы отечественного производства. В частности, данная задача отражает

не менее актуальную стратегию импортозамещения, так как для обеспечения охраны и безопасности оборонной сферы, объектов и предприятий двойного назначения целесообразно устранить зависимость от иностранного оборудования. Уже существует ряд отечественных устройств, используемых сегодня для обеспечения физической безопасности и противокриминальной защищенности, являющихся модернизированными приборами нового поколения, созданными с применением инновационных технологий.

Стоит отметить, что вышеуказанная задача предполагает возможность интеграции техники, разработку программных комплексных сценариев действий, при которых системы безопасности различного целевого назначения работают координированно и согласованно. Применение подобных ИТСО перспективно для сопряжения обособленных сегментов систем безопасности, обеспечивающих личную и имущественную защиту, противокриминальную и антитеррористическую защищенность, пожарную безопасность объектов. Примером подобного рода объединения являются интегрированные системы безопасности (ИСБ).

Несмотря на то что ретроспективный анализ развития технологий проектирования ИСБ берет свое начало с 90-ых годов, остается нерешенным ряд принципиально важных вопросов, начиная от однозначных дефиниций и классификации ИСБ, заканчивая определением оптимальной по всем

характеристикам и параметрам системы, а также синтезом значащих критериев, оказывающих влияние на выбор той или иной ИСБ.

Проблемы терминологии ИСБ

Необходимо отметить, что большинство терминов, используемых в сфере обеспечения безопасности или защищенности строго определены стандартами и отраслевыми рекомендациями (например, для деятельности подразделений вневедомственной охраны Росгвардии – научно

исследовательский центр «Охрана», по направлениям деятельности МЧС – Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России (федеральный центр науки и высоких технологий)), однако фундаментальное понятие ИСБ, как ни парадоксально, до принятия ГОСТ Р 57674-2017 трактовалось разными документами принципиально differently (рис. 1) [4].



Рис. 1. Проблема терминологического толкования интегрированных систем безопасности (ИСБ) и комплексных систем безопасности (КСБ) в ГОСТ Р 53704-2009

Отраслевое определение, приведенное в Рекомендациях по охране особо важных объектов с применением интегрированных систем безопасности (Р 78.36.018-2011), следующее (рис. 2, а):

ИСБ – система, объединяющая средства охраны и безопасности (ТСБ) объекта на основе единого программно-аппаратного комплекса (ПАК) с общей информационной средой (ИС) и единой базой данных (БД).

Важно отметить, что с 01.06.2018 вводится в действие национальный стандарт 57674-2017

«Интегрированные системы безопасности. Общие положения», призванный, среди прочего, формировать единый технический язык в области ИСБ. Согласно устанавливаемой стандартом терминологии (рис. 2, б):

ИСБ – система безопасности объекта, объединяющая в себе целевые функциональные системы (ЦФЗ), предназначенные для защиты от угроз различной природы возникновения и характера проявления.

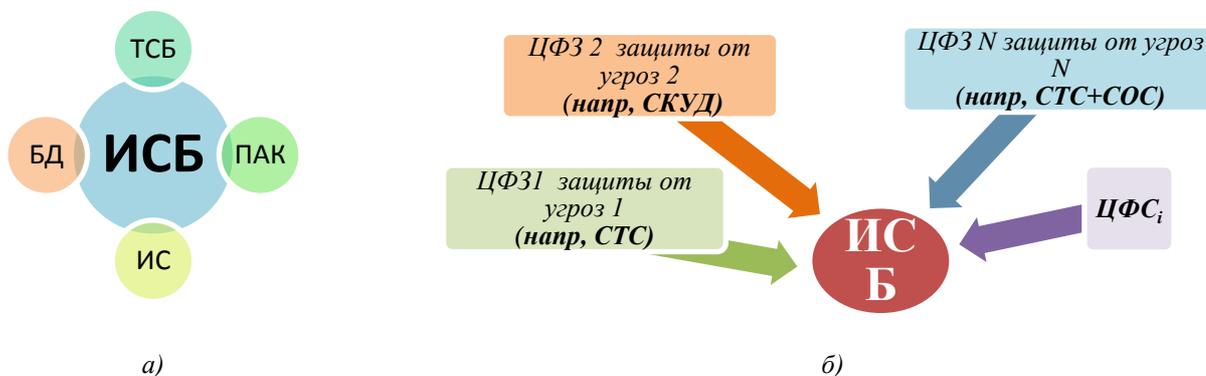


Рис. 2. Схематическое представление определения ИСБ согласно Р 78.36.018-2011 (а) и ГОСТ Р 57674-2017(б)

Таким образом, новым ГОСТом отмечается ориентированность концептуального содержания и целевого назначения ИСБ – защита от угроз

различной природы (физической, логической и технологической).

Дальнейший анализ содержания основных

национальных стандартов в исследуемой области (ГОСТ Р 53704-2009 и ГОСТ Р 57674-2017) [4,5] отмечает, что, если в редакции 2009 года состав ИСБ был представлен определенными подсистемами: дежурно-диспетчерская; пожарной сигнализации; пожарной автоматики (пожаротушения, противодымной защиты, оповещения, эвакуации); производственно-технологического контроля; охранной и тревожной сигнализации (СОС и СТС соответственно); контроля и управления доступом (СКУД); теле/видеонаблюдения и контроля (или система охранная телевизионная - СОТ); досмотра и

поиска; связи с объектом; защиты информации; инженерно-технических средств физической защиты; инженерного обеспечения объекта, и ИСБ считалась таковой, при наличии не менее 2-х совместно действующих подсистем из приведенного перечня, то в ГОСТе 2017 года из структуры основных (обязательных) подсистем ИСБ (рис. 3) исключена система пожарной сигнализации, что, по нашему мнению, является ошибкой, поскольку, как правило, системы сигнализации (охранной, пожарной и тревожной) реализуются на одной аппаратно-программной платформе.

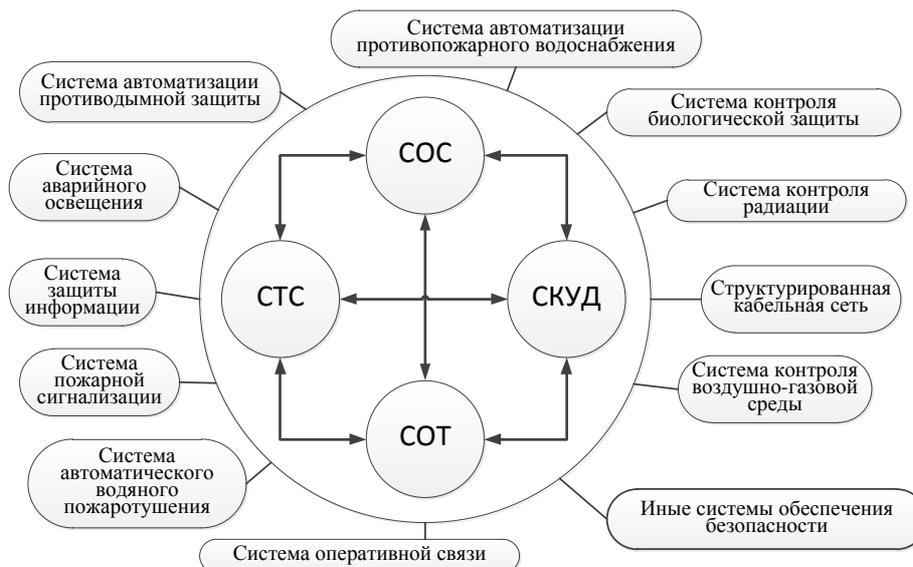


Рис.3. Структура ИСБ согласно ГОСТ Р 57674-2017

Особенности классификации ИСБ

Важно отметить, что в нормативно-технической базе приводится единичная и простая классификация ИСБ, так, в ГОСТ Р 57674-2017 выделяют лишь:

1) локальные ИСБ – для обеспечения локальной противокриминальной защиты, при которой извещения о состоянии охраняемого объекта, а также управление осуществляется с помощью средств отображения информации и управления;

2) централизованные ИСБ – при которых извещения передаются на пульт централизованного

наблюдения системы передачи извещений посредством использования различных каналов связи.

На основании анализа и доработки Р 78.36.018-2011 мы предлагаем расширить варианты классификации ИСБ, которые будут способствовать оптимальному и наиболее корректному выбору.

В качестве классификационной основы возможно применить такой критерий, как принципы построения и проектирования ИСБ, которые во многом определяются вариантами соединения и компоновки оборудования подсистем для организации комплексной безопасности защищаемого объекта (рис. 4).

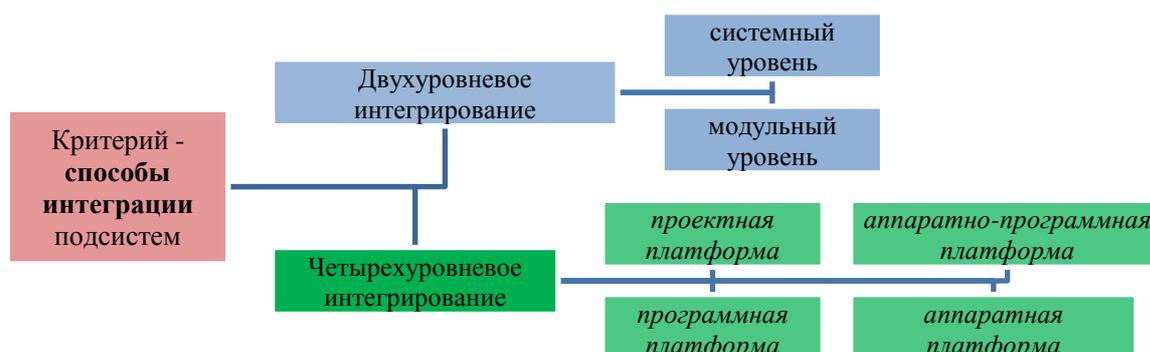


Рис. 4. Классификация ИСБ по способам интеграции подсистем

Значительная часть ИСБ строится по принципу двухуровневого интегрирования. Первый уровень является системным, в котором центральный процессор объединяет все подсистемы и реализует их взаимодействие, а каждая из подсистем при поступлении определенного сигнала от другой подсистемы автоматически выполняет запрограммированные действия. Второй уровень – модульный, где контроллеры узконаправленной подсистемы управляют небольшой группой периферийного оборудования (датчиками, камерами, считывателями и исполнительными устройствами).

В рамках четырехуровневой интеграции возможно проведение следующих процессов объединения аппаратного оборудования ИСБ.

Интеграция на этапе проектирования предполагает объединение разнородного оборудования от разных фирм-производителей, специально не предназначенного для построения ИСБ, в одну систему (рис. 5). Интеграция проводится проектно-монтажными организациями, которые позиционируются как «системные интеграторы». Объединение осуществляется путем организации дежурно-диспетчерского пункта в общем помещении, а взаимодействие между подсистемами осуществляется на уровне операторов подсистем (1,2,3 на рис.5), то есть без автоматизации, и/или на «релейном» уровне отдельных ТСО (NC, COM, NO – клеммы реле на переключение на рис 5). При этом обязательно разрабатывается пакет инструкций по взаимодействию операторов систем безопасности, функционирующих на объекте, или схемы электрических соединений ТСО (рис. 5).

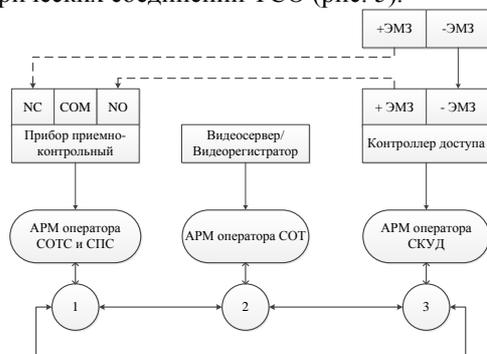


Рис. 5. Интеграция подсистем ИСБ на проектном уровне: +/- ЭМЗ – клеммы электромагнитного замка

Для релейного соединения используются нормально-замкнутые (NC) контакты реле пульта приемно-контрольного охранно-пожарного (ППКОП), которые включаются в разрыв цепи электромагнитного замка (ЭМЗ). При срабатывании шлейфов сигнализации (ШС) (охранных, тревожных или пожарных), запрограммированных на конкретное реле, разрывается цепь ЭМЗ и автоматически предоставляется/ограничивается доступ в охраняемую зону на определенный промежуток времени. Данные действия также может осуществить оператор автоматизированного

рабочего места (АРМ), получивший соответствующую информацию от оператора другой подсистемы. Стоит отметить, что такой вариант ИСБ можно использовать для организации беспрепятственной эвакуации людей с охраняемого объекта, на котором был обнаружен пожар или очаг возгорания.

Очевидно, что это самый простой способ интеграции, в котором присутствует ряд недостатков (разнородность аппаратуры, сложность обслуживания, человеческий фактор и т.д.), и его нельзя считать в настоящее время перспективным, хотя имеется ряд компаний – «системных интеграторов», которые предлагают проверенные проектные решения.

Непосредственную интеграцию разнородного оборудования на программном уровне осуществляет специализированное программное обеспечение (ПО), то есть определенный программный продукт, разработанный и реализуемый отдельно от аппаратной части. Взаимосвязь с аппаратной частью узконаправленных подсистем осуществляется с помощью создания программ-драйверов, разрабатываемых специально для работы элементов ТСО различных производителей. Непосредственное сопряжение с аппаратными средствами осуществляется с помощью стандартных портов компьютера (рис. 6).



Рис. 6. Программная платформа ИСБ

Основными достоинствами такого построения ИСБ являются:

- возможность на программном уровне создавать многозадачные высококачественные программные системы, используя весь потенциал современных компьютерных технологий;
- возможность объединения с аппаратными средствами различных производителей при наличии интерфейсов обмена информацией в самих средствах, а также специальных драйверов.

Главным недостатком программной интеграции является необходимость разработки драйверов для каждого применяемого аппаратного средства или элемента ТСО. Примерами таких систем являются ИСБ на базе ПО «Грифос», «Lugix», «Aparc», «Интегра-С», «Itrium», «ParsecNET 3» и др.

При интеграции на программно-аппаратном уровне базисом для построения каждой ИСБ служит набор аппаратно-программных средств, которые обладают технической, информационной, программной и эксплуатационной совместимостью.

Так как все средства и технологии разрабатываются единственным унифицированным производителем, то это способствует достижению оптимальных эксплуатационных характеристик, при этом каждая ИСБ представляет собой законченный продукт и поставляется с полной гарантией или даже технической поддержкой производителя. Примерами ИСБ с подобной интеграцией являются продукты серийного производства, такие ИСБ как «Орион», «Кодос», «Рубеж-08», «Пахра» и др.

Интеграция на аппаратном уровне подразумевает объединение оборудования и программного комплекса одного производителя, при этом управление всей ИСБ осуществляется без использования ПЭВМ общего назначения (на основе специализированных высокопроизводительных контроллеров и локальных сетей). В составе ИСБ на уровне управления обычно используется универсальный контроллер с высокими функциональными возможностями. Аппаратный способ построения ИСБ без участия обычных ЭВМ обеспечивает большую надежность и быстродействие системы. Примером ИСБ с аппаратной платформой интеграции является ИСБ «Рубеж-09».

Критерии оценки эффективности ИСБ

Главной задачей проектирования любой ИСБ является ее надежность и эффективность. Существует значительное число научных и методологических подходов к оценке подобного рода характеристик как отдельных подсистем в составе ИСБ, так и системы в целом. Обычно используют статистический анализ и вероятностные модели оценки надежности программных и аппаратных средств, метод экспертных оценок и др. В целях определения надежности и эффективности ИСБ, наряду с экспертными оценками, можно использовать аппарат математического моделирования.

На сегодняшний день имеется ряд отечественных программных продуктов, которые реализуют построение логико-вероятностных моделей для расчета и оценки надежности функциональной целостности сложных технических систем: АРБИТР, АРМ Надежности, АСОНИКА и др. Как правило, они основываются на методологической базе теории графов, а также алгебры логики, определяющей бинарность моделей ТСО в составе ИСБ.

При моделировании и оценке надежности ИСБ целесообразно использовать единую методику общего логико-вероятностного метода моделирования, которую можно разделить на следующие этапы:

- определение всех исходных данных для моделирования (вероятностных, временных параметров элементов ИСБ);
- анализ и последующий синтез структурной схемы ИСБ для формализации постановки задачи моделирования;
- принятие и формулировка основных

ограничений и допущений;

- формирование перечня оцениваемых показателей надежности ИСБ;
- оценка надежности ИСБ;
- формализация постановки задачи моделирования и расчета, включающая в себя разработку структурно-логической модели (схемы функциональной целостности - СФЦ) ИСБ и задание логического критерия ее функционирования;
- построение логической функции работоспособности ИСБ и расчет ее оцениваемых показателей надежности с помощью программного обеспечения.

Актуальны исследования автоматизированной работы ИСБ, например, построение вероятностной модели, содержащей в себе характеристики основных функций ИСБ и обязанностей служб безопасности охраняемого объекта:

- 1) определение угроз защищаемому объекту;
- 2) обнаружение угроз(ы) (главным образом, с помощью ТСО), оценка ситуации и рисков;
- 3) реагирование (регламентные действия сотрудников служб безопасности, направленные на пресечение криминального воздействия или угрозы техногенного характера, а также реализация сценариев действий в ИСБ).

Обнаружение угрозы в отношении охраняемого объекта реализуется последовательно: размещение и выбор ТСО (например, в СОПС – извещателями различного вида, в СКУД – контроллером доступа, в СОТ – видеокамерой), далее – реагированием оператора АРМ подсистемы ИСБ, задействованной в обнаружении. При этом вероятностными характеристиками являются $P_{ТСО}$ – вероятность обнаружения угрозы ТСО в составе базовых подсистем ИСБ; $P_{АРМ}$ – вероятность обнаружения угрозы и ее оценки оператором подсистемы в составе ИСБ. Зависимость $P_{АРМ}$ от времени оценки можно заменить автокорреляционной функцией случайного процесса. Данный параметр моделирует распределение во времени продолжительности и частоты возникновения угроз на охраняемом объекте. С учетом толкования формулы А.Н. Колмогорова [7] о том, что связь между двумя величинами случайного процесса определяется коэффициентом корреляции между ними, можно считать, что значительный по продолжительности интервал времени, потраченного на проверку истинности сигнала тревоги и оценку ситуации на объекте, сводит к минимуму желаемый результат организационно-технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности объекта, снижая величину вероятности обнаружения угроз до критически низкого показателя.

Для исследования работы отдельных подсистем в составе ИСБ, например, СКУД,

возможно применение теории отказов (построение дерева отказов), а также Марковских процессов.

В заключение необходимо отметить, что любой объект, на котором проектируется ИСБ, должен восприниматься как уникальный ввиду своего специфики своего целевого назначения и архитектурных особенностей каждого здания. По этой причине каждая создаваемая ИСБ, процессы интеграции ее структуры, описание сценариев действий представляют собой оригинальный проект и единичный экземпляр. При выборе ИСБ необходимо строго определить перечень решаемых ей задач в части обеспечения безопасности и

дополнительных функциональных потребностей. Полнота и корректность указанного перечня будут определять эффективность результата обеспечения безопасности объекта и надежность работы всей ИСБ в целом. Императивными критериями можно назвать противокриминальную и антитеррористическую защищенность объекта, а также пожарную безопасность, поскольку угрозы, коррелирующие с этими критериями, являются наиболее опасными, а последствия их реализации можно охарактеризовать как приносящие значительный ущерб как отдельному лицу, так и государству в целом.

Библиография

1. О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации: указ Президента РФ от 31.12.2015 N 683. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_191669/
2. Сайт Первого канала. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.1tv.ru/news/2018-04-01/343307-proshla_nedelya_posle_strashnogo_pozhara_v_kemerove_zimnyaya_vishnya_tragediya_i_rassledovanie
3. Сайт 163город. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://163gorod.ru/event/2443255-v-noyabrskoye-proizoshel-vzriv-na-obekte-tek>
4. ГОСТ Р 57674-2017. Интегрированные системы безопасности. Общие положения. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200147050>
5. ГОСТ Р 53704-2009 Системы безопасности комплексные и интегрированные. Общие технические требования. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200080466>
6. Р 78.36.018-2011 Р 78.36.018-2011 Рекомендации по охране особо важных объектов с применением интегрированных систем безопасности. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200102115>
7. Колмогоров А.Н. Рассеяние энергии при локально изотропной турбулентности // Докл. АН СССР. - Т. 32, № 1. - С. 19-21.

References

1. O Strategii nacional'noj bezopasnosti Rossijskoj Federacii: ukaz Prezidenta RF ot 31.12.2015 N 683. – [EHlektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_191669/
2. Sajt Pervogo kanala. – [EHlektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: https://www.1tv.ru/news/2018-04-01/343307-proshla_nedelya_posle_strashnogo_pozhara_v_kemerove_zimnyaya_vishnya_tragediya_i_rassledovanie
3. Sajt 163gorod. – [EHlektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://163gorod.ru/event/2443255-v-noyabrskoye-proizoshel-vzriv-na-obekte-tek>
4. GOST R 57674-2017. Integrirovannye sistemy bezopasnosti. Obshchie polozheniya. – [EHlektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://docs.cntd.ru/document/1200147050>
5. GOST R 53704-2009 Sistemy bezopasnosti kompleksnye i integrirovannye. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya. – [EHlektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://docs.cntd.ru/document/1200080466>
6. R 78.36.018-2011 R 78.36.018-2011 Rekomendacii po ohrane osobo vazhnyh ob'ektov s primeneniem integrirovannyh sistem bezopasnosti. – [EHlektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://docs.cntd.ru/document/1200102115>
7. Kolmogorov A.N. Rasseyanie ehnergii pri lokal'no izotropnoj turbulentnosti // Dokl. AN SSSR. - T. 32, № 1. - S. 19-21.

SOME ASPECTS OF EVALUATING THE EFFICIENCY OF INTEGRATED SECURITY SYSTEMS FOR PROBLEMS OF SECURING ANTI-CRIMINAL PROTECTION AND FIRE SAFETY

The article discusses the problems of interpretation, classification features, some criteria and principles for designing integrated security systems, as well as criteria for evaluating the effectiveness of integrated security systems within the framework of increasing the level of anti-criminal safety and fire protection. The authors proposed and actualized the construction of a probabilistic model for assessing the effectiveness of integrated security systems.

Key words: *protected object, anti-criminal protection, fire-fighting.*

Пакляченко Марина Юрьевна,

*кандидат технических наук,
старший преподаватель кафедры радиотехнических систем и комплексов охранного мониторинга,*

Воронежский институт МВД России,

Россия, г. Воронеж,

E-mail: marina_lion@mail.ru

Paklyachenko M.Y.,

candidate of sciences (technical),

senior teacher of the chair of radiotechnical systems and security monitoring complexes,

Voronezh institute of Ministry of the Interior of Russia.

Russia, Voronezh.

Гущина Анастасия Александровна,

кандидат технических наук,

старший преподаватель кафедры радиотехники и электроники,

Воронежский институт МВД России,

Россия, г. Воронеж,

E-mail: a.gushchina@rambler.ru

Gushchina A.A.,

candidate of sciences (technical),

senior teacher of the chair of Radio engineering and electronics,

Voronezh Institute of the Ministry of the Interior of Russia.

Russia, Voronezh.

Мальцев Александр Владимирович,

кандидат технических наук,

начальник кафедры пожарной и аварийно-спасательной техники,

Воронежский институт-филиал ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России,

Россия, г. Воронеж,

телефон: 8-920-460-30-92, e-mail: fastmen@list.ru

Maltcev A.V.,

Candidate of Technical Sciences,

head of the department PIAST,

Voronezh Institute - a branch of FGBOU in the Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,

Russia, Voronezh.

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ НЕИСПРАВНОСТИ ЗВУКОВОГО СИГНАЛИЗАТОРА ДЫХАТЕЛЬНОГО АППАРАТА АП «ОМЕГА» ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ В УСЛОВИЯХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР

Р.М. Шипилов, И.Ю. Шарбанова, Д.Ю. Захаров, О.Г. Волков, А.А. Апарин

В статье выделяется одна из возможных неисправностей СИЗОД, возникающая в ходе работ по тушению пожара в условиях отрицательных температур окружающей среды, что в свою очередь влечет за собой полное нарушение работы звукового сигнализатора дыхательного аппарата на сжатом воздухе АП «Омега». Экспериментально определены временные интервалы образования ледяного тромба. А также предлагается путь решения данной проблемы.

Ключевые слова: неисправности средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) и зрения человека, сигнальное устройство (звуковой сигнализатор), дыхательный аппарат АП «Омега».

При проведении аварийно-спасательных работ (АСР) по тушению пожаров, в процессе активной «проливки» местности или строительных конструкций пожарные-спасатели, работающие в составе звеньев газодымозащитной службы (ГДЗС), могут столкнуться с такой проблемой, как непреднамеренное «заливание» сигнального устройства дыхательного аппарата, что может привести к нарушению его нормальной работы. Сигнальное устройство (СУ) (рис. 1) – это приспособление, предназначенное для подачи звукового сигнала работающему о том, что основной запас воздуха в дыхательном аппарате израсходован и остался только резервный [5]. Срабатывание СУ является критической отметкой, разделяющей время защитного действия, на время, когда в баллоне имеется основной запас воздуха, и на то, когда остался резервный запас. СУ должно автоматически срабатывать при снижении запаса воздуха в баллоне до значения в пределах от 18 до 23% от общего запаса воздуха. Оно состоит из таких основных частей, как корпус (рис. 1а), ввернутые в него свисток (рис. 1б) и манометр (рис. 1д).

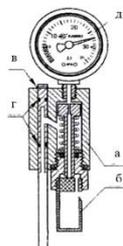


Рис. 1. Сигнальное устройство АП «Омега» (а), свисток (б), стопорное кольцо (в), кольцо (г), манометр (д)

Нарушение работы СУ дыхательного аппарата может возникнуть в случае попадания воды с различными частицами мусора (пепел, грязь) в свисток (рис. 1б) или в случае попадания воды в свисток при проведении АСР в условиях отрицательных температур. В первом случае

возникнут нарушения нормальной работы свистка (прерывистость, отсутствие сигнала). Во втором случае при «заливании» сигнального устройства с последующей кристаллизацией воды. В результате подача сигнала о том, что в дыхательном аппарате закончился основной запас воздуха и остался только резервный, станет невозможной.

Эта проблема является актуальной, так как при выполнении в сложных, а иногда в экстремальных условиях некоторых видов работ, таких как: перенос пострадавших, продвижение и работа с рукавной линией, заполненной водой, работа в условиях ограниченной видимости после заполнения помещения воздушно-механической пеной, работа в непригодной для дыхания среде, расход воздуха может быть непредвиденно увеличен [7, 11]. Время защитного действия дыхательного аппарата вследствие этого уменьшается. Соответственно, при выполнении оперативно-тактических задач по проведению АСР и несвоевременном информировании пожарного-спасателя о том, что в аппарате заканчивается воздух, может произойти резкое прекращение его подачи. Это может спровоцировать попадание газодымозащитника в условия стрессовой ситуации, особенно если его работа осуществляется на высоте или в непригодной для дыхания среде, что может привести к гибели пожарного-спасателя [10].

Целью работы является совершенствование механизма СУ с целью бесперебойной работы сигнала АП «Омега» при проведении АСР в различных условиях.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи исследования:

- выявить общее количество дыхательных аппаратов на сжатом воздухе по субъектам РФ и определить количество АП «Омега» в Ивановском пожарно-спасательном гарнизоне;
- выявить особенности климатических условий в Ивановской области;

– определить время кристаллизации воды в полости свистка звукового сигнализатора при различных условиях;

– создать модель «Защитного чехла»;

– экспериментально обосновать эффективность «Защитного чехла».

Новизна модели «Защитного чехла» заключается в разработке инновационного устройства, предназначенного для предотвращения попадания влаги и механических примесей в полость свистка СУ.

Методика проведения исследования:

Исследование проводилось в период с 2016 года по 2017 год. Исследование проходило в несколько этапов.

Первый этап связан с анализом состояния предмета исследования. На данном этапе анализировалась информация об имеющихся дыхательных аппаратах на сжатом воздухе, полученная из 81 Главного управления (ГУ) МЧС России по субъектам РФ. С целью определения укомплектованности гарнизонов дыхательными аппаратами и возможностью столкнуться с проблемой «заливания» свистка применялся «Опросник». В опросе приняли участие 140 респондентов из ФПС и ППС по субъектам РФ.

Второй этап связан с опытно-экспериментальной проверкой сигнального устройства на предмет его «заливания» и помещения в условия низких температур. Цель данного этапа связана с экспериментальным выявлением недостатков и последующим их устранением.

Третий этап связан с опытно-экспериментальной проверкой предлагаемых преобразований (разработка модели «Защитного чехла») с целью повышения эффективности совершенствования работы СУ АП «Омега».

Результаты исследования:

Посредством взаимодействия с Главными управлениями (ГУ) МЧС России была получена информация о количестве дыхательных аппаратов на

сжатом воздухе по субъектам РФ. Согласно сведениям, представленным из 81 ГУ МЧС России по субъектам РФ на сегодняшний день в пожарно-спасательных подразделениях имеется и активно используется 66712 дыхательных аппаратов для пожарных-спасателей [7]. Большая часть этих аппаратов произведена российскими компаниями.

В качестве экспериментальной базы был выбран Ивановский пожарно-спасательный гарнизон. По состоянию на 1 января 2017 года ГДЗС территориального пожарно-спасательного гарнизона Ивановской области на оснащении имеет 655 дыхательных аппаратов на сжатом воздухе (ДАСВ) различных модификаций, из них 515 единиц в федеральной противопожарной службе (ФПС) и 140 единиц в противопожарной службе (ППС) субъектов Российской Федерации: АП «Омега» – 72,5 %; АУЭР – 11,5 %; ПТС «Базис» – 3 %; ПТС «Профи» – 10,5 %; АП 2000 – 2,5 % [6]. Исходя из этого стоит отметить, что именно дыхательный аппарат АП «Омега» является самым часто поставляемым дыхательным аппаратом для комплектации Ивановского пожарно-спасательного гарнизона.

Для апробации утверждений о необходимости применения защитных приспособлений для правильного функционирования СУ АП «Омега» в 2017 году на базе ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России было проведено исследование. В ходе исследования был разработан «Опросник». В социологическом опросе приняли участие 140 респондентов из ФПС и ППС по субъектам РФ, имеющих опыт работы от 1 года до 15 и более лет. Сбор информации проходил в виде онлайн-опроса с помощью групп в социальной сети «ВКонтакте»: «Боевой Участок» и «Типичная Пожарка». По результатам опрошенных респондентов получили следующие данные: 44,3 % респондентов используют аппараты ПТС «Профи», 35 % респондентов – АП «Омега», 14,3 % – аппараты Dräger PSS 3000 (5000) (рис. 2).

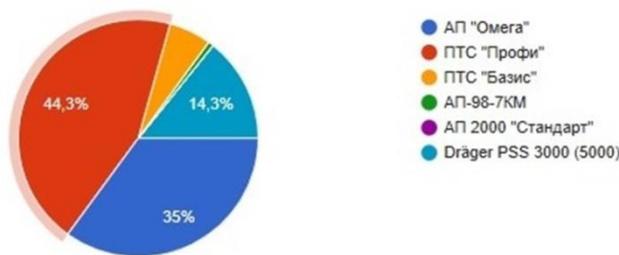


Рис.2. Соотношение ДАСВ в ФПС и ППС по субъектам РФ

Из общего числа респондентов, использующих в своей работе АП «Омега», 22,9 % ответили, что при работе в условиях низких температур сталкивались с проблемой «заливания» свистка СУ (рис. 3), что препятствовало его нормальной работе. В качестве основной проблемы

«заливания» свистка все опрошенные видят конструктивные особенности звукового сигнализатора. В качестве решения данной проблемы респонденты видят разработку защитного приспособления свистка СУ.

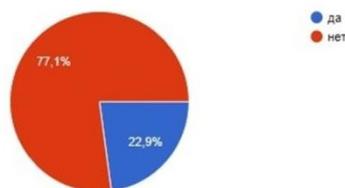


Рис.3. Соотношение респондентов, использующих АП «Омега», сталкивающихся с проблемой попадания воды в отверстие свистка СУ

Проблема «заливания» свистка СУ и последующая кристаллизация воды, мешающая его работе, происходит в период низких температур. Согласно опросам, эта проблема характерна для всех регионов РФ. Хотелось бы обратить внимание на тот факт, что большинство городов РФ располагается в умеренном климатическом поясе, где температура воздуха в зимний период времени держится на отметке ниже нуля. Так, например, в Ивановской области климат умеренно-континентальный и для него характерна сравнительно морозная зима с устойчивым снежным покровом. Наиболее холодным месяцем зимы является январь, среднемесячная температура которого составляет -12°C . Иногда встречаются и достаточно низкие температуры. Один раз в 20 лет абсолютный минимум достигает -42°C [12]. Таким образом, при выполнении АСР в условиях достаточно низких температур, в случае попадания воды в свисток СУ, может образоваться ледяной тромб, который будет препятствовать нормальной работе СУ.

С целью выявления временных показателей образования ледяного тромба в полости свистка СУ, была проведена опытно-экспериментальная работа, которая проводилась с использованием морозильной камеры, корпуса звукового сигнализатора АП «Омега» с манометром – 2 шт., вода водопроводная холодная ($T=18^{\circ}\text{C}$) и горячая ($T=75^{\circ}\text{C}$) в ёмкости, лабораторный шприц, психрометр, термометр, секундомер (рис. 5).



Рис.5. Психрометр, сигнальное устройство, лабораторный шприц (слева направо) используемые при проведении исследования

СУ было помещено в разные условия (температурный режим, влажность) окружающей среды. В процессе опытно-экспериментальной работы в отверстие свистка СУ, за счет которого обеспечивается выход звука, впрыскивалась вода объёмом $V=0,6$ мл. Впрыскивание и определение объема жидкости проводилось при помощи медицинского шприца, имеющего цену деления $S=0,2$ мл (рис. 6). Стоит отметить, что при простом заполнении полости свистка СУ водой нарушалось

его функционирование, а именно, сигнал становился глуше и надрывистой.



Рис.6. Заполнение полости сигнального устройства водой

Измерение времени замерзания воды начиналось после достижения корпусом СУ температуры окружающей среды (ТОС). Материал, достигший ТОС, и тот же материал, при более высокой температуре (выше температуры ОС) будут с разной скоростью совершать теплообмен с попадающей внутрь водой. Объективным для проведения исследования является условие $T_{\text{материала}}=ТОС$. Рассматривая нестационарную теплопроводность в телах простейшей формы, а именно, температурное поле тела простой формы, такой как свисток СУ, представляющий собой цилиндр, являющийся в теории «термически тонким телом», так как его радиус значительно мал, соответственно, температурное поле не изменяется по сечению тела. Температура тела будет изменяться равномерно, и во всех точках тела является одинаковой в зависимости от интенсивности внешнего теплообмена металла с окружающей средой. Для производства узла СУ используется латунь ЛС-59-1. Исследуя температурное поле тела простой формы в зависимости от внешнего теплообмена, необходимо рассчитать безразмерное температурное поле и критерий Фурье Fo .

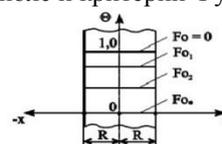


Рис.7. Схема расположения температурных полей свистка звукового сигнализатора

Температурное поле – совокупность значений температуры в данный момент времени во всех точках изучаемого пространства [3].

Термически тонкое тело – тело, у которого перепад температуры по сечению тела равен нулю [3].

В ходе аналитических вычислений были

получены необходимые значения и величины, которые позволили рассчитать время достижения изделием температуры ОС. Ниже представлены конечные формулы, подводящие к выражению времени из критерия Фурье:

$$\Theta = \frac{T_f - T}{T_f - T_0}, \quad (1)$$

где T_f – температура ОС; T – температура ОС без учета влажности воздуха; T_0 – начальная температура корпуса СУ.

Критерий Фурье можно найти по нескольким выведенным формулам. Используем те, в которых есть значение величины времени и известные нам данные.

$$Fo = \frac{\ln \Theta}{-k \cdot Bi} = \frac{\alpha \tau}{R^2}, \quad (2)$$

где k – темп охлаждения (нагрева для цилиндра), α – коэффициент температуропроводности [3].

Полученное значение величины тела Θ ставим под знак логарифма в формулу расчета критерия Фурье через число Био (Bi), которое было ранее рассчитано для латуни по значениям коэффициента температуропроводности α , числа Рэлея R , коэффициента теплопроводности λ .

$$Fo = \frac{Fo}{-k \cdot Bi}, \quad (3)$$

Получив из этой формулы значения Fo , выражаем из равенства 2 время достижения времени исследуемым устройством температуры ОС.

$$\tau = \frac{Fo \cdot R^2}{\alpha}, \quad (4)$$

Так как, согласно п. 191 Приказа Министерства труда и социальной защиты РФ № 1100-н от 23 декабря 2014 года «Об утверждении Правил по охране труда в подразделениях федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы», «для обеспечения постоянной боевой готовности пожарных автомобилей они должны находиться в закрытом, отапливаемом гараже с расчетной температурой воздуха не ниже $+16^\circ\text{C}$ » [1], температура в помещениях пожарно-спасательной части не должна быть ниже $+16^\circ\text{C}$, начальную температуру исследования усредненно примем $+20^\circ\text{C}$ (металлические детали ДАСВ, находящиеся в помещениях, будут иметь ТОС). При проведении расчетов времени было использовано несколько контрольных точек температуры, приведенных в таблице 1.

Таблица 1

Контрольные точки начальной и конечной температуры СУ при проведении эксперимента

№/параметр	T начальная, °C	T конечная, °C
Эксперимент 1	+20	-11
Эксперимент 2	+20	-21
Эксперимент 3	+20	-27

Используя формулу 4 и данные таблицы 1, получим следующие значения времени достижения

ТОС корпусом СУ. Данные показатели представлены в таблице 2.

Таблица 2

Время достижения ТОС корпусом ЗС

Параметр/номер расчета	1	2	3
τ , с	946	1758	2637
τ , мин	15,7	29,3	33,9
Проводимые мероприятия, в том числе приблизительное время использования ДАСВ на данный момент.	Следование к месту вызова - 10 мин. Среднее время разворачивания сил и средств – 3 мин. Проведение рабочей проверки + включение – 1 мин. Время использования ДАСВ: 1 мин.	Следование к месту вызова - 10 мин. Среднее время разворачивания сил и средств – 3 мин. Проведение рабочей проверки + включение – 1 мин. Время использования ДАСВ: 15 мин.	Следование к месту вызова - 10 мин. Среднее время разворачивания сил и средств – 3 мин. Проведение рабочей проверки + включение – 1 мин. Время использования ДАСВ: 19 мин.

