

СОДЕРЖАНИЕ 4–2019

СНИЖЕНИЕ РИСКОВ И ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧС

Ложкина О.В., Селиверстов Я.А., Селиверстов С.А. Прогнозирование и мониторинг загрязнения воздуха автомобильным и водным транспортом в крупных городах-портах Севастополе, Владивостоке, Санкт-Петербурге.

Гавкалюк Б.В., Аникеев А.А., Клейманов П.А. Причина пожара – статическое электричество при производстве теплоизоляционных плит из экструзионного пенополистирола.

Батеха И.И., Брусянин Д.В., Терехин С.Н. Контроль остаточных напряжений и деформаций восстановленных деталей пожарных автомобилей методом магнитной памяти металла.

БЕЗОПАСНОСТЬ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

Актерский Ю.Е., Северин С.Н., Шаптала В.В. Метод расчета воздухообмена аккумуляторных помещений подстанций магистральной системы электроснабжения железнодорожного транспорта.

Скрипник И.Л., Воронин С.В., Каверзнева Т.Т. Моделирование сценариев развития чрезвычайных ситуаций и расчет риска в типовом резервуарном парке нефтебазы.

Андрюшкин А.Ю., Афанасьев Е.О., Кадочникова Е.Н. Обеспечение безопасности эксплуатации тепловых сетей.

Гавкалюк Б.В., Гуменюк В.И. Проблемы обеспечения пожарной безопасности при обращении с опасными грузами на железнодорожном транспорте.

Саркисов С.В., Корпусов А.Н., Макаrchук Г.В. Устройство для исследования гидравлических ударов на насосной станции.

Скрипка А.В., Мельникова Л.И., Ильницкий С.В. Пожарная опасность зданий культового назначения.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫХ ПРОЦЕССОВ

Иванов К.С. Оптимизация структур сложных пожарных технических систем.

Десницкий В.А., Рудавин Н.Н. Моделирование и оценка атак истощения энергоресурсов на беспилотные летательные аппараты в системах антикризисного управления.

Данилов И.Л., Медведева Л.В. Праксиологические аспекты компьютерного моделирования колебательных процессов в образовательной среде вуза МЧС России.

Юдаев В.В., Богданов А.В., Королев О.А. Моделирование систем физической безопасности на основе аппарата сетей Петри.

Максимов А.В., Матвеев А.В. Перспективы использования коллективных знаний при реагировании на чрезвычайные ситуации.

Бабилов И.А., Танклевский А.Л., Таранцев А.А. О задаче принудительной активации оросителя спринклерной автоматической системы пожаротушения.

Лупанова А.В., Черкасский Г.А., Кононенко Е.В. Квалиметрический подход к управлению рисками в образовательной организации.

Мячин Д.А., Лукин В.Н., Минкин Д.Ю. Информационные технологии в избирательном процессе: управление системой подсчета голосов с помощью распределенного реестра данных.

***ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОДГОТОВКИ СОТРУДНИКОВ
МЧС РОССИИ К УСЛОВИЯМ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ***

Коннова Л.А., Львова Ю.В. Природные и антропогенные факторы среды обитания и здоровье населения в Арктической зоне Российской Федерации.

Грешных А.А., Рева Ю.В. О структурно-логической схеме подготовки специалиста в Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России.

Шидловский Г.Л., Степанова М.Н. Морально-психологическая подготовка личного состава спасательных служб.

Завирский С.В., Гвоздева Н.В., Александров А.А. Устоит ли пирамида Маслоу? Практика применения «иерархии потребностей» в свете современных подходов к управлению персоналом.

Бобрищев А.А., Мотовичев К.В. Использование метода аудиовизуальной стимуляции для нормализации психоэмоционального состояния спортсменов силовых единоборств.

Шленков А.В., Медведева А.А. Причины возникновения эмоционального выгорания у сотрудников МЧС России (на примере пожарных).

Рождественская К.В., Лукин В.Н. Особенности формирования образа конкурентоспособного государства – политико-психологический аспект.

Сведения об авторах

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Александров Александр Александрович – науч. сотр. уч. совета СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. психол. наук;

Актерский Юрий Евгеньевич – проф. каф. пож. безопасн. зданий и автоматизир. систем пожаротушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196106, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: aue2002@yandex.ru, д-р воен. наук, проф.;

Андрюшкин Александр Юрьевич – зав. каф. «Технол. конструкцион. материалов и пр-ва ракетно-космич. техн.» Балтийского гос. техн. ун-та «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова (190005, Санкт-Петербург, ул. 1-я Красноармейская, д. 1/21), канд. техн. наук, доц.;

Аникеев Алексей Алексеевич – нач. Дальневосточ. пож.-спас. акад. – филиала СПб ун-та ГПС МЧС России (690922, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, д. 27), e-mail: anikееv@igps.ru, канд. техн. наук, доц.;

Афанасьев Евгений Олегович – препод. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196106, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Бабиков Игорь Александрович – аспирант Высш. шк. техносфер. безопасн. СПб политех. ун-та Петра Великого (195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29), e-mail: babikovia@gmail.com;

Батеха Иван Иванович – курсант фак-та инж.-техн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196106, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Бобрищев Алексей Александрович – проф. каф. физ. подгот. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р психол. наук;

Богданов Алексей Валентинович – зам. дир. Гос. Эрмитажа (190000, Санкт-Петербург, Дворцовая пл., д. 2), e-mail: bogdanov@hermitage.ru, канд. техн. наук, доц.;

Брусянин Дмитрий Владимирович – доц. каф. пож. авар.-спас. техн. и авт. хоз-ва СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук;

Воронин Сергей Владимирович – доц. каф. пож. безопасн. и технол. проц. и пр-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Гавкалюк Богдан Васильевич – доц. каф. пож., авар.-спас. техн. и авт. хоз-ва СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук;

Гвоздева Нина Валерьевна – учитель англ. яз. ГБОУ ср. шк. № 27 им. И.А. Бунина (199034, Санкт-Петербург, 10 линия В.О., д. 1/15, лит. А);

Грешных Антонина Адольфовна – декан фак-та подгот. кадров высш. квалификации СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. юрид. наук, д-р пед. наук, проф., засл. работник высш. шк. РФ;

Гуменюк Василий Иванович – проф. Высш. шк. техносфер. безопасн. СПб политех. ун-та Петра Великого (195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., д. 29), e-mail: vasilij.gumenyuk@mail.ru, д-р техн. наук, проф.;