Согласно вышеприведенным расчетам, среднее время достижения узлом СУ отрицательной температуры ОС соответствует сумме времени следования к месту вызова, разворачиванию сил и средств, созданию звена ГДЗС, проведения рабочей

проверки и включению в дыхательный аппарат. То есть ко времени начала работ звеньев ГДЗС по тушению пожара или небольшому промежутку времени после начала выполнения работ, температура корпуса сигнализатора будет равна

температуре ОС, что создаёт условия, в случае попадания воды в свисток СУ, образования ледяного тромба. С целью получения достоверных данных в исследовании участвовали два СУ.

Эксперимент 1. Исследуемые системы три раза помещались в морозильную камеру при различной температуре воздуха и влажности равной

$\phi=44\%$ (рис. 8).

Эксперимент 2. Исследуемые системы три раза помещались в морозильную камеру при различной температуре воздуха и искусственно повышенной влажности окружающей среды, равной $\phi=70\%$ (рис. 9).

Таблица 3

Данные исследования

опыт 1	эксп. 1	эксп. 2	эксп. 3	опыт 2	эксп. 1	эксп. 2	эксп. 3
Результаты измерений по первому СУ							
T, °C	-11	-21	-23	T, °C	-14	-20	-27
ϕ , %	44	44	44	ϕ , %	70	70	70
τ_1 , с	90	50	30	τ , с	70	40	17
Результаты измерений по второму СУ							
T, °C	-11	-21	-23	T, °C	-14	-20	-27
ϕ , %	44	44	44	ϕ , %	70	70	70
τ_2 , с	89	48,5	30	τ , с	72	43	17

Зависимости времени (среднего арифметического значения по двум экспериментам) замерзания воды от температуры окружающей среды

при различной влажности воздуха представлены на рисунках 8 и 9.

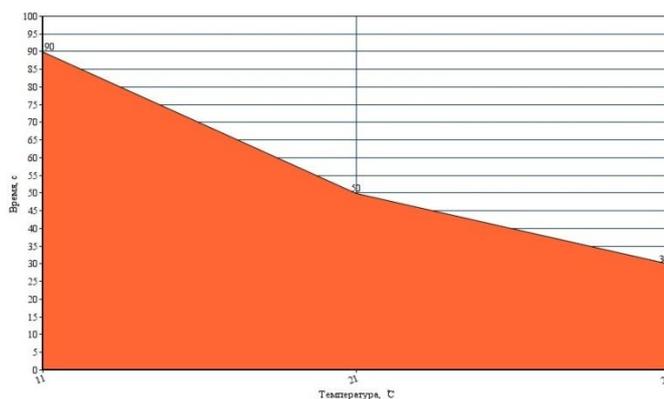


Рис.8. Зависимость времени замерзания воды от температуры ОС при $\phi=44\%$

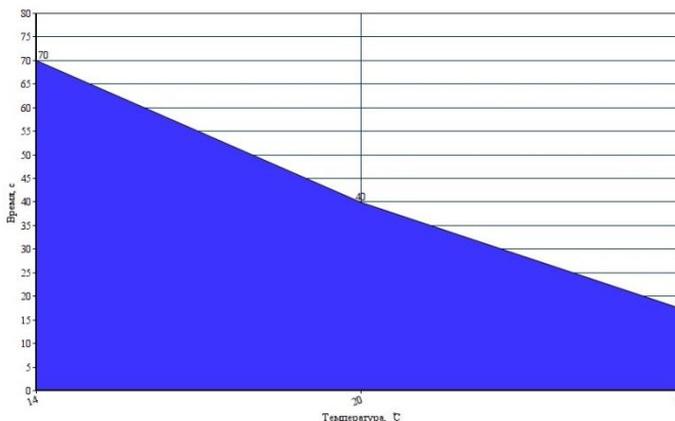


Рис.9. Зависимость времени замерзания воды от температуры ОС при $\phi=70\%$

Эксперимент 3. Произведена имитация условий при тушении пожара в зимнее время. К исследуемой системе, находящейся в морозильной камере при температуре ОС $T= -14^{\circ}\text{C}$, в условиях повышенной влажности воздуха, в форме

полуокружности на расстоянии 15 мм был установлен источник излучения тепла (ёмкость с горячей водой $T=+75^{\circ}\text{C}$). Время образования ледяного тромба в отверстии свистка СУ составило 70 сек.

В ходе проведения эксперимента было также

установлено, что при частичной кристаллизации воды (более 50 %), находящейся в полости свистка СУ, произвольное покидание жидкости полости свистка СУ становится невозможным. Таким образом, время, равное половине от указанного в результатах исследования, уже теоретически стоит принимать как критическое, которого достаточно для возникновения предполагаемой неисправности в СУ. Из этого следует предположить, что для возникновения неисправности функционирования СУ при температуре ОС $T = -27^{\circ}\text{C}$ достаточно 9 сек.



Рис.10. 3D-модель экспериментального образца «Защитного чехла»

Согласно полученным данным в ходе исследования, с целью подтверждения гипотезы о возможности разработки и использования защитного приспособления для СУ, на базе ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России на кафедре пожарно-строевой, физической подготовки и газодымозащитной службы (в составе УНК «Пожаротушение») был разработан экспериментальный образец «Защитного чехла» (рис. 10). Данная модель выполнена из инженерного ABS пластика (акрилонитрилбутадиенстирол), не сложного в обращении, обладающего высокой эргономичностью и простотой обслуживания. На этапе исследования надёжности и эффективности «Защитного чехла» согласно ГОСТ РВ 20.57.306-98 КСКК [4] был проведён эксперимент определения уровня водостойкости, соответственно, надёжности предлагаемого к рассмотрению образца. На 3D-принтере изготовлена мастер-модель «Защитного чехла» (рис. 11).



Рис.11. Изготовленная по проекту мастер-модель «Защитного чехла»

С целью выявления герметичности «Защитного чехла» была проведена опытно-экспериментальная проверка, которая проводилась с использованием ДАСВ АП «Омега»; манекена человека; «Защитного чехла», установленного на сигнальное устройство (рис. 12); пожарной колонки, установленной на пожарный гидрант с рабочим давлением $P=1,5$ атм; 2-х рукавов с условным диаметром соединительной головки 51 мм, соединённых в рукавную линию и подключённых

через переходную головку к пожарной колонке; к рукавной линии присоединён перекрывной ствол РСК-50. Исследование проходило при температуре окружающей среды -10°C , влажности воздуха 65 %.



Рис.12. «Защитный чехол», установленный на сигнальное устройство (справа)

К участию в эксперименте привлекались 4 человека: 2 пожарных; руководитель эксперимента и его помощник, фиксирующий результаты.

На манекене, одетом в боевую одежду пожарного, закрепляется ДАСВ. Манекен устанавливается у стены для устойчивости. Первый пожарный выходит на исходную позицию, держа ствол РСК-50 в руках таким образом, чтобы между ним и манекеном выдерживалось экспериментальное расстояние – 5 метров. Второй пожарный работает с пожарной колонкой. По команде руководителя второй пожарный, работающий с колонкой, постепенно пускает воду в рукавную линию, создавая небольшой, но достаточный напор. Первый пожарный направляет выходящую струю воды в сторону манекена на узел СУ, на котором установлен «Защитный чехол». Помощник руководителя засекает время. «Проливка» СУ проводится с разной интенсивностью и разными видами водяной струи: распыленной и компактной. Допускались небольшие интервальные перерывы «проливки» (10-15 сек), в которых наблюдалось постепенное обледенение корпуса «Защитного чехла» и манометра. На 10-ой минуте подача воды была прекращена, пожарная колонка была перекрыта. Проведение опытно-экспериментальной проверки завершилось. В результате, исследуемая система была полностью покрыта слоем льда поверх «Защитного чехла» (рис 13).



Рис.13. Сигнальное устройство в «Защитном чехле» после проведения эксперимента

В таком состоянии была проведена рабочая проверка ДАСВ АП «Омега», при выполнении пункта «проверка срабатывания сигнального устройства» [9]. Звуковой сигнал, как и указано в «Руководстве по эксплуатации дыхательного

аппарата АП «Омега» [2], появился при падении давления до 5,5 МПа (55 кгс/см²). Продолжительность работы сигнала, в соответствии с нормами пожарной безопасности, должна быть не менее 60 секунд [8].

Подводя итоги проделанной работы, стоит отметить следующее: выдвинутая к рассмотрению проблема нашла подтверждение своей актуальности. Методом определения данного факта стало проведение социологического опроса как способа сбора статистической информации. Проведенные практические эксперименты, моделирующие ситуацию «заливания» свистка СУ АП «Омега» в условиях отрицательной температуры при разной степени влажности, подтвердили возникновение изначально теоритически представленной проблемы кристаллизации воды и препятствия нормальной его работы. Разработанная мастер-модель «Защитного чехла» как способ решения изложенной проблемы,

положительно зарекомендовала себя в ходе проведенных практических испытаний на водозащищенность.

В заключение стоит отметить, что разработанный «Защитный чехол» позволяет полностью исключить такое явление, как «заливание» свистка СУ и является надёжным и эффективным в эксплуатационном отношении. Данное приспособление не мешает правильному функционированию сигнализатора. Защитное устройство носит многоазовый характер, предусматривающий его установку на дыхательный аппарат, снятие и техническое обслуживание. Сейчас активно идет работа по поиску огнестойкого и ударостойкого полимерного материала и в ближайшее время будут изготовлены первые опытные образцы.

Библиография

1. Об утверждении Правил по охране труда в подразделениях федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы: приказ Министерства труда и социальной защиты РФ № 1100-н от 23 декабря 2014 г.
2. Аппарат дыхательный АП «Омега». Руководство по эксплуатации: 9В2.930.393 РЭ – М., КАМПО, 2005. – 48 с.: ил.
3. Бухмиров В.В. Тепломассообмен: Учеб. пособие / ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». – Иваново, 2014. – 360 с.
4. ГОСТ РВ 20.57.306-98 КСКК. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Методы испытаний на воздействие климатических факторов.
5. Грачев В.А., Теребнев В.В., Поповский Д.В. Газодымозащитная служба: Учебно-методическое пособие. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: ООО «Издательство «Калан», 2012. – 280 с.
6. Дудин С.В. Деятельность газодымозащитной службы в территориальном пожарно-спасательном гарнизоне Ивановской области за 2016 год / М.Ю. Легошин, Д.Ю. Захаров // Актуальные вопросы профессиональной подготовки пожарных и спасателей. 2017. С. 23-33.
7. Легошин М.Ю. Практическое использование учебно-тренировочных комплексов для подготовки пожарных и спасателей / М.Ю. Легошин, И.М. Чистяков, С.Н. Никишов, Р.М. Шипилов, Е.Е. Соколов // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 11-4 (65). С. 44-51.
8. НПБ 165-2001. Техника пожарная. Дыхательные аппараты со сжатым воздухом для пожарных. Общие технические требования. Методы испытаний.
9. Чистяков И.М., Соколов Е.Е., Легошин М.Ю., Никишов С.Н. Эксплуатация средств индивидуальной

References

1. Ob utverzhdenii Pravil po ohrane truda v podrazdeleniyah federal'noj protivopozharnoj sluzhby Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby: prikaz Ministerstva truda i social'noj zashchity RF № 1100-n ot 23 dekabrya 2014 g.
2. Apparat dyhatel'nyj AP «Omega». Rukovodstvo po ehkspluatacii: 9V2.930.393 REH – M., KAMPO, 2005. – 48 s.: il.
3. Buhmirov V.V. Teplomassoobmen: Ucheb. posobie / FGBOUVPO «Ivanovskij gosudarstvennyj ehnergeticheskij universitet imeni V.I. Lenina». – Ivanovo, 2014. – 360 s.
4. GOST RV 20.57.306-98 KSKK. Apparatura, pribory, ustrojstva i oborudovanie voennogo naznacheniya. Metody ispytaniy na vozdejstvie klimaticeskikh faktorov.
5. Grachev V.A., Terebnev V.V., Popovskij D.V. Gazodymozashchitnaya sluzhba: Uchebno-metodicheskoe posobie. – Izd. 2-e, pererab. i dop. – M.: ООО «Izdatel'stvo «Kalan», 2012. – 280 s.
6. Dudin S.V. Deyatel'nost' gazodymozashchitnoj sluzhby v territorial'nom pozharno-spasatel'nom garnizone Ivanovskoj oblasti za 2016 god / M.YU. Legoshin, D.YU. Zaharov // Aktual'nye voprosy professional'noj podgotovki pozharnyh i spasatelej. 2017. S. 23-33.
7. Legoshin M.YU. Prakticheskoe ispol'zovanie uchebno-trenirovochnyh kompleksov dlya podgotovki pozharnyh i spasatelej / M.YU. Legoshin, I.M. CHistyakov, S.N. Nikishov, R.M. SHipilov, E.E. Sokolov // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. 2017. № 11-4 (65). S. 44-51.
8. NPB 165-2001. Tekhnika pozharnaya. Dyhatel'nye apparaty so szhatym vozduhom dlya pozharnyh. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya. Metody ispytaniy.
9. CHistyakov I.M., Sokolov E.E., Legoshin M.YU., Nikishov S.N. EHkspluataciya sredstv individual'noj zashchity organov dyhaniya i zreniya (SIZOD): Uchebnoe posobie dlya kursantov i slushatelej vsekh

защиты органов дыхания и зрения (СИЗОД): Учебное пособие для курсантов и слушателей всех форм обучения по специальности 280705 (280104.65) «Пожарная безопасность»; по направлению подготовки 280700 «Техносферная безопасность» (профиль подготовки 280706.62 «Пожарная безопасность»). – Иваново: Ивановский институт ГПС МЧС России, 2013. – 118 с., ил.

10. Шипилов Р.М. Особенности адаптации курсантов образовательных организаций высшего образования к действиям в условиях чрезвычайных ситуаций / Р.М. Шипилов, И.Ю. Шарабанова, О.Г. Зейнетдинова, А.К. Кокурин // *В мире научных открытий*. 2017. Т. 9. № 1. С. 78-89.

11. Шипилов Р.М. Разработка технических средств для обучения и контроля адаптационной мобильности курсантов вузов ГПС МЧС России / Р.М. Шипилов, С.Г. Казанцев, И.Ю. Шарабанова, Е.В. Ишухина, Е.А. Орлов // *European Social Science Journal*. 2016. № 1. С. 332-335.

12. CLIMATE-DATA.ORG. Климат Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.climate-data.org/country/136/> (дата обращения 29.01.2018).

form obucheniya po special'nosti 280705 (280104.65) «Pozharnaya bezopasnost'»; po napravleniyu podgotovki 280700 «Tekhnosfernaya bezopasnost'» (profil' podgotovki 280706.62 «Pozharnaya bezopasnost'»). – Ivanovo: Ivanovskij institut GPS MCHS Rossii, 2013. – 118 s., il.

10. SHipilov R.M. Osobennosti adaptacii kursantov obrazovatel'nyh organizacij vysshego obrazovaniya k dejstviyam v usloviyah chrezvychajnyh situacij / R.M. SHipilov, I.YU. SHarabanova, O.G. Zeynetdinova, A.K. Kokurin // *V mire nauchnyh otkrytij*. 2017. T. 9. № 1. S. 78-89.

11. SHipilov R.M. Razrabotka tekhnicheskikh sredstv dlya obucheniya i kontrolya adaptacionnoj mobil'nosti kursantov vuzov GPS MCHS Rossii / R.M. SHipilov, S.G. Kazancev, I.YU. SHarabanova, E.V. Ishuhina, E.A. Orlov // *European Social Science Journal*. 2016. № 1. S. 332-335.

12. CLIMATE-DATA.ORG. Klimat Rossijskoj Federacii [EHlektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://ru.climate-data.org/country/136/> (data obrashcheniya 29.01.2018).

SOLVING THE PROBLEM OF THE SOUND SIGNALING OF THE RESPIRATORY APPARATUS AP «OMEGA» WHILE EXHAUSTING FIRE IN THE CONDITIONS OF NEGATIVE TEMPERATURES

The article highlights one of the possible failures of the RPE, which arises during fire extinguishing operations in conditions of negative ambient temperatures, which in turn entails a complete disruption of the operation of the acoustic warning device of the respiratory apparatus in the compressed air of the Omega AP. The time intervals for the formation of an ice thrombus were determined experimentally. And also the way of the decision of the given problem is offered.

Keywords: malfunction of personal respiratory protection means and human eyesight, alarm device (audible warning device), breathing apparatus "Omega".

Шипилов Роман Михайлович,

к.п.н., доцент,

доцент кафедры пожарно-строевой, физической подготовки и газодымозащитной службы (в составе учебно-научного комплекса «Пожаротушение»),

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»,

Россия, г. Иваново,

e-mail: rim-sgpu@rambler.ru,

Shipilov R.M.,

PhD, Associate Professor,

Associate Professor of the Department of Fire, physical training and gazodymoschitnoy Service (as part of "fire fighting" Teaching and Research Complex),

Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,

Russia, Ivanovo.

Шарабанова Ирина Юрьевна,

к.м.н., доцент,

заместитель начальника академии по научной работе,

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»,

Россия, г. Иваново,

e-mail: sharabanova@bk.ru,

Sharabanova I.Yu.,

PhD, Associate Professor,

Deputy Chief of the Academy for Scientific Work,

Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,

Russia, Ivanovo.

Захаров Дмитрий Юрьевич,

преподаватель кафедры пожарно-строевой, физической подготовки и газодымозащитной службы (в составе учебно-научного комплекса «Пожаротушение»),

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»,

e-mail: mr.dmitriyazakharov@mail.ru,

Россия, г. Иваново,

Zakharov D.Yu.,

Lecturer of the Department of Fire, physical training and gazodymoschitnoy Service (as part of "fire fighting" Teaching and Research Complex),

Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,

Russia, Ivanovo.

Волков Олег Геннадьевич,

преподаватель кафедры пожарно-строевой, физической подготовки и газодымозащитной службы (в составе учебно-научного комплекса «Пожаротушение»),

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»,

Россия, г. Иваново,

Volkov O.G.,

Lecturer of the Department of Fire, physical training and gazodymoschitnoy Service (as

*part of "fire fighting" Teaching and Research Complex),
Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,
Russia, Ivanovo*

Апарин Александр Александрович,
*факультет техносферной безопасности,
ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»,
Россия, г. Иваново,
Aparin A.A.,
Faculty of Technospheric Security,
Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,
Russia, Ivanovo.*

© Шитлов Р.М., Шарабанова И.Ю., Захаров Д.Ю., Волков О.Г., Апарин А.А., 2018



ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 614.8

МОДЕЛЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОЖАРООПАСНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОДУКТОВ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ

Д.С. Королев, А.В. Калач, С.Н. Волкова, С.А. Кончаков

В статье поднимается актуальный вопрос, связанный с управлением пожарной и промышленной безопасностью на базе значений приемлемого риска. Одним из элементов этого направления является определение категорий помещений по взрывопожарной и пожарной опасности. Отмечено, что при определении категории помещений не менее важным показателем является давление насыщенного пара чистого вещества, которое определяется на основе констант Антуана, причем при отсутствии справочных данных констант их можно определить расчетным путем, что связано с техническими трудностями, сложностью решения аппроксимационных уравнений и др. Поэтому для достижения поставленной цели исследования предлагается использовать экспресс-способ прогнозирования пожароопасных свойств веществ нефтегазовой отрасли на основе молекулярных дескрипторов и искусственных нейронных сетей.

Ключевые слова: искусственные нейронные сети, молекулярные дескрипторы, прогнозирование, константы Антуана, категорирование, безопасность.

В различных отраслях промышленности используется большой объем взрывопожароопасных продуктов нефтепереработки. Существующие производственные линии скорее ориентированы на быстроту осуществления операций, что обуславливает повышение до критических значений таких параметров, как температура, давление и др.

В этой связи увеличивается потенциальная угроза взрывов и пожаров, а это может повлечь за собой огромный материальный ущерб, гибель и травмы сотрудников предприятий. Поэтому обеспечение пожарной безопасности объектов защиты является важной и актуальной задачей.

Осуществление управления пожарной и промышленной безопасностью на основе значений приемлемого риска, а также законодательное требование «все время осуществлять оценку вероятности возникновения аварий и катастроф» в отношении всех взрывопожароопасных объектов подталкивают действующие промышленные предприятия к необходимости прогнозирования пожарной опасности и разработки дополнительных мероприятий, направленных на снижение угрозы возникновения аварийных и чрезвычайных

ситуаций. В пределах этой деятельности применяется категорирование помещений по взрывопожарной и пожарной опасности [1, 2].

Расчет категории помещений позволяет точно оценить условную степень угрозы возникновения технологической катастрофы и предложить комплекс организационно-технических мероприятий, которые обеспечат оптимальную эксплуатацию производственных площадей в пределах допустимого риска.

При классификации категории помещений в первую очередь учитывают физико-химические свойства веществ и материалов, а также их параметры, например, температуру вспышки, концентрационные пределы распространения пламени и т.д. [3].

Стоит отметить, что не менее важным показателем является давление насыщенного пара чистого вещества (P_n), который является однозначной функцией температуры. Давление насыщенного пара чистого вещества можно определить по формуле Антуана (1):

$$\lg P = A - \frac{B}{(t + C_A)}$$

где

P – давление насыщенного пара, кПа;

A, B, C_A – константы формулы Антуана;
 t – температура, °C.

Отметим, что если справочные данные констант формулы Антуана отсутствуют, то определить зависимость давления пара от температуры можно расчетным путем [4], в основе которого лежит корреляция Миллера, определяющая связь давления с критической температурой ($T_{кр}$), теплотой парообразования (r) и температурой кипения вещества ($T_{кип}$) по формуле (2):

$$\lg P = A - \frac{B}{T} + C_1 \cdot T + C_2 \cdot T^2$$

где

P – давление насыщенного пара, мм.рт.ст.;

T – расчетная температура, К.

Расчетные способы могут применяться как альтернатива экспериментальному подходу к накоплению данных по показателям пожарной опасности веществ и материалов. Федеральный закон № 123-ФЗ и ГОСТ 12.1.044, входящий в перечень национальных стандартов на подтверждение положений «Технического регламента о требованиях пожарной безопасности», допускают такой путь решения этой проблемы.

Рассматривая современные расчетные методики прогнозирования пожароопасных свойств продуктов нефтепереработки, установили, что все они связаны с техническими трудностями, сложностью решения аппроксимационных уравнений и работают только в пределах одного класса рассматриваемых органических соединений. В связи с этим необходимость создания нового конкурентоспособного подхода для определения пожаровзрывоопасных свойств кислородсодержащих органических соединений является актуальной.

Для достижения поставленной цели исследования предлагается использовать экспресс-способ прогнозирования пожароопасных свойств веществ нефтегазовой отрасли на основе молекулярных дескрипторов и искусственных нейронных сетей. Ранее этот способ применялся нами в работах и успешно себя зарекомендовал [5-7]. Отметим, что в данном случае при прогнозировании пожароопасных свойств продуктов нефтепереработки не требуется существенных временных и материальных затрат.

Таким образом, при определении архитектуры искусственной нейронной сети для решения данной задачи, связанной с прогнозированием пожароопасных свойств веществ, в частности, констант Антуана, была предложена искусственная сеть прямого распространения – многоуровневый перцептрон.

Такой выбор не случаен, поскольку обусловлен несколькими особенностями:

- 1) большим функционалом доступных многомерному перцептрону задач;
- 2) универсальностью для определенного уровня задач;

3) большая продуктивность перцептрона из соображений вычислительной сложности устройства.

В обычном виде многоуровневый перцептрон обеспечивает решение задач, связанных с аппроксимационными многомерными функциями, т.е. построением многомерных отображений $F: x \Rightarrow y$, анализирующих заданный набор примеров $\{x^n, y^m\}$. В качестве x в данном случае выступает набор молекулярных дескрипторов исследуемых веществ, а в качестве y – вводимые базы данных. Следовательно, получаемая искусственная нейронная сеть должна обеспечить функциональную зависимость между расчетными молекулярными дескрипторами и базой данных.

Поэтому для проведения прогнозирования пожароопасных свойств продуктов нефтепереработки целесообразно использовать полносвязную ИНС (т.е. она состоит из нескольких слоев нейронов, причем каждый нейрон слоя i связан с каждым нейроном слоя $i+1$) – многослойный перцептрон и, следовательно, для анализа свойств веществ на вход искусственной нейронной сети подается матрица значений:

$$\bar{X} = \begin{bmatrix} t_1 & x_{11} & x_{1j} & x_{1m} \\ t_i & x_{i1} & x_{ij} & x_{im} \\ t_n & x_{n1} & x_{nj} & x_{nm} \end{bmatrix}, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$$

где \bar{X} – матрица значений молекулярных дескрипторов;

t_i – момент времени, в который произошло формирование очередного вектора;

x_{ij} – значение свойств из базы данных j -

ого вещества в i -й момент времени, $i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}, n$ – количество обучающих веществ, m – время проведения опыта.

В качестве побуждающей функции всех нейронов сети был выбран сигмоид:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha x}}$$

Основное достоинство этой функции в том, что она может изменяться на всей области оси абсцисс и имеет довольно простую производную:

$$f'(x) = \alpha f(x)(1 - f(x))$$

Однако при уменьшении или снижении параметра α сигмоид становится более плоским, превращаясь в горизонтальную линию на уровне 0,5 при $\alpha=0$. При увеличении α сигмоид должен приближаться к функции единичного скачка.

При разработке базы, имитирующей работу искусственной нейронной сети, было принято решение о создании специализированной ИНС на основе нейропакета. Это позволило сократить время разработки необходимой сети, а также использовать большие возможности для ее настройки.

За основу был выбран нейропакет КДС 2.0, получивший широкое применение и показавший свое эффективное применение на практике. Данный нейропакет свободно распространяется и включает в себя набор основных процедур и функций, применяемых для создания искусственной нейронной сети [8, 9].

С помощью этого пакета была сконструирована требуемая нейронная сеть, конфигурация которой была описана выше. Моделирование требуемой ИНС осуществляли методами объектно-ориентированного программирования (Python 2.7.10 [Anaconda 2.3.0 (64 – bit)] default, May 28.2015 MSC v.1500 64 bit (AMD 64) on win 32).

Таким образом, была проведена работа по

синтезированию основных компонентов базового модуля в создаваемую информационную систему и их применение в процессе создания ИНС. Полученная в результате искусственная нейронная сеть обладает архитектурой и алгоритмом функционирования, которые были заведомо определены в процессе ее проектирования.

В качестве примера работоспособности предлагаемой модели, реализуемой оригинальной компьютерной программой «Нейропакет КДС 2.0», спрогнозируем константы Антуана и сравним полученные значения со справочными, а также расчетными.

В таблице представлена сводная таблица результатов с их относительной и абсолютной погрешностью.

Сравнительный анализ полученных результатов

Наименование вещества	Значения из справочной литературы [10,11]	Прогнозируемые значения	Расчетные значения
2-Метилпропаналь	A – 6,37815	6,37015	6,07014
	B – 1275,658	1185,658	1184,655
	C – 218,3235	217,3235	217,0365
Октаналь	A – 6,96903	6,87004	6,86904
	B – 1379,556	1279,554	1270,458
	C – 211,896	210,870	209,458
Гексаналь	A - 6,87024	6,56913	6,47013
	B – 1166,274	1065,273	1066,270
	C – 223,661	222,652	220,700
Деканаль	A - 6,52023	6,41896	6,31996
	B – 1809,975	1809,970	1710,189
	C – 227,700	227,650	230,655
Пентаналь	A – 5,97208	6,07025	6,0901
	B – 1062,555	1065,458	1070,450
	C – 231,805	230,805	231,705
Бутаналь	A – 6,00525	6,1058	6,01258
	B – 968,098	980,070	970,458
	C – 242,555	245,458	243,708
Гептаналь	A – 6,95154	6,96068	6,84852
	B – 1295,405	1298,415	1297,425
	C – 219,819	220,789	218,458
2-Этилбутаналь	A – 6,2005	6,3105	6,11458
	B – 950,256	951,256	952,138
	C – 230,458	233,460	231,487
3-Метилбутаналь	A – 6,0589	6,1590	6,1187
	B – 1153,69	1155,69	1178,45
	C – 225,698	224,758	225,670

Анализируя полученные значения, видим, что средняя абсолютная погрешность для прогнозируемых констант составила 9,94 и средняя относительная - 0,77 %, в то время как для расчетных значений 13,52 и 1,5 % соответственно.

В ходе проведенного исследования получены следующие результаты:

1) Предложена методика интеллектуального анализа (прогнозирования) пожароопасных свойств веществ нефтегазовой

отрасли с использованием молекулярных дескрипторов и искусственных нейронных сетей. Отличается от существующих аналогов быстродействием и простотой в использовании без дополнительных составляющих.

2) Представлена модель интеллектуальной обработки информации (молекулярных дескрипторов) искусственными нейронными сетями, способная функционировать в условиях неполноты и противоречивости данных.

3) Предложен алгоритм оптимизации параметров нейронной модели, реализуемой в базовой модели «Нейропакет КДС 2.0».

4) Проведен сравнительный анализ значений, полученных в ходе прогнозирования и

расчета. Установлено, что первый способ дает лучший результат по отношению ко второму и тем самым обеспечивает качественное определение категории помещения по взрывопожарной и пожарной опасности.

Библиография

1. Королев Д.С., Калач А.В., Зенин А.Ю. Важность принятия решений при обеспечении пожарной безопасности / Д.С. Королев, А.В. Калач, А.Ю. Зенин // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. – 2015. – № 2 (15). – С. 42 – 46.
2. Вывотов А.В., Золотарев Д.Н. Предложение по выбору модели развития ОФП для расчёта значений пожарных рисков / А.В. Вывотов, Д.Н. Золотарев // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. – 2014. – № 1 (5). – С. 18-21.
3. Калач А.В., Крутолапов А.С., Королев Д.С., Калач Е.В. Расчет категории помещения на основе методики прогнозирования пожароопасных свойств продуктов нефтепереработки / А.В. Калач, А.С. Крутолапов, Д.С. Королев, Е.В. Калач // Пожаровзрывобезопасность. – 2017. – Т. 26. – 9. – С. 29-34.
4. Королев Д.С., Калач А.В. Прогнозирование пожароопасных свойств веществ: монография. – Воронеж. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018. – 100 с.
5. Королев Д.С., Калач А.В. Применение «DEEP LEARNING» при прогнозировании пожароопасных показателей кислородсодержащих органических соединений / Д.С. Королев, А.В. Калач // Научно-практический журнал Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. – 2017. – № 1. – С. 18-21.
6. Королев Д.С. Выбор температурного класса взрывозащищенного электрооборудования при проектировании производственных помещений с использованием дескрипторов и искусственных нейронных сетей / Д.С. Королев // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. – 2015. – № 1. – С. 26.
7. Королев Д.С., Калач А.В., Сорокина Ю.Н. Сравнительный анализ способов прогнозирования физико-химических свойств веществ / Д.С. Королев, А.В. Калач, Ю.Н. Сорокина // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2016. – № 1 (23). – С. 78-84.
8. Королев Д.С., Калач А.В. Прогнозирование, основанное на молекулярных дескрипторах и искусственных нейронных сетях, как способ исключения образования горючей среды / Д.С. Королев, А.В. Калач // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2016. – № 2. – С. 68 – 72.
9. Королев Д.С., Калач А.В., Кargaшилов Д.В. Прогнозирование температуры

References

1. Korolev D.S., Kalach A.V., Zenin A.YU. Vazhnost' prinyatiya reshenij pri obespechenii pozharnoj bezopasnosti / D.S. Korolev, A.V. Kalach, A.YU. Zenin // Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MCHS Rossii. – 2015. – № 2 (15). – S. 42 – 46.
2. Vytovtov A.V., Zolotarev D.N. Predlozhenie po vyboru modeli razvitiya OFP dlya raschyota znachenij pozharnyh riskov / A.V. Vytovtov, D.N. Zolotarev // Sovremennye tekhnologii obespecheniya grazhdanskoj oborony i likvidacii posledstvij chrezvychajnyh situacij. – 2014. – № 1 (5). – S. 18-21.
3. Kalach A.V., Krutolapov A.S., Korolev D.S., Kalach E.V. Raschet kategorii pomeshcheniya na osnove metodiki prognozirovaniya pozharoopasnyh svojstv produktov neftepererabotki / A.V. Kalach, A.S. Krutolapov, D.S. Korolev, E.V. Kalach // Pozharovzryvbezopasnost'. – 2017. – T. 26. – 9. – S. 29-34.
4. Korolev D.S., Kalach A.V. Prognozirovanie pozharoopasnyh svojstv veshchestv: monografiya. – Voronezh. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018. – 100 s.
5. Korolev D.S., Kalach A.V. Primenenie «DEEP LEARNING» pri prognozirovanii pozharoopasnyh pokazatelej kislorodsoderzhashchih organicheskikh soedinenij / D.S. Korolev, A.V. Kalach // Nauchno-prakticheskij zhurnal Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby MCHS Rossii. – 2017. – № 1. – S. 18-21.
6. Korolev D.S. Vybora temperaturного класса vzryvozashchishchennogo ehlektrooborudovaniya pri proektirovanii proizvodstvennyh pomeshchenij s ispol'zovaniem deskriptorov i iskusstvennyh nejronnyh setej / D.S. Korolev // Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MCHS Rossii. – 2015. – № 1. – S. 26.
7. Korolev D.S., Kalach A.V., Sorokina YU.N. Sravnitel'nyj analiz sposobov prognozirovaniya fiziko-himicheskikh svojstv veshchestv / D.S. Korolev, A.V. Kalach, YU.N. Sorokina // Vestnik Universiteta grazhdanskoj zashchity MCHS Belarusi. – 2016. – № 1 (23). – S. 78-84.
8. Korolev D.S., Kalach A.V. Prognozirovanie, osnovannoe na molekulyarnyh deskriptorah i iskusstvennyh nejronnyh setyah, kak sposob isklyucheniya obrazovaniya goryuchej sredy / D.S. Korolev, A.V. Kalach // Pozhary i chrezvychajnye situacii: predotvrashchenie, likvidaciya. – 2016. – № 2. – S. 68 – 72.
9. Korolev D.S., Kalach A.V., Kargashilov D.V. Prognozirovanie temperatury vspyshki s pomoshch'yu nejropaketa kds 1.0 na primere slozhnyh ehfirov maslyanoj kisloty / D.S. Korolev, A.V. Kalach,

вспышки с помощью нейропакета кдс 1.0 на примере сложных эфиров масляной кислоты / Д.С. Королев, А.В. Калач, Д.В. Каргашилов // Пожаровзрывобезопасность. – 2016. – Т. 25. – № 3. – С. 21-26.

10. *Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справочник. – В 2 ч. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Пожнаука, 2004. – Ч. I. – 713 с.*

11. *Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справочник. – В 2 ч. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Пожнаука, 2004. – Ч. II. – 774 с.*

D.V. Kargashilov // Pozharovzryvobezопасnost'. – 2016. – Т. 25. – № 3. – S. 21-26.

10. *Korol'chenko A.YA., Korol'chenko D.A. Pozharovzryvoopasnost' veshchestv i materialov i sredstva ih tusheniya: spravochnik. – V 2 ch. – 2-e izd., pererab. i dop. – M.: Pozhnauka, 2004. – CH. I. – 713 s.*

11. *Korol'chenko A.YA., Korol'chenko D.A. Pozharovzryvoopasnost' veshchestv i materialov i sredstva ih tusheniya: spravochnik. – V 2 ch. – 2-e izd., pererab. i dop. – M.: Pozhnauka, 2004. – CH. II. – 774 s.*

MODEL OF INTELLIGENT INFORMATION PROCESSING FOR FORECASTING FIRE-FIGHTING INDICATORS OF OIL-PROCESSING PRODUCTS

The article raises the topical issue of industrial safety management on the basis of acceptable risk criteria. Within the framework of this activity, the categorization of premises for explosion and fire hazards is applied. It is noted that in determining the category of premises, the pressure of saturated vapor of a pure substance, which is determined on the basis of the Antoine constants, is not less important when determining the category of rooms, and if the reference data of the constants are not available, then the dependence can be determined by calculation, which is related to the technical difficulties, the complexity of solving approximate equations and etc. Therefore, in order to achieve the stated goal of the study, it is proposed to use the express method for forecasting fire-hazardous properties of substances in the oil and gas industry and on the basis of molecular descriptors and artificial neural networks.

Keywords: *artificial neural networks, molecular descriptors, prediction, Antoine constants, categorization, safety of neural networks.*

Королев Денис Сергеевич,

к.т.н.,

старший преподаватель кафедры пожарной и аварийно-спасательной техники, Воронежский институт – филиал ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России,

Россия, г. Воронеж,

e-mail: otrid@rambler.ru,

Korolev D.S.,

Ph. D.,

senior lecturer of the department of fire and rescue technology,

Voronezh Institute - a branch of FGBOU in the Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,

Russia, Voronezh.

Калач Андрей Владимирович,

д.т.н., профессор,

профессор кафедры основ гражданской обороны и управления в ЧС,

Воронежский институт – филиал ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России,

Россия, г. Воронеж,

Kalach A.V.,

Prof., Sc. In Chemistry,

Professor of the Department of Civil Defense and Emergency Management,

Voronezh Institute - a branch of FGBOU in the Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,

Russia, Voronezh.

Волкова Светлана Николаевна,

к.т.н.,

*старший преподаватель кафедры пожарной и аварийно-спасательной техники,
Воронежский институт – филиал ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной
академии ГПС МЧС России,*

Россия, г. Воронеж,

Volkova S.N.,

Ph. D.,

senior lecturer of the department of fire and rescue technology,

*Voronezh Institute - a branch of FGBOU in the Ivanovo fire and rescue academy of State
Firefighting Service of EMERCOM of Russia,*

Russia, Voronezh.

Кончаков Сергей Александрович,

к.т.н.,

доцент кафедры пожарной и аварийно-спасательной техники,

*Воронежский институт – филиал ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной
академии ГПС МЧС России,*

Россия, г. Воронеж,

Konchakov S.A.,

Ph. D.,

Associate Professor of the Fire and Rescue Technology Department

*Voronezh Institute - a branch of FGBOU in the Ivanovo fire and rescue academy of State
Firefighting Service of EMERCOM of Russia,*

Russia, Voronezh.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА ПОДКОСТЮМНОГО ПРОСТРАНСТВА НА ЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА БОЕВОЙ ОДЕЖДЫ ПОЖАРНОГО

Д.В. Сорокин, А.Л. Никифоров, И.Ю. Шарбанова, О.Г. Циркина

Статья направлена на установление зависимости влияния температурно-влажностного режима подкостюмного пространства боевой одежды пожарного на ее теплозащитные свойства. В статье освещены вопросы теплообмена в системе «Человек – БОП – Окружающая среда». Рассмотрена структура пакета материалов боевой одежды. Приведены основные причины снижения теплозащитных свойств боевой одежды пожарного. Представлены результаты исследования по определению уровня влияния температурно-влажностного режима пожарного на снижение теплозащитных свойств боевой одежды, а также определения наиболее уязвимых участков тела пожарного при работе в боевой одежде.

Ключевые слова: боевая одежда пожарного, пакет материалов, температурно-влажностный режим, температура, тепловой поток, тепловой удар, термический ожог.