Данилов Игорь Лолиевич – проф. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. физ.-мат. наук, доц.;

Десницкий Василий Алексеевич – ст. науч. сотр. лаборатории проблем компьютерной безопасн. СПб ин-та информ. и автоматиз. РАН (199178, Санкт-Петербург, 14-я линия В.О., д. 39), e-mail: desnitsky@comsec.spb.ru, канд. техн. наук;

Завирский Станислав Владимирович – зам. нач. упр. – нач. отд. формир. культуры безопасн. жизнедеят. нас., подгот. руковод. состава упр. гр. защ. ГУ МЧС России по г. СПб (190000, Санкт-Петербург, наб. р. Мойки, д. 85);

Иванов Константин Серафимович – зав. каф. механики и инж. графики СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Ильницкий Сергей Владимирович – ст. инспектор центра междунар. деят. и информ. политики СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Каверзнева Татьяна Тимофеевна – доц. каф. безопасн. жизнедеят. СПб политех. ун-та Петра Великого (195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29), канд. техн. наук, доц.;

Кадочникова Елена Николаевна – доц. каф. пож. безопасн. технол. процессов и пр-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук;

Клейманов Петр Анатольевич – ст. препод. каф. спец. подгот. фак-та доп. проф. обр. Дальневосточ. пож.-спас. акад. – филиала СПб ун-та ГПС МЧС России (690922, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, д. 27), e-mail: Kleymanov@yandex.ru;

Коннова Людмила Алексеевна – вед. науч. сотр. отд. перспектив. разработ. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. Науч.-исслед. ин-та перспектив. исслед. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р мед. наук, проф. засл. деят. науки РФ;

Кононенко Елена Венедиктовна – проф. каф. пож. безопасн. в строительстве Уральского ин-та ГПС МЧС России (620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, 22), e-mail: ekononenko51@mail.ru, канд. физ.-мат. наук;

Королев Олег Александрович – науч. сотр. Ин-та проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН (199178, Санкт-Петербург, 12-я линия ВО, д. 13), e-mail: korolev@iptran.ru;

Корпусов Александр Николаевич – адъюнкт Воен. ин-та (инж.-техн.) Воен. акад. мат.-техн. обеспеч. им. генерала армии А.В. Хрулева МО РФ (191123, Санкт-Петербург, ул. Захарьевская, д. 22);

Ложкина Ольга Владимировна – проф. каф. физ.-хим. основ проц. горения и тушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: olojkina@yandex.ru, д-р техн. наук, канд. хим. наук, доц.;

Лукин Владимир Николаевич – вед. науч. сотр. отд. информ. обеспеч. населения и технол. информ. поддержки РСЧС и пож. безопасн. центра орг. науч. исслед. и ред. деят., проф. каф. филос. и соц. наук СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р полит. наук, доц.;

Лупанова Александра Валерьевна – нач. отд. лицензирова., аккредитации и контроля качества учеб. проц. Уральского ин-та ГПС МЧС России (620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, 22), e-mail: lupanovaav@yandex.ru;

Львова Юлия Владимировна – ст. науч. сотр. отд. перспектив. разработ. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. Науч.-исслед. ин-та перспектив. исслед. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Макарчук Галина Васильевна – доц. каф. сист. жизнеобеспеч. объектов воен. инфраструктуры Воен. ин-та (инж.-техн.) Воен. акад. мат.-техн. обеспеч. им. генерала армии А.В. Хрулева МО РФ (191123, Санкт-Петербург, ул. Захарьевская, д. 22), канд. пед. наук, доц.;

Максимов Александр Викторович – доц. каф. прикл. матем. и инф. технол. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: helnze@mail.ru, кан. техн. наук;

Матвеев Александр Владимирович – доц. каф. прикл. мат. и информ. технол. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Медведева Анна Александровна – нач. центра междунар. деят. и информ. политики СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р юрид. наук, доц.;

Медведева Людмила Владимировна – зав. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р пед. наук, проф., засл. работник высш. шк. РФ;

Мельникова Лариса Ивановна – магистрант каф. пож. безопасн. зданий и автоматиз. систем пожаротушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Минкин Денис Юрьевич – проф. каф. пож. безопасн. зданий и автоматиз. систем пожаротушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук, проф.;

Мотовичев Константин Владимирович – нач. каф. физ. подгот. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Мячин Дмитрий Александрович – доц. каф. анализа данных и информ. технол Рос. акад. народного хоз-ва и гос. службы при Президенте Рос. Федерации (119571, Москва, пр. Вернадского, д. 84), канд. экон. наук;

Рева Юрий Викторович – доц. каф. сервис безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. воен. наук;

Рождественская Кристина Владимировна – зам. нач. Упр. по работе с молодежью ФГБОУ ВО СПб гос. ун-та (199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7-9), e-mail: christinarozhdestvenskaya@gmail.com;

Рудавин Николай Николаевич – программист лаборатории проблем компьютерной безопасн. СПб ин-та информ. и автоматиз. РАН (199178, Санкт-Петербург, 14-я линия В.О., д. 39), e-mail: nikolay-rudavin@yandex.ru;

Саркисов Сергей Владимирович – нач. каф. сист. жизнеобеспеч. объектов воен. инфраструктуры Воен. ин-та (инж.-техн.) Воен. акад. мат.-техн. обеспеч. им. генерала армии А.В. Хрулева МО РФ (191123, Санкт-Петербург, ул. Захарьевская, д. 22), д-р техн. наук, доц.;

Северин Сергей Николаевич – адъюнкт фак-та подгот. кадров высш. квалификации СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Селиверстов Святослав Александрович – науч. сотр. лаборатории интеллект. трансп. систем Ин-та проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН (199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13), канд. техн. наук;

Селиверстов Ярослав Александрович – ст. науч. сотр. лаборатории интеллект. трансп. систем Ин-та проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН (199178, Россия, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13), e-mail: Maxwell_8-8@mail.ru, канд. техн. наук;

Скрипка Александр Владимирович – доц. каф. пож. авар.-спас. техн. и авт. хоз-ва СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук;

Скрипник Игорь Леонидович – проф. каф. пож. безопасн. технол. процессов и пр-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Степанова Мария Николаевна – доц. каф. «Защита в ЧС» Белгород. гос. технол. ун-та им. В.Г. Шухова (308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46), канд. техн. наук;