Работа пожарного связана с высоким риском для жизни и здоровья. Во время тушения пожара тепловые поражающие факторы, такие как высокая температура, открытое пламя, тепловой поток, могут превышать предельно допустимые значения. Тепловое воздействие в совокупности с большой физической нагрузкой может приводить к травмированию пожарного. Так, при резком увеличении температуры в подкостюмном пространстве боевой одежды происходит повышение температуры тела пожарного, увеличение частоты сердечных сокращений и артериального давления, что приводит к ухудшению самочувствия, нарушению терморегуляции, и впоследствии - к тепловому удару или ожогу [1].

Основным средством защиты пожарного от опасных тепловых факторов окружающей среды на пожаре является боевая одежда пожарного (далее – БОП) [2].

Пакет материалов для изготовления БОП структурно состоит из следующих слоев:

- материал верха, выполненный из негорючих тканей для защиты от воздействия открытого пламени и механических воздействий;
- водонепроницаемый слой, выполненный из полимерных материалов для защиты от негативных воздействий влаги, ветра;
- теплоизоляционная подкладка, выполненная из материалов с низкой теплопроводностью и предназначенная для защиты от повышенных тепловых воздействий окружающей среды;
- гигиеническая хлопчатобумажная ткань (Рис.1).

Слои пакета материала БОП допускаются совмещать между собой, например, материал верха с полимерным пленочным покрытием.

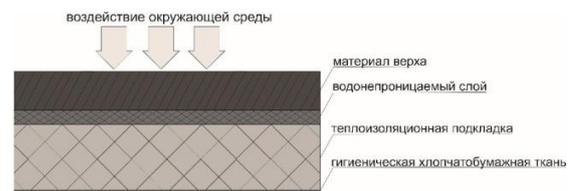


Рис. 1. Структура пакета материалов БОП

Конструктивное исполнение пакета материалов БОП направлено на защиту пожарного от внешних опасных факторов окружающей среды на пожаре, основным из которых является повышенное тепловое воздействие. Коэффициент теплопроводности пакета материалов БОП напрямую зависит от влажности (Рис. 2).

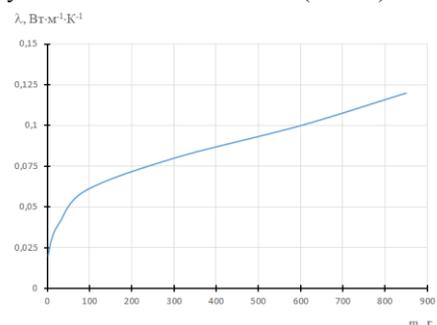


Рис. 2. Динамика изменения коэффициента теплопроводности многослойного пакета БОП в зависимости от изменения массы выделяющейся влаги

Для защиты от влаги, поступающей из окружающей среды в конструкции БОП, предусмотрен водонепроницаемый слой. Однако влага в пакет материалов может поступать не только из окружающей среды, но и в результате потоотделения человека при интенсивной физической нагрузке и высоких температурах. Количество влаги, передаваемое в пакет материалов БОП, может быть значительным. Так, в

работе [3] приведены показатели потоотделения человека при интенсивной работе в специальной защитной одежде пожарного. Количество влаги, выделяемое при этом, способно повысить значение коэффициента теплопроводности теплоизоляционного слоя БОП более чем в 2 раза. Следовательно, при выполнении пожарным оперативно-тактических задач, связанных с воздействием повышенных тепловых потоков, происходит сокращение нормированного времени защитного действия.

Современная методика испытания БОП не учитывает влияния температурно-влажностного

режима человека на теплозащитные свойства БОП. Однако это влияние существенно.

Рассмотрим процессы теплообмена в системе «Человек – БОП – Окружающая среда». Эксплуатация БОП возможна при двух режимах работы пожарного. При первом режиме отсутствует воздействие высокой температуры окружающей среды, т.е. пожарный выполняет работу, не связанную с тушением очага пожара (далее – обычный режим). При втором режиме пожарный находится в зоне воздействия высокой температуры окружающей среды (далее – боевой режим).

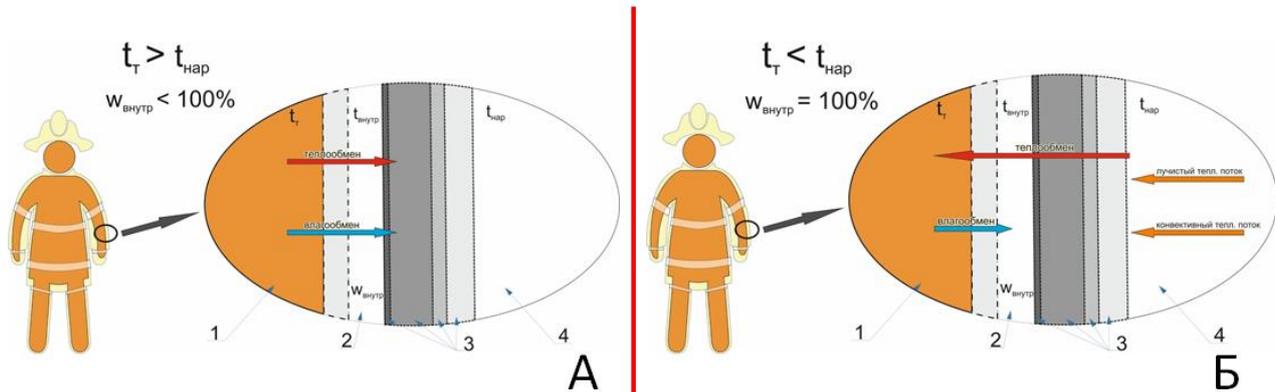


Рис. 3. Теплообмен в системе «Человек – БОП – Окружающая среда»

1 – тело пожарного, 2 – воздушная прослойка, 3 – пакет материалов БОП, 4 – окружающая среда

При обычном режиме температура окружающей среды ($t_{нар}$) ниже температуры тела пожарного ($t_{т}$) и влажность в подкостюмном пространстве ($W_{внутр}$) менее 100% (боевая одежда относительно сухая). Во время выполнения пожарным интенсивной работы происходит повышение температуры тела. В организме человека включаются естественные процессы терморегуляции: охлаждение организма происходит за счет дыхания и потоотделения с последующим испарением влаги с поверхности тела. Общеизвестно, что теплообмен направлен от более нагретого тела к менее нагретому, и в данных условиях тепло отводится от тела пожарного в сторону БОП и окружающей среды всеми способами: теплопередачей, конвекцией, излучением. Влагообмен происходит за счет испарения влаги с поверхности тела, а также контактным способом. В процессе влагообмена происходит намокание теплоизолирующего слоя боевой одежды за счет потоотделения пожарного. Для комфортных условий работы при обычном режиме необходимо обеспечить отведение тепла и влаги от тела пожарного, что и происходит на практике (Рис. 3-А).

Однако при рассмотрении боевого режима, когда температура окружающей среды ($t_{нар}$) значительно выше температуры тела пожарного ($t_{т}$) и влажность в подкостюмном пространстве ($W_{внутр}$) равна 100%, теплообмен происходит иначе. Теплообмен направлен в сторону тела пожарного, за счет чего происходит рост температуры в

подкостюмном пространстве и, как следствие, увеличение температуры тела пожарного. Потоотделение усиливается, однако испарения пота не происходит, поскольку в насыщенном водяными парами воздухе вода испаряться не может, и влага конденсируется на поверхности тела. Таким образом, терморегуляция организма пожарного практически прекращается и осуществляется только за счет дыхания. Влагообмен происходит контактным способом. БОП намокает, за счет чего происходит значительное снижение теплозащитных свойств, и создаются условия, при которых возможно получение теплового удара и ожогов (Рис. 3-Б).

Возникает некий парадокс: в боевом режиме организм человека, осуществляя терморегуляцию при помощи потоотделения, ускоряет рост температуры в подкостюмном пространстве БОП.

Предельно допустимое значение температуры в подкостюмном пространстве БОП – 50°C [2]. Повышение температуры поверхности тела до 50°C и выше может приводить к возникновению ожога. Как правило, термические ожоги у пожарных имеют местный характер, и основной причиной их получения является снижение теплозащитных свойств БОП в результате ряда факторов:

- повышенная влажность пакета материалов БОП, возникающая при внешнем воздействии огнетушащих веществ и внутреннем увлажнении в результате интенсивного

потоотделения пожарного во время выполнения тяжелой работы при высоких температурах;

– уменьшение толщины теплоизолирующего слоя БОП в результате механического воздействия. Сжатие пакета материалов может происходить при сгибании коленных и локтевых суставов в сидячем положении, под давлением веса дыхательного аппарата на область плеч, слипанию пакета материалов в результате многократных механических и термических воздействий;

– повышенная теплопроводность светоотражающих лент и логотипов;

– термическая деструкция материалов БОП, которая может протекать без видимых изменений внешнего слоя и приводить к значительному снижению тепловой устойчивости материалов [4-8].

С целью определения уровня влияния температурно-влажностного режима пожарного на снижение теплозащитных свойств БОП, а также определения наиболее уязвимых участков тела пожарного при работе в БОП нами было проведено исследование по контролю температур в подкостюмном пространстве БОП в условиях, максимально приближенных к условиям тушения очага пожара.

Исследование проводилось в огневом симуляторе ПТС «Уголек М» и представляло собой контроль температур в 10 точках подкостюмного пространства группы испытуемых в ходе проведения тренировочного занятия. Также

контроль температур производился в подкостюмном пространстве БОП, надетой на манекены, помещенные в огневой симулятор на время проведения исследования.

Для контроля температур использовались термометрические полоски «Testo AG D-79849 Lenzkirch» с измерительным диапазоном +37...+65°C. Полоски имеют погрешность измерения температур 1,5°C и необратимо изменяют цвет за 2 секунды. Измерение проводилось во время всей тренировки в течение 30 мин.

В ходе исследования было выявлено, что наиболее уязвимыми для теплового воздействия участками тела являются голова, кисти рук, область груди и плеч, бедра. Необходимо отметить, что, как правило, наиболее высокие температуры наблюдались в местах плотного прилегания БОП к телу испытуемого, а именно, в местах прилегания плечевых ремней дыхательного аппарата. Также было выявлено, что значения температур на участках БОП, подвергшихся намоканию в результате потоотделения, были значительно выше, чем на сухих участках. Температура в подкостюмном пространстве испытуемых была выше, чем у манекенов в среднем на 18%. Максимальная разница температур была отмечена в области надплечья и составила 38%. Результаты данного исследования подтверждают значительное влияние температурно-влажностного режима человека на защитные свойства БОП.

Библиография

1. Болібрух Б.В. Модель теплового состояния пожарного в защитной одежде / Б.В. Болібрух, М. Хмель, Ю. Мазур // *Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza, Vol. 41 Issue 1, 2016.* - Pp. 37-46
2. ГОСТ Р 53264-2009. Техника пожарная. Специальная защитная одежда пожарного. Общие технические требования. Методы испытаний. Национальный стандарт Российской Федерации. Стандратинформ. – 2009. – 37 с.
3. Михайлов Е.С. Влияние температурно-влажностного режима внутреннего пространства термоагрессивостойких костюмов на их теплозащитные свойства / Е.С. Михайлов, В.И. Логинов // *Пожарная безопасность.* – 2014. – №1. – С. 56 - 62.
4. *Final Report of Thermal Capacity of Fire Fighter Protective Clothing.* Fire Protection Research Foundation. – 2008. – 37 pp.
5. Гусаров А.М. Прогнозирование температуры на внутренней поверхности пакета материалов боевой одежды пожарного при многоцикловом тепловом воздействии / А.М. Гусаров, А.А. Кузнецов, Н.М. Дмитракович // *Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация.* – 2012. – №2, – С.140 - 147.
6. Кузнецов А.А. Исследование изменения защитных свойств боевой одежды пожарных при

References

1. Bolibruh B.V. Model' teplovogo sostoyaniya pozharnogo v zashchitnoj odezhdе / B.V. Bolibruh, M. Hmel', YU. Mazur // *Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza, Vol. 41 Issue 1, 2016.* - Pp. 37-46
2. GOST R 53264-2009. *Tekhnika pozharnaya. Special'naya zashchitnaya odezhdа pozharnogo. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya. Metody ispytaniy. Nacional'nyj standart Rossijskoj Federacii.* Standratinform. – 2009. – 37 с.
3. Mihajlov E.S. Vliyanie temperaturno-vlazhnostnogo rezhima vnutrennego prostranstva termoagressivostojkih kostyumov na ih teplozashchitnye svojstva / E.S. Mihajlov, V.I. Loginov // *Pozharnaya bezopasnost'.* – 2014. – №1. – S. 56 - 62.
4. *Final Report of Thermal Capacity of Fire Fighter Protective Clothing.* Fire Protection Research Foundation. – 2008. – 37 pp.
5. Gusarov A.M. *Prognozirovanie temperatury na vnutrennej poverhnosti paketa materialov boevoy odezhdы pozharnogo pri mnogociklovom teplovom vozdejstvii* / A.M. Gusarov, A.A. Kuznecov, N.M. Dmitrakovich // *CHrezvychajnye situacii: preduprezhdenie i likvidaciya.* – 2012. – №2, – S.140 - 147.
6. Kuznecov A.A. *Issledovanie izmeneniya zashchitnyh svojstv boevoy odezhdы pozharnыh pri mnogociklovyh ehkspluacionnyh vozdejstviyah* // *Vestnik Vitebskogo*

многоцикловых эксплуатационных воздействиях // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2014. – №2. – С. 38 – 445.

7. Архиреев К.Э. Исследования по определению возможности увеличения срока службы боевой одежды пожарного / Архиреев К.Э., Игнатова И.Д., Логинов В.И. // Пожарная безопасность. – 2014. – №4. – С. 61 - 65.

8. Логинов В.И. Результаты испытаний специальной защитной одежды пожарного на стенде «Термоманекен» / В.И. Логинов, М.Д. Игнатова, К.А. Архиреев // Пожарная безопасность. – 2011. – №3. – С. 89 - 93.

gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2014. – №2. – С. 38 – 445.

7. Arhiereev K.EH. Issledovaniya po opredeleniyu vozmozhnosti uvelicheniya sroka sluzhby boevoy odezhdy pozharnogo / Arhiereev K.EH., Ignatova I.D., Loginov V.I. // Pozharnaya bezopasnost'. – 2014. – №4. – С. 61 - 65.

8. Loginov V.I. Rezul'taty ispytaniy special'noj zashchitnoj odezhdy pozharnogo na stende «Termomaneken» / V.I. Loginov, M.D. Ignatova, K.A. Arhiereev // Pozharnaya bezopasnost'. – 2011. – №3. – С. 89 - 93.

THE INFLUENCE OF TEMPERATURE AND HUMIDITY CONDITIONS PODCASTING SPACE ON THE PROTECTIVE PROPERTIES OF COMBAT CLOTHING FIRE

The article is aimed at establishing the dependence of the influence of the temperature-humidity regime of the subcostal space of the fireman's combat clothing on its heat-shielding properties. The article covers the issues of heat and mass transfer in the system "Man - BOP - Environment". The structure of a package of combat clothing materials is considered. The main reasons for the decrease in the heat-shielding properties of fire fighting clothing are given. The results of a study on determining the level of influence of the temperature and humidity regime of a fireman on reducing the heat-shielding properties of combat clothing, as well as determining the most vulnerable parts of the fireman's body when working in combat clothing, are presented.

Keywords: fireman's combat clothing, package of materials, temperature-humidity regime, temperature, heat flow, heat stroke, thermal burn.

Сорокин Дмитрий Вячеславович,

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Россия, г. Иваново,
тел. 8-915-844-29-35,
e-mail: element_37@mail.ru,

Sorokin D.V.,

Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,
Russia, Ivanovo.

Никифоров Александр Леонидович,

доктор технических наук, старший научный сотрудник,
профессор кафедры пожарной безопасности объектов защиты (в составе УНК
«Государственный надзор»),
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Россия, г. Иваново,
тел. 8-920-345-08-10,
e-mail: anikiforoff@list.ru.

Nikiforov A.L.,

Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher,
professor of the fire safety department of defense facilities (as part of the "State Supervision"),
Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,
Russia, Ivanovo.

Шарабанова Ирина Юрьевна,

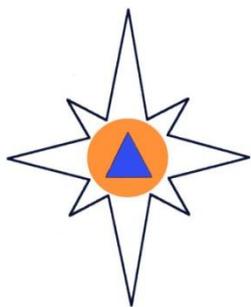
кандидат медицинских наук, доцент,
заместитель начальника академии по научной работе,
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
тел. 8-962-157-49-99,
e-mail: sharabanova@bk.ru,

Sharabanova I.U.,

*Candidate of Medical Sciences, Associate Professor,
Deputy Head of the Academy for Scientific Work,
Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,
Russia, Ivanovo.*

Циркина Ольга Германовна,
*доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры химии, экологии и микробиологии,
ФГБОУ ВО Ивановский государственный политехнический университет,
Россия, г. Иваново,
тел. 8-980-680-87-27,
e-mail: ogtsirkina@mail.ru,*

Tsirkina O.G.,
*doctor of technical sciences, associate professor,
Professor of the Department of Chemistry, Ecology and Microbiology,
FGBOU VO Ivanovo State Polytechnic University,
Russia, Ivanovo.*



ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 504.064, 520.84

ДИСТАНЦИОННЫЙ БИОФИЗИЧЕСКИЙ МЕТОД ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

В.А. Иноземцев, И.Н. Ефимов, А.А. Григорьев, А.А. Позвонков

Авторами статьи рассмотрены методы и средства химической разведки дистанционного действия применительно к обнаружению и идентификации различных экотоксикантов. Приведены примеры использования спектральных методов анализа лазерного и спектрорадиометрического типов для решения задач экологического мониторинга химически опасных объектов Минобороны России. Предложен способ экологического мониторинга окружающей среды на основе сравнения коэффициентов спектральной яркости объектов и определения вегетационных индексов подстилающей поверхности. Представлены результаты экспериментальных исследований по оценке возможности применения метода лазерно-индуцированной флуоресценции хлорофилла для экологического мониторинга химически опасных объектов. Предложено комплексное применение активных и пассивных методов зондирования состояния растительности с применением аппаратуры воздушного и космического базирования.

Ключевые слова: биофизический экомониторинг, дистанционное зондирование, спектральный коэффициент яркости, средства дистанционной химической разведки, химически опасные объекты, экотоксиканты.

В соответствии с положениями государственной программы Российской Федерации «Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций...» [1], целью комплексных мероприятий, проводимых уполномоченными федеральными органами, является минимизация экономического и экологического ущерба, наносимого населению, экономике и природной среде вследствие чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Приоритетом государственной политики в данной области является развитие систем мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций и оперативного реагирования. Ключевой подпрограммой данной государственной политики в области модернизации систем контроля и управления опасных объектов и проведения комплексных исследований и мероприятий, направленных на своевременное выявление угроз химической и экологической направленности является Федеральная целевая программа «Национальная система химической и биологической безопасности Российской Федерации (2015-2020 годы)» [2]. Одним из направлений реализации программы является

разработка предложений в области обеспечения химической и биологической безопасности, принятия мер по ликвидации последствий аварий техногенного характера на химически опасных объектах (ХОО), а также разработка и внедрение систем экологического мониторинга на ХОО.

В Министерстве обороны РФ к ХОО можно отнести испытательные полигоны образцов вооружения и военной техники, в том числе вооружения и средств радиационной, химической и биологической защиты, объекты хранения токсичных химикатов, космодромы, базы и склады хранения ракетного топлива и горюче-смазочных материалов, военно-морские базы и т.п.

В настоящее время в Министерстве обороны РФ как таковых систем экологического мониторинга не существует, хотя требования к техническим средствам мониторинга уже заданы [3]. Вместе с тем, решение задач выявления фактов опасного РХБ заражения в мирное время в МО РФ планируется возложить на систему непрерывного объектового контроля (СНОК) РХБ обстановки, которая должна осуществлять в автоматическом режиме оперативное выявление фактов опасного РХБ заражения на объектах МО РФ, немедленное оповещение дежурных сил, информационную

поддержку принятия решения по защитным мероприятиям и прогнозирование изменения РХБ обстановки [4].

В 2007 году СНОК РХБ обстановки прошла государственные испытания и в настоящее время эксплуатируется на ХОО МО РФ ряда военных округов. Количество приборов РХБ контроля жестко не определено и зависит от необходимой потребности и имеющейся возможности их установки на ХОО МО РФ [3]. Как правило, контроль экологической обстановки на ХОО с целью качественного и количественного анализа наличия различных физиологически активных веществ (ФАВ) в окружающей среде осуществляется с помощью парка приборов химической разведки и контроля (ХР и К) локального действия. Локальные средства ХР и К не позволяют осуществлять контроль складывающейся химической обстановки в реальном масштабе времени в интересах принятия обоснованных решений по ликвидации последствий техногенных аварий и катастроф на крупных стационарных объектах МО РФ стратегического звена. Кроме того, имеющийся парк приборов ХР и К не позволяет осуществлять на должном уровне экологический мониторинг ХОО МО РФ в случаях постоянных выбросов экотоксикантов в незначительных масштабах в окружающую среду при нарушениях технологических регламентов на контролируемых объектах.

Вместе с тем, спектральные методы анализа в последнее время находят широкое применение для обнаружения и идентификации облаков различных экотоксикантов, дают возможность оперативно получать информацию об их качественном и количественном составе. Эти методы позволяют дистанционно обнаруживать физиологически активные вещества (ФАВ) в различных агрегатных состояниях. По сравнению с локальными методами контроля параметров облаков различных ФАВ в атмосфере дистанционные методы имеют ряд преимуществ (высокое быстродействие, широкий территориальный охват, возможность одновременного контроля многокомпонентных смесей), что обуславливает перспективность их применения для контроля экологической обстановки на крупных стационарных объектах МО РФ [5,6].

Однако необходимо отметить, что наземные средства дистанционной химической разведки (приборы химической разведки дистанционного действия ПХРДД-2, ПХРДД-3, лидарный комплекс КЛН-РХБР), принятые на снабжение ВС РФ в период с 2004 г. по 2010 г., не нашли широкого распространения, что не позволяет существенно повысить эффективность мероприятий экологического мониторинга ХОО МО РФ. Кроме того, работы по созданию лазерного комплекса дистанционной химической разведки

воздушного базирования КВД-ХР находятся в настоящее время на этапе государственных испытаний. Следует также отметить, что планируемые к разработке и созданию средства химической разведки воздушного базирования наиболее целесообразно использовать для контроля уже сложившейся химической обстановки по вторичным облакам ФАВ или для контроля плотностей заражения местности аэрозолями стойких ФАВ, что само по себе является сложной научно-технической задачей [7].

В связи с вышеизложенным по-прежнему актуальной является задача совершенствования системы первичных датчиков СНОК с целью улучшения их основных аналитических характеристик в интересах повышения эффективности мероприятий экологического мониторинга ХОО МО РФ.

В настоящее время для решения задач дистанционного мониторинга атмосферы и местности в зависимости от целей и специфики решаемых задач используются различные спектральные методы анализа как активного (лазерные), так и пассивного (спектрорадиометрические) типов.

Классическим примером применения пассивных методов экологического мониторинга является космический мониторинг территории полигона 33 Центрального научно-исследовательского испытательного института (33 ЦНИИИ) Минобороны России в 1996 году [8]. Для решения этой задачи использовались данные, поступающие со спутников серии NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). Данные принимались и обрабатывались в центре приема Института космических исследований РАН. В рамках космического мониторинга было организовано ежедневное круглосуточное наблюдение территории полигона и тестовых участков растительности Вольского района. Для анализа состояния растительных покровов по данным космической съемки обычно используется характеристика NDVI, называемая вегетационным индексом, характеризующая интенсивность растительных покровов [8]:

$$NDVI = (C_2 - C_1)/(C_2 + C_1) \quad (1)$$

где C_1 – яркость в первом канале, C_2 – яркость во втором канале. Каналы находятся в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах.

Для вычисления вегетационного индекса обычно используются данные, накопленные в течение декады. Это позволяет использовать практически для каждой точки наблюдаемого региона данные, полученные в момент отсутствия облачности. Для накопления данных за декаду была использована процедура, которая включала в себя решение следующих задач:

- выбор фрагментов данных о наблюдаемом районе;

- расчет индекса вегетации NDVI по отдельным сеансам;
- перевод в географическую проекцию;
- накопление карт за декаду;
- построение временных сечений.

Для анализа динамики растительного покрова в различных точках были построены выборки данных в различные моменты времени. На рисунке 1 показано поведение вегетационного индекса растительности на полигоне и на тестовом участке, который обладает примерно такой же структурой растительного покрова, как район г. Шиханы, но вблизи него не находится никаких крупных жилых и промышленных объектов.

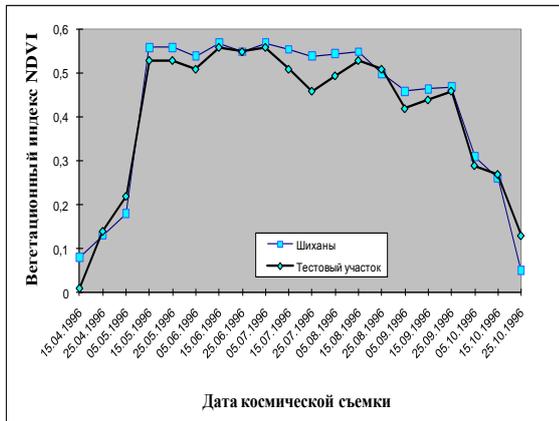


Рис. 1. Изменение вегетационного индекса растительности на территории полигона

Из представленных данных видно, что динамика поведения вегетационного индекса в обоих районах практически одинакова. Это позволяет сделать вывод, что полигон, расположенный в районе г. Шиханы, не приводит к крупномасштабным изменениям структуры и качества растительных покровов.

Необходимо отметить, что в ряде случаев высшие сосудистые растения быстро реагируют на газообразные и твердые загрязняющие вещества, причем на такие концентрации этих веществ в атмосфере, которые не вызывают реакции человека и животных. С этой точки зрения состояние растительности в районах размещения ХОО может служить своеобразным индикатором состояния атмосферного воздуха, почвы и грунтовых вод. Таким образом, биофизический метод экологического мониторинга может рассматриваться как эффективный способ контроля состояния окружающей среды на ХОО.

В ряде работ специалистами 33 ЦНИИИ рассматривались вопросы применения биофизических методов для дистанционного мониторинга ХОО. При этом исследовались возможности как пассивного зондирования растительных экосистем, так и целесообразность применения для этих целей лазерных комплексов разведки. На способ дистанционного обнаружения

участков растительности, которая находится в стадии угнетения в связи с нарушением процессов фотосинтеза при наличии в окружающей среде экотоксикантов, получено авторское свидетельство [9]. При этом необходимо отметить, что вышеуказанный способ экологического мониторинга запатентован специалистами 33 ЦНИИИ на 10 лет раньше, чем были предложены аналогичные способы ранней лесопатологической диагностики и оценки состояния лесов, разработанные специалистами Московского государственного университета леса (МГУЛ) [10, 11].

Разработанный дистанционный способ биофизического экомониторинга основан на регистрации с помощью спектроанализатора изменений спектральных коэффициентов яркости (СКЯ) системы «растительность-подстилающая поверхность» в видимом диапазоне длин волн и их сравнение с эталоном (непораженной вегетирующей растительностью). Пассивное зондирование осуществляется в трех областях спектра, два из которых соответствуют полосам поглощения каротиноидов и хлорофилла, а последняя соответствует максимальному значению спектрального коэффициента яркости непораженной растительности.

С целью достоверной идентификации стадий угнетения растительности первоначально измеряют значения спектральных коэффициентов яркости системы «растительность-подстилающая поверхность» в трех областях спектра: 460÷500 нм, 540÷580 нм, 660÷700 нм. Затем определяют соотношения спектральных коэффициентов яркости для двух областей спектра 540÷580 нм и 660÷700 нм по формуле:

$$K_1 = \text{СКЯ}_{660\div700} / \text{СКЯ}_{540\div580} \quad (2)$$

Если K_1 больше или равно 1,0, то идентифицируется поздняя стадия угнетения растительности, а если K_1 меньше 1,0, то производится дальнейшее сравнение абсолютных величин спектральных коэффициентов яркости во всех трех вышеуказанных областях спектра и в случае примерного равенства абсолютных величин этих СКЯ идентифицируется ранняя стадия угнетения растений.

Случаю непораженной растительности, являющейся эталоном, будет соответствовать условие:

$$\text{СКЯ}_{540\div580} \gg \text{СКЯ}_{660\div700} \quad (3)$$

$$\text{СКЯ}_{540\div580} \gg \text{СКЯ}_{460\div500} \quad (4)$$

Таким образом, предлагаемый способ позволяет достоверно идентифицировать непораженную растительность в стадии вегетации, а также растительность, пораженную различными экотоксикантами и находящуюся в ранней и поздней стадиях угнетения.

Экспериментальная проверка предлагаемого способа проведена на модельных участках злаковых сельскохозяйственных культур и древесно-кустарниковой растительности. Экспериментальным путем получены данные, представленные в таблице 1, показывающие изменение величины спектрального коэффициента яркости в зависимости от длины падающего

излучения и времени воздействия экотоксиканта. В таблице на основании полученных результатов представлены обобщенные данные, подтверждающие возможность реализации предлагаемого дистанционного обнаружения участков растительности в стадии вегетации, пораженных различными типами экотоксикантов.

Таблица 1

Значения спектральных коэффициентов яркости и аналитические признаки стадий угнетения процесса фотосинтеза растений в видимой области спектра

№ п/п	Время, прошедшее после воздействия экотоксиканта, ч	Стадия угнетения	Значения СКЯ системы «растительность-подстилающая поверхность» в видимом диапазоне спектра, нм			Значения коэффициента K_1	Аналитический признак
			460÷500	540÷580	660÷700		
1	растения в стадии вегетации	отсутствует	17,6	26,7	15,4	0,58	$СКЯ_{540\div580} \gg$ $СКЯ_{660\div700}$; $СКЯ_{540\div580} \gg$ $СКЯ_{460\div500}$
2	28,0	ранняя	13,4	14,5	12,4	0,86	$СКЯ_{460\div500}$ $\approx СКЯ_{540\div580}$ $\approx СКЯ_{660\div700}$
3	50,0	ранняя	18,4	22,5	21,2	0,94	$СКЯ_{460\div500}$ $\approx СКЯ_{540\div580}$ $\approx СКЯ_{660\div700}$
4	75,0	поздняя	20,4	25,5	26,5	1,04	$K_1 > 1,0$
5	150,0	поздняя	31,5	39,2	43,6	1,11	$K_1 > 1,0$

Так, например, поздней стадии угнетения растительности на модельном участке заражения, (75ч, 150 ч) соответствуют значения коэффициента K_1 , равные соответственно 1,04 и 1,11 (оба коэффициента больше 1,0), что является достаточным признаком для идентификации поздней стадии угнетения. В то же время случаю ранней стадии угнетения (28 ч, 50 ч) соответствует примерное равенство спектральных коэффициентов яркости во всех трех спектральных диапазонах, что позволяет сделать вывод о том, что растения находятся на ранней стадии угнетения фотосинтетического аппарата.

Случаю непораженной растительности в стадии вегетации, которая является эталоном, соответствует значительно большее значение спектрального коэффициента яркости в области 540...580 нм по сравнению с областями 460...500 нм и 660...700 нм. Это объясняется значительным поглощением излучения в двух последних диапазонах за счет наличия в непораженных растениях большого количества каротиноидов и хлорофилла.

Предлагаемый способ дистанционного обнаружения участков растительности в стадии вегетации, пораженных различными экотоксикантами, может найти применение для экологического мониторинга окружающей среды с воздушных носителей и космических летательных

аппаратов (КЛА). Это позволит по сравнению с существующими способами контроля масштабов экологических бедствий и катастроф значительно повысить эффективность и оперативность экологического мониторинга, а также в несколько десятков раз повысить размеры зон экологического контроля.

Наиболее существенный эффект от разработанного способа следует ожидать при создании многоцелевых космических систем наблюдения для выявления масштабов и последствий аварий и техногенных катастроф на химически опасных объектах, сопровождающихся выбросом в атмосферу большого количества различных ФАВ, обладающих угнетающим действием на процесс фотосинтеза растительных экосистем. Основными достоинствами применения космических методов и систем мониторинга являются следующие показатели [12].

- большая обзорность, позволяющая анализировать состояние обширных территорий;
- возможность анализировать состояние растительных экосистем в любых труднодоступных районах;
- возможность получать информацию практически в любом масштабе, с различным пространственным и временным разрешением;
- оперативность получаемой информации;
- широкий спектр регистрируемых

параметров

- высокая достоверность получаемых данных;
- возможность многократного и даже непрерывного наблюдения заданных регионов;
- экстерриториальность (районы съемки не привязаны к государственным или территориальным границам);
- полная стоимость работ по экологическому мониторингу на 2-3 порядка ниже, чем при традиционных методах исследования состояния растительных экосистем.

Целесообразно отметить, что в настоящее время большая группа стран имеет на околоземной орбите группировки комических аппаратов, на которых установлена спектральная аппаратура, предназначенная для исследования состояния растительности. При этом существует прямой лицензированный доступ к спутниковой информации КЛА значительного большинства этих стран. Основные космические средства для исследования растительного покрова Земли представлены в таблице 2 [12].

Таблица 2

Основные космические средства для исследования растительного покрова Земли

№ п/п	Типы данных	Космические аппараты (страна)	Схема доступа к данным космического мониторинга
1	Сверхвысокое разрешение (< 1м)	IKONOS-2, Gulck-Bird-2, Orb-View-3 (США)	Заказ и доставка через оператора в США
2	Высокое разрешение (1...10 м)	Ресурс –ДК (Россия)	Заказ и доставка через НЦ ОНЗ
3	Высокое разрешение (1...10 м)	EROS (Израиль), IRS-6/LISS-4 (Индия)	Лицензированный прямой прием на станции в России
4	Высокое разрешение (1...10 м)	SPOT-5 (Франция)	Заказ и доставка через оператора во Франции
5	Среднее разрешение (10...250 м), многоспектральная съемка	IRS-1C, IRS-1D, IRS-P6 (Индия), SPOT-2, SPOT-4 (Франция)	Лицензированный прямой прием на станции в России
6	Среднее разрешение (10...250 м), многоспектральная съемка	SPOT-2, SPOT-4, SPOT-5 (Франция), Landsat, EO-1, Terra/ASTER (США)	Заказ и доставка через оператора в США и Франции
7	Среднее разрешение (10...250 м), многоспектральная съемка	Метеор -3М №1 (Россия)	Прием через оператора Федерального космического агентства
8	Низкое разрешение (> 250 м), многоспектральная съемка	Terra, Aqua (США)	Прямой прием на станции в России (режим свободного доступа к данным)
9	Низкое разрешение (> 250 м), многоспектральная съемка	SPOT/VGT (Франция)	Интернет-технологии
10	Низкое разрешение (> 250 м), многоспектральная съемка	ENVISAT/MERIS (ЕКА)	Заказ и доставка через оператора в Европе
11	Оптическая стереосъемка	SPOT (Франция)	Заказ и доставка через оператора во Франции
12	Оптическая стереосъемка	IRS-5 (Индия),	Лицензированный прямой прием на станции в России
13	РСА среднего разрешения (10...100 м)	RADARSAT (Канада)	Лицензированный прямой прием на станции в России

В связи с вышеизложенным представляется целесообразным осуществлять космический мониторинг ХОО, в том числе крупных площадных объектов МО РФ, на основе биофизических методов дистанционного зондирования. При этом могут быть использованы различные методические подходы, представленные в работах ФГБУ «33 ЦНИИИ» Минобороны России, Института космических исследований РАН, ГУ НЦ «Аэрокосмос», МГУЛ и ряда других организаций [8-12].

Однако необходимо отметить, что аналитические признаки воздействия экотоксикантов на растительность, которые регистрируются пассивными методами дистанционного зондирования, обусловлены, в первую очередь, изменением морфологического состояния растительности. В общем случае это изменение цвета растительности от зеленого (нормальная стадия вегетации) до желто-коричневого, характеризующего поздние стадии угнетения фотосинтетического аппарата растений.

Процесс появления косвенных признаков поражения растительности, проявляющийся в изменении ее цвета, представляет довольно длительный процесс. В случае крупномасштабных выбросов ФАВ на ХОО, обладающих угнетающим действием на процессы фотосинтеза растительных сообществ, морфологические изменения растительности могут быть растянуты во времени на несколько суток (см. таблицу 1). Это обстоятельство накладывает определенные временные ограничения на оперативность получения информации о факте и масштабах выбросов экотоксикантов на ХОО МО РФ. В то же время дистанционные биофизические методы экологического мониторинга с использованием КЛА обеспечивают постоянный контроль состояния растительного покрова в районах размещения ХОО в случаях незначительных, но продолжительных выбросов экотоксикантов в окружающую среду, а также антропогенного воздействия на биосферу производственной деятельности ХОО.

Целесообразно отметить, что наряду с морфологическими признаками поражающего действия экотоксикантов на растительные экосистемы присутствуют также в виде косвенных признаков физиологические показатели, которые характеризуют процесс угнетения растительности на клеточном уровне. Физиологические признаки угнетенного состояния растительности связаны с нарушением основных механизмов обеспечения жизнедеятельности растений: дыхания, водного обмена, фотосинтезирующей способности. Наиболее информативной характеристикой физиологического состояния растительности является фотосинтезирующий аппарат растений, который представляет одну из главных мишеней токсического воздействия экотоксикантов. Инструментальное отображение воздействия экотоксикантов на растительные экосистемы возможно с помощью спектров флуоресценции основных пигментов фотосинтетического аппарата: хлорофиллов и каротиноидов. Причем высокие значения флуоресценции растительности, обусловленные спектральными характеристиками пигментов фотосинтетического аппарата, обеспечивают возможность надежной регистрации спектральных компонент эхо-сигналов в рамках натуральных экспериментов по лазерному зондированию.

Основная идея такого подхода состоит в том, что хлорофилл, находящийся в фотосинтетических мембранах, служит своего рода природным датчиком состояния клеток высших растений. При нарушении состояния фотосинтетических мембран под действием внешнего фактора происходят определенные изменения оптических свойств хлорофилла, которые и служат источником информации для экспресс-диагностики состояния растительных клеток. Этому обстоятельству способствует то, что

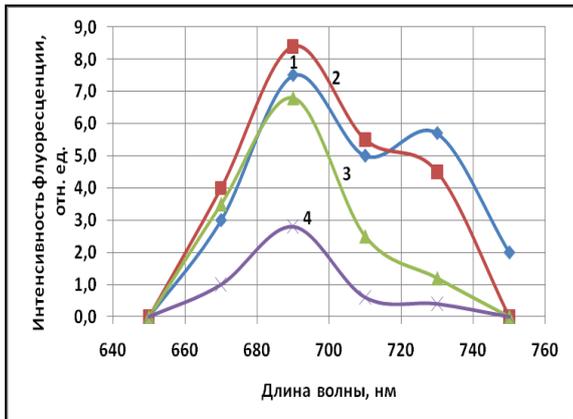
в фотосинтетическом аппарате фотосистема II, ответственная за разложение воды и выделение кислорода, является чувствительной мишенью для таких внешних факторов, как экстремальные температуры, наличие в воздухе экотоксикантов, содержание в почве и грунтовых водах различных нефтепродуктов.