Танклевский Антон Леонидович – аспирант Высш. шк. техносфер. безопасн. СПб политех. ун-та Петра Великого (195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29), e-mail: tanklevskiyantonio1692@gmail.com;

Таранцев Александр Алексеевич – проф. каф. орг. пожаротушения и провед. авар.-спас. работ СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), зав. лаб. проблем безопасн. транспорт. систем Ин-та проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН (199178, Санкт-Петербург, 12-я линия ВО, д. 13), e-mail: t_54@mail.ru, д-р техн. наук, проф., засл. работник высш. шк. РФ;

Терехин Сергей Николаевич – проф. каф. пож. безопасн. зданий и автоматиз. систем пожаротушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук, доц.;

Черкасский Григорий Александрович – ст. препод. каф. пож. безопасн. в строительстве Уральского ин-та ГПС МЧС России (620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, 22), e-mail: gregor2003@mail.ru;

Шаптала Вадим Владимирович – доц. каф. информ. технол. Белгород. гос. технол. ун-та им. В.Г. Шухова (308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46), e-mail: shaptalavadim@yandex.ru, канд. техн. наук, доц.;

Шидловский Григорий Леонидович – нач. каф. пож. безопасн. зданий и автоматиз. систем пожаротушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Шленков Алексей Владимирович – проф. каф. пед. и психол. экстрем. ситуаций СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р психол. наук, проф.;

Юдаев Вячеслав Владимирович – ст. препод. каф. обеспеч. авиац. безопасн. Ульяновского ин-та гражд. авиации им. гл. Маршала авиации Б.П. Бугаева (432071, г. Ульяновск, ул. Можайского, д. 8/8), e-mail: yvv2210@mail.ru.

СНИЖЕНИЕ РИСКОВ И ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧС

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА АВТОМОБИЛЬНЫМ И ВОДНЫМ ТРАНСПОРТОМ В КРУПНЫХ ГОРОДАХ-ПОРТАХ СЕВАСТОПОЛЕ, ВЛАДИВОСТОКЕ, САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

**О.В. Ложкина, доктор технических наук,
кандидат химических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.
Я.А. Селиверстов, кандидат технических наук;
С.А. Селиверстов, кандидат технических наук.
Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко
Российской академии наук**

Анализируются экологические проблемы крупных городов-портов Севастополя, Владивостока, Санкт-Петербурга, обусловленные ростом промышленной, транспортно-транзитной и туристической деятельности. Приводятся результаты исследования опасного загрязнения воздуха городов-портов отработавшими газами двигателей автомобилей и судов в зонах их совместного воздействия в часы максимальной транспортной нагрузки при неблагоприятных метеорологических условиях.

Ключевые слова: экологическая безопасность, автомобильный и водный транспорт, мониторинг и прогнозирование, загрязнение воздуха

FORECASTING AND MONITORING OF MOTOR AND WATER TRANSPORT RELATED AIR POLLUTION IN BIG PORT CITIES SEVASTOPOL, VLADIVOSTOK, SAINT-PETERSBURG

O.V. Lozhkina. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.
Ya.A. Seliverstov; S.A. Seliverstov.
Solomenko institute of transport problems of Russian academy of sciences

The present paper analyzes environment problems in big port cities Sevastopol, Vladivostok, St. Petersburg caused by growing industry, transportation, and touristic activities. The analysis of perspective forecasting and monitoring approaches of water transport safety in operation is executed. The paper also describes the results of numerical investigations of the air in big port cities by exhaust emissions of vehicles and vessels in the zone of their joint effect at rash hours at adverse weather conditions.

Keywords: environment safety, motor and water transport, monitoring and forecasting, air pollution

В последние годы наметилась устойчивая тенденция роста численности населения и роста туристической привлекательности крупнейших городов-портов Российской Федерации Севастополя, Владивостока, Санкт-Петербурга, сопровождающаяся активизацией всех видов транспортной деятельности, включая автомобильные перевозки и перевозки водным транспортом [1–3]. В то же время следует отметить, что темпам роста населения, его автомобилизации и мобильности не соответствуют улично-дорожные сети городов, что приводит к образованию дорожных заторов, а иногда и транспортных коллапсов [4–6]. Кроме того, общей особенностью больших городов-портов является то, что портовые предприятия располагаются непосредственно в их центральных районах, создавая дополнительную экологическую нагрузку [7, 8]. Все отмеченные обстоятельства свидетельствуют о возрастающем негативном воздействии транспортных систем на городскую среду.

Краткая характеристика городов-портов Севастополь

Особенность г. Севастополя заключается в том, что он расположен вокруг довольно протяженной многокилометровой Севастопольской бухты, что и определило его развитие как города-порта, включающего универсальный незамерзающий морской торговый и рыбный порт. Здесь же расположена главная военно-морская база Черноморского флота Российской Федерации. Годовой грузооборот морского торгового порта временно снизился из-за санкций с 2,5 млн т в 2013 г. до 0,3 млн т в 2017 г.

По данным официальных статистических данных установлено, что автомобилизация населения в период 2014–2017 гг. выросла на 30 % и составила 340 единиц на 1 000 жителей. В то же время численность населения выросла на 11,2 % – с 393 304 человек в 2014 г. до 443 211 человек в 2018 г. Общая численность зарегистрированных автотранспортных средств по состоянию на 2017–2018 гг. насчитывала около 150 000 единиц.

Владивосток

Владивосток – один из крупнейших незамерзающих портов России, административный и промышленный центр Приморского края. Владивостокский морской торговый порт расположен в бухте Золотой Рог, он является универсальным по характеру деятельности. Кроме морского торгового порта, здесь функционирует морской рыбный порт.

Для г. Владивостока, с трёх сторон омываемого морем, большой проблемой является стльное загрязнение окружающих его акваторий Амурского и Уссурийского заливов, пролива Босфор Восточный и, особенно, бухты Золотой Рог, которую в декабре 2013 г. представитель Росгидромета объявил самой грязной акваторией России.

Владивосток признан самым автомобилизированным городом нашей страны – в 2017 г. на 606 589 жителей приходилось 313 400 автотранспортных средств, что в условиях сложной орографии и сложных климатических условий создает колоссальную нагрузку на улично-дорожную сеть (УДС) города и экологические проблемы, в том числе практически постоянное превышение предельно допустимой концентрации (ПДК) оксидов азота. В меньшей степени, но тоже весомую роль в загрязнении воздуха, играют выбросы объектов морского транспорта.

Санкт-Петербург

Санкт-Петербург – водная столица России, расположен на берегу Финского залива. Общая протяжённость всех водотоков на территории Санкт-Петербурга достигает 282 км, а их водная поверхность составляет около 7 % всей площади города. Основная водная магистраль города – река Нева, которая впадает в Невскую губу Финского залива, относящегося к Балтийскому морю. В городе функционирует несколько речных и морских портов, расположенных в черте города. «Большой порт Санкт-Петербург» – крупнейший

морской порт на Северо-Западе России. Грузооборот морского торгового порта составляет более 50 млн т грузов в год. Навигация начинается в начале апреля, а заканчивается в конце ноября.

Численность населения по данным на июнь 2019 г. 5 384 000 чел. Численность автотранспортных средств неуклонно увеличивалась с 90-х гг. XX в. и, по данным за 2018 г., составила 1 972 333 единицы. В городе периодически имеет место высокое загрязнение воздуха оксидами азота и взвешенными частицами, обусловленное, главным образом, выбросами автотранспорта.

Описание объектов исследования

В качестве объектов исследования были выбраны зоны совместного воздействия автомобильного и водного транспорта:

1. Зона совместного влияния автотранспортных потоков, двигающихся по ул. Ленина и ул. Нахимова и катеров в районе причала Графская пристань (Бухта Севастополь, г. Севастополь), рис. 1.



Рис. 1. Бухта Севастополь, г. Севастополь

Наравне с г. Владивостоком и Санкт-Петербургом, в г. Севастополе водное сообщение между районами является частью городской инфраструктуры общественного транспорта. Из центра города отправляются три регулярные линии: Графская пристань – Северная, Графская пристань – Инкерман, Графская пристань – Голландия. Самая оживленная линия – Графская пристань – Северная, рейсы на ней выполняются каждые 15 мин. Три катера ежедневно перевозят 10–11 тыс. человек, а в летний сезон число пассажиров доходит до 25 тыс. Маршрутом Артбухта – Радиогорка пользуются 3,5 тыс. человек в день, а рейсами в бухту Голландия и Инкерман – около 500. Общий годовой пассажирооборот составляет около 7,5 млн человек, что в 1,5 раза больше, чем на Керченской паромной переправе.

2. Зона совместного влияния автотранспортных потоков, двигающихся по Золотому мосту, и судов в акватории бухты Золотой Рог, г. Владивосток, рис. 2.

Золотой мост – вантовый мост через бухту Золотой Рог в г. Владивостоке, соединяющий центр с мысом Чуркин и далее – со спальными районами города, был введен в эксплуатацию в 2012 г. Предназначен исключительно для движения автотранспорта (шесть полос движения), его длина – 1 388 м. Золотой мост позволил немного разгрузить УДС столицы Приморского края.



Рис. 2. Бухта Золотой Рог и Золотой мост, г. Владивосток

3. Зона совместного влияния автотранспортных потоков,двигающихся по Большому Обуховскому мосту, и грузопассажирского речного порта в микрорайоне «Уткина заводь», Санкт-Петербург, рис. 3.



Рис. 3. Большой Обуховский мост и грузопассажирский речной порт, Санкт-Петербург

Одним из неблагоприятных микрорайонов Санкт-Петербурга, где проявляется совместное загрязнение атмосферного воздуха автотранспортом и водным транспортом, являются кварталы в окрестности Большого Обуховского моста. По мосту проходит самая оживленная автомагистраль города – КАД Санкт-Петербурга, а вблизи располагаются Невский грузовой район и пассажирский терминал речного порта.

4. Зона совместного влияния круизных судов Пассажирского порта Санкт-Петербурга «Морской фасад» и автотранспортных потоков,двигающихся по Западному скоростному диаметру (ЗСД), Санкт-Петербург.

Натурное обследование автотранспортных потоков

Результаты выполненных натурных обследований интенсивности движения автотранспорта приведены в таблице.

Таблица. Результаты обследования интенсивности автотранспортного потока

Дата проведения наблюдений	Время наблюдений (20 мин)	Число автомобилей по категориям					Средняя скорость движения потока, км/ч		
		Л	АМ	$\Gamma_{\leq 12}$	$\Gamma_{> 12}$	$A_{> 3,5}$	легковые	грузовые	автобусы
Графская пристань – ул. Ленина – ул. Нахимова (г. Севастополь)									
ул. Ленина									
18.07.2018	16:30–16:50	396	38	–	–	30	45	–	35
19.07.2018	16:30–16:50	432	43	–	–	28	45	–	35
21.07.2018	16:30–16:50	418	45	–	–	30	45	–	35
ул. Нахимова									
18.07.2018	16:30–16:50	350	40	–	–	32	45	–	35
19.07.2018	16:30–16:50	374	42	–	–	26	45	–	35
21.07.2018	16:30–16:50	387	36	–	–	34	45	–	35
Золотой мост (Бухта Золотой Рог, г. Владивосток)									
20.03.2017	8:00–8:20	1828	28	9	8	13	60	50	50
21.03.2017	8:00–8:20	1762	26	13	4	7	60	50	50
22.03.2017	8:00–8:20	1818	18	15	7	12	60	50	50
23.03.2017	8:00–8:20	1834	21	6	7	13	60	50	50
24.03.2017	8:00–8:20	1743	37	21	7	17	60	50	50
Большой Обуховский мост, КАД (речной порт, Санкт-Петербург)									
16.05.2019	17:45–18:05	3122	184	58	211	13	90	80	80
18.05.2019	17:45–18:05	3213	192	64	185	14	90	80	80
24.05.2019	17:45–18:05	3102	239	68	176	13	90	80	80
25.05.2019	17:45–18:05	3305	242	67	199	9	90	80	80
28.05.2019	17:45–18:05	3040	215	59	212	8	90	80	80
ЗСД (Пассажирский морской порт «Морской фасад Санкт-Петербурга», Санкт-Петербург)									
02.04.2018	19:00–19:20	1008	13	14	20	1	100	90	90
04.04.2018	19:00–19:20	1214	20	16	26	2	100	90	90
06.04.2018	19:00–19:20	1143	17	13	19	2	100	90	90

Результаты обследования транспортных потоков свидетельствуют о высокой (ул. Нахимова и ул. Ленина г. Севастополь, Золотой мост г. Владивосток, ЗСД Санкт-Петербург) и экстремально высокой загруженности (КАД Санкт-Петербург) транзитных автодорог в городах-портах.