Сейчас во многих организациях, занимающихся разработкой новых методов экологического мониторинга растительных сообществ, это направление интенсивно развивается. Несомненно, ему принадлежит большое будущее, поскольку оно обеспечивает раннюю экспресс-диагностику состояния растительных клеток в природных условиях. В отличие от пассивных методов биофизического мониторинга растительных экосистем в районах размещения ХОО, флуоресцентные методы отражают такие изменения в фотосинтетическом аппарате, которые происходят на самых начальных этапах внешнего воздействия на процессы фотосинтеза растений.

Поражающее воздействие экотоксикантов на фотосинтетический аппарат растений, проявляющийся в виде ингибирования синтеза белковых комплексов, осуществляющих транспорт электронов в тилакоидах и хлоропластах, приводит к изменению эффективности миграции световой энергии по цепям фотосинтетического аппарата. Причем, когда эффективность передачи энергии по цепям фотосинтетического аппарата высока, то диссипация энергии в виде флуоресценции относительно невелика, что характерно для нормальных стадий вегетации. Токсическое воздействие экотоксикантов на фотосинтетический аппарат растительности приводит к торможению процессов фотосинтеза вследствие нарушения эффективности передачи энергии хлорофилло-белковыми комплексами, что влечет увеличение диссипации энергии в виде флуоресцентного излучения в красной области спектра [13-14]. Увеличение относительных значений интенсивности флуоресценции растительности в области спектра $\lambda = 680 \div 750$ нм, по отношению к нормальной стадии вегетации, характерно для начальных стадий угнетения растительных экосистем. На более поздних стадиях поражения с момента деструктивных изменений хлорофилло-белковых комплексов интенсивность флуоресценции резко уменьшается и даже прекращается полностью, что характеризуется стадией полного разрушения фотосинтетического аппарата растений.

Специалистами 33 ЦНИИИ проведены экспериментальные исследования по оценке возможности применения метода лазерно-индуцированной флуоресценции (ЛИФ) хлорофилла для экологического мониторинга ХОО. Исследования проведены на модельных участках вегетирующей древесно-кустарниковой растительности с применением экотоксикантов

ожогового действия, разрушающих процессы фотосинтеза в фотосинтетических мембранах высших растений. На рисунке 2 представлены спектры флуоресценции растительности, находящейся на различных стадиях угнетения фотосинтетического аппарата.



1- нормальная вегетация; кривые 2,3 и 4- спектры ЛИФ растительности после 6 ч, 24 ч и 48 ч воздействия экотоксиканта соответственно ($\lambda_{возб.} = 532 \text{ нм}$)

Рис. 2. Спектры лазерно-индуцированной флуоресценции древесно-кустарниковой растительности на модельных участках полигона 33 ЦНИИИ Минобороны России

Спектры ЛИФ растительности исследовались при использовании различных источников лазерного излучения ультрафиолетового и видимого диапазонов спектра:

- азотного лазера $\lambda_{возб.} = 337 \text{ нм}$;
- аргонового лазера $\lambda_{возб.} = 488 \text{ нм}$;
- второй гармоники лазера на алюмоиттриевом гранате $\lambda_{возб.} = 532 \text{ нм}$;
- гелий-неонового лазера $\lambda_{возб.} = 632 \text{ нм}$.

Анализ спектральных характеристик растительности разнородной принадлежности показал, что динамика изменений спектров ЛИФ травянистой и древесно-кустарниковой растительности имеет общие закономерности. В общем случае возможно установить два характерных этапа. На первом этапе угнетения фотосинтетического аппарата растений (3...6 часов после моделирования аварийного выброса экотоксиканта) наблюдается рост интенсивности ЛИФ во всем рассматриваемом диапазоне длин волн. Это объясняется процессами перераспределения энергии в процессах фотосинтеза вегетирующей растительности, что приводит к диссипации высвобождаемой энергии в виде флуоресценции. Второй этап (более 24 часов после воздействия экотоксикантов)

характеризуется значительным снижением интенсивности флуоресценции растительности во всем рассматриваемом спектральном диапазоне. При этом форма спектра также претерпевает значительные качественные изменения, которые в основном относятся к областям 680÷690 нм и 730÷740 нм (первый и второй максимумы флуоресценции хлорофилла).

Закключение. Таким образом, проведенные экспериментальные исследования различных стадий поражения растительных экосистем на основе анализа спектров ЛИФ, возбуждаемых различными источниками лазерного излучения, позволяют определить наиболее информативные области ЛИФ растений. На наш взгляд, наиболее полную картину ингибирующего действия экотоксикантов можно получить, исследуя спектры ЛИФ в трех спектральных интервалах 655÷665 нм, 680÷690 нм и 730÷740 нм. При этом спектральный образ физиологического состояния растительности по спектрам ЛИФ позволяет установить негативное влияние экотоксикантов на растительные сообщества до формирования морфологических признаков поражающего действия экотоксикантов (изменение цвета и геометрии растительности). Это обстоятельство позволяет говорить о том, что обнаружение факта и масштабов аварийных выбросов экотоксикантов на ХОО с помощью дистанционных средств контроля, реализующих методы регистрации спектров ЛИФ, возможно в первые часы после попадания экотоксикантов в окружающую среду.

Оценка аналитических возможностей лидарных комплексов, основанных на регистрации спектров ЛИФ, показывает, что с учетом современного уровня развития элементной базы (изделия микроэлектроники, оптики, лазерной техники) дальность действия флуоресцентных лидаров может составить 2000...4000 метров. Следовательно, применение дистанционных средств активного типа, установленных на различных средствах подвижности, может существенно повысить эффективность экологического мониторинга ХОО. Максимальная эффективность применения биофизических методов экологического мониторинга может быть достигнута при комплексном использовании пассивных и активных методов зондирования состояния растительности с помощью аппаратуры воздушного и космического базирования. Предложенный методический подход экологического мониторинга химически опасных объектов может быть использован для оценки и прогнозирования масштабов и последствий аварийных и заprojektных ситуаций как на объектах Минобороны России, так и оборонно-промышленного комплекса в целом.

Библиография

- 1 О государственной программе Российской Федерации «Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечение пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах: постановление Правительства Российской Федерации от 15.04.2014 г. № 300 (в ред. от 31.03.2017).
- 2 Концепция Федеральной целевой программы «Национальная система химической и биологической безопасности Российской Федерации (2015-2020 годы)». Утверждена распоряжением Правительства РФ от 28.04.2015 г. № 418-ДСП. [Текст]:-М.: 2015.
- 3 Цапок М.В., Шаталов Э.В., Алексеев В.А. и др. Принятие решения экспертной системой при чрезвычайных ситуациях в зонах влияния химически опасных объектов [Текст] // Доклады АВН.-2009.-№4 (39).- с. 90-95.
- 4 Комплект СНОК РХБО. Руководство по эксплуатации [Текст]: ВЕБК.468213.001 РЭ:-М.: ЗАО «Центр специального конструирования «Вектор», 2007.-57 с.
- 5 Григорьев А.А. Научно-методический подход к разработке имитационных рецептур токсичных химикатов в интересах испытаний и оценки основных аналитических характеристик дистанционных средств химической разведки [Текст] // В сб. Актуальные вопросы теории и практики РХБ защиты.- Вольск-18, 33 ЦНИИИ МО РФ.- 2011.-Вып. 9 - с.35-42.
- 6 Григорьев А.А., Серебrenников Б.В. Дистанционный контроль массовой концентрации аэрозолей физиологически активных веществ в атмосфере [Текст] // В сб. Необратимые процессы в природе и технике: Тр. V Всероссийской конф. МГТУ им. Н.Э. Баумана. - М., 2009.- с.121-124.
- 7 Григорьев А.А. Метод Монте-Карло в решениях задач оптимизации технических характеристик и номенклатуры образцов вооружения и средств РХБ защиты [Текст] // В сб. Актуальные вопросы теории и практики РХБ защиты.- Вольск-18, 33 ЦНИИИ МО РФ.- 2011.-Вып. 9 - с.60-71.
- 8 Анализ и разработка научно-методических подходов и технических путей практического использования космической информации для выявления геофизической и экологической обстановки из космоса. [Текст]: отчет о НИР (промежуточный, этап 2): шифр «Албастран-АН»/ ИКИ РАН; рук. Тамкович Г.М., М.:1996.-137с.-Исполн. Князев Н.А.[и др.].
- 9 Авторское свидетельство №206783, СССР, МКИ³ G 01 N 21 / 25. Способ дистанционного обнаружения участков растительности, пораженной экотоксикантами [Текст] / Григорьев А.А., Палатов Ю.А., Седунов С.Г. и др.; заявитель и патентообладатель в/ч 61469. - № 3075904; заявл. 21.10.1983; опубли. 01.08.1984.
- 10 Патент №2115887 Российская Федерация МПК⁷ G 01 C 11 / 00. Способ идентификации типов растительности. [Текст] / Давыдов В.Ф., Григорьева

References

1. O gosudarstvennoi programme Rossiiskoi Federatsii «Zashchita naseleniia i territorii ot chrezvychainykh situatsii, obespechenie pozharnoi bezopasnosti i bezopasnosti liudei na vodnykh ob'ektakh: postanovlenie Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 15.04.2014 g. № 300 (v red. ot 31.03.2017)
2. Kontseptsiiia Federal'noi tselevoi programmy «Natsional'naia sistema khimicheskoi i biologicheskoi bezopasnosti Rossiiskoi Federatsii (2015-2020 gody)». Utverzhdena rasporyazheniem Pravitel'stva RF ot 28.04.2015 g. № 418-DSP. [Tektst]:-M.: 2015.
3. Tsapok M.V., Shatalov E.V., Alekseev V.A. and others. Decision-making by the expert system in emergency situations in areas affected by chemically hazardous objects [Text] / /Reports of Academy of Military Sciences.-2009.- №4 (39).- pp. 90-95.
4. The kit of continuously monitoring system of the object in CBRN environment. Operating manual [Text]:VEBK.468213.001 RE:-M.: ZAO « Special moulding design center «Vector », 2007.-57 p.
5. Grigor'ev A.A. Scientific and methodical approach to the development of simulation formulations of toxic chemicals for testing and evaluation of the main analytical characteristics of the remote means of chemical reconnaissance [Text]. / / In collection of scientific papers. Actual questions of theory and practice of the CBRN protection.- Vol'sk-18, 33rd CSRI of the MoD of the RF .- 2011.-Vol. 9-p. 35-42.
6. Grigor'ev A.A., Serebrennikov B.V. Remote monitoring of the mass concentration of aerosols of physiologically active substances in the atmosphere [Text] // / In collection of scientific papers. Irreversible processes in nature and technology: Tr. V all-Russian Conf. Bauman Moscow State Technical University. - M., 2009.- p. 121-124.
7. Grigor'ev A.A. The Monte-Carlo's method in the decision of the problems of optimization of the technical characteristics and the nomenclature of CBRN weapons and protection equipment [Tektst] // In collection of scientific papers. Actual questions of theory and practice of the CBRN protection.- Vol'sk-18, 33rd CSRI of the MoD of the RF .- 2011.-Vol. 9-p.60-71.
8. Analysis and development of the scientific and methodological approaches and the technical ways of practical use of information from space to identify geophysical and environmental conditions. [Text]: report about Research effort (interim, phase 2): code «Albastran-AN»/ IKI RAN; Project chairman Tamkovich G.M., M.: 1996.-137p.- The executor Kniazev N.A..[and others].
9. Copyright certificate № 206783, USSR, MKI³ G 01 N 21 / 25. Method of remote detection of areas of vegetation, that were affected with toxicants [Text] / Grigor'ev A.A., Palatov Iu.A., Sedunov S.G. and others; the patentee - military unit 61469. - № 3075904; patent 21.10.1983; publ. 01.08.1984.
10. Patent No. 2115887 the Russian Federation, МПК⁷ G 01 11 / 00. Method of the identification of the vegetation's types. [Text] / Davydov V.F., Grigor'eva

О.Ю., Щербаков А.С. и др.; заявитель и патентообладатель Московский государственный университет леса. -№ 94036123/13; заявл. 27.09.1994; опубл. 20.07.1998.

11 Патент №2038001 Российская Федерация МПК⁷ А 01 G 23 / 00. Способ оценки состояния лесов. [Текст] / Бронников С.В., Щербаков А.С., Шалаев В.С. и др.; заявитель и патентообладатель Московский государственный университет леса. №5035506/15; заявл. 02.04.1992; опубл. 27.06.1995.

12 Разработка технологий оценки состояния и динамики растительных ресурсов наземных экосистем на основе дистанционного мониторинга. [Текст]: отчет о НИР (промежуточный, этапы 2,3): Госконтракт №02.525.11.5005; ГУ НЦ «Аэрокосмос» рук. Бондур В.Г. М.: 2007.-27с. - Исполн. Шахраманьян М.А. [и др.].

13 Hill R., Bondall F. Function of the two cytochrome components in chloroplasts. A working hypothesis. //Nature. 1960 - Vol. 186. p.136-138.

14 Клейтон Р. Фотосинтез. [Текст].-М.: Мир, 1984-350 с.

O.Iu., Shcherbakov A.S. and others; the patent - Moscow State University of Forest. -№ 94036123/13; patent. 27.09.1994; publ. 20.07.1998.

11. Patent №2038001 the Russian Federation, MPK⁷ A 01 G 23 / 00. The method for assessing of the forests' state. [Text] / Bronnikov S.V., Shcherbakov A.S., Shalaev V.S. and others.; the patent - Moscow State University of Forest. №5035506/15; patent 02.04.1992; publ. 27.06.1995.

12. Development of technologies for assessing of the state and dynamics of plant resources of terrestrial ecosystems on the basis of remote monitoring. [Text]: report about Research effort (interim, stages 2,3): government contract №02.525.11.5005; State Institute Scientific Centre «Aerokosmos» project chairman Bondur V.G. M.: 2007.-27p. - The executor Shakhraman'ian M.A. [and others].

13. Hill R., Bondall F. Function of the two cytochrome components in chloroplasts. A working hypothesis. //Nature. 1960 - Vol. 18

14. Clayton R. Photosynthesis. [Text].-M.: Mir, 1984-350 p.

REMOTE BIOPHYSICAL METHOD OF ECOLOGICAL MONITORING OF CHEMICALLY HAZARDOUS OBJECTS

The authors of the article considered the methods and devices of remote chemical reconnaissance for the detection and identification of the various types of ecotoxicants. The examples of using of spectral methods of analysis of laser and spectroradiometric types for solving problems of environmental monitoring of chemically dangerous objects of the Ministry of defense of Russia were given. The method of the ecological monitoring of the environment based on the comparison of the coefficients of the spectral brightness of objects and the determination of vegetation indices underlying surface was proposed. The results of experimental studies of capabilities assessment of using the method of laser-induced fluorescence of chlorophyll for environmental monitoring of chemically hazardous objects were presented. The integrated application of active and passive methods of probing the state of vegetation with using the air and space-based equipment was proposed.

Key words: *biophysical environmental monitoring, remote sensing, the spectral luminance factor, means of remote chemical agent detector, chemically hazardous objects, ecotoxicants*

Иноземцев Валерий Александрович,

кандидат химических наук,

начальник кафедры общей тактики и оперативного искусства,

Военная академия РХБ защиты им. Маршала Советского Союза С.К. Тимошенко,

Россия, г. Кострома.

top59@mail.ru, 89164837940

Inozemtsev V.A.,

PhD in Chemistry,

Chief of the Department of General Tactics and Operational Art of War,

Nuclear, Biological and Chemical Defense Military Academy named after Marshal of the

Soviet Union S.K. Timoshenko,

Russia, the city of Kostroma.

Ефимов Игорь Николаевич,

кандидат технических наук, доцент,

начальник научно-исследовательского испытательного отдела,

33 Центральный научно-исследовательский испытательный институт Минобороны

России,

*Россия, Саратовская обл., г. Вольск-18,
esinshihani@yandex.ru, 89173223322,*

Efimov I.N.,

*PhD in Technical Science, Associate Professor,
Chief of Scientific Research Department,
The 33rd Central Scientific Research Institute of the Ministry of Defense of the Russian
Federation,
Russia, Saratov region, the city of Volsk-18.*

Григорьев Александр Александрович,

*кандидат технических наук, доцент,
ведущий научный сотрудник научно-исследовательского испытательного отдела,
33 Центральный научно-исследовательский испытательный институт Минобороны
России,*

*Россия, Саратовская обл., г. Вольск-18,
grigoriefffaa@mail.ru, 89053864915,*

Grigoriev A.A.,

*PhD in Technical Science, Associate Professor,
Leading Researcher of Scientific Research Department,
The 33rd Central Scientific Research Institute of the Ministry of Defense of the Russian
Federation,
Russia, Saratov region, the city of Volsk-18.*

Позвонков Андрей Александрович,

*кандидат технических наук,
заместитель начальника научно-исследовательского испытательного отдела,
33 Центральный научно-исследовательский испытательный институт Минобороны
России,*

*Россия, Саратовская обл., г. Вольск-18,
aapozvonkoff@yandex.ru, 89172177466,*

Pozvonkov A.A.,

*PhD in Technical Science,
Deputy Chief of Scientific Research Department,
The 33rd Central Scientific Research Institute of the Ministry of Defense of the Russian
Federation,
Russia, Saratov region, the city of Volsk-18.*



ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 621.96:681.327.8

ОРГАНИЗАЦИЯ ПОДСИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ И ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОПАСНОГО КРИТИЧЕСКИ ВАЖНОГО ОБЪЕКТА

Е.А. Жидко, С.Н. Разиньков

Одной из причин возможного нарушения нормальной устойчивой работы современных экологически опасных критически важных объектов является преднамеренное деструктивное информационно-техническое воздействие (ИТВ) на их системы связи и управления. Для безопасного и устойчивого функционирования критически важных объектов и противодействия ИТВ в системе связи и управления организуется целенаправленная деятельность аппаратных и программных устройств, образующих подсистему безопасности и защиты информации. Для ее проектирования в статье рассмотрены базовые принципы. Разработана структурная схема модели динамического управления подсистемой безопасности и защиты информации информационно-телекоммуникационных систем критически важного объекта. Представлена модель технологического цикла управления.

Ключевые слова: *информационная безопасность, информационный конфликт, система связи и управления, подсистема безопасности и защиты информации, несанкционированный доступ.*

В настоящее время в условиях применения санкций против России и проведения ею в качестве ответных мер политики импортозамещения особую актуальность приобретает задача дальнейшего совершенствования методов и систем защиты информации объектов, определенных отечественной доктриной информационной безопасности (ИБ) [1] как критически важных объектов (КВО).

К **критически важным** относятся объекты, на которые возлагаются ключевые функции выполнения задач и при прекращении деятельности которых возникает угроза срыва выполнения задач более высокого уровня.

К таким объектам относятся энергетические, транспортные, коммуникационные, строительные, промышленные, горнодобывающие, оборонные комплексы.

Среди них можно выделить предприятия топливно-энергетического комплекса (ТЭЦ, АЭС, объекты, связанные с эксплуатацией ядерных установок, объекты нефтехимической промышленности), металлургической промышленности, уникальные инженерные сооружения (плотины, эстакады, нефтегазохранилища), опасные объекты оборонного комплекса (крупные склады обычных и химических вооружений, военные аэродромы, ракетно-

космические и самолетные системы с ядерными и обычными зарядами), а также это отрасли, связанные с добычей и обогащением урановой и ториевой руд, производством ядерного топлива, с эксплуатацией радиационных источников, транспортированием по трубопроводам газа, нефти и предприятия в области цветной металлургии, обогащения железных руд, др.

КВО одновременно относятся к категории экологически опасных, поскольку их деятельность способна оказывать антропогенное воздействие на окружающую среду с превышением норм экологической безопасности. Сбои и отказы в работе их систем связи и управления сопровождаются рисками техногенных катастроф и могут приводить к негативным последствиям не только в плане организации и проведения повседневной работы, но и в плане создания угроз качеству и безопасности жизни человека.

Защита информации от несанкционированного доступа (НСД) представляет собой важную составляющую для обеспечения безопасности информации в повседневной деятельности КВО.

Задача должна решаться в свете требований нормативных и правовых документов, действующих в информационной сфере. При этом необходимо учитывать [1-3]:

1. Цель защиты – обеспечение безопасного

и устойчивого развития КВО как функции их конкурентоспособности на внешних и внутренних рынках в меняющихся условиях. Конкурентоспособность рассматривается как функция ценности её информационного обеспечения. Под информационным обеспечением понимаются макро- и микроусловия бизнеса, отраслевые и рыночные условия. Ценность такой информации определяется своевременностью ее получения, достоверностью, полнотой и точностью, а также полезностью для достижения целей развития КВО [4-6].

2. Влияние целенаправленной деятельности человека на реально складывающиеся и прогнозируемые отношения между злоумышленниками (далее сторона *A*) и лицами, принимающими решения (ЛПР) об адекватной реакции (далее сторона *B*) на их действия. В качестве таких отношений рассматриваются информационные конфликты (ИК) между сторонами *A* и *B*. Они возникают из-за различий в интересах сторон, проявляются в виде противоборства на политической арене и конкурентной борьбы в социально-эколого-экономической сфере в условиях информационно-психологической войны [5]. Сущность ИК сводится к созданию стороной *A* угроз нарушения информационной безопасности (воздействия на информацию и на информационный ресурс) стороны *B*. При этом эффективность достижения целей каждой из сторон, участвующих в ИК, возрастает с увеличением возможностей не только по добыванию информации о противнике, но и защите информации от аналогичных действий с его стороны.

Основными способами поражения КВО являются информационно-технические воздействия (ИТВ) на системы связи и управления (информационно-телекоммуникационные системы (ИТС)). Для создания деструктивных ИТВ могут применяться программно-аппаратные средства НСД в информационные области для уничтожения или подмены информации, а также средства постановки ***преднамеренных помех, приводящих к затруднению, нарушению или срыву информационного обмена в телекоммуникационных сетях.***

Система связи и управления, являющаяся технической основой управления КВО и его компонентами, представляет собой совокупность скоординированных по целевым функциям информационных и телекоммуникационных устройств (ИТС) и ресурсов, взаимодействующих в едином информационном пространстве.

Указанные обстоятельства определяют необходимость совершенствования защиты ИТС, которая в условиях ИК должна осуществляться при допустимых потерях информации и изменениях регламента информационного обмена.

Минимизация степени снижения эффективности передачи-приема и обработки информации при реализации мер по защите достигается за счет организации подсистемы

безопасности и защиты информации (ПБЗИ) [7].

Основу ПБЗИ составляет комплекс специальных программно-технических средств, выполняющих задачи по исключению (затруднению) получения стороной *B* информации, раскрывающей намерения защищаемого компонента системы, позволяющей идентифицировать его функциональное назначение, системную принадлежность, а также обеспечивающих защиту от НСД путем действий по нейтрализации возможных каналов утечки информации. При этом, как правило, регламентируется степень защищенности информационных ресурсов, при которой реализуется их эффективное устойчивое функционирование с уровнем вероятности реализации своих функций не ниже заданного.

Включение ПБЗИ в структуру ИТС КВО позволяет распознавать угрозы безопасности информации и адекватно реагировать на них при согласованном распределении ресурса всех аппаратных и программных средств с учетом функциональных взаимосвязей и рисков нарушения регламентированных состояний.

Синтез структурно-функциональной схемы и проектирование ПБЗИ осуществляется с учетом следующих базовых принципов [8,9]:

- *принцип концептуального единства*, означающий, что создание всех компонентов подсистемы осуществляется на базе единых принципов, концепций, подходов к разработке, реализации, внедрения и эксплуатации аппаратных и программных средств ПБЗИ независимо от уровня иерархии и этапов жизненных циклов, с целью обеспечения единообразия внутренней структуры компонентов подсистемы и способа их взаимодействия друг с другом и с пользователями;

- *принцип системности*, заключающийся в том, что задачи, возникающие в процессе проектирования этой подсистемы, должны решаться с учетом влияния принимаемых решений на конечные целевые показатели эффективности разработки при взаимодействии всех составных частей системы;

- *принцип функциональной полноты и комплексности*, означающий, что ПБЗИ должна обеспечиваться совокупностью административных, режимных, программно-технических мер и содержать компоненты, осуществляющие защиту информации на всех уровнях иерархии системы и от всех возможных угроз;

- *принцип оптимальности и адекватности*, заключающийся в том, что выбор соотношения различных методов и способов отражения (нейтрализации) угроз безопасности должен быть рациональным и дифференцированным в зависимости от важности защищаемого КВО, частоты и вероятности возникновения угроз безопасности информации, оперативной обстановки, текущего состояния защищаемой системы и ПБЗИ;

- принцип закрытости, заключающийся в том, что в случае захвата злоумышленником подсистема должна уничтожать охраняемые данные, управляющую информацию и программное обеспечение, анализ которого открывает возможности создания системы противодействия ПБЗИ;

- принцип адаптивности, заключающийся в том, что ПБЗИ должна строиться с учетом возможности изменения конфигурации сетей, числа пользователей и степени ценности информации. При введении каждого нового элемента сети не должен снижаться достигнутый уровень ее защиты в целом.

Базовыми компонентами модели динамического управления ПБЗИ системы связи и управления КВО являются блоки имитации защищаемого объекта и управляющей системы, охваченные линиями обратной связи.

Структурная схема модели приведена на рис. 1. В ней приняты следующие обозначения: A – управляющая система, A_1 – информационно-логическое устройство для обработки ответов на запросы и передачи результатов на решающее устройство, A_2 – решающее устройство, обрабатывающее информацию по защите объекта, A_3 – источник управляющей информации (запросов), B – защищаемый объект, $K(x)$ – закон классификации каждого ответа по признакам идентификации [10,11], $G(x)$ – функция, определяющая стратегию поведения управляющей системы в зависимости от ответов на запросы, X – переменная, характеризующая структуру и содержание ответов. Решение, вырабатываемое устройством A_2 , является основой для выдачи управляющего воздействия, определяющего состав средств защиты $S_k, k = 0, 1, 2, \dots$

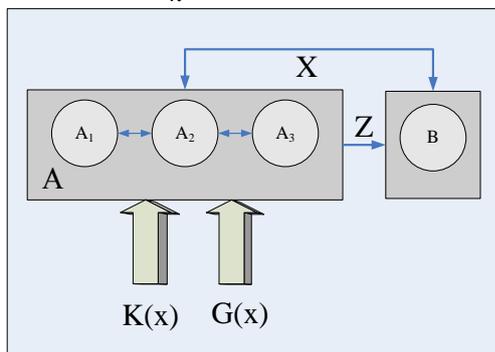


Рис. 1. Структурная схема модели динамического управления ПБЗИ ИТС КВО

Действие управляющей системы A осуществляется следующим образом. В момент времени t_0 блок A_3 выдает управляющее воздействие Z_0 на объект, который переходит из

состояния b_0 в состояние b_1 . Степень защиты объекта определяется ответом X_0 , сравниваемым с эталонным значением X_0^* в блоке контроля A_1 . В дальнейшем управляющая система периодически вырабатывает запрос $Z_k, k \geq 1$. Объект B формирует ответы x_i на полученные запросы. Величина ошибки, содержащейся в ответе x , совместно с функциями $K(x)$ и $G(x)$ определяет уровень защищенности объекта и через блоки A_2 и A_3 формирует новое управляющее воздействие $Z_k, k \geq 2$.

Процессы управления средствами защиты в ПБЗИ могут быть представлены в виде замкнутого технологического цикла, состоящего из связанных по целям и результатам фаз. Модель технологического цикла управления ПБЗИ ИТС КВО представлена на рис. 2.

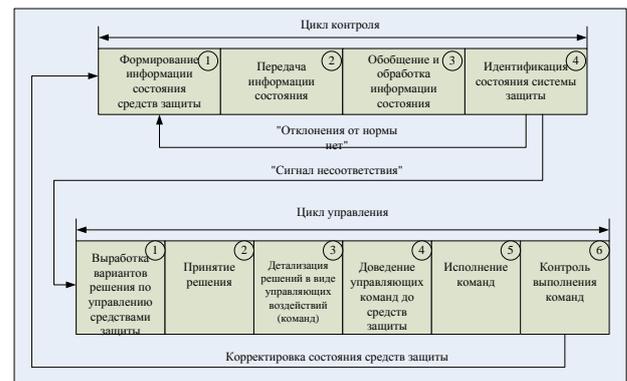


Рис. 2. Модель технологического цикла управления ПБЗИ ИТС КВО

Первые четыре фазы определяют цикл контроля средств защиты, а остальные – цикл управления.

Цикл контроля объединяет фазы формирования первичной информации о состоянии средств защиты, передачи этой информации в центр управления безопасностью информации (ЦУБИ), обобщения и обработки информации о состоянии средств защиты и принятия решения в условиях неполноты и неопределенности данных.

На основе построения модели и исследования свойств ПБЗИ системы связи и управления обоснованы меры по защите информации об экологически опасном критически важном объекте в условиях деструктивных ИТВ. Указанные меры должны выбираться из условий минимизации времени обнаружения элемента с деструктивными функциями и достижения требуемого качества управления ресурсами, выделяемыми для его нейтрализации, в течение времени ИК.

Библиография

1. Доктрина информационной безопасности Российской Федерации: утв. Президентом РФ 9 сентября 2000 г., № Пр-1895 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.scrf.gov.ru/documents/6/5.html>.
2. Об утверждении требований к защите персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных: постановление Правительства Российской Федерации от 1 ноября 2012 г. № 1119 Российская газета, 2012. - 7 ноября.
3. Об информации, информационных технологиях и о защите информации: федеральный закон Российской Федерации от 27 июля 2006 г. N 149-ФЗ // СПС «Консультант Плюс».
4. Жидко Е.А., Пикалов В.В., Ясакова В.С. Логико-вероятностно-информационный подход к исследованию информационной безопасности хозяйствующих субъектов // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. - 2017. - № 2 (23). - С. 34-39.
5. Жидко Е.А., Попова Л.Г. Информационная и интеллектуальная поддержка управления развитием социально-экономических систем // Вестник Иркутского государственного технического университета. - 2014. - № 10 (93). - С. 12-19.
6. Жидко Е.А. Научно-обоснованный подход к классификации угроз информационной безопасности // Информационные системы и технологии, 2015. – № 1(87). – С. 132-139.
7. Жидко Е.А., Разиньков С.Н. Модель подсистемы безопасности и защиты информации системы связи и управления критически важного объекта // Системы управления, связи и безопасности. 2018. № 1. С. 122-135. URL: <http://sccs.intelgr.com/archive/2018-01/06-Zhidko.pdf>
8. Давыдов А.Е., Максимов Р.В., Савицкий О. К. Защита и безопасность ведомственных интегрированных инфокоммуникационных систем. – М.: Воентелеком, 2017. – 536 с.
9. Максимов Р.В., Павловский А. В., Стародубцев Ю. И. Защита информации от технических средств разведки в системах связи и автоматизации. – СПб.: ВАС, 2007. – 88 с.
10. Разиньков С.Н., Решетняк Е.А. Многоальтернативное отождествление объектов с оценкой максимального правдоподобия однопольных параметров // Физика волновых процессов и радиотехнические системы, 2014. – Т. 17. – № 3. – С. 67-73.
11. Разиньков С.Н., Решетняк Е.А. Оптимальное и квазиоптимальное отождествление объектов при структурно-системном мониторинге обстановки // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. - 2015. - Т. 18., № 3. - С. 42-47.

References

1. Doktrina informacionnoj bezopasnosti Rossijskoj Federacii: utv. Prezidentom RF 9 sentyabrya 2000 g., № Pr-1895 [EHlektronnyj resurs]. URL: <http://www.scrf.gov.ru/documents/6/5.html>.
2. Ob utverzhdenii trebovanij k zashchite personal'nyh dannyh pri ih obrabotke v informacionnyh sistemah personal'nyh dannyh: postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 1 noyabrya 2012 g. № 1119 Rossijskaya gazeta, 2012. - 7 noyabrya.
3. Ob informacii, informacionnyh tekhnologiyah i o zashchite informacii: federal'nyj zakon Rossijskoj Federacii ot 27 iyulya 2006 g. N 149-FZ // SPS «Konsul'tant Plyus».
4. ZHidko E.A., Pikalov V.V., YAsakova V.S. Logiko-veroyatnostno-informacionnyj podhod k issledovaniyu informacionnoj bezopasnosti hozyajstvuyushchih sub"ektov // Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MCHS Rossii. - 2017. - № 2 (23). - S. 34-39.
5. ZHidko E.A., Popova L.G. Informacionnaya i intellektual'naya podderzhka upravleniya razvitiem social'no-ehkonomicheskikh sistem // Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. - 2014. - № 10 (93). - S. 12-19.
6. ZHidko E.A. Nauchno-obosnovannyj podhod k klassifikacii ugroz informacionnoj bezopasnosti // Informacionnye sistemy i tekhnologii, 2015. – № 1(87). – S. 132-139.
7. ZHidko E.A., Razin'kov S.N. Model' podsistemy bezopasnosti i zashchity informacii sistemy svyazi i upravleniya kriticheski vazhnogo ob"ekta // Sistemy upravleniya, svyazi i bezopasnosti. 2018. № 1. S. 122-135. URL: <http://sccs.intelgr.com/archive/2018-01/06-Zhidko.pdf>
8. Davydov A.E., Maksimov R.V., Savickij O. K. Zashchita i bezopasnost' vedomstvennyh integrirovannyh infokommunikacionnyh sistem. – М.: Voentelekom, 2017. – 536 s.
9. Maksimov R.V., Pavlovskij A. V., Starodubcev YU. I. Zashchita informacii ot tekhnicheskikh sredstv razvedki v sistemah svyazi i avtomatizacii. – SPb.: VAS, 2007. – 88 s.
10. Razin'kov S.N., Reshetnyak E.A. Mnogoal'ternativnoe otozhdestvlenie ob"ektov s ozenkoj maksimal'nogo pravdopodobiya odnotipnyh parametrov // Fizika volnovykh processov i radiotekhnicheskie sistemy, 2014. – Т. 17. – № 3. – S. 67-73.
11. Razin'kov S.N., Reshetnyak E.A. Optimal'noe i kvaziopital'noe otozhdestvlenie ob"ektov pri strukturno-sistemnom monitoringe obstanovki // Fizika volnovykh processov i radiotekhnicheskie sistemy. - 2015. - Т. 18., № 3. - S. 42-47.

ORGANIZATION OF THE SECURITY AND INFORMATION PROTECTION SUBSYSTEM ECOLOGICALLY DANGEROUS CRITICALLY IMPORTANT OBJECT

One of the reasons for the possible disruption of the normal sustainable operation of modern environmentally critical facilities is the deliberate destructive information and technical impact (ITV) on their communication and management systems. For the safe and stable operation of critical facilities and countermeasures for ITV in the communication and management system, purposeful activity of hardware and software devices forming the security and information security subsystem is organized. For its design, the article considers basic principles. A block diagram of the dynamic control model of the security and information protection subsystem of information-telecommunication systems of a critical object. The model of the technological control cycle is presented.

Key words: *information security, information conflict, communication and control system, security and information security subsystem, unauthorized access.*

Жидко Е.А.,

*к.т.н., доцент,
профессор кафедры техносферной и промышленной безопасности,
Воронежский государственный технический университет,
Россия, г. Воронеж,
т. 8-910-345-46-13, e-mail: lenag66@mail.ru*

Zhidko E.A.,

*candidate of technical sciences, associate professor,
Professor of the Department of "Technospheric and Industrial Security"
Voronezh State Technical University,
Russia, Voronezh.*

Разиньков С.Н.,

*старший научный сотрудник, доктор физ.-мат. наук,
ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»,
Россия, г. Воронеж,
т.8-904-212-71-79. E-mail: razinkovsergey@rambler.ru*

Razinkov S.N.,

*Senior Researcher, Ph.D. sciences,
VUNTS VVS "The Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin",
Russia, Voronezh.*

СПЕЦИФИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ОПОВЕЩЕНИЯ

О.В. Кочнов, А.В. Мальцев, А.В. Кочегаров, А.С. Мальцев

В работе рассмотрены основные вопросы проектирования систем оповещения с учетом современных требований. Выбор той или иной системы должен быть обоснован и подтвержден расчетами, выполненными на основании актуальных, современных методик. Постоянно растущая инфраструктура требует интеграции различных систем, в том числе и систем безопасности при эвакуации людей при пожаре. Интеграция подразумевает объединение различных систем как на протокольном – верхнем уровне, требующем применения современных цифровых технологий, так и на контактном – нижнем уровне, требующем базовых надежных решений. Для проектирования и построения систем оповещения и управления эвакуацией в последнее время наиболее часто используется комплекс СОУЭ. Повсеместное применение комплексов в такой области, как пожарная безопасность, требует учебных материалов, методических руководств и практических расчетов для минимизации времени эвакуации и предотвращения гибели людей.

Ключевые слова: проектирование систем оповещения, своевременная информация в случае возникновения пожара, эвакуация людей при пожаре, управление эвакуацией.

Развивающиеся электронные технологии оказывают всестороннее влияние на различные сферы человеческой деятельности, в том числе сферу безопасности, предъявляют повышенные требования к специалистам, от которых требуется постоянное повышение своей квалификации, строгое осмысление целевых задач, привлечение все более широкого арсенала средств для их решения. Современному проектировщику необходимо осуществлять постоянную обратную связь с поставщиками и разработчиками. Выбор оборудования должен осуществляться с учетом как всесторонней интеграции, так и перспектив. Выбор той или иной системы должен быть обоснован и подтвержден расчетами, выполненными на основании актуальных, современных методик.

В современном технократическом обществе все большее внимание стало уделяться системам оповещения людей. Системы оповещения широко применяются в различных сферах человеческой деятельности: в сфере обеспечения безопасности зданий и сооружений – системы оповещения о пожаре (СОУЭ), в сфере гражданской обороны – системы оповещения о чрезвычайных ситуациях (ЦСО, ЛСО, ОСО), в сфере энергетики и промышленности – командно-поисковые системы, в промышленности и сфере транспорта – системы связи (СГГС).

Основное назначение системы оповещения – оповещение людей о той или иной угрозе, донесение до них информации, касающейся их личной безопасности, в случае каких-либо экстренных ситуаций: пожаров, техногенных катастроф, террористических угроз. Система оповещения является необходимой составляющей системы безопасности, в которой является конечным исполнительным элементом, посредником между техническими средствами и

человеком. Можно выразиться следующим образом: система оповещения – это конечное устройство в сложном механизме обеспечения безопасности человека. Отсутствие своевременной информации в случае возникновения пожара или чрезвычайных ситуаций может стать причиной больших человеческих жертв, поэтому все принимаемые в последнее время нормативные акты в области безопасности обязательно включают в себя требования по оснащению зданий, сооружений и территорий с массовым пребыванием людей системами оповещения. В последние годы системам оповещения стало уделяться более серьезное внимание. Стимулом к этому послужило бурное развитие российского рынка. Утвердившись в сфере обеспечения противопожарной безопасности зданий и сооружений, системы оповещения стали активно проектироваться и в сфере гражданской обороны, устанавливаться в местах, подверженных воздействию (природного) стихийного, техногенного характера.

На сегодняшний день в рамках реализации программы гражданской обороны населения строятся системы оповещения на различных уровнях: локальные (ЛСО), централизованные (ЦСО), федеральные (ФСО).

В настоящее время эффективно внедряется программа «Безопасный город», в которой система оповещения призвана решать все те же задачи, связанные с информированием людей о той или иной угрозе.

В быстро развивающемся социуме с постоянно растущей инфраструктурой одной из наиболее актуальных является задача интеграции различных систем. Интеграция подразумевает объединение различных систем как на протокольном – верхнем уровне, требующем применения современных цифровых технологий,

так и на контактном – нижнем уровне, требующем базовых надежных решений. При решении любых глобальных задач очень важно правильно выбрать базис – точку опоры, с одной стороны, и строительный материал, кирпичики, из которых можно будет строить, с другой. Так, например, для успешного проектирования и построения глобальной межуровневой системы оповещения с координированным централизованным управлением можно обратиться к опыту проектирования и построения систем оповещения и управления эвакуацией СОУЭ. СОУЭ имеют повсеместное применение, но, тем не менее, даже в такой, распространенной на сегодняшний день области, ощущается нехватка учебных материалов, методических руководств, что и послужило причиной написания данной работы.

Для обеспечения безопасности людей, находящихся в зданиях и сооружениях, используется СОУЭ – системы оповещения и управления эвакуацией людей. СОУЭ, будучи посредником между средствами автоматики и человеком, являются наиважнейшей составляющей системы безопасности зданий и сооружений. Юридическим основанием для применения СОУЭ на нашем рынке являются нормативные документы, разработанные на основании федеральных законов. Основным нормативным документом для проектирования систем оповещения и управления эвакуацией СОУЭ, является свод правил СП 3-13130-2009 [3] разработанный в соответствии со статьей №84 федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [4]. Фактическое основание применения систем оповещения продиктовано необходимостью защитить людей при той или иной угрозе, своевременно предупредив их об опасности, путем доведения до них информации, касающейся их личной безопасности. В данном нормативном документе (НД) дается такое определение СОУЭ:

СОУЭ – это комплекс организационных мероприятий и технических средств, предназначенный для своевременного сообщения людям информации о возникновении пожара и необходимых путях эвакуации.

Выбор той или иной СОУЭ зависит от многих аспектов: типа защищаемого здания, в котором она используется, его специфики, существующих или проектируемых коммуникаций и, что не маловажно, пожелания заказчика. Проектирование СОУЭ начинается с оценки защищаемого здания [5], в котором она будет использоваться. При оценке здания определяется нормативный показатель, определяющий тип используемой СОУЭ. Тип СОУЭ должен быть не ниже типа защищаемого здания. Тип защищаемого здания определяется нормативным показателем, зависящим от этажности и количества людей, находящихся в зоне оповещения. Зональное деление, осуществляемое на начальном этапе

проектирования, представляется очень важным. С точки зрения обеспечения безопасности это своевременная и беспрепятственная эвакуация людей; с функциональной точки зрения, это удобство и гибкость управления; с акустической точки зрения, это создание однородного звукового поля, обеспечивающего равномерное комфортное восприятие; с точки зрения надежности технических средств (КТС) – минимизация паразитных обратных связей в системе.

К СОУЭ предъявляются следующие основные требования:

1. высокая надежность функционирования;
2. минимальное время реакции при поступлении сигнала о пожаре;
3. наличие защиты доступа к органам управления;
4. возможность автоматической работы;
5. наличие системы контроля входных и выходных шлейфов;
6. возможность протоколирования (ведения журнала) всех событий;
7. жесткие требования к организации резервного питания.

По типу оповещения СОУЭ 3-5 типов являются системами речевого оповещения, основу которых составляет звуковой тракт. Звуковой тракт, в свою очередь, является элементом трехэтапной структуры.

1. создание;
2. распространение;
3. восприятие.



Рис.1. Распространение звукового сигнала

Основная задача данной структуры – передать звуковую информацию от источника получателю в максимально неискаженном виде и с необходимой громкостью. В самом общем виде. “Неискаженность” обеспечивается параметрами звукового тракта, так, например, параметры громкоговорителей являются входными для “электроакустического расчета”, в котором и формируются требования к оптимальной громкости. При проектировании звуковых систем оповещения должна учитываться специфика всех трех составляющих.

На этапе создания основное значение имеет звуковой тракт, включающий три элемента (этапа преобразования):

1. звуковой источник (микрофон) как преобразователь акустической энергии на входе в электрический сигнал на выходе;
2. система звукоусиления;

3. громкоговоритель как преобразователь электрического сигнала на входе в слышимый акустический сигнал на выходе.

Процесс создания (формирования) звукового сообщения сопряжен с выбором и оптимальным сопряжением технических средств:

- сопряжением звукового источника с системой звукоусиления;
- согласованием системы звукоусиления с нагрузкой.

Важным представляется такое понятие, как “нормирование” звукового тракта – оптимальное и согласованное взаимодействие всех узлов системы, обеспечивающих беспрепятственное прохождение звукового сигнала с входа на выход.

Нормирование звукового тракта – начальный этап и гарант процесса проектирования системы оповещения.

Согласование системы звукоусиления с нагрузкой сопряжено с решением такой важной задачи, как расчет потерь на проводах – задаче, предшествующей электроакустическому расчету. Минимизация потерь на проводах, особенно актуальная в т.н. “распределенных системах”, обеспечивает количество информации – трансляцию сигнала с необходимым уровнем и сохраняет качество – “неискаженность” - звукового сигнала.

В качестве среды распространения звука естественно рассматривать воздушное пространство. Данный этап в полной мере учитывается в акустических расчетах, результаты которых являются основополагающими для выбора технических средств.

Восприятие обуславливается общими физиологическими особенностями человека вообще и индивидуальными особенностями каждого человека в частности. Учет особенностей восприятия отражается в необходимости осуществлять электроакустический расчет в определенных единицах – т.н. дБА – уровнях звукового давления (в децибелах), скорректированных по шкале “А”. Корректировка по шкале “А” связана с ограничением АЧХ человеческого восприятия, при котором низкие частоты слышатся гораздо хуже, чем высокие. Учет специфики восприятия человека связан с разработкой такой темы, как расчет разборчивости. Перспективной в этом плане является область, называемая “психоакустикой”.

СОУЭ – комплекс не только технических средств, но и организационных мероприятий. Организационные мероприятия являются наиболее актуальными для персонала – категории людей, постоянно пребывающих в защищаемом здании (помещении). К элементарным примерам организационных мероприятий относятся планы эвакуации, размещаемые в каждом здании, а также периодические тренинги по экстренной эвакуации. Вопросы проектирования, которые не поддаются однозначному техническому разрешению, следует оговаривать в проектной документации. Грамотно

разработанные указания по техническому обслуживанию системы могут способствовать повышению ее надежности и, как следствие, уровню безопасности людей.

Для защиты временно пребывающей (защищаемой) категории людей (посетителей) наиболее актуальна система автоматического оповещения о пожаре. Автоматическое оповещение обеспечивается комплексом (автоматических) технических средств (КТС). КТС СОУЭ, кроме средств речевого (звукового) оповещения, включает (световые) средства управления движением людей – динамические указатели направления движения и статические указатели выходов.

Громкоговорители являются представителями более широкого класса, имеющего название «Пожарные речевые оповещатели».

Пожарный речевой оповещатель – исполнительное устройство, предназначенное для окончательного формирования и воспроизведения служебной или экстренной информации, характер которой определяется типом СОУЭ.

В зависимости от характера формируемых сигналов оповещатели подразделяются на световые, звуковые, речевые, комбинированные. С ролью речевого оповещателя достаточно эффективно справляются громкоговорители.

К громкоговорителям, как речевым оповещателям, предъявляются общие нормативные требования.

Количество оповещателей звуковых и речевых сигналов (громкоговорителей), их расстановка и мощность должны обеспечить необходимую слышимость во всех местах пребывания людей в помещениях.

Громкоговорители должны подключаться к сети без разъемных устройств, не должны содержать регуляторов громкости, должны обеспечивать уровень звука речевой информации в частотном диапазоне: 02-5кГц, в динамическом диапазоне 85-130дБ. Неравномерность звукового сигнала в заявленном частотном диапазоне на основании [1], [2] не должна превышать 10%.

В системе оповещения о пожаре громкоговоритель является конечным исполнительным элементом, и его параметры оказывают решающее влияние на качество передачи аудиоинформации. Одной из наиболее важных характеристик современного громкоговорителя является обеспечение высокой эффективности – соотношения громкости, качества и КПД.

В трансляционных системах широко используются трансформаторные громкоговорители, обеспечивающие оптимальное согласование выходов усилителей с протяженной линией и громкоговорителями. Трансформаторное согласование обеспечивает минимальные потери на проводах, отсутствие паразитных обратных связей и мн. др.

Выбор конструкции громкоговорителя обусловлен спецификой его применения – характером объекта, типом помещения, места установки, способом крепления, классом защиты и т.д.

Варьируя характеристики и количество громкоговорителей – угол их наклона, величину вертикальной и горизонтальной диаграмм направленностей, можно управлять звуковым полем озвучиваемой площадки, адаптироваться к помещениям различной конфигурации (озвучиваемым территориям), минимизировать паразитные обратные связи.

На начальном этапе проектирования СОУЭ выполняется электроакустический расчет, основной задачей которого является определение параметров громкоговорителей, их количества и схем расстановки. Данный расчет опирается на требования нормативной документации (НД) и определяется параметрами защищаемого помещения – его геометрическими размерами и уровнем шума.

В процессе элементарного электроакустического расчета определяются уровни звукового давления в расчетных точках (РТ). Данный расчет базируется на трех основных постулатах:

1. При расчете необходимо учитывать параметры всего звукового тракта, оказывающие влияние на характеристики громкоговорителей, являющиеся в свою очередь входными для электроакустического расчета.

Элементарный электроакустический расчет осуществляется на базе геометрической лучевой теории – наиболее простой, эффективной и удобной. В основе данной теории заложены физические принципы, разработанные в оптике. Простота данной теории объясняется ее наглядностью. Геометрическая лучевая теория акустического расчета основана на законах геометрической оптики, в которой:

- звуковую волну сравнивают (отождествляют) со световым лучом;

- угол отражения звуковой волны равен углу ее падения;

- падающий и отраженный лучи лежат в одной плоскости, что для акустических волн вполне справедливо, если размеры отражающих поверхностей больше длины волны нижней границы частотного диапазона для 0,2кГц – 1,7м, а размеры неровностей отражающих поверхностей меньше длины волны верхней границы частотного диапазона для 5кГц – 0,068 м.

2. Для простоты расчета предлагается ограничиться не более чем одним отражением звукового сигнала от пола или от стены (что вполне согласуется с понятием первичных отражений в акустике), что позволяет, с одной стороны, существенно упростить расчетную часть, а с другой, – получить вполне удовлетворительные результаты для основных типов озвучиваемых помещений (коридоры, фойе, аудитории). Для

озвучивания объектов сложной архитектуры (формы) – театров, концертных залов и т.п. следует использовать альтернативные методы расчета – программные средства и измерительные приборы.

Отдельный интерес представляют реверберационные процессы, присутствующие в закрытых помещениях. Реверберация имеет два значения — процесс постепенного уменьшения интенсивности звука при его многократных отражениях или время, в течение которого звуковое давление уменьшится на 60дБ.

Хотелось бы обратить внимание на один важный момент, касающийся точности расчетов. Так, например, в ГОСТе по шуму 2005 г. [7] предполагаемая точность расчетов составляет 0,1%. В электроакустических расчетах это влечет к необходимости определения уровня шума в защищаемых помещениях с той же самой точностью, что не представляется возможным, так как в качестве параметра шума принимается не конкретное, а среднестатистическое усредненное значение. Не представляется возможным расчет с точностью даже в 1%, так как значения т.н. “пространственного угла” используемого при расчетах даются (в табличном виде) уже с шагом в 3дБ.

В силу вышесказанного, очень важной представляется задача создания актуальных, современных методик.

В СОУЭ, как и в любой проводной звукоусилительной системе, усилитель с громкоговорителями соединяется линиями связи (шлейфами). Как и в любых линиях, в них возникают потери, что может заметно снизить уровень и качество передаваемого сигнала, поэтому немаловажной является задача расчета потерь на проводах. СОУЭ, начиная со 2-го типа, разбиваются на зоны. В каждую зону прокладывается как минимум одна линия (шлейф), нагруженная громкоговорителями. Величина суммарной нагрузки (Вт) в линии определяется результатами электроакустических расчетов, в процессе которых определяются необходимые уровни звукового давления каждого громкоговорителя.

Расчет потерь на проводах сопряжен с решением двух задач – расчетом потерь по напряжению (мощности) при условии, что провод уже выбран, и расчетом минимально необходимого сечения кабеля при условии, что кабель еще предстоит выбрать.

Задача организации бесперебойного питания системы оповещения (СО) сопряжена с расчетом времени резервирования технических средств СОУЭ. В режиме тревоги СОУЭ должна функционировать в течение 1 часа или 1,3 времени эвакуации, при условии, что расчет времени эвакуации выполнялся. Достаточно жестким является требование по обеспечению бесперебойного питания в “дежурном режиме”, обеспечить которое бывает не всегда просто, особенно для систем большой мощности. Для

обеспечения работы технических средств (КТС) в “дежурном режиме” – в течение 24 ч, КТС в отсутствие аварийной ситуации должны обеспечивать минимальное потребление и при этом оперативно (с минимальной задержкой) включаться для экстренного оповещения. При необходимости совмещения в одной системе аварийного (экстренного) оповещения и музыкальной трансляции технические средства необходимо “запитывать” от двух вводов питания – резервируемого и не резервируемого. Следует обращать внимание на то, что любое дополнительное (например, музыкальное) оборудование необходимо подключать только к не резервируемым вводам.

Для резервирования оборудования, имеющего питание 220 В, широко используются источники бесперебойного питания ИБП (англ. UPS). По сравнению с АКБ они имеют как минимум два преимущества – простота в обслуживании и безопасность использования. Однако при работе с ИБП необходимо быть предельно внимательными. На современном рынке присутствует большое разнообразие ИБП. Производители, выдвигая на передний план те или иные преимущества, обычно скрывают недостатки своих брендов, поэтому для применения ИБП в качестве технического средства СОУЭ необходимо использовать только ИБП, прошедшие сертификацию – проверку и тестирование в пожарных органах.

Дадим определение речевой системы оповещения.

Речевая система оповещения – это комплекс технических средств, предназначенный для трансляции людям, находящимся в одной или нескольких опасных зонах речевой информации, направленной на обеспечение их безопасности.

В международных стандартах дается (примерно) такое определение:

“Звуковая система аварийного оповещения должна обеспечивать трансляцию понятной информации, направленной на защиту людей”.

Системы оповещения можно разделить по нескольким признакам [6]: по способу передачи информации, проводные и беспроводные. В беспроводных системах передача информации осуществляется по радиоканалам. Наиболее распространенными на сегодняшний день являются проводные системы оповещения, отличающиеся повышенной надежностью и удобством в обслуживании. Информация в таких системах передается по проводам.

Системы оповещения могут в значительной мере отличаться по своим возможностям. Достаточно актуальными на сегодняшний день являются системы распределенного звучания, построенные на базе цифровых технологий. В таких системах основные исполнительные элементы (блоки) могут выноситься на большие расстояния. Управление

такими блоками (системами) осуществляется централизованно при помощи процессора, сервера и т.д. Для распределенных систем характерно понятие “координированного управления”. На координационных постах осуществляется контроль, управление, сбор и протоколирование необходимой информации. Высокая функциональность и удобство управления распределенными системами достигается за счет широкого использования процессорных технологий и программного обеспечения. Процессорные (микропроцессорные) технологии позволяют гибко подстраиваться под решение как текущих, так и возникающих (перспективных) задач. На сегодняшний день цифровые системы оповещения используют такие универсальные интерфейсы и протоколы передачи данных, как RS-232/422/485, TCP/IP, CobraNet, Dante, SIP. Современные цифровые методы преобразования позволяют передавать информацию по оптоволоконным и локальным вычислительным сетям и, что очень важно, интегрироваться с другими системами.

Достаточно обширная сеть мероприятий на сегодняшний день проводится в области гражданской обороны населения. Одной из актуальных является задача стыковки (сопряжения) систем оповещения о пожаре с системами оповещения (с сигналами) о чрезвычайных ситуациях (ЧС). Информация о ЧС передается по различным, в том числе цифровым, каналам связи. Объединение данных задач в одном решении накладывает дополнительные требования к параметрам используемой системы оповещения, наиболее важными из которых являются требования “многозонности”, “многоприоритетности” и “многоканальности”.

В связи с растущими темпами строительства все более актуальными становятся задачи, связанные с применением СОУЭ 4 и 5 типов. По существующим нормативам в этих типах должна быть реализована связь зоны пожара с пунктом управления или диспетчерским постом. К системе обратной связи предъявляются такие требования, как надежность, обеспечение бесперебойного питания, контроль шлейфов. Система связи должна быть двусторонней (дуплексной), вандалозащищенной, функционировать в экстренных условиях, например, при повышенном шуме. Еще одним важным требованием СОУЭ 4 и 5 типов является возможность организации нескольких вариантов эвакуации из каждой зоны оповещения. В этом случае СОУЭ должна осуществлять “сложный алгоритм оповещения”. Задача сложного алгоритма – выполнить определенный сценарий – последовательность оповещения. Такие задачи эффективно решаются не только программными, но и аппаратными средствами.

Для СОУЭ 5 – системы с возможностью координированного управления – актуально понятие интеграции. Под интеграцией следует

понимать возможность эффективного (совместного) функционирования нескольких различных систем, решающих общую задачу. В более простом смысле интеграция – это оптимальное согласование нескольких систем. На сегодняшний день данная задача наиболее оптимально решается на базе все тех же цифровых (систем) технологий. Цифровые системы имеют известный ряд преимуществ: высокое качество

звука, возможность передачи информации на большие расстояния, помехоустойчивость, защита и возможность протоколирования информации. В основе каждой из интегрируемых (объединяемых) систем должны быть заложены единые унифицированные принципы (например, протоколы), позволяющие нескольким системам понимать друг друга.

Библиография

1. СНиП 2.08.02-89. Пособие к проектированию СОУЭ в общественных зданиях. Актуализация от 21.05.2015 - СНиП 2.08.02-89 "Общественные здания и сооружения".
2. ГОСТ Р 53575-2009 (МЭК 60268-5:2003). Громкоговорители. Методы электроакустических испытаний (Москва Стандартинформ 2011).
3. Свод правил СП-3-13130-2009 от 2009 г. "Требования пожарной безопасности к звуковому и речевому оповещению и управлению эвакуацией людей".
4. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 29.07.2017).
5. Кочнов О.В. Особенности проектирования систем оповещения. - Муром: издательство Ковалгин, 2012.
6. Кочнов О.В. Проектирование систем оповещения. - Тверь, 2016. - Том 1.
7. ГОСТ 12.1.003–2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.

References

1. SNiP 2.08.02-89. Posobie k proektirovaniyu SOUEH v obshchestvennyh zdaniyah. Aktualizaciya ot 21.05.2015 - SNiP 2.08.02-89 "Obshchestvennye zdaniya i sooruzheniya".
2. GOST R 53575-2009 (MEHK 60268-5:2003). Gromkogovoriteli. Metody ehlektroakusticheskikh ispytaniy (Moskva Standartinform 2011).
3. Svod pravil SP-3-13130-2009 ot 2009 g. "Trebovaniya pozharnoj bezopasnosti k zvukovomu i rechevomu opoveshcheniyu i upravleniyu ehvakuaciej lyudej".
4. Tekhnicheskij reglament o trebovaniyah pozharnoj bezopasnosti: federal'nyj zakon ot 22.07.2008 N 123-FZ (red. ot 29.07.2017).
5. Kochnov O.V. Osobennosti proektirovaniya sistem opoveshcheniya. - Murom: izdatel'stvo Kovalgin, 2012.
6. Kochnov O.V. Proektirovanie sistem opoveshcheniya. - Tver', 2016. - Tom 1.
7. GOST 12.1.003–2014. Sistema standartov bezopasnosti truda. SHum. Obshchie trebovaniya bezopasnosti.

SPECIFIC DESIGN OF ALERT SYSTEMS

The paper considers the main issues of designing warning systems, taking into account modern requirements. The choice of this or that system should be justified and confirmed by calculations carried out on the basis of actual, modern techniques. Constantly growing infrastructure, requires the integration of various systems, including security systems in the evacuation of people in a fire. Integration involves the integration of different systems, both on the protocol level - the upper level, which requires the use of modern digital technologies, and at the contact level - the lower level, which requires basic reliable solutions. For the design and construction of warning systems and evacuation management, the SOEE complex has recently been used most often. The ubiquitous use of complexes, in the field of fire safety, requires training materials, methodological guidelines, and practical calculations to minimize the time of evacuation and prevent the death of people.

Key words: design of warning systems, timely information in case of fire, evacuation of people in case of fire, evacuation management.

Кочнов Олег Владимирович,
заместитель генерального директора,
группа компаний «Эскаорт групп»,
Россия, г. Москва,
телефон: 8-925-125-29-21, e-mail: okochnov@yandex.ru,
Kochnov O.V.,
Deputy General Director,
Group of companies "Escort groups",

Russia, Moscow.

Мальцев Александр Владимирович,

доцент, кандидат технических наук,

Воронежский институт-филиал ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России,

Россия, г. Воронеж,

телефон: 8-920-460-30-92, e-mail: fastmen@list.ru,

Maltsev A.V.,

Associate Professor, Candidate of Technical Sciences,

Voronezh Institute - a branch of FGBOU in the Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,

Russia, Voronezh.

Кочегаров Алексей Викторович,

профессор, доктор технических наук, доцент,

Воронежский институт-филиал ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России,

Россия, г. Воронеж,

телефон: 8-903-850-55-59, e-mail: kochiegharov77@mail.ru

Kochegarov A.V.,

professor, doctor of technical sciences, associate professor,

Voronezh Institute - a branch of FGBOU in the Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,

Russia, Voronezh.

Мальцев Алексей Сергеевич,

кандидат технических наук, старший преподаватель,

Воронежский институт-филиал Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России,

Россия, г. Воронеж,

телефон: 8-920-404-40-96, e-mail: m.zin1@mail.ru,

Maltsev A.S.,

candidate of technical sciences, senior lecturer,

Voronezh Institute - a branch of FGBOU in the Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,

Russia, Voronezh.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ГРАФИС КАК СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ

О.С. Малютин, М.В. Елфимова, А.А. Мельник, А.Н. Батуро

Статья посвящена актуальному вопросу создания систем поддержки принятия решений при тушении пожаров. Рассмотрена перспектива создания системы поддержки принятия решений при тушении пожаров на базе существующей автоматизированной информационно-графической системы ГраФиС. Дан обзор основных требований, которым должна соответствовать такая система. Приводится оценка системы ГраФиС на предмет соответствия этим требованиям.

Ключевые слова: пожарная охрана, информационные технологии, программное обеспечение, ЭВМ, управление, автоматизация, системы поддержки принятия решений.

Введение

Важную роль в деятельности РТП имеет научное предвидение на пожаре. Ему приходится действовать и принимать решения в условиях риска и неопределенности почти на всех пожарах, а на крупных и сложных – практически всегда [1]. В таких условиях возрастает роль современных технических средств, помогающих органам управления тушением пожара объективно оценивать складывающуюся ситуацию и принимать обоснованные решения.

В настоящее время во многих сферах деятельности человека нашли применение системы поддержки принятия решений [4, 5], которые преобразуют количественную и качественную информацию и выдают лицу, принимающему решение (далее - ЛПР), рекомендации по выбору того или иного решения, тем самым облегчая деятельность руководителя и сокращая трудозатраты [6].

Очевидно, что использование подобных систем в пожарной охране востребовано и технически реализуемо.

Ключевым отличием СППР ТП от СППР, применяемых, например, в коммерческих организациях, является то, что, в отличие от последних, органы управления на пожаре, как правило, имеют дело со слабо структурированной информацией. Если СППР банковского предприятия обрабатывает пусть и огромные массивы, но все же довольно однородных данных, описание которых в большинстве случаев поддается простому математическому анализу, то СППР ТП должна обрабатывать информацию, имеющую сложную структуру, изменяющуюся от пожара к пожару. Поэтому применение стандартных инструментов «на любой случай жизни» не всегда возможно.

В настоящий момент наибольшее внимание вопросам создания СППР ТП уделяется в АГПС МЧС России, где ведутся научные исследования в

данной области и регулярно издаются их результаты [6, 7, 8]. Анализ работ в данной области показывает, что предлагаемые СППР ТП наиболее применимы при тушении крупных пожаров. Область применения таких систем ограничена вопросами принятия управленческих решений. И хотя это направление проработано очень подробно, они не применимы для решения целого класса прочих управленческих проблем, стоящих перед системой управления тушением пожара. Среди них:

- стенографирование хода тушения пожара с одновременным наполнением информационной картины ОТД;
- составление документации штаба пожаротушения;
- составление схем расстановки сил и средств;
- формирование отчетов о ходе тушения пожара;
- использование в учебных целях;
- разработка и использование документов предварительного планирования действий по тушению пожара.

Другими словами, предлагаемые СППР ТП решают только одну узкую задачу, при этом не осуществляя поддержки системы управления тушением пожара в прочих направлениях. А между тем, принципиально важно, чтобы система автоматизации управленческой деятельности органов управления тушением пожара была как можно более всеобъемлющей и комплексной. Это способствует внедрению системы, поскольку позволит использовать ее не только для решения вопросов поддержки принятия решений, но и для выполнения более рутинных операций, таких как составление документации оперативного штаба пожаротушения или заполнение карточки действий по тушению пожара.

Основы автоматизации поддержки принятия управленческих решений на пожаре

В работах [1, 6] предлагаются следующие

принципы создания СППР ТП:

1. Система должна создаваться как совокупность функциональных информационных подсистем (модулей), объединенных общей целевой функцией и охватывающих все направления работы РТП, служб пожаротушения.

2. Система должна охватывать все стороны работы (деятельности) РТП и служб пожаротушения, гарантируя максимальную полноту информационного обеспечения.

3. Система должна обладать свойством адаптации к стилю и методам, применяемым конкретными пользователями.

4. Программное обеспечение системы должно предусматривать возможность агрегирования информации по уровням управления.

5. Технические средства и программное обеспечение задач, реализуемых в системе, должны предусматривать максимальные удобства для пользователей информации [1].

При построении автоматизированных систем управления как совокупности логически взаимосвязанных модулей, разделенных по функциональному признаку, представляется целесообразным выделить следующие функциональные модули:

- нормативно-справочная информация;
- оценка тактических возможностей подразделений, используемых на тушении пожара;
- типовые расчеты возможной обстановки на месте пожара, сил и средств, необходимых для тушения пожаров;
- расчет систем транспортирования и подачи огнетушащих веществ;
- подготовка оперативно-служебных документов;
- фиксация и оценка оперативно-тактических действий подразделений и участников тушения пожара;
- типовые визуальные средства поддержки проведения деловых игр (и имитация действий пожарных подразделений на участке);
- модуль оценки (расчета) критического времени обрушения строительных конструкций;
- формирование и корректировка баз данных;
- организация диалога с пользователем (управляющий модуль) [1].

Модули формирования и корректировки баз данных и организации диалога с пользователем с точки зрения архитектуры программного решения не имеют отношения к функциональным задачам СППР, а являются частью пользовательского интерфейса системы. В прикладном программном обеспечении доступ к базе данных реализован через пользовательский интерфейс СУБД, диалог

же с пользователем реализуется через пользовательский интерфейс приложения.

Автоматизированная информационно-графическая система ГраФиС как основа для создания СППР

С целью поддержки органов управления тушением пожара в ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия уже несколько лет разрабатывается автоматизированная информационно-графическая система ГраФиС.

Система разработана на базе офисных приложений для настольных ПК MS Visio и MS Access и предназначена для автоматизации составления схем расстановки сил и средств при тушении пожара и проведения пожарно-тактических расчетов. Основной особенностью приложения является использование объектно-ориентированного подхода к составлению схем тушения пожара, что позволяет объединить в единый универсальный инструмент графическую и аналитическую системы, при этом не перегружая органы управления обилием узкоспециализированных решений для каждой отдельной задачи.

АИГС ГраФиС состоит из следующих систем:

- графический компонент;
- аналитический компонент;
- база данных;
- интерфейс БД.

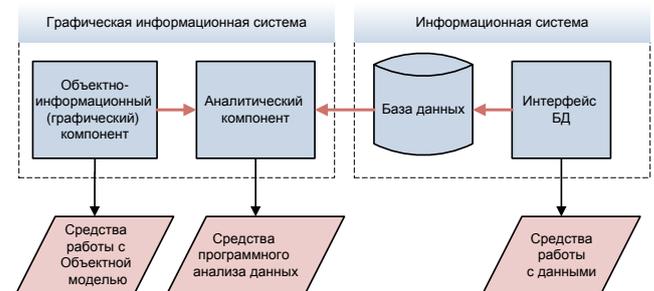


Рис. 1. Состав АИГС ГраФиС

Основная особенность системы заключается в том, что пользователь, составляя графическое описание оперативно-тактических действий по тушению пожара с использованием принятых условных графических обозначений (далее - УГО), одновременно автоматически использует возможности объектно-ориентированного подхода [2], и таким образом наполняет информационную картину хода тушения пожара подробными сведениями. Такой подход позволяет сделать получаемые в результате документы на порядок более информативными, нежели обычные, нецифровые документы.

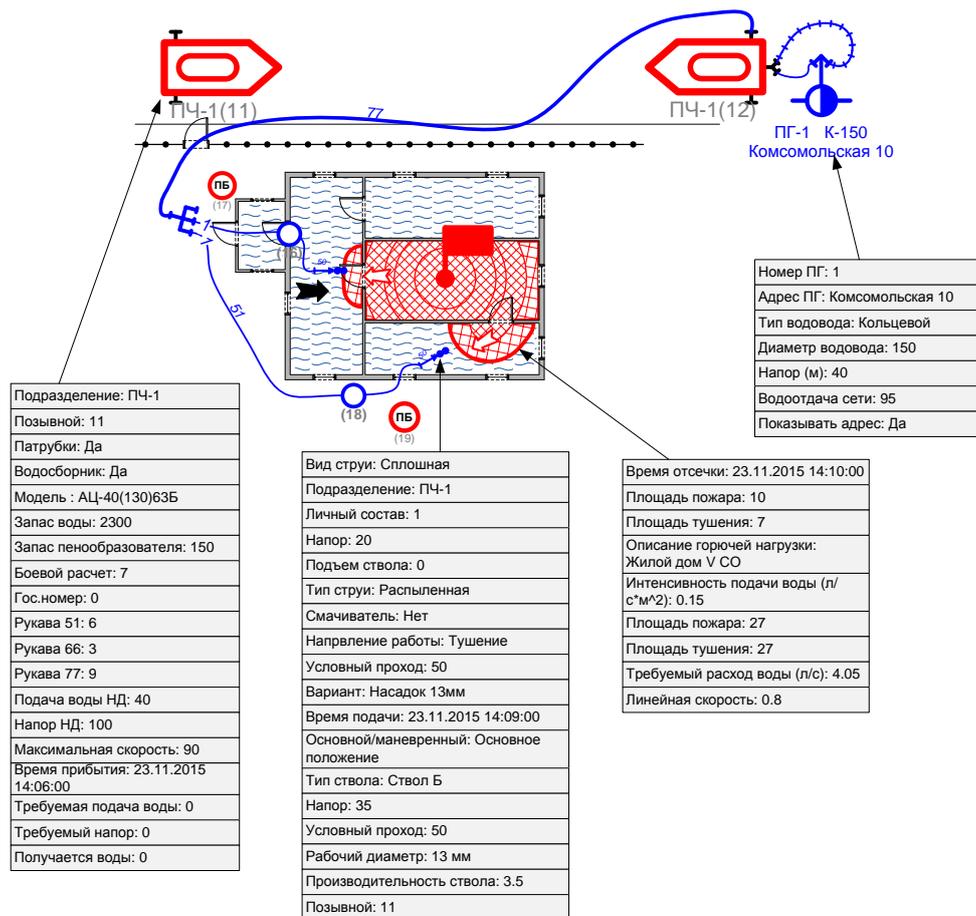


Рис. 2. Использование ООП при составлении схемы реального пожара

Соответствие по функциональному составу

Поэтапно рассмотрим функционал автоматизированной информационно-графической системы ГраФиС-Тактик с точки зрения названных выше модулей системы. Система не имеет жесткого разделения на модули по предложенному принципу – ее функциональные возможности совместно интегрированы в рабочую среду решения. Поэтому делить ее на модули некорректно. В связи с этим ниже система будет рассматриваться с точки зрения функциональных задач, относящихся к каждому из модулей.

Задача хранения нормативно-справочной информации.

В рамках данного модуля решаются задачи визуализации информации, касающейся тактико-технических характеристик пожарной техники и оборудования, гидравлические характеристики приборов подачи огнетушащих веществ, справочной информации по параметрам пожаров для различных объектов, оперативно-тактических характеристик особо важных и пожароопасных объектов и т.д.

За внесение, редактирование и хранение данной информации в рамках системы ГраФиС отвечает встроенная база данных «ГраФиС-Справочник». База данных реализована на

платформе СУБД Access и имеет собственный интерфейс пользовательского доступа. На момент написания статьи в базе данных хранятся следующие данные:

- основные пожарные автомобили общего назначения – 203 модели;
- основные пожарные автомобили целевого назначения - 54 модели;
- специальные пожарные автомобили – 89 моделей;
- прочие МСП - 27 моделей и наименований;
- элементы пожарной техники – 215 моделей (из них 49 моделей различных пожарных насосов, с учетом их модификаций);
- 74 модели приборов подачи огнетушащих веществ;
- сведения о различных видах пожарного оборудования (пожарные рукава, рукавная арматура, гидроэлеваторы, пожарные колонки и пр.);
- 32 модели различных радиостанций;
- сведения о гидравлических характеристиках конических насадок пожарных стволов и рукавных вставок;
- 100 моделей и модификаций ДАСВ, с учетом установки различных моделей баллонов;
- 9 моделей ДАСК;
- 4 модели пожарных дымососов;

- сведения о водоотдаче водопроводных сетей
- сведения об огнетушащих веществах (20 наименований пенообразователей, 20 наименований порошковых огнетушащих составов, 11 наименований газовых огнетушащих составов);
- сведения об интенсивностях подачи огнетушащих веществ и линейных скоростях распространения огня для 114 объектов пожара и типов горючей нагрузки.

При работе с графическим компонентом системы ГраФиС конечный пользователь получает справочную информацию автоматически. Любой используемый в работе объект имеет подключение к базе данных. При размещении его на рабочем листе требуемые данные (например ТТХ пожарной техники) добавляются из БД автоматически. Графическая же система позволяет визуализировать эти данные в том или ином виде, в зависимости от потребностей пользователя.

Задача оценки тактических возможностей подразделений, используемых на тушении пожара.

Под оценкой тактических возможностей подразделений понимается определение способности подразделений выполнить максимальный объем работ за определенный промежуток времени.

АИГС ГраФиС позволяет выполнять большую часть вычислений автоматически – непосредственно при выполнении расстановки УГО на схемах расстановки сил и средств. Среди прочего реализована возможность проведения вычислений таких показателей, как объем возможного раствора пенообразователя, предельное расстояние подачи огнетушащих веществ, время работы стволов от емкостей МСП и т.д. При этом все расчеты выполняются с учетом реальной схемы расстановки сил и средств.

Задача проведения типовых расчетов возможной обстановки на месте пожара, сил и средств, необходимых для тушения пожаров.

АИГС ГраФиС позволяет проводить следующие пожарно-тактические расчеты:

- расчет прогнозируемой формы и площади пожара, с учетом тактической методики [3];
- определение требуемого расхода ОТВ на тушение;
- определение требуемого количества приборов подачи ОТВ;
- определение требуемого количества звеньев ГДЗС;
- определение требуемого количества

- личного состава для тушения пожара;
- определение требуемого количества пожарных автомобилей для тушения пожара;
- определение требуемого количества пожарных рукавов;
- определение требуемого запаса ОТВ для тушения пожара.

Задача расчета систем транспортирования и подачи огнетушащих веществ.

В рамках данной задачи в АИГС ГраФиС реализованы следующие инструменты:

- расчет предельного расстояния подачи огнетушащих веществ;
- расчет расходов из приборов подачи огнетушащих веществ при любом расходе;
- расчет параметров насосно-рукавных систем при подаче воды к месту пожара перекачкой;
- расчет параметров гидроэлеваторных насосно-рукавных систем;
- расчет насосно-рукавных систем по перекачке растворов пенообразователей.

При этом важно отметить, что инструментарий реализованный в АИГС ГраФиС за счет использования объектно-ориентированного подхода [2], предоставляет пользователю возможность произвольного составления схем, что позволяет производить расчет не только типовых (наиболее распространенных) схем подачи воды, но и вообще НРС любой степени сложности. Система позволяет производить расчет в том числе и сложных составных схем, состоящих из нескольких видов НРС.

Задача подготовки оперативно-служебных документов.

В рамках данной задачи предполагается автоматизация разработки основных оперативных документов по пожаротушению: планов пожаротушения (текстовой и графической части), оперативных карточек тушения пожаров, акта о пожаре, документов оперативного штаба пожаротушения и др.

Данная задача в рамках АИГС ГраФиС пока не реализована. Однако применение объектно-ориентированного подхода к составлению схем ОТД предоставляет техническую возможность ее реализации. При этом имеются встроенные инструменты, которые позволяют консолидировать данные о работе подразделений. Например, список находящихся на месте пожара подразделений, список работающих звеньев и постов ГДЗС, список поданных приборов подачи ОТВ.