Расчетное прогнозирование локального загрязнения воздуха в зонах совместного влияния автомобильного и водного транспорта

Расчетное исследование уровня загрязнения воздуха в прибрежных микрорайонах г. Севастополя, г. Владивостока и Санкт-Петербурга в зонах совместного влияния водного и автомобильного транспорта проводилось с использованием программного обеспечения «Эколог» (НПФ «Интеграл», Санкт-Петербург), в которое были внесены новые факторы эмиссии поллютантов для автотранспортных средств и судов, установленные в ходе исследования.

Локальное воздействие судов на качество атмосферного воздуха отличается от воздействия автотранспортных потоков тем, что их энергетические установки не только обеспечивают движение, но и поддерживают все системы жизнеобеспечения как во время движения судов, так и во время стоянки. К специфическим особенностям следует также отнести отсутствие подфакельной чистой зоны, присущей организованным выбросам в атмосферу.

Расчетное исследование, проведенное для условий неблагоприятной стратификации атмосферы и высокой транспортной нагрузки, показало, что наиболее проблемным является загрязнение воздуха оксидами азота, в том числе диоксидом азота, которое в периоды высокой инсоляции может достигать 1,5–2,5 ПДК в микрорайоне Графская пристань г. Севастополь, 2,5–4,5 ПДК в окрестностях Золотого моста г. Владивосток, 2,5–4,5 в микрорайоне Морской фасад Санкт-Петербурга, более 10 ПДК в придорожном воздухе непосредственно на КАД, до 4 ПДК в прилегающих окрестностях Большого Обуховского моста Санкт-Петербурга.

Ожидаемые значения концентрации взвешенных частиц – до 1,5 ПДК в зонах исследования в г. Севастополе, г. Владивостоке, микрорайоне Морской фасад Санкт-Петербурга и до 5 ПДК – в окрестности Большого Обуховского моста. Расчетные концентрации CO, SO₂, формальдегида, бензо(а)пирена, углеводородов не превышали соответствующие ПДК.

В качестве примера на рис. 4 визуализированы результаты расчетного исследования загрязнения воздуха в микрорайоне Морской фасад Санкт-Петербурга оксидами азота (в пересчете на диоксид азота), выделяющимися с отработавшими газами автомобилей, движущихся по ЗСД и круизными судами в период максимальной транспортной нагрузки.

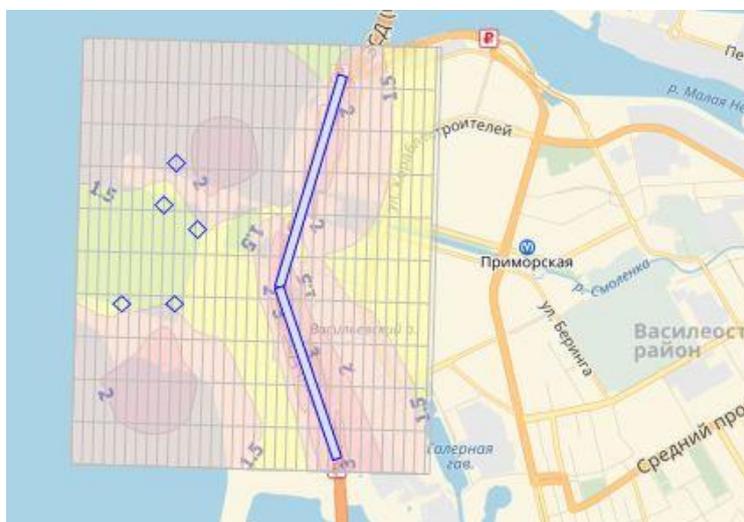


Рис. 4. Карта загрязнения воздуха в микрорайоне «Морской фасад» Санкт-Петербурга автомобильным транспортом и круизными судами при неблагоприятных транспортных и метеорологических условиях

Благодаря своему уникальному географическому положению, экономической и культурно-исторической значимости, большие города-порты, такие как Севастополь, Владивосток, Санкт-Петербург представляют собой крупные торговые, промышленные и туристические центры нашей страны, что исторически предопределило формирование в этих городах мощной транспортной инфраструктуры, особенно автомобильного и водного транспорта.

Очевидно, что выросшей в последние годы мобильности граждан и спросу на транспортные услуги не могут в полной мере соответствовать имеющиеся элементы транспортных систем и техническое состояние транспортных средств, что в условиях роста транспортной деятельности приводит к их серьезному негативному влиянию на среду обитания, сверхнормативному загрязнению воздуха, ухудшению качества жизни горожан.

Результатами проведенных экспериментально-расчетных исследований предполагается обратить внимание общественности, представителей государственной власти, законодателей, ученых на проблемы локального опасно высокого загрязнения воздушной среды в городах-портах в зонах совместного воздействия автомобилей и судов

при периодически повторяющихся неблагоприятных метеоусловиях и высокой транспортной нагрузке.

Работа выполнена в рамках научно-исследовательского проекта «Исследование социально-экономических и экологических процессов города Севастополя с ростом индустриального, транспортно-транзитного и туристического потенциалов», проводимого совместно с Правительством г. Севастополя при поддержке гранта РФФИ (№ проекта 18-410-920016 р_а, 2018–2019 гг.).

Литература

1. Lozhkina O., Lozhkin V., Ntziachristos I. Estimation and prediction of the effect of alternative engine technologies and policy measures on the air quality in Saint-Petersburg in 2010–2030 // *Architecture and Engineering*. 2018. V. 3. № 4. P. 31–35.

2. Исследование транспортной системы и процессов транспортной мобильности города Севастополя / С.А. Селиверстов [и др.] // *Вестник транспорта Поволжья*. 2018. № 6 (72). С. 78–88.

3. Формирование инновационно-логистического механизма стратегии развития конкурентоспособности предприятий курортно-рекреационной сферы г. Севастополя и Крымского региона / Е.Ю. Лукьянова [и др.] // *Вестник евразийской науки*. 2019. Т. 11. № 1. С. 25.

4. Лукьянова Е.Ю., Селиверстов С.А., Селиверстов Я.А. Научно-прикладные проблемы повышения конкурентоспособности туристских предприятий республики Крым и города Севастополя и возможные инновационно-ориентированные пути их решения // *Вестник Национальной академии туризма*. 2018. № 4 (48). С. 51–55.

5. Ложкина О.В., Ложкин В.Н., Артемьев И.А. Экспериментально-численные исследования загрязнения воздуха круизными судами и автотранспортом в районе пассажирского порта «Морской фасад Санкт-Петербурга» // *Технологии построения когнитивных транспортных систем: материалы Всерос. науч.-практ. конф. СПб.: ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН*. 2018. С. 111–115.

6. Ложкин В.Н., Ложкина О.В. Прогнозирование загрязнения воздуха отработавшими газами двигателей судов и автотранспорта // *Транспорт Российской Федерации*. 2017. № 1 (68). С. 59–62.

7. Иванченко А.А. Снижение чрезвычайного воздействия водного транспорта на атмосферу городской среды // *Проблемы управления рисками в техносфере*. 2018. № 2 (46). С. 90–293.

8. Иванченко А.А. Прогнозирование и мониторинг безопасности водного транспорта в эксплуатации // *Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России»*. 2018. № 2. С. 57–60.

References

1. Lozhkina O., Lozhkin V., Ntziachristos I. Estimation and prediction of the effect of alternative engine technologies and policy measures on the air quality in Saint-Petersburg in 2010–2030 // *Architecture and Engineering*. 2018. V. 3. № 4. P. 31–35.

2. Issledovanie transportnoj sistemy i processov transportnoj mobil'nosti goroda Sevastopolya / S.A. Seliverstov [i dr.] // *Vestnik transporta Povolzh'ya*. 2018. № 6 (72). S. 78–88.

3. Formirovanie innovacionno-logisticheskogo mekhanizma strategii razvitiya konkurentosposobnosti predpriyatij kurortno-rekreacionnoj sfery g. Sevastopolya i Krymskogo regiona / E.Yu. Luk'yanova [i dr.] // *Vestnik evrazijskoj nauki*. 2019. T. 11. № 1. S. 25.

4. Luk'yanova E.Yu., Seliverstov S.A., Celiverstov Ya.A. Nauchno-prikladnye problemy povysheniya konkurentosposobnosti turistskih predpriyatij respubliky Krym i goroda Sevastopolya i vozmozhnye innovacionno-orientirovannye puti ih resheniya // *Vestnik Nacional'noj akademii turizma*. 2018. № 4 (48). S. 51–55.

5. Lozhkina O.V., Lozhkin V.N., Artem'ev I.A. Eksperimental'no-chislennye issledovaniya zagryazneniya vozduha kruiznymi sudami i avtotransportom v rajone passazhirskogo porta «Morskoj fasad Sankt-Peterburga» // Tekhnologii postroeniya kognitivnyh transportnyh sistem: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. SPb.: FGBUN Institut problem transporta im. N.S. Solomenko RAN. 2018. S. 111–115.

6. Lozhkin V.N., Lozhkina O.V. Prognozirovanie zagryazneniya vozduha otrabotavshimi gazami dvigatelej sudov i avtotransporta // Transport Rossijskoj Federacii. 2017. № 1 (68). S. 59–62.

7. Ivanchenko A.A. Snizhenie chrezvychajnogo vozdejstviya vodnogo transporta na atmosferu gorodskoj sredy // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2018. № 2 (46). С. 90–293.

8. Ivanchenko A.A. Prognozirovanie i monitoring bezopasnosti vodnogo transporta v ekspluatacii // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2018. № 2. S. 57–60.

ПРИЧИНА ПОЖАРА – СТАТИЧЕСКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ПЛИТ ИЗ ЭКСТРУЗИОННОГО ПЕНОПОЛИСТИРОЛА

Б.В. Гавкалюк, кандидат технических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

А.А. Аникеев, кандидат технических наук, доцент;

П.А. Клейманов.

Дальневосточная пожарно-спасательная академия – филиал

Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России

Материал статьи посвящен исследованию проблемы статического электричества на производстве теплоизоляционных плит из экструзионного пенополистирола. Если не уделять ей пристального внимания, то это может привести к нарушению нормального течения технологического процесса и явиться впоследствии причиной пожара.

Ключевые слова: статическое электричество, причина пожара, экспертное исследование пожара на производстве теплоизоляционных плит из экструзионного пенополистирола

CAUSE OF THE FIRE – THE STATIC ELECTRICITY IN THE PRODUCTION OF INSULATION BOARDS OF EXTRUDED POLYSTYRENE FOAM

B.V. Gavkaluk. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.

A.A. Anikeev; P.A. Kleymanov.

Far-East fire and rescue academy – branch of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The material of the article is devoted to the study, namely the problem of static electricity in the production of thermal insulation boards from extruded polystyrene foam. If you do not pay close attention to it, it can lead to disruption of the normal flow of the technological process and subsequently cause a fire.

Keywords: static electricity, cause of the fire, expert study of the fire in the production of thermal insulation boards of extruded polystyrene

Пожары, причинами которых явились разряды статического электричества, возникают сравнительно не часто, однако приводят, как правило, к большим материальным, а зачастую и человеческим потерям. Объясняется это, прежде всего, тем, что такие пожары сопровождаются вспышками, быстрым распространением пламени, а при обстоятельствах, способствующих образованию паро-, газо-, пылевоздушных смесей с концентрациями, находящимися в границах взрывоопасной концентрации указанных веществ в воздухе – взрывами [1].

Процессы зажигания горючих сред от электрических разрядов и методы оценки их опасности подробно описаны в специальной литературе [2]. Здесь же приведены примеры взрывов и пожаров, причинами которых явились искровые разряды статического электричества.

Дополнительным примером подобных загораний может служить пожар, произошедший на технологической линии JG-FPB 135/150 китайского производства по изготовлению теплоизоляционных плит из экструзионного пенополистирола «Истплекс», расположенной в производственном цехе ОАО «Варяг» в г. Владивостоке.

Объектом пожара явился производственный цех, представляющий собой одноэтажное строение с железобетонными несущими конструкциями, II степени огнестойкости, размерами в плане 18x84 м (рис.). Здание электрифицировано (380/220 В), отопление водяное, центральное. Крыша цеха железобетонная двускатная, кровля мягкая (рубероид), пол бетонный. В результате пожара помещение цеха выгорело по всей площади, обрушена крыша, повреждена технологическая линия, огнем уничтожена готовая продукция и сырье.