Подразделение	Тип	Позывной	Время формирования	Личный состав	СИЗО
ПЧ-1	Звено (ДАСВ)	16	17.04.2017 11:12:00	3	
ПЧ-1	ПБ	17	17.04.2017 11:12:00	1	
ПЧ-2	Звено (ДАСВ)	28	17.04.2017 11:15:00	3	ПТС П
ПЧ-2	ПБ	29	17.04.2017 11:15:00	1	
ПЧ-3	Звено (ДАСВ)	38	17.04.2017 11:19:00	3	ПТС П
ПЧ-3	ПБ	39	17.04.2017 11:19:00	1	
ПЧ-1	КПП	Сигнал	17.04.2017 11:19:00	1	

Подраз...	Позывной	Модель	Время прибытия	Личный состав
ОФПС-2		АШ-5(322173)	17.04.2017 11:19:00	5
ПСЧ-3	Чайка	ПКС-400(4334)	17.04.2017 11:19:00	2
ПСЧ-1	12	АЦ-40(131)137	17.04.2017 11:10:00	7
ПСЧ-100	11	АЦ-5,0-50/7 (AD190T...	17.04.2017 11:10:00	6
ПСЧ-2	22	АЦ-5,0-40(43114)ПМ...	17.04.2017 11:12:00	4
ПСЧ-3	32	АЦ-5,0-50/7 (AD190T...	17.04.2017 11:16:00	4

Подраз...	Тип ствола	Позывной	Время подачи	Личный состав	Н:
ПЧ-3	Б (13мм)		17.04.2017 11:19:00	0	Т ₃
ПЧ-1	Б (13мм)		17.04.2017 11:12:00	0	Т ₁
ПЧ-3	Б (13мм)		17.04.2017 11:18:00	2	Т ₃
ПЧ-2	Б (13мм)		17.04.2017 11:15:00	0	Т ₂

Рис. 3. Отчетные формы по наличию техники на месте пожара

Задача фиксации и оценки оперативно-тактических действий подразделений и участников тушения.

Использование объектно-ориентированного подхода позволяет указывать для каждого объекта схемы оперативно-тактических действий различные дополнительные параметры. Среди них ключевым является показатель времени. Для фигур МСП - «Время прибытия»; для фигур приборов подачи ОТВ - «Время подачи»; для фигур зоны горения - «Время отсечки» и т.д.

При анализе схемы расстановки сил и средств при тушении пожара, данный показатель

позволяет проанализировать порядок ввода сил и средств в зону пожара, очередность ввода приборов подачи ОТВ, параметры изменения площади пожара и тушения.

Таким образом можно проследить, как именно повлияло появление тех или иных подразделений на месте пожара, а также их действий на результат тушения. Среди прочего такой подход позволяет, например, автоматически формировать такие типы представления хода тушения пожара, как *совмещенный график тушения пожара изменения площади пожара, требуемого и фактического расхода огнетушащих веществ во времени.*

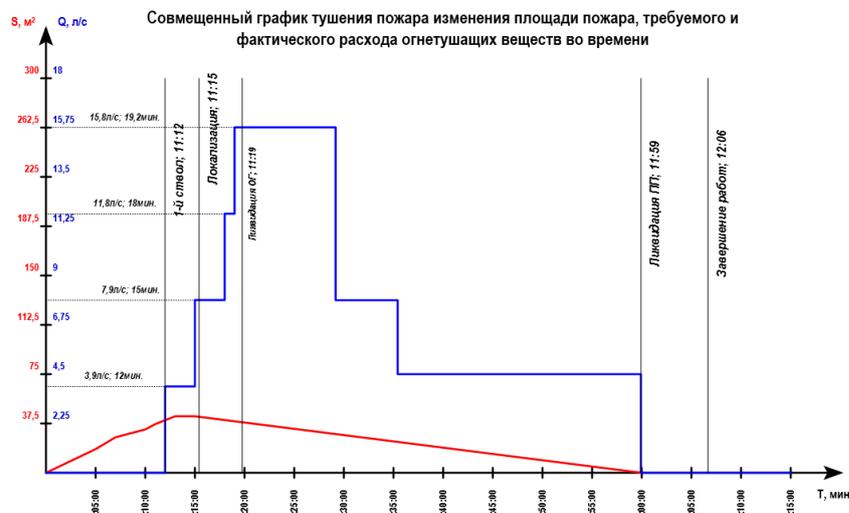


Рис. 4. Совмещенный график тушения пожара изменения площади пожара, требуемого и фактического расхода огнетушащих веществ во времени, составленный встроенными средствами ГраФиС

Задача создания типовых визуальных средств поддержки проведения деловых игр.

Деловые игры как форма тактической подготовки является связующим звеном между теоретическими занятиями в системе служебной подготовки и практическими занятиями и характеризуется тем, что оно проводится в условиях моделирования конкретной оперативной обстановки [9].

Специальный инструментарий для проведения деловых игр как таковой в АИГС ГраФиС не реализован. Однако, поскольку ключевой особенностью системы является объединение средств визуального представления ОТД и средств проведения пожарно-тактических расчетов, то в целом система легко может быть использована в качестве инструмента поддержки проведения деловых игр.

Использование современных компьютерных технологий и принципов электронного офиса позволяет легко организовать проведение деловой игры с использованием локальной компьютерной сети. В сочетании с возможностями АИГС ГраФиС такой подход предоставляет возможность обмениваться полученными в ходе игры результатами между всеми участниками. Руководитель может удаленно контролировать и оценивать действия участников, а также непосредственно со своего рабочего терминала вносить вводные для должностных лиц.

Задача оценки (расчета) критического времени обрушения строительных конструкций.

В системе АИГС ГраФиС данная задача никак не реализована.

Направления совершенствования АИГС

ГраФиС как СППР ТП

Системы поддержки принятия решений должны выполнять следующие функции [10]:

- помогать произвести оценку обстановки на пожаре, осуществлять выбор критериев и оценивать их относительную важность;
- генерировать возможные решения (сценарии действий);
- осуществлять оценку сценариев (действий, решений) и выбирать лучший из них;
- обеспечивать постоянный обмен информацией об обстановке на пожаре и помогать согласовать групповые решения;
- моделировать принимаемые решения (в тех случаях, когда это возможно);
- осуществлять динамический компьютерный анализ возможных последствий принимаемых решений;
- производить сбор данных о результатах реализации принятых решений и осуществлять оценку результатов;
- предоставлять справочную информацию с автоматическим формированием запросов к базам данных и привязкой к условиям решаемой задачи;
- выполнять графическую визуализацию получаемой справочной информации и информации о способах принятия решений;
- помогать сузить пространство поиска решения руководителю;
- рекомендовать наиболее приемлемые решения с учетом рангов[6].

В таблице 1 приведен перечень мероприятий необходимых для доработки системы до уровня СППР ТП.

Таблица 1

Реализация требований к АИГС ГраФиС как СППР

Требование	В настоящее время	Что необходимо реализовать
Оценка обстановки на пожаре. Выбор критериев и оценка их относительной важности.	Система позволяет производить расчеты параметров тушения пожара, однако не способна оценивать степень их значимости	Необходимо доработать систему проведения расчетов, добавить модуль оценки оперативной обстановки на месте пожара. Определить критерии оценки оперативной обстановки.
Генерация возможных решений (сценариев)	Не реализовано	Разработать модуль генерации возможных решений на основе оценки обстановки на месте пожара
Оценка сценариев	Не реализовано	Необходимо разработать систему составления возможных сценариев развития обстановки на пожаре и оценки сценариев
Обеспечение постоянного обмена информацией и согласование групповых решений	Не реализовано	Разработать систему обмена данными между пользователями.
Моделирование последствий принимаемых решений	Система позволяет производить построение прогнозируемой площади пожара, но не учитывает влияние действий сил и средств	Добавить в процесс моделирования обстановки на пожаре учет влияния остальных видов действий по тушению

	пожарной охраны	пожара
Анализ возможных последствий принимаемых решений	Не реализовано	Разработать систему анализа возможных последствий принимаемых решений
Сбор данных о результатах реализации принятых решений	Реализовано в виде возможности постоянного обновления отражаемой в схемах ситуации	-
Предоставление справочной информации	Система реализована в виде базы данных, которая также может быть использована как самостоятельное приложение	-
Графическая визуализация информации из БД	В рамках текущих задач, стоящих перед АИГС ГраФиС, реализована полностью	-
Сужение пространства поиска решения РТП	Отчасти позволяет упростить процесс поиска решения	Данный параметр полностью зависит от степени реализации предыдущих
Рекомендация наиболее приемлемого решения РТП	Не реализовано	Разработка модуля позволяющего на основе проведенных расчетов предлагать РТП наиболее приемлемые решения по тушению пожара

Проведенный анализ показывает, что для использования АИГС ГраФиС в качестве полноценной системы СППР ТП необходим определенный объем доработок. Однако технологическая основа, созданная системой, позволяет сделать это, не прибегая к принципиальным изменениям в ней, что существенно упрощает процесс разработки.

Также из анализа следует, что одной из ключевых функций СППР ТП должна являться система моделирования параметров развития пожара и оперативно-тактических действий. Именно результаты моделирования обстановки могут служить для реализации многих других функций. Например, оценки последствий принимаемых решений, выработки сценариев действий или предложений по наиболее рациональным действиям РТП.

Очевидным является факт, что СППР должна каким-то образом использовать накопленные знания. В настоящий момент сбором и обобщением информации о пожарах занимается ВНИИПО МЧС России. В рамках данной деятельности собирается статистическая информация обо всех пожарах и подробные сведения о крупных пожарах. Однако если речь идет о статистических данных, то ее можно использовать только для прогнозирования обстановки на пожаре. Применять ее для моделирования практически невозможно. Если же говорить о подробных сведениях о пожарах, то они в настоящее время не переводятся в формализованный цифровой вид, что делает их непригодными для использования в качестве источника данных для базы знаний СППР ТП.

Таким образом, необходимо разрабатывать систему, которая являлась бы базой знаний пригодной для использования в СППР ТП.

Применяемый в АИГС ГраФиС объектно-ориентированный подход составления документов позволяет получать структурированные электронные документы, которые не нуждаются в дальнейшей обработке для передачи в базу знаний. Это существенно упрощает задачу создания подобной системы.

Электронный документ, в котором в структурированном виде хранится вся информация о ходе развития и тушения пожара, с легкостью может быть проанализирован СППР. При этом не потребуются дополнительные затраты на интерпретацию тех или иных данных – достаточно просто передать их в общий массив сведений для дальнейшего анализа.

При этом сама задача хранения подобного рода данных тоже не представляет сложности. Достаточно просто реализовать удаленное хранилище электронных документов в формате MS Visio, которые, по сути, представляют собой обычные файлы операционных систем семейства MS Windows.

Для повышения быстродействия по анализу данных в базе знаний данные об электронных документах можно хранить в формате XML (eXtensible Markup Language - расширяемый язык разметки). Это позволит и вовсе отказаться от привязки для анализа к программному обеспечению MS Visio, так как XML – это открытый формат данных, анализ которого можно осуществлять с помощью любого программного обеспечения, имеющего инструменты для работы с ним.

Заключение

В целом АИГС ГраФиС на момент написания статьи не может быть использован в качестве СППР ТП. Вместе с тем, технологический задел системы делает ее универсальным инструментом, который может быть применен как

при составлении документов предварительного планирования или разборе пожаров, так и в оперативной деятельности органов управления на пожаре. Как показано в статье, именно универсальность АИГС ГраФиС делает ее весьма подходящей платформой для создания СППР ТП при условии соответствующей доработки.

Более того, создание СППР ТП на базе АИГС ГраФиС предлагает способ реального создания базы знаний по тушению пожаров, за счет использования структурированных данных. Так как при

использовании такого подхода отпадает необходимость предварительной интерпретации данных, то работа с такой базой знаний, очевидно, будет осуществляться существенно быстрее. При этом анализ данных может быть существенно глубже.

Развитие АИГС ГраФиС представляется весьма перспективной задачей, позволяющей объединить в одном решении инструмент для решения как самых тривиальных задач, так и сложных задач управления, связанных с анализом больших объемов информации на пожаре.

Библиография

1. Теребнев В.В. Пожарная тактика. Книга 4. Управление. – Екатеринбург: ООО «издательство «Калан», 2016. – 156с.
2. Мalyutin O.S. Объектно-ориентированный подход к компьютерному моделированию оперативно-тактических действий пожарной охраны при тушении пожаров / Мalyutin O.S. // Сибирский пожарно-спасательный вестник. - 2017. - №5. - С.46-52. - Режим доступа: http://vestnik.sibpsa.ru/wp-content/uploads/2017/v5/N5_46-52.pdf, свободный. – Загл. с экрана. — Яз. рус., англ.
3. Мalyutin O.S. Проблемы использования принятого в пожарной тактике метода построения прогнозируемой площади пожара / Мalyutin O.S. // Сибирский пожарно-спасательный вестник. - 2016. - №1. - С.7-13. - Режим доступа: <http://vestnik.sibpsa.ru/wp-content/uploads/2016/v1/7-13.pdf>, свободный. – Загл. с экрана. — Яз. рус., англ.
4. Нейлор К. Как построить свою экспертную систему. – М.: 1991. – 286 с
5. Экспертные системы в военном деле: учебное пособие. – Киев: 1991. – 114 с.
6. Тетерин И.М., Топольский Н.Г., Климовцов В.М., Прус Ю.В. Применение систем поддержки принятия решений руководителями оперативных подразделений при тушении пожаров в крупных городах [Электронный ресурс] // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. - 2008. - №4 (20). - 21 с. URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2008-6/09-06-08.ttb.pdf> (21.09.2017).
7. Тараканов Д.В., Варламов Е.С., Илеменов М.В. Компьютерное моделирование процессов развития и тушения пожаров в зданиях // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. - 2014. - №5 (57). - 21 с. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_2B104546_42626321.pdf (19.09.2017).
8. Станкевич Т.С., Бутузов С.Ю., Рыженко А.А. Разработка алгоритма реализации нейро-нечетких моделей элементов процесса принятия решений руководителем при тушении пожаров в морских портах // Вестник ИргТУ. - 2016. - № 6 (11 3) / PROCEEDINGS of ISTU № 6 (11 3) 2016.
9. Организационно-методические указания по тактической подготовке начальствующего состава федеральной противопожарной службы МЧС России [Текст]: Указание МЧС России №43-1889-18 от 28.06.07 г.
10. Шумский А.Е. Основы теории принятия решений. - Владивосток: ДВГАЭУ, 1999. – 72 с.

References

1. Terebnev V.V. Pozharnaya taktika. Kniga 4. Upravlenie. – Ekaterinburg: ООО «izdatel'stvo «Kalan», 2016. – 156s.
2. Malyutin O.S. Ob'ektno-orientirovannyj podhod k komp'yuternomu modelirovaniyu operativno-takticheskikh dejstvij pozharnoj ohrany pri tushenii pozharov / Malyutin O.S. // Sibirskij pozharно-spasatel'nyj vestnik. - 2017. - №5. - С.46-52. - Rezhim dostupa: http://vestnik.sibpsa.ru/wp-content/uploads/2017/v5/N5_46-52.pdf, svobodnyj. – Zagl. s ehkrana. — YAz. rus., angl.
3. Malyutin O.S. Problemy ispol'zovaniya prinyatogo v pozharnoj taktike metoda postroeniya prognoziruemoj ploshchadi pozhara / Malyutin O.S. // Sibirskij pozharно-spasatel'nyj vestnik. - 2016. - №1. - С.7-13. - Rezhim dostupa: <http://vestnik.sibpsa.ru/wp-content/uploads/2016/v1/7-13.pdf>, svobodnyj. – Zagl. s ehkrana. — YAz. rus., angl.
4. Nejlор K. Kak postroit' svoyu ehkspertnyu sistemu. – М.: 1991. – 286 s
5. EHkspertnye sistemy v voennom dele: uchebnoe posobie. – Kiev: 1991. – 114 s.
6. Teterin I.M., Topol'skij N.G., Klimovcov V.M., Prus YU.V. Primenenie sistem podderzhki prinyatiya reshenij rukovoditelyami operativnyh podrazdelenij pri tushenii pozharov v krupnyh gorodah [EHlektronnyj resurs] // Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti: internet-zhurnal. - 2008. - №4 (20). - 21 s. URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2008-6/09-06-08.ttb.pdf> (21.09.2017).
7. Tarakanov D.V., Varlamov E.S., Ilemenov M.V. Komp'yuternoe modelirovanie processov razvitiya i tusheniya pozharov v zdaniyah // Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti: internet-zhurnal. - 2014. - №5 (57). - 21 s. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_2B104546_42626321.pdf (19.09.2017).
8. Stankevich T.S., Butuzov S.YU., Ryzhenko A.A. Razrabotka algoritma realizacii nejro-nechetkih modelej ehlementov processa prinyatiya reshenij rukovoditelem pri tushenii pozharov v morskikh portah // Vestnik IrGTU. - 2016. - № 6 (11 3) / PROCEEDINGS of ISTU № 6 (11 3) 2016.
9. Organizacionno-metodicheskie ukazaniya po takticheskoy podgotovke nachal'stvuyushchego sostava federal'noj protivopozharnoj sluzhby MCHS Rossii [Tekst]: Ukazanie MCHS Rossii №43-1889-18 от 28.06.07 g.
10. SHumskij A.E. Osnovy teorii prinyatiya reshenij. - Vladivostok: DVGAEHU, 1999. – 72 s.

AUTOMATED INFORMATIONAL-GRAPHICAL SYSTEM GRAFIS AS DECISION SUPPORT SYSTEM DEVELOPMENT PERSPECTIVES

The paper is dedicated to actual task of firefighting decision support system development. The perspectives of firefighting decision support system based on existed automated informational-graphical system GraFiS development are observed. An overview of common requirements for such system is provided. The evaluation of compliance of GraFiS system to this requirements considered. Based on this evaluation makes conclusion about GraFiS system usage as firefighting decision support system.

Key words: *Fire service, informational technologies, software, computers, management, automation, decision support systems.*

Малютин Олег Сергеевич,

научный сотрудник ИОНТИПуПБ НТЦ,

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Россия, г. Железногорск,

Телефон: 8-983-575-23-98,

e-mail: obsidian-pb@mail.ru,

Malyutin O.S.,

researcher,

FSBEE HE Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia,

Russia, Zheleznogorsk.

Елфимова Марина Владимировна,

кандидат технических наук, доцент,

заместитель начальника по учебной работе,

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Россия, г. Железногорск,

Телефон: 8-913-838-65-38,

e-mail: elfimar@mail.ru,

Elfimova M.V.,

Ph.D. of Engineering Sciences,

FSBEE HE Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia,

Russia, Zheleznogorsk.

Мельник Антон Анатольевич,

кандидат технических наук, доцент,

заместитель начальника по научной работе - начальник научно-технического центра,

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Россия, г. Железногорск,

Телефон: 8-933-999-33-01,

e-mail: ntc@sibpsa.ru,

Melnik A.A.,

Ph.D. of Engineering Sciences,

FSBEE HE Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia,

Russia, Zheleznogorsk.

Батуро Алексей Николаевич,

кандидат технических наук,

начальник факультета заочного обучения

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Россия, г. Железногорск,

Телефон: 8-983-293-53-63,

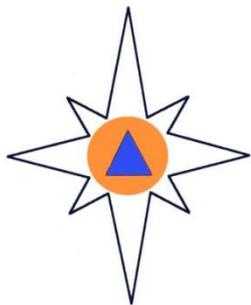
e-mail: ntc@sibpsa.ru,

Baturo A.N.,

Ph.D. of Engineering Sciences,

FSBEE HE Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia,

Russia, Zheleznogorsk.



МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ

УДК 614.821.3

МОДЕЛЬ ИЗБЫТОЧНОГО ДАВЛЕНИЯ В ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ПОЛОСТИ СРЕДСТВА СПАСЕНИЯ ПАДАЮЩИХ С ВЫСОТЫ ЛЮДЕЙ

В.Л. Мурзинов, П.В. Мурзинов, С.В. Попов

Рассмотрено математическое моделирование избыточного давления в пневматической полости прыжкового спасательного средства. Прыжковое спасательное средство обладает достаточной эффективностью и небольшим набором технических средств для обслуживания. Оно чаще используется при возникновении пожара в зданиях и сооружениях, не оборудованных средствами эвакуации. В момент падения человека на спасательное средство в его пневматической полости создаётся скачок избыточного давления, которое имеет достаточную величину и может разорвать пневматическую полость. Построенная математическая модель избыточного давления поможет в выборе правильных параметров и материалов при проектировании прыжкового спасательного средства. Правильный выбор параметров и материалов прыжкового спасательного средства обеспечит его надёжную работу.

Ключевые слова: устройство спасения падающих с высоты людей, прыжковые спасательные средства, пневматическая полость, математическое моделирование, избыточное давление.

Прыжковые спасательные средства хорошо себя зарекомендовали в спасении падающих с высоты людей в зданиях и сооружениях, не оборудованных средствами эвакуации с верхних этажей [1]. Среди прыжковых спасательных средств можно выделить класс пневматических матов, которые представляют собой пневматическую полость, стенки которой выполнены из эластичного материала [2, 3].

Преимущества этого устройства обусловлены тем, что повышается надёжность и автономность работы спасательной бригады. Спасательное устройство может быть приведено достаточно быстро (десятки секунд) и с минимальным числом бойцов в рабочее состояние неограниченное количество раз. При длительном хранении спасательное устройство до момента его использования сохраняет свою работоспособность и при хранении не нуждается в необходимости проведения дополнительной проверки работоспособности [3, 4, 5, 6].

Наиболее важным параметром прыжкового спасательного средства является избыточное давление, возникающее в пневматической полости в момент падения на него человека с высоты. При этом кинетическая энергия падающего человека за небольшой промежуток времени переходит в

энергию избыточного давления в пневматической полости. Происходит удар падающего человека о верхнюю плоскость спасательного средства. Величина избыточного давления может достигать значительной величины, что может привести к нарушению целостности пневматической полости. Кроме того, значение величины избыточного давления необходимо для расчёта момента срабатывания клапана сброса воздуха из пневматической полости спасательного средства для обеспечения необходимого безопасного замедления скорости падающего человека.

На рис. 1 показаны фрагменты процесса падения тела (ёмкость, наполненная песком) на макет спасательного средства. Анализ динамики падения тела показывает, что падающее тело подлетает к верхней плоскости спасательного средства, касается его и затем в течение долей секунды происходит деформация всей пневматической полости. После этой деформации тело несколько приподнимается за счёт избыточного давления в пневматической полости, совершает несколько колебаний вдоль вертикали и приходит в равновесное состояние.

Для моделирования избыточного давления в пневматической полости, возникающего в процессе торможения падающего тела, рассмотрим

расчётную схему, представленную на рис. 2. Падающее тело, воздействуя на верхнюю плоскость пневматической полости, создает в ней избыточное давление. Энергия падающего тела переходит в энергию сжатого воздуха в пневматической полости. При этом скорость падающего тела

снижается и через небольшой промежуток времени становится равной нулю. Динамика падающего тела от момента касания верхней плоскости пневматической полости до остановки описывается дифференциальным уравнением (1) относительно одной координаты X .

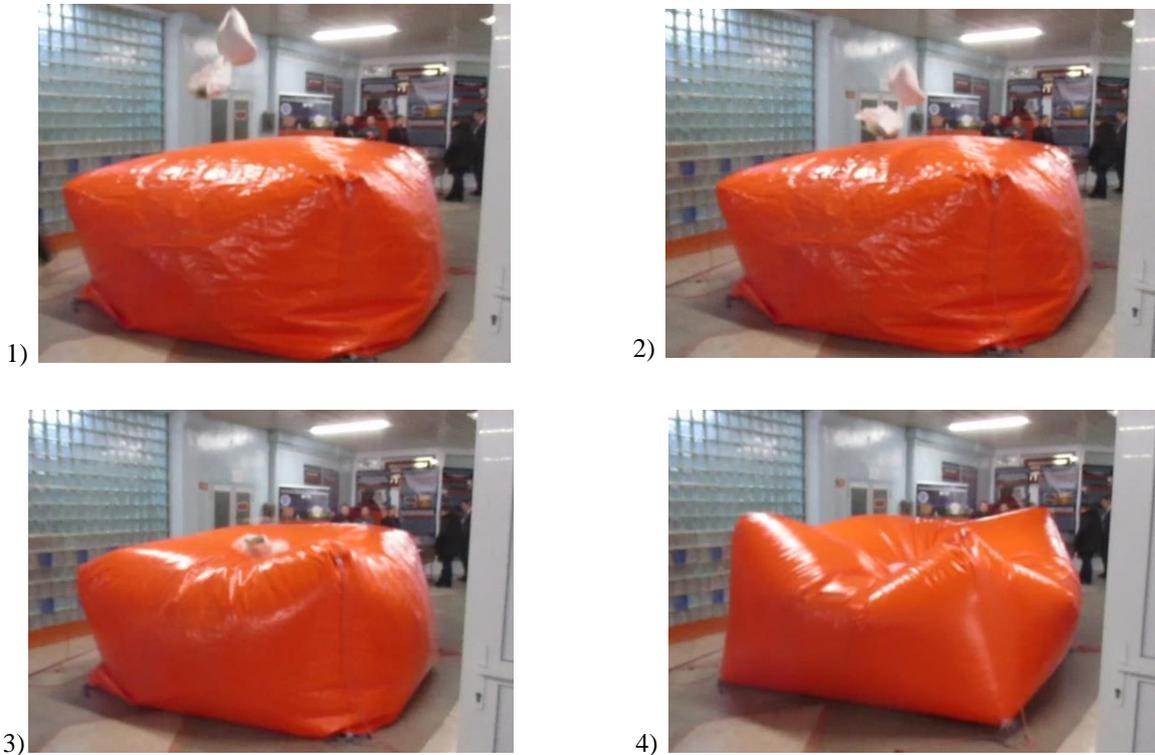


Рис.1. Устройство спасения падающих с высоты тел.
Фрагменты процесса падения тела на спасательное средство

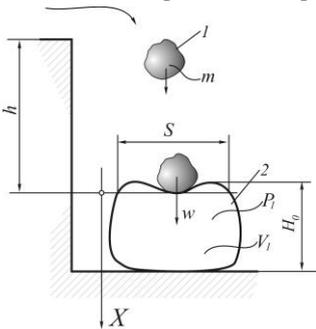


Рис. 2. Расчётная схема для определения избыточного давления в полости пневматического спасательного средства. 1 – падающее тело, 2 – пневматическая полость, m – масса падающего тела, кг; h – высота падения, м; S – площадь поверхности, перемещаемой под действием падающего тела, m^2 ; w – скорость падающего тела в момент касания спасательного устройства, м/с; P_1 – начальное давление в пневматической полости, Па; V_1 – начальный объём пневматической полости, m^3 ; H_0 – высота пневматической полости, м; X – ось отсчёта

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = F_1 + F_2 + F_3, \quad (1)$$

где x – координата вдоль оси X , м; t – время, с; F_1 , F_2 , F_3 – силы, воздействующие на падающее тело, Н; F_1 – сила тяжести; F_2 – сила сопротивления от действия избыточного давления в пневматической полости; F_3 – сила сопротивления, порождённая деформацией объёма воздуха в пневматической полости, пропорциональная скорости падения тела.

$$F_1 = m \cdot g, \quad (2)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с².

$$F_2 = \Delta P \cdot S, \quad (3)$$

где $\Delta P = P - P_1$, $P = P_1 \left(\frac{V_1}{V} \right)$, V – текущее значение объёма пневматической полости и оно равно $V = V_1 - x \cdot S$, $V_1 = S \cdot H_0$.

$$F_3 = k \cdot \frac{dx}{dt}, \quad (4)$$

где $k = \frac{\rho \cdot V_1}{\delta}$, ρ – плотность воздуха, кг/м³; δ – минимальный интервал времени начала

деформации пневматической полости, с.

Подставляя в уравнение (1) формулы (2), (3) и (4), получим уравнение динамики падающего тела, применительно к расчётной схеме на рис. 1

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = m \cdot g - \left(P_1 \left(\frac{V_1}{V_1 - x \cdot S} \right) - P_1 \right) \cdot S - \frac{\rho \cdot V_1}{\delta} \cdot \frac{dx}{dt}. \quad (5)$$

Уравнение (5) можно несколько преобразовать и получить следующий вид

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{\rho \cdot V_1}{\delta} \cdot \frac{dx}{dt} + \left(P_1 \left(\frac{V_1}{V_1 - x \cdot S} \right) - P_1 \right) \cdot S - m \cdot g = 0$$

или

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{\rho \cdot V_1}{\delta \cdot m} \cdot \frac{dx}{dt} + \frac{P_1 S}{m} \left(\frac{1}{1 - \frac{x}{H_0}} - 1 \right) - g = 0. \quad (6)$$

Введём безразмерную величину перемещения

$$y = \frac{x}{H_0}, \quad (7)$$

тогда уравнение (6) примет вид

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{\rho \cdot V_1}{\delta \cdot m} \cdot \frac{dy}{dt} + \frac{P_1 S}{m \cdot H_0} \left(\frac{y}{1 - y} \right) - \frac{g}{H_0} = 0. \quad (8)$$

Для облегчения выкладок и получения решения можно учесть, что $y \ll 1$, тогда уравнение (8) будет

$$x(t) = e^{-\left(\beta + \sqrt{\beta^2 - 4\alpha}\right) \frac{t}{2}} \left[\frac{\beta \cdot \gamma - \gamma \sqrt{\beta^2 - 4\alpha} - 2w \cdot \alpha}{2\alpha \sqrt{\beta^2 - 4\alpha}} \right] H_0 - e^{-\left(\beta - \sqrt{\beta^2 - 4\alpha}\right) \frac{t}{2}} \left[\frac{\beta \cdot \gamma + \gamma \sqrt{\beta^2 - 4\alpha} - 2w \cdot \alpha}{2\alpha \sqrt{\beta^2 - 4\alpha}} \right] H_0 + \frac{\gamma H_0}{\alpha}. \quad (14)$$

Избыточное давление в пневматической полости спасательного средства может быть определено с учётом (3) и будет иметь вид

$$\Delta P = P_1 \left(\frac{x(t) \cdot S}{V_1 - x(t) \cdot S} \right). \quad (15)$$

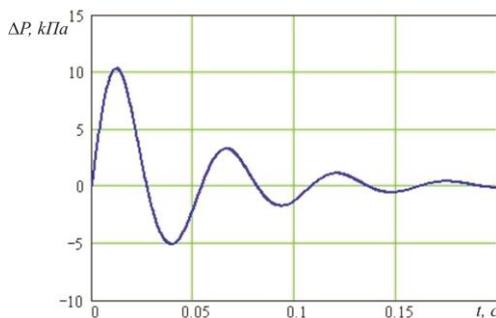


Рис. 3. Графика функции $\Delta P(t)$ (15) изменения избыточного давления в пневматической полости макета спасательного средства при падении на него тела при следующих параметрах: $S = 2.5^2 \text{ м}^2$;

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + \beta \cdot \frac{dy}{dt} + \alpha \cdot y - \gamma = 0, \quad (9)$$

где $\beta = \frac{\rho \cdot V_1}{\delta \cdot m}$, $\alpha = \frac{P_1 S}{m \cdot H_0}$, $\gamma = \frac{g}{H_0}$.

Уравнение (9) представляет собой линейное дифференциальное уравнение второго порядка, решением которого является зависимость вида [7]

$$y(t) = e^{-\left(\beta + \sqrt{\beta^2 - 4\alpha}\right) \frac{t}{2}} C_1 + e^{-\left(\beta - \sqrt{\beta^2 - 4\alpha}\right) \frac{t}{2}} C_2 + \frac{\gamma}{\alpha}. \quad (10)$$

Константы C_1 и C_2 , входящие в уравнение (10), определяются из начальных условий

$$\left. \begin{aligned} y(t) &= 0 \quad \text{и} \quad \dot{y}(t) = 0 \quad \text{при} \quad t = 0 \\ \frac{d}{dt} y(t) &= w \quad \text{и} \quad \dot{y}(t) = 0 \quad \text{при} \quad t = 0 \end{aligned} \right\}, \quad (11)$$

тогда

$$C_1 = \frac{\beta \cdot \gamma - \gamma \sqrt{\beta^2 - 4\alpha} - 2w \cdot \alpha}{2\alpha \sqrt{\beta^2 - 4\alpha}}, \quad (12)$$

$$C_2 = -\frac{\beta \cdot \gamma + \gamma \sqrt{\beta^2 - 4\alpha} - 2w \cdot \alpha}{2\alpha \sqrt{\beta^2 - 4\alpha}}. \quad (13)$$

Подставляя (12) и (13) в уравнение (10) и учитывая замену (7), получим уравнение, описывающее перемещение верхней плоскости пневматической полости спасательного средства

$$P_1 = 10^5 \text{ Па}; m = 30 \text{ кг}; H_0 = 1.5 \text{ м}; g = 9.81 \text{ м/с}^2;$$

$$h = 10 \text{ м}; \rho = 1.29 \text{ кг/м}^3; \delta = 0.01 \text{ с}.$$

Уравнение (15) моделирует изменение избыточного давления в пневматической полости спасательного средства при падении человека на это средство. Параметры проектируемого спасательного средства, подставленные в формулу (15), позволяют определять динамику изменения избыточного давления в пневматической полости и определять максимальную величину этого давления. Что позволяет рассчитать нагрузку на материал пневматической полости и, соответственно, выбрать нужный материал для изготовления спасательного средства. На рис. 3 построен график по уравнению (15) применительно к параметрам макета спасательного средства. Анализ графика на рис. 3 показывает, что максимальное значение давления в пневматической полости достигает через 0,012 с и составит 10,32 кПа.

Библиография

1. Свод правил. Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре. Нормы и правила размещения и применения. – М.: МЧС России, 2009. – 16 с.
2. Мурзинов В.Л. Инновационные средства спасения падающих с высоты тел в условия техногенных опасностей / В.Л. Мурзинов, О.В. Сушкова // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. - 2013. - № 3 (8). - С. 9-13.
3. Пат. 2335312 Российская Федерация, МПК⁷ А62В 1/22. Устройство для спасения падающих с высоты тел / Мурзинов В.Л. и др.; заявитель и патентообладатель Воронежская государственная лесотехническая академия. – № 2007104643/12; заявл. 06.02.2007; опубл. 10.10.2008, Бюл. № 28.
4. Положительное решение по заявке на изобретение №2016114266 Российская Федерация; МПК А62В 1/22. Устройство для спасения падающих с высоты людей / Мурзинов В.Л., Сушко Е.А., Яковлев Е.В.; опубл. 17.10.2017 Бюл. № 29.
5. Мурзинов В.Л. Моделирование временных характеристик устройства спасения падающих с высоты людей / В.Л. Мурзинов // Пожаровзрывобезопасность. 2013. Т. 22. № 9. С. 44-48.
6. Мурзинов В.Л. Моделирование времени подготовки прыжкового спасательного средства // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2017. – № 1. – С. 15–19. DOI: 10.25257/FE.2017.1.15-19.
7. Камке Э. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям. – СПб.: Издательство «Лань», 2003. – 576 с.

References

1. Svod pravil. Sredstva individual'noj zashchity i spaseniya lyudej pri pozhare. Normy i pravila razmeshcheniya i primeneniya. – M.: MCHS Rossii, 2009. – 16 s.
2. Murzinov V.L. Innovacionnye sredstva spaseniya padayushchih s vysoty tel v usloviya tekhnogennyh opasnostej / V.L. Murzinov, O.V. Sushkova // Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MCHS Rossii. - 2013. - № 3 (8). - S. 9-13.
3. Pat. 2335312 Rossijskaya Federaciya, MPK⁷ A62V 1/22. Ustrojstvo dlya spaseniya padayushchih s vysoty tel / Murzinov V.L. i dr.; zayavitel' i patentoobladatel' Voronezhskaya gosudarstvennaya lesotekhnicheskaya akademiya. – № 2007104643/12; zayavl. 06.02.2007; opubl. 10.10.2008, Byul. № 28.
4. Polozhitel'noe reshenie po zayavke na izobrenenie №2016114266 Rossijskaya Federaciya; MPK A62B 1/22. Ustrojstvo dlya spaseniya padayushchih s vysoty lyudej / Murzinov V.L., Sushko E.A., Yakovlev E.V.; opubl. 17.10.2017 Byul. № 29.
5. Murzinov V.L. Modelirovanie vremennyh harakteristik ustrojstva spaseniya padayushchih s vysoty lyudej / V.L. Murzinov // Pozharovzryvobezopasnost'. 2013. T. 22. № 9. S. 44-48.
6. Murzinov V.L. Modelirovanie vremeni podgotovki pryzhkovogo spasatel'nogo sredstva // Pozhary i chrezvychajnye situacii: predotvrashchenie, likvidaciya. – 2017. – № 1. – S. 15–19. DOI: 10.25257/FE.2017.1.15-19.
7. Kamke E.H. Spravochnik po obyknovennym differencial'nym uravneniyam. – SPb.: Izdatel'stvo «Lan'», 2003. – 576 s.

MODEL OF EXCESSIVE PRESSURE IN PNEUMATIC CAVITY RESCUE FALLING PEOPLE

The mathematical modeling of excess pressure in pneumatic cavity hopping rescue vehicle. Hopping rescue vehicle has sufficient efficiency and a small set of technical means for maintenance. It is often used in case of fire in buildings and structures not equipped with means of evacuation. At the time of the fall of man on the rescue vehicle, in its pneumatic cavities, the race is created excessive pressure which is of sufficient size and can break the pneumatic cavity. A mathematical model of excess pressure will help in choosing the right options and materials in the design of hopping and rescue means. The correct choice of parameters and materials hopping rescue equipment will ensure reliable operation.

Key words: *device rescue falling from a height of people jumping rescue equipment, pneumatic cavity, mathematical modeling, overpressure.*

Мурзинов Валерий Леонидович,
*доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры техносферной и пожарной безопасности,
Воронежский государственный технический университет,
Россия, г. Воронеж,
тел. 8(951) 547-51-36,
e-mail: dr.murzinov@yandex.ru*

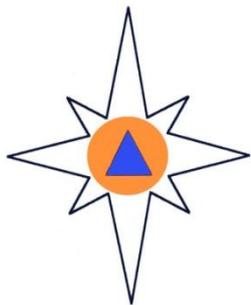
Murzinov V.L.,
*doctor of technical Sciences, associate Professor,
Professor, Department of techno sphere safety and fire safety
Voronezh state technical University,
Russia, Voronezh.*

Мурзинов Павел Валерьевич,
*кандидат технических наук,
заведующий лабораторией при СПКБ «Исследование акустических процессов»,
Воронежский государственный технический университет,
Россия, г. Воронеж,
8(951) 561-90-26,
e-mail: ashton.pasha@yandex.ru*

Murzinov P.V.,
*PhD in technical Sciences
Voronezh state technical University,
Head of laboratory at Student design Bureau "Investigation of acoustic processes", ,
Russia, Voronezh.*

Попов Сергей Васильевич,
*Воронежский государственный технический университет,
Россия, г. Воронеж,
8(951) 854-55-11,
e-mail: wowzver@yandex.ru*

Popov S.V.,
*Voronezh state technical University,
Russia, Voronezh.*



ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ БЕЗОПАСНОСТИ

УДК 614.841.411

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СИЛИКАТА НАТРИЯ НА ТЕРМИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ МЕТОДОМ ТЕРМИЧЕСКОЙ ГРАВИМЕТРИИ

А.В. Петров, А.Л. Никифоров, Н.М. Панев, С.Н. Ульева, И.Ю. Шарбанова, О.Г. Циркина

В данной статье приведены результаты термогравиметрического исследования древесины, обработанной водным раствором силиката натрия с различной концентрацией, в диапазоне температур 70-1000 °С. Установлено, что силикат натрия, представленный в продаже на территории Российской Федерации в виде жидкого стекла, значительно снижает деструктивное влияние высоких температур на древесные материалы и их производные. Выявлено, что концентрация силиката натрия в водном растворе 10 % (100 г/л) является оптимальной с точки зрения антипиреющего эффекта. Показана принципиальная возможность использования термогравиметрии при оценке эффективности огнезащитных пропиток для древесины.