При исследовании пожара на стадии визуального осмотра места происшествия установлена область максимальных термических поражений строения цеха, находившаяся у западной стены в районе зоны промежуточного складирования готовой продукции (рис.). На ее местоположение указывают следующие признаки: выгорание копоти на западной стене цеха от уровня пола до крыши в виде характерного очагового конуса; в центральной части очагового конуса штукатурный слой стены обрушен практически до крыши; над очаговым конусом стальная балка имеет максимальную деформацию в виде прогиба порядка 50 см; крыша над данным местом полностью обрушена; степень термических поражений материалов и конструкций в помещении цеха по мере удаления от очагового конуса уменьшается.

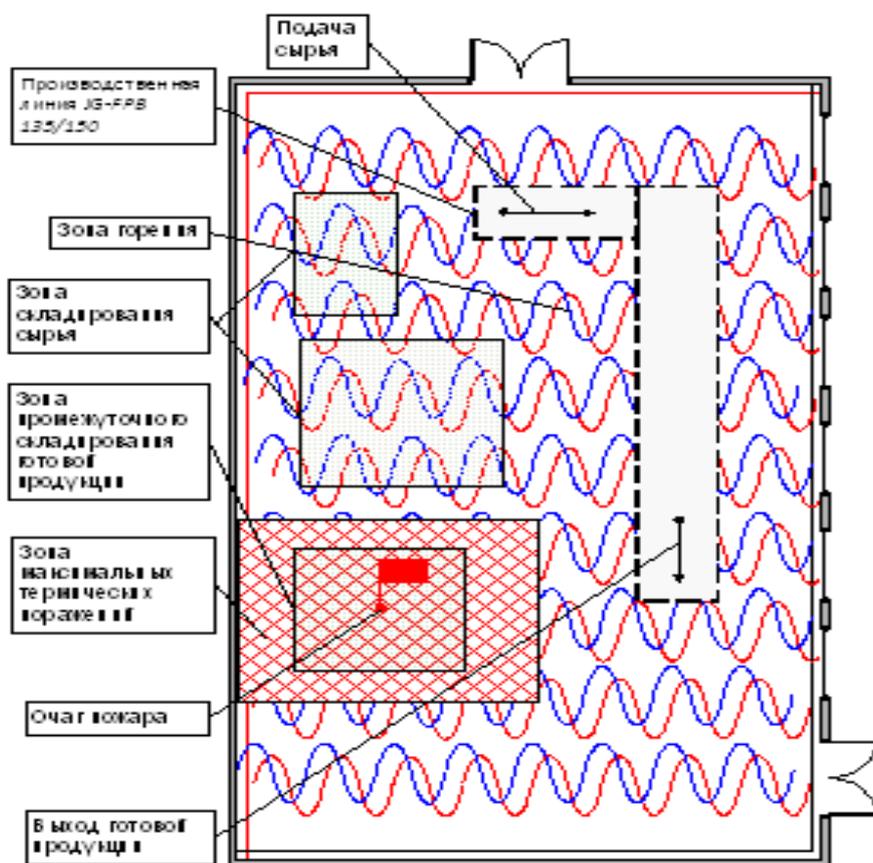


Рис. План-схема места пожара в производственном цехе с линией JG-FPB 135/150 по изготовлению теплоизоляционных плит из экструзионного пенополистирола «Истплекс»

Из опроса первых очевидцев пожара (работников цеха) следует, что первоначальное горение началось внезапно на складированных плитах пенополистирола, расположенных у западной стены цеха, в зоне промежуточного складирования плит. Указанное место совпадает с зоной наибольших термических поражений, что дополнительно свидетельствует о том, что очаг пожара находился именно в зоне промежуточного складирования.

При исследовании места пожара каких-либо источников зажигания в очаговой зоне не обнаружено.

В ходе изучения обстоятельств по факту пожара установлено, что возгорание произошло во время пробного запуска технологической линии, в процессе которого изготавливалась пробная партия теплоизоляционных плит. Готовые плиты складывались в помещении цеха вручную в штабель небольшими партиями в зоне промежуточного складирования, после чего их увозили на склад, расположенный на улице. Со слов работников цеха, при работе с готовыми плитами (перенос и укладка в штабель) возникали разряды статического электричества.

Таким образом, основной версией возникновения пожара в данном случае была принята возможность возгорания горючей среды от искрового разряда статического электричества.

Согласно техническим основам расследования пожаров, для принятия версии причастности разряда статического электричества к возникновению пожара необходимо установить наличие процесса, приводящего к накоплению зарядов статического электричества и наличие среды, для воспламенения которой достаточно искры разряда статического электричества.

Поскольку пенополистерольные плиты являются диэлектрическим материалом, при трении их друг о друга (переноска, укладка и т.п.) на них могут накапливаться заряды статического электричества. Заряды статического электричества также могут накапливаться и на людях, которые работают с данными плитами в цехе, особенно при пользовании обувью с непроводящей электричество подошвой, одеждой и бельем из шерсти, шелка и искусственного волокна, при движении по токонепроводящему покрытию пола, при выполнении операций с диэлектриками. Потенциал изолированного от земли человеческого тела может достигать величины, превышающей 7 кВ, в отдельных случаях до 14–15 кВ [3]. При этом при разности потенциалов 3 кВ искровой разряд может воспламенить почти все горючие газы, при 5 кВ – большую часть горючих пылей [3, 4].

В ходе выяснения обстоятельств данного пожара установлено, что обувь рабочих цеха была с непроводящей электричество подошвой, в одежде рабочих присутствовали шерстяные и синтетические изделия. Рабочие цеха производили ручную переноску готовых пенополистирольных плит с конвейера в зону промежуточного складирования готовой продукции. В процессе переноски и укладки плит в штабеля плиты терлись друг о друга и об одежду рабочих. При этих условиях на плитах и одежде рабочих могли накапливаться заряды статического электричества, что подтверждается самими работниками, по показаниям которых при переноске плит они чувствовали «уколы» электростатических разрядов.