Ключевые слова: *древесина, термогравиметрия, огнезащита, деревянная строительная конструкция, огнезащитная обработка, антипирен, неорганические соли, силикат натрия.*

Древесина служит человеку несколько миллионов лет. Широкое применение данного материала в строительстве и других отраслях народного хозяйства объясняется сочетанием в нем ценных свойств: прочность и легкость, хорошие теплоизоляционные свойства. Она легко обрабатывается режущими инструментами, склеивается, удерживает металлические и другие крепления. [1]

Высокая горючесть - одна из главных проблем, с которыми потребитель сталкивается при работе с древесными материалами. Анализ пожаров в зданиях с применением конструкций из древесных материалов свидетельствует о том, что пожарная опасность таких объектов обусловлена значительным тепловыделением при термической деструкции компонентов древесины и быстрым наступлением критических значений опасных факторов пожара (ОФП). В связи с этим проблема создания современных эффективных средств огнезащиты древесины до сих пор сохраняет свою актуальность [2,5].

В настоящее время существует множество огнезащитных составов, позволяющих снизить пожарную опасность зданий из деревянных конструкций и увеличить степень их огнестойкости. [3,4,5] Одним из компонентов таких

составов является силикат натрия – неорганическая соль, представленная в продаже на территории Российской Федерации в виде жидкого стекла. [6]

Целью данной работы является исследование влияния силиката натрия на поведение древесины в условиях повышенных температур и определение оптимальной концентрации данного соединения в огнезащитных составах.

Термические испытания проводились на термическом анализаторе SETSYS Evolution, в режиме дифференциальной сканирующей калориметрии. Использовался трехтермопарный датчик Pt/PtRh6%/PtRh30% с диапазоном измерений до 1600 °С. Весы имеют диапазон измерений +/- 200 мг, с разрешением 0,023 мкг. В ходе проведения испытаний использовались тигли из оксида алюминия.

До и после испытаний проводилось контрольное взвешивание навески исследуемого вещества на аналитических весах AND GR-200.

Для приготовления образцов использовались:

1. Древесина сосновая (образцы 70×8×3 мм, заранее маркированные);
2. Вещества для приготовления пропиточного раствора:

- а) вода;
- б) жидкое стекло натриевое «Текс»
3. Посуда для приготовления раствора;
4. Магнитная мешалка с мешальником;
5. Электронные весы (точность 0,01 г);
6. Секундомер;
7. Пинцет (зажим).

Концентрация жидкого стекла в приготавливаемом растворе:

1. 10 г/л (1%);
2. 30 г/л (3%);
3. 50 г/л (5%);
4. 100 г/л (10%);
5. 150 г/л (15%);
6. 200 г/л (20%);

Подготовка образцов к испытаниям осуществлялась в следующей последовательности:

1. Образец закрепляется в пинцет (зажим) и опускается в раствор;
2. Включается секундомер;

3. Отсчитывается время пропитки (в нашем случае 60 сек);

4. Образец извлекается и сушится при комнатной температуре в течение 24 часов.

5. После сушки образцы можно подвергать необходимым испытаниям.

Получение термогравиметрических кривых производилось в следующей последовательности:

1. Нагрев от 20 до 70 °С при скорости нагрева 5 °С/мин.

2. Выдерживание образца при температуре 70 °С в течение 30 минут.

3. Нагрев от 70 до 1000 °С при скорости нагрева 5 °С/мин.

Эксперимент проводился в инертной атмосфере (гелий, скорость потока газа через реакционную камеру 50 мл/мин).

Типичный вид полученных термогравиметрических кривых представлен на рис. 1.

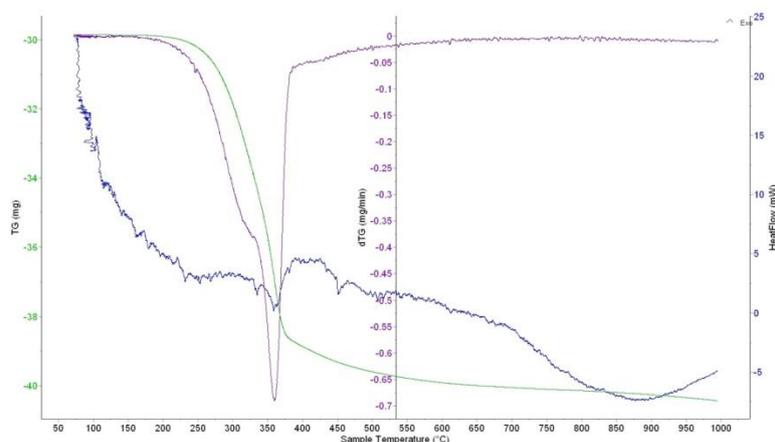


Рис. 1. Кривые термического исследования для образца древесины, обработанной раствором жидкого стекла с концентрацией 150 г/л. Зеленая кривая – TG (мг), фиолетовая – DTG (мг/мин), синяя – тепловой поток (мВ)

При обработке полученных результатов были определены температуры потери 1, 30, 50, 65 и 70% массы образцов древесины (табл. 1, рис.2). Из представленных данных видно, что на начальном этапе потери массы (0-30 %) увеличение концентрации силиката натрия практически не влияет на температуру, при которой достигается

данная потеря массы. Однако температура потери 65 % массы возрастает с 393 °С для необработанной древесины до 505,5 °С для древесины, обработанной раствором силиката натрия с концентрацией 200 г/л. Для 70 % потери массы диапазон температур составляет 471 – 986,6 °С.

Таблица 1

Температуры потери 1, 30, 50, 65 и 70% массы образца

Образец	Температура (°C) потери массы образца				
	1%	30%	50%	65%	70%
Древесина	237.0301	337.2809	358.1665	392.9505	471.0199
Древесина + 10 г/л жидкого стекла	242.766	333.5988	356.3606	430.0447	508.5462
Древесина + 30 г/л жидкого стекла	237.2321	329.697	356.1072	436.9252	526.3283
Древесина + 50 г/л жидкого стекла	210.3578	318.5856	348.2316	451.9806	637.1512
Древесина + 100 г/л жидкого стекла	212.7428	317.7717	353.9771	469.6136	775.2233
Древесина + 150 г/л жидкого стекла	225.516	335.2066	362.306	488.2514	916.7976
Древесина + 200 г/л жидкого стекла	214.6113	324.5541	359.923	505.5638	986.5882

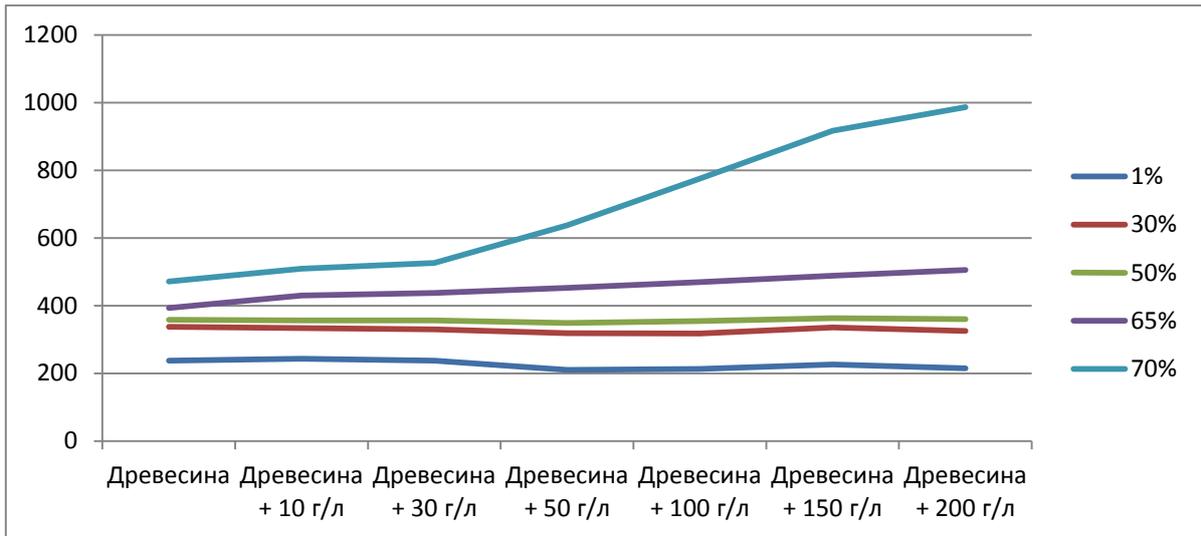


Рис.2. Зависимость температуры потери 1, 30, 50, 65 и 70% массы образцами древесины в зависимости от концентрации силиката натрия

В табл. 2 и на рис. 3 представлены данные, полученные из кривых дифференциальной

термогравиметрии. Приведена температура достижения максимальной скорости разложения.

Таблица 2

Температура максимальной скорости разложения

Образец	Температура максимальной скорости разложения
Древесина	358.642
Древесина + 10 г/л жидкого стекла	354.977
Древесина + 30 г/л жидкого стекла	354.389
Древесина + 50 г/л жидкого стекла	327.259
Древесина + 100 г/л жидкого стекла	321.091
Древесина + 150 г/л жидкого стекла	321.521
Древесина + 200 г/л жидкого стекла	322.289

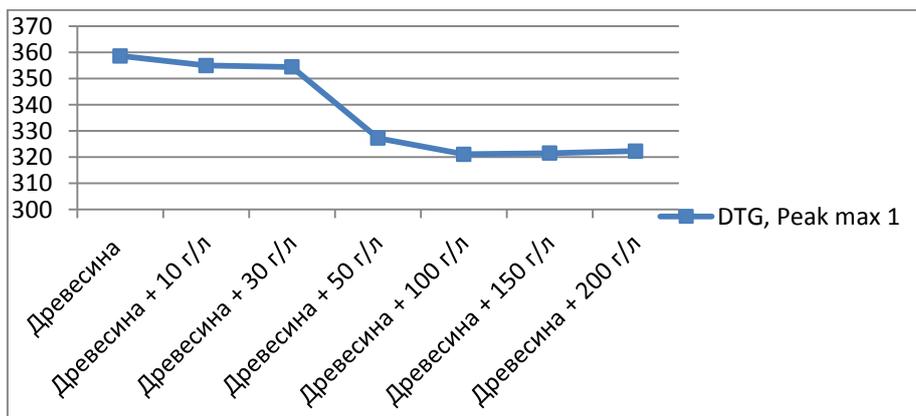


Рис. 3. Зависимость температуры максимальной скорости разложения от концентрации силиката натрия

Как видно из представленных результатов, происходит уменьшение температуры до концентрации силиката натрия 100 г/л, после чего температура практически не изменяется.

В табл. 3 и на рис. 4 приведены измерения потери массы на первом (основном) этапе разложения древесины (200-550 °C) и полностью за эксперимент.

Таблица 3

Уменьшение массы образцов древесины в зависимости от концентрации силиката натрия

Образец	Потеря массы на 1 этапе, %	Общая потеря массы, %
Древесина	75.569	80.691
Древесина + 10 г/л жидкого стекла	74.191	80.022
Древесина + 30 г/л жидкого стекла	70.813	77.483
Древесина + 50 г/л жидкого стекла	66.715	73.155
Древесина + 100 г/л жидкого стекла	64.462	69.655
Древесина + 150 г/л жидкого стекла	67.72	74.11
Древесина + 200 г/л жидкого стекла	64.816	70.056

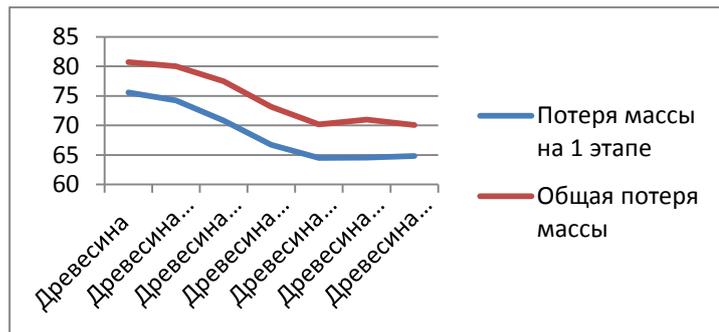


Рис. 4. Влияние концентрации силиката натрия на изменение массы древесины при нагреве

Из рисунка 4 видно, что концентрация силиката натрия оказывает значительное влияние на изменение потери массы образцов древесины до концентрации 100 г/л.

На рисунке 5 приведена зависимость убыли массы образцов древесины в зависимости от

концентрации силиката натрия. Из рисунка также следует, что после увеличения концентрации силиката натрия более 100 г/л не приводит к изменениям в термическом поведении древесины при разложении.

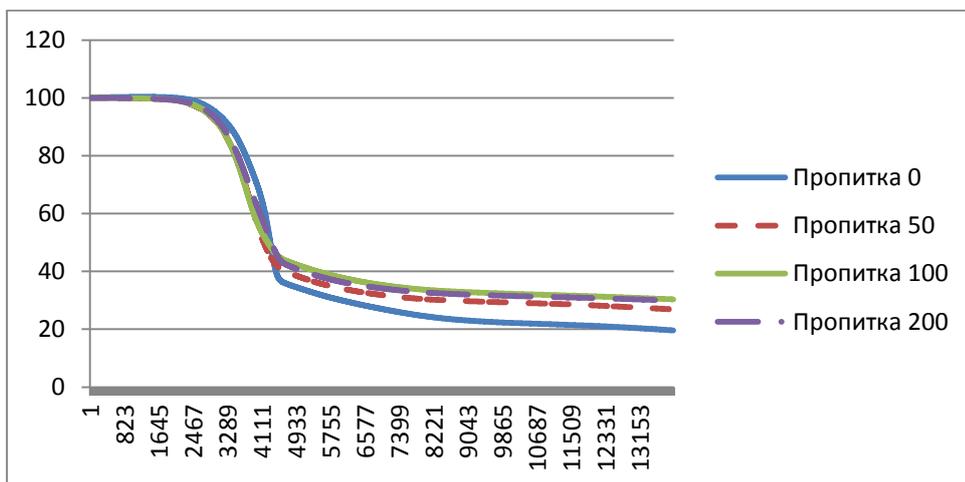


Рис. 5. Убыль массы в % образцов древесины в зависимости от концентрации жидкого стекла. 1-без пропитки, 2-пропитка 50 г/л, 3-пропитка 100 г/л, 4-пропитка 200 г/л

Таким образом, по итогам исследования поведения древесины с пропиткой водным раствором силиката натрия методом термического анализа можно сделать следующие выводы:

1) показана принципиальная возможность использования термогравиметрии при оценке эффективности огнезащитных пропиток для древесины;

2) установлено, что увеличение концентрации жидкого стекла в приготавливаемом растворе до 100 г/л для пропитки древесины значительно влияет на термическое поведение образцов древесины при нагреве до 1000 °С. Дальнейшее увеличение концентрации силиката натрия в растворе не приводит к улучшению показателей термической устойчивости древесины.

Библиография

1. Асеева Р.М. Горение древесины и ее пожароопасные свойства / Р.М. Асеева, Б.Б. Серков, А.Б. Сивенков. - М.: Академия ГПС МЧС России, 2010. – 262 с.
2. Сивенков А.Б. Влияние физико-химических характеристик древесины на ее пожарную опасность и эффективность огнезащиты. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. - 2015, М, 289 с.
3. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: федер. закон [принят Гос. Думой 4 июля 2008 г.: одобр. Советом Федерации 11 июля 2008 г.]
4. ГОСТ Р 53292-2009. Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на ее основе. Общие требования. Методы испытаний. Введ. с 18.02.2009. – Москва: Изд-во стандартов, 2009. – 20 с.
5. Собурь С.В. Огнезащита материалов и конструкций. Учебно-справочное пособие. — 5-е изд., перераб. — М.: ПожКнига, 2014. — 256 с.
6. Александров А.А. Новый подход к разработке антипиренов для древесины / А.А. Александров, Н.М. Панев, А.А. Воронцова, А.Л. Никифоров, С.Н. Животьягина: Материалы двадцать пятой международной научно-технической конференции «Системы безопасности – 2016». М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. – С. 314-317.

References

1. Aseeva R.M. Gorenje drevesiny i ee požaropasnye svojstva / R.M. Aseeva, B.B. Serkov, A.B. Sivenkov. - M.: Akademiya GPS MCHS Rossii, 2010. – 262 s.
2. Sivenkov A.B. Vliyanie fiziko-himicheskikh harakteristik drevesiny na ee požarnuyu opasnost' i ehffektivnost' ogneshchity. Dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni doktora tehnikeskikh nauk. - 2015, M, 289 s.
3. Tekhnicheskij reglament o trebovaniyah požarnoj bezopasnosti: feder. zakon [prinyat Gos. Dumoj 4 iyulya 2008 g.: odobr. Sovetom Federacii 11 iyulya 2008 g.]
4. GOST R 53292-2009. Ogneshchitnye sostavy i veshchestva dlya drevesiny i materialov na ee osnove. Obshchie trebovaniya. Metody ispytaniy. Vved. s 18.02.2009. – Moskva: Izd-vo standartov, 2009. – 20 s.
5. Sobur' S.V. Ogneshchita materialov i konstrukcij. Uchebno-spravochnoe posobie. — 5-e izd., pererab. — M.: PozhKniga, 2014. — 256 s.
6. Aleksandrov A.A. Novyj podhod k razrabotke antipirenov dlya drevesiny / A.A. Aleksandrov, N.M. Panev, A.A. Voroncova, A.L. Nikiforov, S.N. Zhivotyagina: Materialy dvadcat' pyatoj mezhdunarodnoj nauchno-tehnikeskoy konferencii «Sistemy bezopasnosti – 2016». M.: Akademiya GPS MCHS Rossii, 2016. – S. 314-317.

THERMOGRAVIMETRICAL STUDYING THE INFLUENCE OF SODIUM SILICATE ON THERMAL PYROLYSIS OF WOOD

This article presents the results of thermogravimetric study of wood treated with an aqueous solution of sodium silicate with different concentrations in the temperature range of 70-1000 °C. It is found that sodium silicate, presented on sale in the territory of the Russian Federation in the form of liquid glass, significantly affects the destructive effect of high temperatures on wood materials and their derivatives. It is revealed that the concentration of sodium silicate in an aqueous solution of 10 % (100 g/l) is optimal from the point of view fire retardant effect. We show the possibility of usage of thermogravimetry in the evaluation of the effectiveness of the flame retardant impregnations for wood.

Keywords: wood, thermogravimetry, fire protection, wooden building structures, fire-retardant impregnation, fire-retardant, inorganic salts, sodium silicate.

Петров Андрей Вячеславович,

кандидат химических наук, доцент,

начальник научно-исследовательского отделения УНК «Государственный надзор»

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Россия, г. Иваново,

avp75@inbox.ru, 8-963-216-46-72,

Petrov A.V.,

candidate of chemical sciences, associate professor,

Head of the Research Department of the UNOC "State Supervision"

Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,

Russia, Ivanovo.

Никифоров Александр Леонидович,

доктор технических наук, старший научный сотрудник,

профессор кафедры пожарной безопасности объектов защиты (в составе УНК

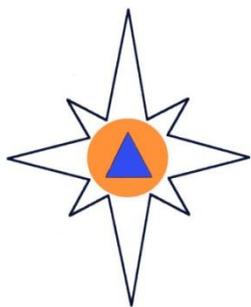
*«Государственный надзор»),
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Россия, г. Иваново,
anikiforoff@list.ru, 8-920-345-08-10,
Nikiforov A.L.,
doctor of technical sciences, senior researcher
Professor of the Department of Fire Safety of Protection Facilities (as part of the "State Supervision")
Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,
Russia, Ivanovo.*

***Панев Никита Михайлович**,
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
8-961-243-16-37, rockmetalguy@mail.ru,
Россия, г. Иваново,
Рапунов Н.М.,
Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,
Russia, Ivanovo.*

***Ульева Светлана Николаевна**,
кандидат химических наук,
доцент кафедры пожарной безопасности объектов защиты (в составе УНК
«Государственный надзор»),
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
8-910-668-00-38, jivotyagina@mail.ru;
Ulyeva S.N.,
PhD in Chemistry,
Associate Professor of the Fire Safety Department of Defense Facilities (as part of the
"State Supervision"),
Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,
Russia, Ivanovo.*

***Шарабанова Ирина Юрьевна**,
кандидат медицинских наук, доцент,
заместитель начальника академии по научной работе,
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Россия, г. Иваново,
8-962-157-49-99, sharabanova@bk.ru;
Sharabanova I.Y.,
Candidate of Medical Sciences, Associate Professor
Deputy Chief of the Academy for Scientific Work,
Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,
Russia, Ivanovo.*

***Циркина Ольга Германовна**,
доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры химии, экологии и микробиологии
ФГБОУ ВО Ивановский государственный политехнический университет,
Россия, г. Иваново,
8-980-680-87-27, ogtsirkina@mail.ru,
Tsirkina O.G.,
doctor of technical sciences, associate professor,
Professor of the Department of Chemistry, Ecology and Microbiology
FGBOU VO Ivanovo State Polytechnic University,
Russia, Ivanovo.*



АУДИТ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ОЦЕНКА И УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ

УДК 004.023

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОДЕЛИ КАЧЕСТВА МОНИТОРИНГА КРУПНЫХ ПОЖАРОВ И ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Д.В. Тараканов, М.О. Баканов

Произведено развитие методической составляющей вероятностного подхода к оценке качества мониторинга затяжных пожаров и чрезвычайных ситуаций в социальной сфере. Проведена модификация аналитических решений качества мониторинга с учетом динамики показателя условий мониторинга как для отдельных информационных компонент, так и для системы в целом.

Ключевые слова: мониторинг, оперативное управление, чрезвычайная ситуация.

Информация является одним из наиважнейших ресурсов для качественного управления пожарно-спасательными подразделениями при ликвидации крупных пожаров и чрезвычайных ситуаций, связанных с крупными пожарами. В общем случае в качестве источника информации при ликвидации пожаров и ЧС выступают результаты объективного дистанционного мониторинга параметров, характеризующих развитие и эффективность ликвидации пожара [1]. В свою очередь при планировании мониторинга пожара необходимо учитывать специфику работы средств мониторинга, которая определяет совокупное влияние среды мониторинга на надежность средств мониторинга при его непосредственной реализации. В работах для решения проблемы создания, планирования и управления средствами мониторинга, объединенными в единую иерархическую систему, [1,2] предложена теоретическая вероятностная модель оценки качества мониторинга при ликвидации крупных пожаров. В качестве ограничений модели принято, что параметр, оценивающий влияние среды на средство мониторинга, является константой, а при отказе средства мониторинга в результате воздействия на него агрессивной окружающей среды реализация ремонтных работ не возможна, поэтому в процессе мониторинга участвует такое количество средств мониторинга, которое обеспечит заранее заданное значение вероятности эффективной работы системы мониторинга в целом. Однако предложенная модель при данных допущениях применима в основном при планировании процесса мониторинга на непродолжительные в первом

приближении 30 – 40 мин, временные интервалы. При затяжных, в известном смысле этого слова пожарах, продолжительностью более 3-х часов, принятые допущения могут привести к снижению объективности принимаемых управленческих решений. Адаптация вероятностной модели к новым условиям информационного обеспечения решения задач мониторинга затяжных пожаров предусматривает использование в качестве параметра среды функцию времени. В статье произведено теоретическое обобщение ранее полученных результатов [1,2] для адаптации вероятностной модели качества мониторинга пожаров на случай использования экспоненциальных функция для описания динамики среды мониторинга пожара и чрезвычайной ситуации, связанной с пожаром. Решение данной задачи позволяет расширить область применения вероятностной модели качества мониторинга пожаров при принятии решений по оценке необходимого временного ресурса для сосредоточения к месту затяжного пожара резервных средств мониторинга.

Классический подход к расчету качества мониторинга сводится к определению временной зависимости вероятности безотказной работы для системы с детерминированным числом средств мониторинга, включая их резерв. В этом случае структура системы мониторинга представляет собой иерархию с разделением по уровням управления от принятия решений по организации системы мониторинга, включая определение необходимого количества информационных подсистем, до выбора необходимых видов средств мониторинга для каждой подсистемы с расчетом их

необходимого количества, включая резерв, обеспечивающий необходимое качество мониторинга. Общая структурная схема системы

мониторинга при постановке задачи управления качеством мониторинга представлена на рисунке 1.

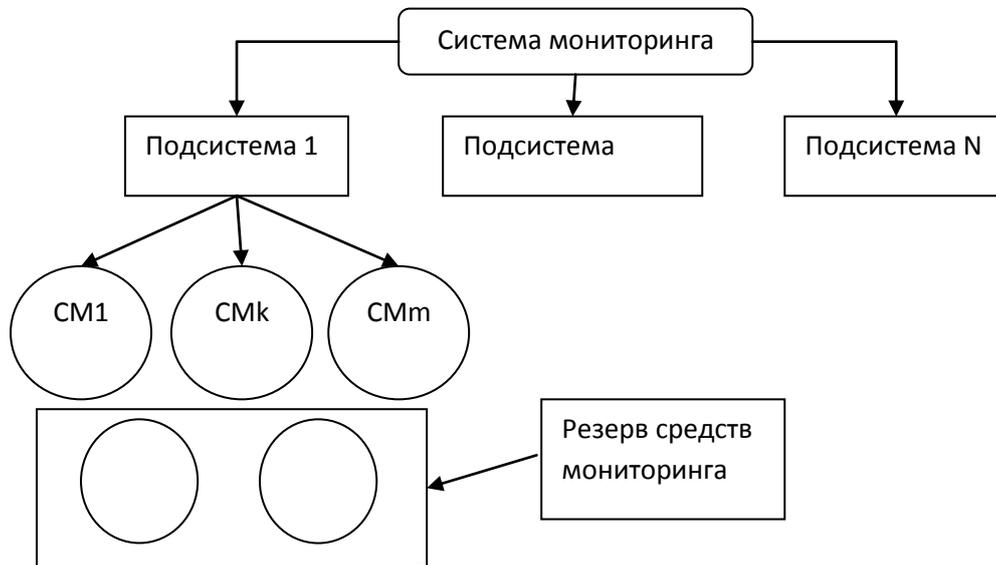


Рис. 1. Структурная схема системы мониторинга

Потеря качества мониторинга наблюдается в случае отказа одной из информационных подсистем, что приведет к общему снижению качества принимаемых решений при управлении оперативными подразделениями в процессе ликвидации пожаров и ЧС [3,4].

Таким образом, рассматривая в качестве деструктивного события в работе системы мониторинга отказ всех ее подсистем, для расчета вероятности безотказной работы можем использовать формулу:

$$P = \prod_{i=1}^n P_i. \quad (1)$$

где P – вероятность отказа системы мониторинга; P_i – вероятности отказа ее подсистем; n – число подсистем мониторинга.

В свою очередь для определения вероятности отказа средств мониторинга в работе [1,2] получены аналитические нестационарные решения системы уравнений Колмогорова, описывающие динамику вероятности отказа средств мониторинга (P) в зависимости от условий среды мониторинга (λ мин⁻¹) и его продолжительности (t , мин).

В свою очередь параметр модели λ в аналитических решениях [1] принят константой, данное допущение основано на предположении, заключающемся в том, что за время мониторинга изменениями свойств среды мониторинга можно пренебречь, считая их несущественными. Однако практика мониторинга пожаров показала, что при затяжных пожарах и чрезвычайных ситуациях, для ликвидации которых требуется более 3-х часов,

пренебрегать изменениями свойств среды мониторинга не представляется возможным. В этом случае необходимо рассматривать параметр среды мониторинга как функцию времени, а в аналитических решениях [2] на каждый момент времени использовать ее интеграл:

$$\Lambda = \int_0^t \lambda(t) dt, \quad (2)$$

где $\lambda(t)$ – функция времени, описывающая воздействие среды мониторинга на средство мониторинга, 1/час.

С учетом (2) аналитические решения системы уравнений модели качества мониторинга записываются следующим образом:

- для k -го средства мониторинга:

$$P_k(t) = \frac{(\Lambda)^k}{k!} \exp(-\Lambda) \quad (3)$$

- для m конечного состояния:

$$P_m(t) = 1 - \left[1 + \sum_{k=0}^{m-1} \frac{(\Lambda)^k}{k!} \right] \exp(-\Lambda) \quad (4)$$

Однако при расчете значений функции воздействия среды мониторинга необходимо учитывать специфику мониторинга при ликвидации крупных пожаров и чрезвычайных ситуаций. Данная специфика определяется наличием в процессе мониторинга пожара двух основных этапов:

- Этап развития пожара (чрезвычайной ситуации);

• Этап ликвидации пожара (чрезвычайной ситуации).

В этой связи целесообразно предположить, что параметр среды, рассматриваемый как функция от времени, должен иметь различную структуру динамики на этапах мониторинга пожара в процессе развития пожара значения параметра среды возрастают, а после локализации, в процессе ликвидации пожара, наоборот убывают.

В этом случае для описания динамики параметра среды может быть использована плотность распределения случайной величины, распределённой по нормальному закону:

$$\lambda(t) = A \cdot f(t), \text{ и}$$

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(t-t^*)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (5)$$

где t – продолжительность мониторинга, ч; t^* – ожидаемое время локализации пожара, ч; σ – стандартное отклонение, ч.

Тогда интеграл функции (5) будет иметь вид функции Лапласа:

$$\Lambda = \frac{2A}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right) dx, \quad x = \frac{t-t^*}{\sigma} \quad (6)$$

Параметры функций (5) и (6), необходимые при планировании мониторинга пожаров, могут быть получены на основе опыта ликвидации пожаров.

Пусть на месте чрезвычайной ситуации работает система мониторинга, для которой необходимо определить число резервных средств мониторинга при условии, что вероятность эффективной работы системы должна составлять не менее $P_m=0,6$ в течение времени мониторинга $t=5$ ч. Считая существенным значение вероятности отказа k -го средства мониторинга $P_k=0,1$, необходимо определить ожидаемое время

сосредоточения резервной группы средств мониторинга. При условии среды мониторинга с параметрами $t^*=6$ ч; $\sigma=2$ ч; $A=10$ значения функции $\lambda(t)$ и Λ представлены на рисунке 2.

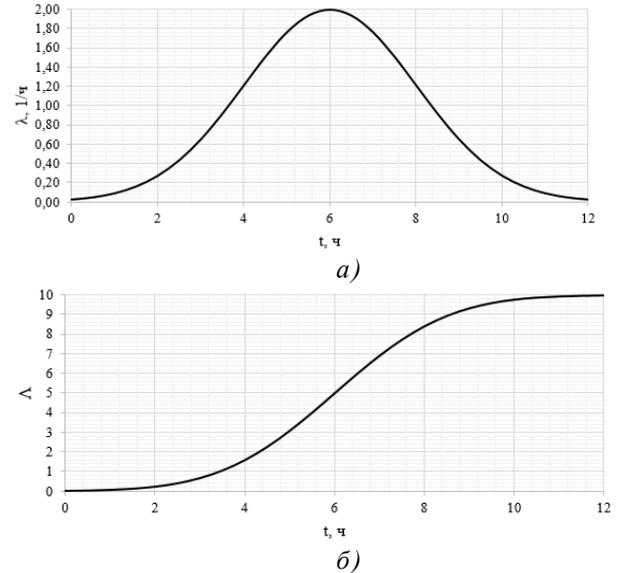
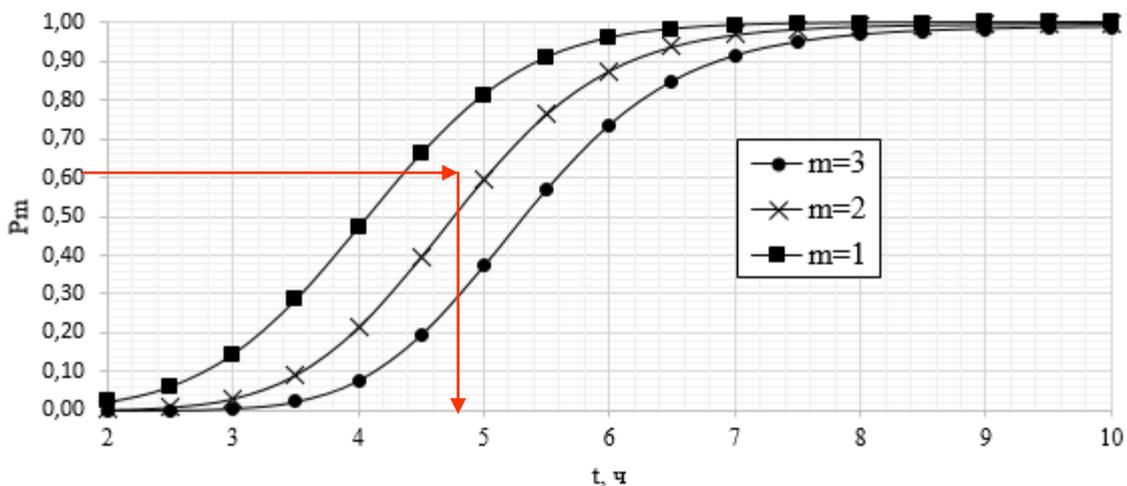


Рис. 2. Динамика значений параметров среды мониторинга

Анализируя данные на рисунке 1, можно сделать вывод, что ожидаемое время локализации чрезвычайной ситуации составляет 6 часов и до этого момента динамика параметра среды положительная - агрессивное воздействие среды на средства мониторинга увеличивается. В свою очередь после момента локализации динамика параметра среды отрицательная и, следовательно, степень воздействия среды на средства мониторинга уменьшается.

Значения функции (6) необходимы для оценки вероятностей P_k и P_m , динамика данного параметра представлена на рисунке 3.



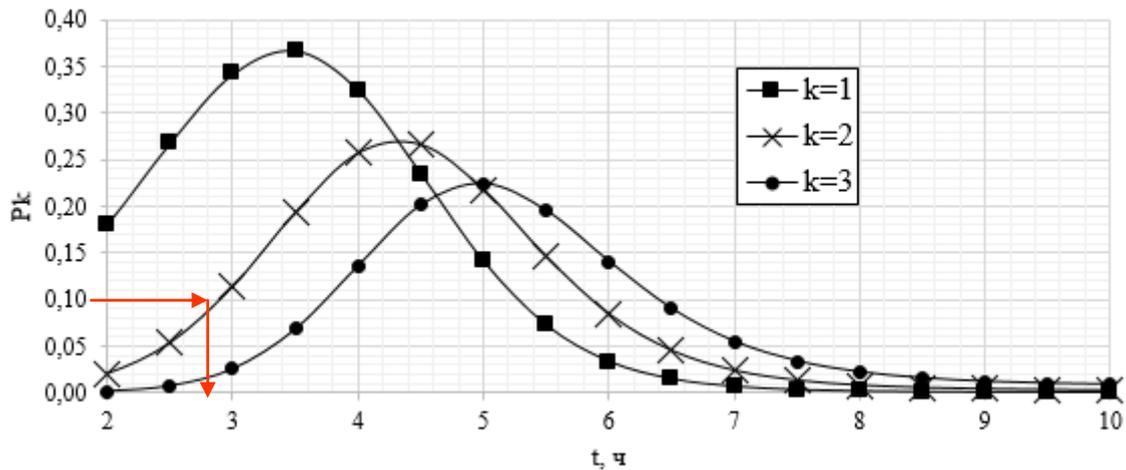


Рис. 3. Динамика вероятностей P_k

Анализируя данные на рисунке 3, делаем вывод: что для обеспечения значения $P_m=0,6$ при $t=5$ ч необходима группа, состоящая из двух резервных средств мониторинга (Рис. 2. (а)), при этом время прибытия резервной группы должно составлять не более 3 часов (Рис. 2. (б)).

Таким образом, в статье показано развитие вероятностной модели качества мониторинга крупных пожаров и чрезвычайных ситуаций, связанных с пожарами затяжного характера. Развитие методической составляющей модели

качества мониторинга основано на использовании для описания динамики параметров среды экспоненциальных функций. Это позволило при решении прямой и обратной задачи планирования мониторинга при заданном уровне качества определить временные ресурсы для сосредоточения резервных средств мониторинга при поддержании необходимого качества мониторинга в режиме реального времени функционирования системы в целом.

Библиография

1. Баканов М.О., Смирнов В.А., Анкудинов М.В. К вопросу о резервировании и управлении беспилотными воздушными судами при мониторинге ландшафтных пожаров // Мониторинг. Наука и технологии. - 2016. - № 4 (29). - С. 77-79.
2. Баканов М.О., Тараканов Д.В., Анкудинов М.В. Модель мониторинга для оперативного управления при ликвидации пожаров и чрезвычайных ситуаций // Мониторинг. Наука и технологии. - 2017. - № 3 (32). - С. 77-80.
3. Тараканов Д.В. Метод модификации векторного критерия в системе поддержки принятия решения при тушении крупного пожара // Технологии техносферной безопасности. - 2010. - №2. - <http://ipb.mos.ru/ttb>.
4. Тараканов Д.В. Многокритериальная модель управления пожарно-спасательными подразделениями // Технологии техносферной безопасности. - 2017. - №4 (74). С. 148-154.

References

1. Bakanov M.O., Smirnov V.A., Ankudinov M.V. K voprosu o rezervirovani i upravlenii bespilotnymi vozдушnymi sudami pri monitoringe landshaftnykh pozharov // Monitoring. Nauka i tekhnologii. - 2016. - № 4 (29). - S. 77-79.
2. Bakanov M.O., Tarakanov D.V., Ankudinov M.V. Model monitoringa dlya operativnogo upravleniya pri likvidatsii pozharov i chrezvychaynykh situatsiy // Monitoring. Nauka i tekhnologii. - 2017. - № 3 (32). - S. 77-80.
3. Tarakanov D.V. Metod modifikatsii vektornogo kriteriya v sisteme podderzhki prinyatiya resheniya pri tushenii krupnogo pozhara // Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti. - 2010. - №2. - <http://ipb.mos.ru/ttb>.
4. Tarakanov D.V. Mnogokriterialnaya model upravleniya pozharно-spasatelnyimi podrazdeleniyami // Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti. - 2017. - №4 (74). S. 148-154.

IMPROVEMENT OF MONITORING QUALITY MODEL OF LARGE FIRE AND EMERGENCY SITUATIONS

The methodical component of the probabilistic approach to assessing the quality of monitoring of protracted fires and emergency situations in the social sphere has been developed. A modification of the analytical solutions of the monitoring quality was made taking into account the dynamics of the monitoring conditions indicator both for individual information components and for the system as a whole.

Key words: *monitoring, operational management, emergency situation.*

Тараканов Денис Вячеславович,

к.т.н., старший преподаватель,

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС

России,

Россия, г. Иваново,

e-mail: den-pgsm@mail.ru

Tarakanov D.V.,

Cand. Tech. Sci., Senior lecturer,

Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,

Russia, Ivanovo.

Баканов Максим Олегович,

к.т.н., начальник кафедры,

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС

России,

Россия, г. Иваново,

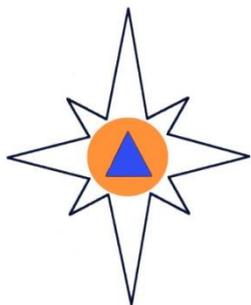
e-mail: mask-13@mail.ru

Bakanov M.O.,

Cand. Tech. Sci., head of the department,

Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,

Russia, Ivanovo.



ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ МЧС РОССИИ: ГУМАНИТАРНЫЕ АСПЕКТЫ

УДК 519.7:621.3

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ ГРАЖДАН, ПРЕБЫВАЮЩИХ В ЗАПАСЕ И СОСТОЯЩИХ В МОБИЛИЗАЦИОННОМ ЛЮДСКОМ РЕЗЕРВЕ

В.В. Пикалов, Е.А. Жидко

В статье рассматриваются методики первого, второго и третьего уровня по оценке качества подготовки граждан, пребывающих в запасе и состоящих в мобилизационном людском резерве, в связи с необходимостью в качественной подготовке военных специалистов для исполнения ими должностных и специальных обязанностей в военное время.

Ключевые слова: мобилизационный людской резерв, модульная информационно-коммуникационная подготовка.

Введение

Для надежного обеспечения безопасности и территориальной целостности государства, свободы граждан и общественно-политического суверенитета нашей страны Вооруженные силы (ВС) Российской Федерации (РФ) другие войска и воинские формирования постоянно находятся в высокой степени готовности к своевременному развертыванию и отражению агрессии. С этой целью поддерживается высокий уровень боевой и мобилизационной готовности войск, проводится целенаправленная, планомерная подготовка граждан к военной службе, осуществляется накопление требуемого количества военно-обученных людских ресурсов.

Совокупность всех решаемых задач и мероприятий по организации мобилизационного развертывания ВС РФ составляют методологические основы мобилизации страны и ее мобилизационной подготовки. При этом важнейшая роль в общей системе мобилизации страны отводится людским ресурсам.

Мобилизационные людские ресурсы (МЛР) создаются в соответствии с [1-3], другими федеральными законами и нормативными актами Президента и Правительства РФ путем предназначения их на воинские должности и бронирования граждан, пребывающих в запасе, на период мобилизации и на военное время.

Мобилизационный ресурс страны (рис.1) является важнейшей составляющей военного потенциала государства и включает:

- военный МЛР, т.е. то население страны, которое находится на военной службе или состоит

на воинском учете;

- трудовые мобилизационные людские ресурсы.

От качества подготовки поставляемых людских МЛР, степени их обученности действиям по владению оружием, боевой и специальной техникой, способностью командиров и начальников управлять подчиненными в любых условиях обстановки во многом будет зависеть боеготовность войск. Соответственно, совершенствование работы с МЛР в ВС РФ в настоящее время становится одной из важнейших проблем государственного и оборонного значения.

В связи с этим возникает необходимость в качественной подготовке военных специалистов для исполнения ими должностных и специальных обязанностей в военное время. В полном объеме это относится и к гражданам, пребывающим в запасе и состоящим в МЛР воинских частей и подразделений [1].

Совершенствованию системы подготовки резервов ВС большое внимание уделяется и в большинстве развитых страны мира, где строго соблюдаются юридические нормы и законы, не позволяющие использовать необученные резервы для ведения боевых действий.

В современных условиях имеющиеся методы решения данной задачи в ВС РФ становятся неприемлемыми, что требует пересмотра отдельных положений по организации подготовки МЛР.

Геостратегические, военно-политические и социально-экономические условия современного положения России обуславливают необходимость в

разработке новых подходов к подготовке и накоплению МЛР.

С этой целью с МЛР целесообразно

организовывать и проводить модульную информационно-коммуникационную подготовку (МИКП).

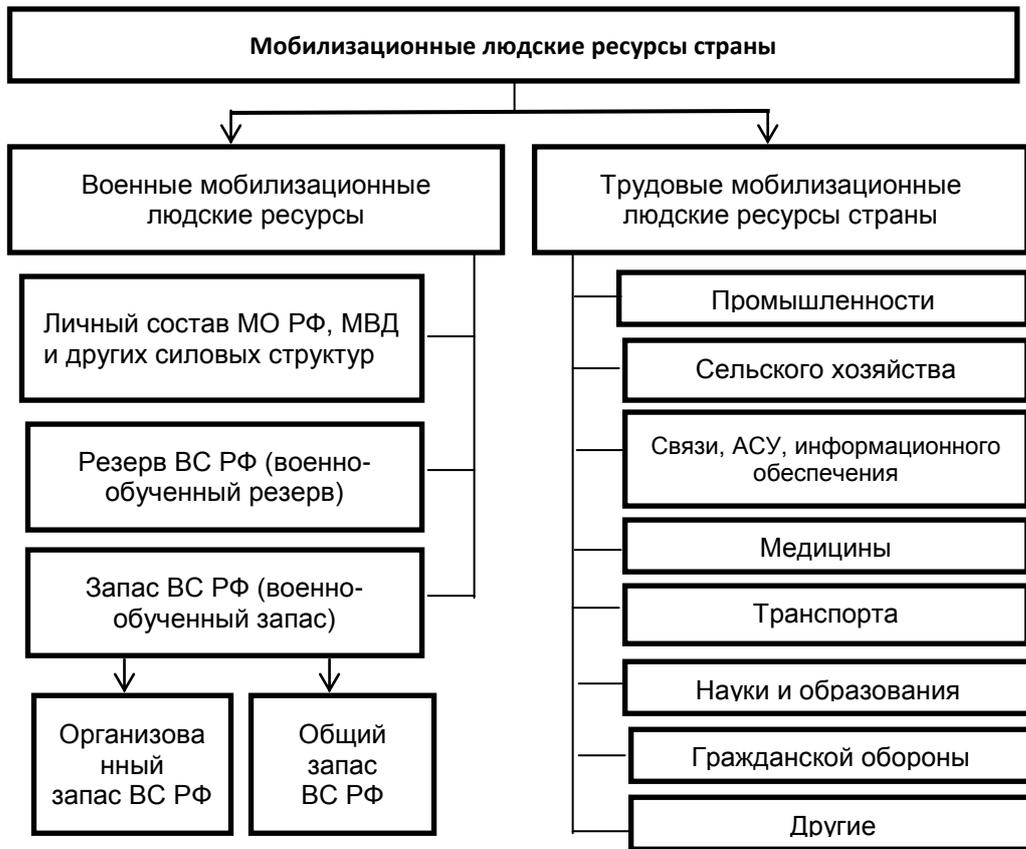


Рис. 1. Мобилизационные людские ресурсы страны

Содержание МИКП определяется как логически упорядоченная и текстуально зафиксированная в модулях учебных дисциплин информация о материале, подлежащем изучению с помощью совокупности методов, устройств и процессов, используемых для сбора, обработки, передачи информации, и определяющая содержание деятельности будущего специалиста для достижения целей подготовки [4].

Существуют различные точки зрения на понимание модуля и технологии его построения как в плане структурирования содержания подготовки, так и разработки форм и методов обучения.

Модуль - это часть программного материала дисциплины, реализующая интегрирующую дидактическую цель. Соответственно модуль будет представлять собой относительно самостоятельный, логически завершённый элемент подготовки.

Основная часть дисциплины, разделенной на модули (прежде всего базовая информация и информация закрытого характера), изучается на плановых занятиях в военной организации. Оставшаяся часть модульной программы изучается с использованием современных информационно-коммуникационных технологий самостоятельно и совместно с руководителем учебной группы. В данную часть модульной программы не должна включаться информация, имеющая сведения ограниченного распространения.

Комплексной целью обучения является подготовка военного специалиста, реализация которой осуществляется в результате освоения всех дисциплин учебного курса. Изучение отдельной дисциплины курса обеспечивает достижение интегрирующей дидактической цели. В свою очередь, учебная дисциплина формируется из модулей, каждый из которых обеспечивает достижение частной дидактической цели (рис. 2).

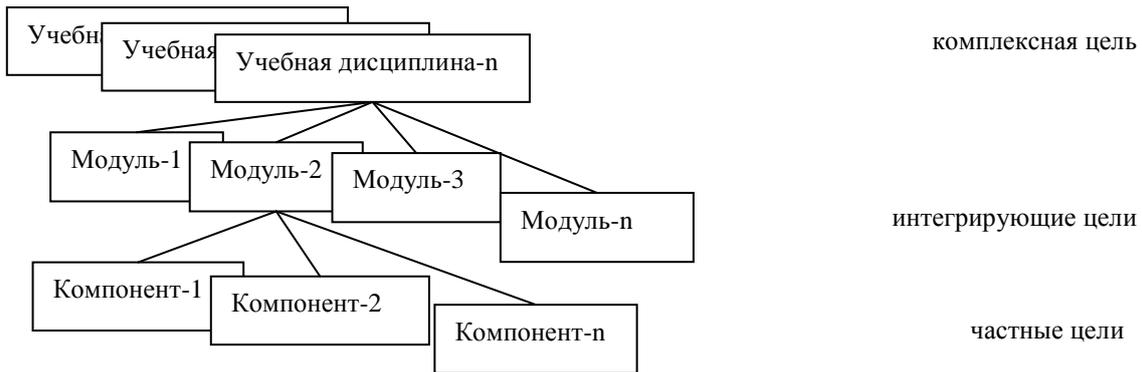


Рис. 2. Соответствие структурных компонентов модульной программы и дидактических целей

Структуру учебной дисциплины составляют модули двух типов - организационного и содержательного (рис. 3).

Организационный модуль (ОМ) включает в себя примерную программу дисциплины и

методические указания по ее изучению.

В качестве средств обучения - модульное построение учебной дисциплины с системой контроля и оценки знаний обучаемых.

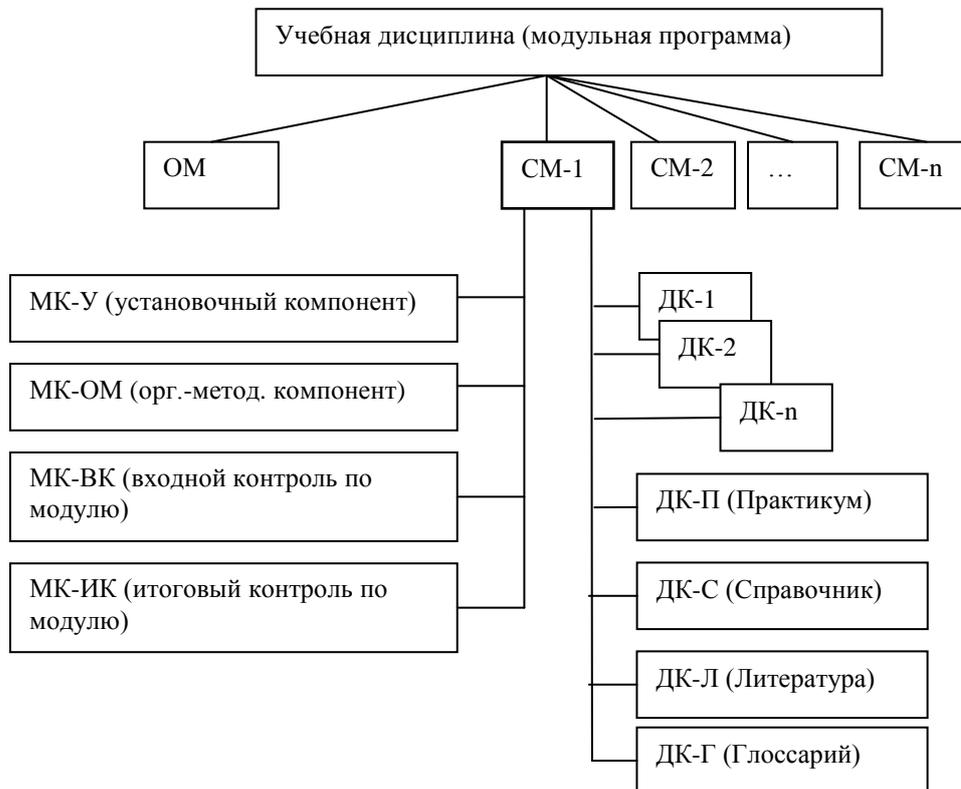


Рис. 3. Структурное содержание учебной дисциплины

Предлагается использовать программно-аппаратные средства обучения (обучающие и контролируемые компьютерные программы, мультимедийные доски, системы диагностики и контроля знаний).

Общение в обучающих программах следует осуществлять в диалоговом режиме. Выдачу информации выполнять пошагово с возможностью контроля усвоения учебного материала в ходе подготовки МЛР. Руководителями занятий могут применяться

следующие обучающие программно-педагогические средства:

- автоматизированные обучающие системы (АОС);
- электронные или компьютерные учебники (ЭУ или КУ);
- электронные или компьютерные учебно-методические комплексы (ЭУМК или КУМК).

В процессе подготовки МЛР могут использоваться следующие базовые технологии Internet:

FTP (англ. *File Transfer Protocol* — протокол передачи файлов) — технология передачи по сети файлов произвольного формата;

IRC (англ. *Internet Relay Chat* — поочередный разговор в сети, чат) — технология ведения переговоров в реальном масштабе времени, дающая возможность разговаривать с другими людьми по сети в режиме прямого диалога;

ICQ (англ. *I seek you* - я ищу тебя) - технология ведения переговоров один на один в синхронном режиме.

Также возможно применение телекоммуникационных средств Internet, включающих в себя электронную почту, электронную конференцсвязь, видеоконференцсвязь, интернет-форумы, голосовые форумы и почту, поисковые системы и др.

2. Методический подход к оценке качества учебного процесса

Анализ известных методик [5-8] оценки качества процесса подготовки специалистов, сложившейся практики управления качеством образования, развития и использования новых образовательных технологий показывает, что в настоящее время существует достаточно много различных подходов к оценке качества процесса подготовки, использующих информационные технологии.

Необходимо отметить, что как в области подготовки специалистов, так и в области оценки качества образовательного процесса всегда можно выделить два конкурирующих процесса, один из которых направлен на поддержание стабильности данной области знаний и сохранение существующих технологий, а другой направлен на выявление противоречий в этой области и на этой основе - на формирование нового направления со своими специфическими объектами и специфическими взаимодействиями между ними.

В этих условиях особое значение приобретает поиск новых подходов к оценке процесса подготовки, к методам его адаптации и управления для существенного повышения эффективности процесса подготовки специалистов, например, в области информационной безопасности [8-11].

2.1. Методики первого уровня

Наиболее обширная номенклатура методик [7,12] разработана в области педагогики среднего и среднего специального образования (методики первого, начального уровня). Это обусловлено главным образом тем, что это образование локализовано в области традиционных знаний и имеет достаточно большой период практической апробации. В ряде случаев эти методики распространяются и на подготовку военных специалистов, однако в этом случае учитывается специфическая особенность их профессиональной ориентации.

В основе методического подхода первого уровня лежит использование (или определение,

считывание из журналов учета успеваемости) оценок усвоенных знаний в трех измерениях – личности, предмета и времени. На основе полученных трехмерных массивов проводится анализ и делается вывод о качестве (эффективности и оптимальности) процесса подготовки. Практически все методики оценки качества процесса подготовки этого уровня ориентированы на определение взаимно однозначного соответствия между процедурами передачи обучающего воздействия объекту обучения, приема и обработки этого воздействия объектом обучения. Для этого уровня наиболее характерны процедуры первичной обработки знаний, основанные на запоминании характеристических сигналов обучающего воздействия. Формально эти процедуры можно представить преобразованием потока обучающих воздействий $S_{i,j}^k$ в поток представлений S_{D_j} через некоторый оператор P_s , реализующий это преобразование

$$S_{D_j} = P_s \{ S_{i,j}^k(t) \cdot k_N(t) + S_N(t) \}, \quad (1)$$

где $k_N(t)$ – знания (сведения, данные), получаемые на основе сопутствующих факторов (знания о связях между элементами обучающего воздействия), $S_N(t)$ – знания (сведения, данные), получаемые при прямом изучении обучающего воздействия; i – объект обучения; j - шаг обучения.

Реализуемые на этом уровне обучающие технологии, как правило, консервативны, а получаемые знания носят существенно конкретный характер. Они непосредственно или через минимально возможное число взаимосвязанных элементов связаны с изучаемыми объектами (или с информационными системами более высокого уровня).

Основным недостатком такого методического подхода и базирующихся на его основе методик является замкнутость оцениваемой и оценивающей систем в едином пространстве критериев и исходных данных. Так, например, руководитель учебной группы ставит оценку обучаемому, опираясь только на свои знания. Таким образом, отсутствие объективного критерия более высокого уровня, чем выработанного самим процессом подготовки, делает невозможным применение таких методик в области подготовки граждан, пребывающих в запасе и состоящих в МЛР или на переходном этапе к традиционным, хотя получение одного из показателей нижнего уровня эти методики, безусловно, обеспечивают.

2.2. Методики второго уровня

Методики второго уровня ориентированы на оценку качества процесса подготовки при получении знаний в переходной области от инновационных к традиционным знаниям. Они основаны на развитии методик первого уровня с дополнением их критериями соответствия получаемых в ходе процесса подготовки знаний требованиям, предъявляемым к исполнению ими

должностных и специальных обязанностей. Это привело к возникновению более развитого методического подхода, в основе которого лежит не оценка качества как такового, а выработка управляющего воздействия на процесс подготовки для повышения его качества (или сохранения заданного уровня качества) и эффективности. Поэтому в методиках, основанных на этом методическом подходе, оценивается в основном эффективность влияния на процесс подготовки его основных характеристик, в качестве которых могут выступать, например, оценки успеваемости граждан, пребывающих в запасе и состоящих в МЛР.

Показатели в методиках этого уровня определяют, главным образом, эффективность процедур сопоставления сигнала обучающего воздействия его смысловой нагрузке. Методики

$$S_{w_j}(w) = P_{i,j}^k [S_{D_j}, U_{i,j}^k, w_{i,j}^k (S_{D_{j-m}}, S_{D_{j-n}}), \Delta w_{i,j-m}^k, \Delta w_{i,j-n}^k], \quad (2)$$

где m и n – сдвиг по шагам (по времени при $t = [m \ n] \cdot \Delta t$ – фазовое рассогласование) в процедурах синтеза обучающего воздействия и его обработки в двух взаимодействующих системах (обучающей и обучаемой).

Таким образом, функционал (2) определяет связь между параметрами принимаемого обучаемым объектом сигнала, его формализованными свойствами (параметрами) на последовательных этапах обработки обучаемым объектом (m и n) и сопоставленной ему последовательностью выявленных зависимостей между ними.

При этом известно достаточно много работ [4-7,12], посвященных решению проблемы оценки качества процесса подготовки с учетом разноплановых аспектов. Однако в качестве основного недостатка таких методик является отсутствие возможности выделить определяющие факторы при оценке эффективности и оптимальности процесса подготовки, оценить возможности многофакторного воздействия на этот процесс и, таким образом, определить главный критерий – абсолютно оптимальный и эффективный процесс подготовки с обобщенным показателем качества, равным 1,0.

Именно отсутствие идеального представления делает эти методики частными, в ряде случаев используемыми для формального подтверждения правомерности уже примененной технологии обучения и организации процесса подготовки граждан, пребывающих в запасе и состоящих в МЛР. Кроме того, использование такого методического подхода опирается на некоторый неизменный базис наработки по неизменным программам курсов, установившемуся учебному материалу и наличию хотя бы какого-то временного интервала для сравнения. Поэтому использование такого подхода для оценки эффективности и оптимальности процесса подготовки граждан, пребывающих в запасе и

этого уровня предназначены, главным образом, для оценки эффективности использования обучающимся объектом методов обобщения и нахождения корреляционных связей между элементами обучающего воздействия. В отличие от методики первого уровня, использующих в качестве основы данные и/или сведения, методики второго уровня в качестве основы рассматривают связи (функции) между элементами обучающего воздействия. Выполняемые на этом уровне основные операции для оценки качества процесса подготовки формально сводятся к выбору из упорядоченного множества $U_{i,j}^k$ унитарных кодов посылки обучающего воздействия последовательности S_{w_j} , в соответствии с целевым кодом S_{D_j} сигнала обучающего воздействия

состоящих в МЛР, представляется весьма проблематичным.

2.3. Методики третьего уровня

Третий и, пожалуй, на сегодняшний день наиболее объективный подход предложен в теории обучения автоматизированных систем, где понятие «образование» заменено проблемно-ориентированным набором регламентированных действий, изменяемых и модифицируемых системой в соответствии с изменением внешних условий (*методики третьего уровня*). Такой подход, однако, лишен социального аспекта, учет которого может привести к весьма существенным ошибкам, как в самой оценке, так и в выработке управляющего воздействия на процесс подготовки.

Можно полагать, что эффективность и оптимальность процесса подготовки в сумме (комбинация этих показателей) достаточно полно определяют качество подготовки граждан, пребывающих в запасе и состоящих в МЛР. Необходимо только наполнить смыслом сами эти показатели, полагая, что они (эффективность и оптимальность) являются частными показателями и на их основе определяется обобщенный показатель – качество подготовки.

В соответствии с этим качеством подготовки граждан, пребывающих в запасе и состоящих в мобилизационном людском резерве, должно характеризоваться:

во-первых, соответствием уровня подготовки требованиям, предъявляемым к специалисту для исполнения им должностных и специальных обязанностей. Это локальный критерий, определяемый композицией частных показателей усвоения материала (то есть системой показателей первого уровня), начиная от показателя качества отдельного занятия и цикла занятий и заканчивая показателем качества всего периода обучения с учетом всей совокупности полученных знаний и навыков;

во-вторых, соответствием полученных

знаний и навыков требованиям области науки и техники, для которой специалисты готовятся.

Несложно заметить, что соотношение между этими двумя критериями определяют уровень развития данной области знаний. Чем больше разница в показателях этих критериев, тем выше темп развития данной области, тем «новее» эта область знаний, науки и техники.

В основе методик этого уровня лежит определение эффективности процедур формирования обучающимся объектом решения и синтеза последовательностей управляющих воздействий (команд) для его реализации на основе полученных при обработке обучающих последовательностей упорядоченных множеств возможных вариантов реализации своего поведения. На этом уровне главным элементом оценки является алгоритм обработки обучающих воздействий, который в этом случае, как правило, является распределенным во времени и в представляемой предметной области подготовки. Поэтому такие методики основаны на системах с элементами синтезированного искусственного интеллекта [13]. Фактически, основной задачей методики этого уровня является синтез оптимального обучающего воздействия с учетом пролонгации изменения свойств обучающегося объекта и определение на основе отклонения реальной оценки процесса подготовки от полученного оптимального обучающего воздействия. Критерий эффективности и качества процесса подготовки (собственно системы подготовки совместного с объектом обучения) можно в общем виде представить функционалом $g(S_{wj}, U_{i,j}^k, \Delta w_{i,j}^k)$, а выбор оптимальных характеристик обучающего воздействия представить на основе синтезируемой в процессе

взаимодействия обучающей и обучаемой систем функции изменения свойств объекта $\Delta w_{i,j}^k$ при известном обучающем воздействии на него. Тогда формально оценку качества процесса подготовки можно представить в виде

$$S_C(U_{i,j}^k) = \text{Arg Max}_{i,j,k \subset u} \{g(S_{wj}, U_{i,j}^k, \Delta w_{i,j}^k)\}, \quad (3)$$

где $U_{i,j}^k$ – область обучающих кодов, определенных в процессе взаимодействия обучающей и обучаемой систем; i, j, k – уровень, элемент и область детализации объекта.

Этот уровень методик использует алгоритмы оптимизации принимаемых решений и адаптации процедуры синтеза этих решений. При этом в общем виде решение задачи оценки качества процесса подготовки может быть получено при заданном пороговом значении, определяемом требуемым уровнем детализации, как оптимум достижения этого уровня знаний за неограниченное время (требуемое для этого число шагов, умноженное на время его выполнения). С другой стороны, оптимальная оценка должна проводиться при заданном времени (числе шагов) и определяться как оптимум значения функции $S_C(U_{i,j}^k)$. С точки зрения оптимальной процедуры реализации обучающего воздействия это выражается условием сохранения максимума целевой функции обучающегося объекта при подготовке F_S при произвольном (в общем случае случайном) варьировании поведения обучаемого объекта с учетом возможности случайной деформации (т.е. в произвольных условиях реализации полученных знаний)

$$F_S(U_{i,j}^k + \Delta U_{i,j}^k) = \text{Arg Max}_{i,j,k \subset u} \{V_C^k \cdot g^k(S_{wj}, U_{i,j}^k, \Delta w_{i,j}^k) - V_C^{k-n} \cdot g^{k-n}(S_{wj-m}, U_{i,j-m}^{k-n}, \Delta w_{i,j-m}^{k-n})\}, \quad (4)$$

где $\Delta U_{i,j}^k$ – адаптирующая добавка обучающего воздействия (процесса подготовки), определяемая при условии максимального различия показателя эффективности идеальной и реальной оценки, V_C^k – функция управления обучающим воздействием при изучении k -го свойства исследуемого объекта.

Если это выражение рассматривать с точки зрения нейтрализации в процессе подготовки разницы между идеальной и реальной оценками (или исключения условий возникновения этой разницы), то функция управления обучающим воздействием V_C^k направлена на минимизацию разницы целевой функции обучающей системы при расхождении целевых функций обучающей и обучаемой систем. Несложно показать, что в этом случае существует оптимальное соотношение между минимизирующей функцией и диапазоном возможных отклонений траектории реализации целевой функции обучаемой системы. Так, например, совершенно очевидно, что чем более

«жесткая» функция управления обучающим воздействием, тем более устойчива система, однако тем больше времени требуется ей для перехода в устойчивое состояние, характеризующее достижением заданного уровня знаний. При отсутствии управления обучающим воздействием функция V_C^k будет случайной и некоррелированной с аналогичной функцией для обучаемой системы.

3. Заключение

Задача оценки качества подготовки граждан, пребывающих в запасе и состоящих в МЛР, является особенно важной в отношении областей знаний, лежащих в основе эффективного исполнения военнослужащими должностных и специальных обязанностей. Это обусловлено, прежде всего, необходимостью оценки результатов развития обучающегося объекта независимо от его социального и психологического статуса и прогноза направления его развития в соответствии с базовой концепцией целевого назначения рассматриваемого объекта.

Известные методики оценки качества процесса подготовки граждан, пребывающих в запасе и состоящих в МЛР, в соответствии с рассмотренным методическим подходом можно условно разделить на три группы – методики непосредственной оценки, когда показатель качества базируется на основе трехмерного измерения (личность, предмет, время), проводимого непосредственно обучающей группой или одним руководителем учебной группы (методики первой группы), методики, основанные на оценке показателей управления процессом

подготовки (методики второй группы) и методики, основанные на методологическом подходе оценки структурных признаков процесса подготовки, используемого в теории автоматизированных систем с элементами высокоуровневой адаптации и самообучения (методики третьей группы).

Для проведения оценки качества процесса подготовки граждан, пребывающих в запасе и состоящих в МЛР, в соответствии с приведенными выше положениями, целесообразно разработать математическую модель такого процесса, на основе которой и проводить такие оценки.

Библиография

References

1. О создании мобилизационного людского резерва Вооруженных Сил Российской Федерации: указ президента РФ от 17 июля 2015 г. N 370.
2. О мобилизационной подготовке и мобилизации в Российской Федерации: федеральный закон от 26.02.1997 N 31-ФЗ (ред. от 22.02.2017).
3. О воинской обязанности и военной службе: федеральный закон от 28.03.1998 n 53-ФЗ (ред. от 26.07.2017).
4. Пикалов В.В. Модульная информационно-мобилизационная подготовка граждан, пребывающих в запасе и зачисленных в мобилизационный людской резерв. Сборник рефератов депонированных рукописей. Серия А. - М.: ЦВНИ МО РФ. - 2014. - Выпуск № 2(123).
5. Педагогика. Под ред. П.И. Пидкасистого. – М.: Педагогическое общество России, 2003. – 608 с.
6. Слепцова М.В. Методические подходы к оптимизации процесса изучения общетехнических и специальных дисциплин в педагогическом Вузе. Дис. канд. пед. наук. - Воронеж, 2002.
7. Бермус А.Г. Управление качеством профессионально-педагогического образования. Дис... докт. пед. наук. - Р/на-Д., 2003.
8. Басова Н.В. Педагогика и практическая психология. - Р/на-Д.: Феникс, 2000. - 416 с.
9. Жидко Е.А., Попова Л.Г. Человеческий фактор как аргумент информационной безопасности компании // Информация и безопасность. - 2012. - Т. 15. № 2. - С. 265-268.
10. Жидко Е.А., Попова Л.Г. Информационная безопасность инновационной России: проблема кадров // Информация и безопасность. 2011. Т. 14. № 2. С. 201-208.
11. Жидко Е.А., Попова Л.Г. Информационная безопасность модернизируемой России: постановка задачи / Е.А. Жидко, Л.Г. Попова // Информация и безопасность. - 2011. - Т. 14. № 2. - С. 181-190.
12. Девятиреков И.П., Каплинский А.И., Ципкин Я.З. О сходимости алгоритмов обучения. Автоматика и телемеханика. - 1989. - №10, С. 83–87.

1. O sozdanii mobilizatsionnogo lyudskogo rezerva Vooruzhennyh Sil Rossijskoj Federacii: ukaz prezidenta RF ot 17 iyulya 2015 g. N 370.
2. O mobilizatsionnoj podgotovke i mobilizacii v Rossijskoj Federacii: federal'nyj zakon ot 26.02.1997 N 31-FZ (red. ot 22.02.2017).
3. O voinskoj obyazannosti i voennoj sluzhbe: federal'nyj zakon ot 28.03.1998 n 53-fz (red. ot 26.07.2017).
4. Pikalov V.V. Modul'naya informacionno-mobilizatsionnaya podgotovka grazhdan, prebyvayushchih v zapase i zachislenykh v mobilizatsionnyj lyudskoj rezerv. Sbornik referatov deponirovannykh rukopisej. Seriya A. - M.:CVNI MO RF. - 2014. - Vypusk № 2(123).
5. Pedagogika. Pod red. P.I. Pidkasistogo. – M.: Pedagogicheskoe obshchestvo Rossii, 2003. – 608 s.
6. Slepцова M.V. Metodicheskie podhody k optimizacii processa izucheniya obshchetekhnicheskikh i special'nykh disciplin v pedagogicheskom Vuze. Dis. kand. ped. nauk. - Voronezh, 2002.
7. Bermus A.G. Upravlenie kachestvom professional'no-pedagogicheskogo obrazovaniya. Dis... dokt. ped. nauk. - R/na-D., 2003.
8. Basova N.V. Pedagogika i prakticheskaya psihologiya. - R/na-D.: Feniks, 2000. - 416 s.
9. ZHidko E.A., Popova L.G. SChelovecheskij faktor kak argument informacionnoj bezopasnosti kompanii // Informaciya i bezopasnost'. - 2012. - T. 15. № 2. - S. 265-268.
10. ZHidko E.A., Popova L.G. Informacionnaya bezopasnost' innovacionnoj Rossii: problema kadrov // Informaciya i bezopasnost'. 2011. T. 14. № 2. S. 201-208.
11. ZHidko E.A., Popova L.G. Informacionnaya bezopasnost' moderniziruemoj Rossii: postanovka zadachi / E.A. ZHidko, L.G. Popova // Informaciya i bezopasnost'. - 2011. - T. 14. № 2. - S. 181-190.
12. Devyatirekov I.P., Kaplinskij A.I., Cipkin YA.Z. O skhodimosti algoritmov obucheniya. Avtomatika i telemekhanika. - 1989. - №10, S. 83–87.

METHODOLOGICAL APPROACH TO ESTIMATE THE QUALITY OF TRAINING CITIZENS RESIDING IN THE STOCK AND IN THE MOBILIZATION HUMAN RESERVE

The article deals with the methods of the first, second and third levels in assessing the quality of training of citizens who are in reserve and who are in the mobilization human reserve in connection with the need for high-quality training of military specialists for the performance of their official and special duties in wartime.

Keywords: *mobilization human reserve, modular information and communication.*

Пикалов В.В.,

*начальник кафедры управления повседневной деятельностью подразделений,
ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»,
Россия, г. Воронеж,
т. 89056524567 e-mail: pvv36@yandex.ru*

Picalov V.V.,

*Head of the department of day-to-day activities of the units,
VUNTS VVS "The Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin "
Russia, Voronezh.*

Жидко Е.А.,

*к.т.н., доцент,
профессор кафедры техносферной и промышленной безопасности,
Воронежский государственный технический университет,
Россия, г. Воронеж,
т. 89103454613, e-mail: lenag66@mail.ru*

Zhidko E.A.,

*candidate of technical sciences, associate professor,
Professor of the department "Technospheric and industrial safety"
Voronezh State Technical University,
Russia, Voronezh.*

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

1. Статьи в редакцию предоставляются в отпечатанном (1 экземпляр) виде. Отпечатанный экземпляр должен быть подписан всеми авторами; также на первой странице отпечатанного экземпляра просим указывать раздел, в котором должна быть опубликована статья (перечень разделов можно посмотреть на сайте журнала). Файл с электронным вариантом должен быть назван по фамилиям авторов статьи.

2. К статье необходимо приложить рецензию (заверенную печатью) специалиста в данной области исследования с указанием научной степени, звания, места работы и должности рецензента.

3. Рукопись объемом не менее 2-х страниц формата А4, отпечатанных в текстовом редакторе MS Word шрифтом Times New Roman высотой 10 пт. через один интервал. Поля: верхнее и нижнее – 2,5 см, правое и левое – 2 см. Текст рукописи располагают в одну колонку; опция «разрыв раздела» может использоваться исключительно для создания альбомных страниц.

4. Обязательным элементом статьи является индекс УДК (указывается на первой странице).

5. На первой странице приводятся сведения об авторах: фамилия, имя и отчество (полностью), место работы (организация и подразделение), занимаемая должность, ученая степень, ученое звание, телефон и e-mail каждого из соавторов.

6. Важными элементами статьи являются аннотация и ключевые слова. Аннотация (не менее 600 знаков с пробелами) должна в сжатой форме, но достаточно полно отражать содержание статьи, не повторяя при этом ее название. Аннотация может кратко повторять структуру статьи: указывается задача исследования, ее актуальность, описываются полученные результаты и сделанные выводы.

7. В список ключевых слов необходимо включить все понятия, значимые для выражения содержания статьи и для ее поиска.

8. На последнем листе приводятся сведения об авторах, аннотация и ключевые слова на английском языке.

9. Изложение материала должно быть ясным, логически выстроенным. Логические элементы статьи должны быть выделены заголовками: Введение (~0,5 страницы), Выводы (~0,5 страницы), другие элементы – пункты и, возможно, подпункты (например: «Теоретическое обоснование построения анизотропных поверхностей стоимости», «Алгоритм построения анизотропных поверхностей накопленной стоимости», «Анализ характера разрушения опытных образцов», «Расчет прочности тела фундамента»).

10. Графики, рисунки и фотографии монтируются в тексте после первого упоминания о них. Буквы и цифры на рисунке должны быть разборчивы, оси на графиках подписаны. Рисунки и фотографии следует представлять в черно-белом варианте; они должны иметь хороший контраст и разрешение. Избегайте тонких линий в графиках. Рисунки в виде ксерокопий из книг и журналов, а также плохо отсканированные не принимаются. Название иллюстраций дается под ними после слова «Рис.» с порядковым номером. Если рисунок в тексте один, номер не ставится.

11. Подрисовочные подписи не входят в состав рисунка, а располагаются отдельным текстом под иллюстрацией. Если на рисунке вводятся новые (ранее не встречавшиеся в тексте) обозначения, они должны быть расшифрованы в подрисовочной подписи; также здесь поясняются элементы, обозначенные на рисунке цифрами. Рекомендуемая ширина рисунков не более 7,5 см.

12. Слово «Таблица» с порядковым номером размещается по правому краю. На следующей строке приводится название таблицы (выравнивание по центру без отступа) без точки в конце. Единственная в статье таблица не нумеруется.

13. Используемые в работе термины, единицы измерения и условные обозначения должны быть общепринятыми. Все употребляемые авторами обозначения (за исключением общеизвестных констант типа e , h , c и т. п.) и аббревиатуры должны быть пояснены при их первом упоминании в тексте.

14. Все формулы должны быть набраны в редакторе формул MathType шрифтом высотой 10 пт. Пояснения к формулам (экспликации) должны быть набраны в подбор (без использования красной строки). Латинские обозначения набираются курсивом, названия функций (\sin , \cos , \exp) и греческие буквы – обычным (прямым) шрифтом. Формулы нумеруют в круглых скобках – (2).

15. Ссылки на литературные источники в тексте заключаются в квадратные скобки [1]. Библиографический список приводится после текста статьи в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1-2003 в алфавитном порядке или по порядку упоминания источников в тексте. Собственные работы авторов должны быть представлены в списке наравне с работами других ученых, внесших вклад в исследование данной темы. Одна позиция в списке должна содержать только один источник, не допускается объединение в одной ссылке нескольких источников. При цитировании зарубежных изданий, не переведившихся на русский язык, ссылка приводится на языке оригинала; категорически не допускается оформление ссылки в виде самостоятельно сделанного перевода.

16. Автор несет ответственность за научное содержание статьи и гарантирует оригинальность представляемого материала.

17. Высылая рукопись, автор гарантирует, что:

- он не публиковал (кроме публикации статьи в виде препринта) и не будет публиковать статью в объеме более 25 % в других печатных или электронных изданиях;
 - статья содержит все предусмотренные действующим законодательством об авторском праве ссылки на цитируемых авторов и издания, а также используемые в статье результаты и факты, полученные другими авторами или организациями;
 - статья не включает материалы, не подлежащие опубликованию в открытой печати, в соответствии с действующими нормативными актами.
18. Высылая рукопись, автор соглашается с тем, что редакция журнала имеет право:
- предоставлять материалы научных статей в российские и зарубежные организации, обеспечивающие индексы научного цитирования;
 - производить сокращения и редакционные изменения текста рукописи.
19. Автор также соглашается с тем, что рукописи статей авторам не возвращаются и вознаграждение (гонорар) за опубликованные статьи не выплачивается.
20. Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.
21. Редакция поддерживает связь с авторами преимущественно через электронную почту – будьте внимательны, указывая адрес для переписки.

**Материалы предоставляются по адресу:
Россия, 394052, г. Воронеж, ул. Краснознаменная, 231, к. 1214
ФГБОУ ВО Воронежский институт ГПС МЧС России,
Редакция журнала «Вестник Воронежского института ГПС МЧС России»,
тел.: (473) 242-12-63; e-mail: vestnik_vi_gps@mail.ru**