Непосредственно перед возникновением пожара (примерно за 5–7 сек.) в зоне промежуточного складирования последнюю укладку плит пенополистирола провели именно в то место (в штабеле размером 3x2 м), где впоследствии работники цеха заметили первоначальное горение. Максимальная нормальная скорость распространения пламени по бутану составляет 0,45 м/с [5]. В случае возникновения горения в месте укладки плит с тыльной стороны зоны промежуточного складирования (невидимой для работников) распространение пламени в зону, где находились работники, произойдет примерно за 5–7 сек., что соответствует времени, через которое (с момента укладки) был обнаружен пожар.

Согласно технической документации на производство пенополистирольных плит «Истплекс» ТУ 2244-001-07534650-2008 при их изготовлении способом экструзии полистирола для вспенивания применяется сжиженный газ бутан. В готовых плитах остаточный бутан замещается воздухом в течение пяти суток. Поэтому в соответствии с вышеуказанными техническими условиями изготавливаемая продукция должна храниться вне производственного помещения, в хорошо проветриваемом складе без упаковки.

Поскольку бутан тяжелее воздуха (согласно работе [5] средняя молекулярная масса воздуха: 28,96; молекулярная масса бутана: 58,12), следовательно, выделяясь

из свежееизготовленных пенополистирольных плит, бутан распространяется у поверхности пола помещений, в которых находится готовая продукция.

Согласно инструкции по наладке и эксплуатации технологической линии при запуске линии необходимо обеспечить хорошую вентиляцию производственного цеха, в частности, у поверхности пола на расстоянии 6 метров друг от друга должны располагаться вытяжные устройства. Оборудование вытяжки воздуха должно иметь собственную систему контроля. Установка вытяжки воздуха должна включаться за шесть часов до запуска оборудования и продолжать работу в течение шести часов после полной остановки оборудования. В соответствии с площадью и конструкцией производственный цех должен быть оборудован несколькими установками предупреждения о превышении нормы содержания бутана в воздухе.

В ходе выяснения обстоятельств пожара стало известно, что в цехе во время опытных технологических работ вентиляционное оборудование работало только над самой производственной линией, но не было подключено в зоне промежуточного складирования готовой продукции. Также не работали установки предупреждения о превышении нормы содержания бутана в воздухе. При этих условиях в зоне промежуточного складирования готовой продукции (очаговая зона пожара) создавались условия для накопления в данной зоне бутана и образования там газовой смеси с возможной концентрацией горючего компонента в пределах от нижнего концентрационного предела распространения пламени (НКПР) до верхнего концентрационного предела распространения пламени (ВКПР).

Таким образом, принимая во внимание наличие в очаговой зоне условий для образования газовой смеси (бутан, воздух) с возможной концентрацией горючего компонента в пределах от НКПР до ВКПР, возможность образования в указанной области разрядов статического электричества с энергией, достаточной для воспламенения данной горючей газовой смеси, а также отсутствие других источников зажигания, сделан вывод, что причиной данного пожара явилось воспламенение газовой смеси от разрядов статического электричества с последующим загоранием пенополистирольных плит, вследствие нарушения технологического процесса (отсутствие вытяжной вентиляции и установок предупреждения о превышении нормы содержания бутана в воздухе).

В данной статье был рассмотрен реальный случай пожара, произошедший на производстве. Актуальность научной проблемы по теме статического электричества остается на сегодняшний день очень серьезным вопросом в сфере безопасности технологических процессов на производстве. Поэтому необходимо уделять как можно больше внимания проблеме возникновения статического электричества при планировании работ, связанных с производством теплоизоляционных плит из экструзионного пенополистирола, а также при проведении контрольных проверок правил соблюдения норм противопожарной безопасности органами государственного пожарного надзора.

Литература

1. Клаус Дитер Поль. Естественная криминалистика. М.: Юридическая литература, 1985.
2. Статическое электричество в химической промышленности / Б.Г. Попов [и др.]. Л.: Химия, 1977.
3. Чешко И.Д. Технические основы расследования пожаров: метод. пособие. М.: ВНИИПО, 2002.
4. Исследование причин возгорания автотранспортных средств: учеб. пособие / А.И. Богатищев [и др.]. М.: ГУ ЭКЦ МВД России, 2003.
5. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения / А.Н. Баратов [и др.]. М.: Химия, 1990. Кн. 1.

References

1. Klaus Diter Pol'. Estestvennonauchnaya kriminalistika. M.: Yuridicheskaya literatura, 1985.
2. Statische elektrichestvo v himicheskoy promyshlennosti / B.G. Popov [i dr.]. L.: Himiya, 1977.
3. Cheshko I.D. Tekhnicheskie osnovy rassledovaniya pozharov: metod. posobie. M.: VNIPO, 2002.
4. Issledovanie prichin vozgoraniya avtotransportnyh sredstv: ucheb. posobie / A.I. Bogatishchev [i dr.]. M.: GU EKC MVD Rossii, 2003.
5. Pozharovzryvoopasnost' veshchestv i materialov i sredstva ih tusheniya / A.N. Baratov [i dr.]. M.: Himiya, 1990. Kn. 1.

КОНТРОЛЬ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ ВОССТАНОВЛЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ МЕТОДОМ МАГНИТНОЙ ПАМЯТИ МЕТАЛЛА

И.И. Батеха;

Д.В. Брусянин, кандидат технических наук;

С.Н. Терехин, доктор технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Предложена методика по использованию собственных магнитных полей рассеивания структурных металлических элементов как источника информации для контроля остаточных сварочных напряжений в восстановленных высокочастотной импульсно-дуговой наплавкой сложнопрофильных деталях пожарных автомобилей и результаты эксперимента по её апробации.

Ключевые слова: контроль остаточных сварочных напряжений, магнитная память металла, сложнопрофильные детали, высокочастотная импульсно-дуговая наплавка

CONTROL OF RESIDUAL STRESSES AND DEFORMATIONS OF RESTORED PARTS OF FIRE TRUCKS BY THE METHOD OF MAGNETIC MEMORY OF METAL

I.I. Batekha; D.V. Brusyanin; S.N. Terekhin.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The article proposes a method for using the intrinsic magnetic fields of dispersion of structural metal elements as a source of information for the control of residual welding stresses in the recovered high-frequency pulse-arc surfacing complex profile parts of fire trucks and the results of the experiment on its approbation.

Keywords: control digester residual stress, magnetic memory of metal, complex profile parts, high-frequency pulse-arc surfacing

Основным методом восстановления сложнопрофильных деталей пожарных автомобилей является электродуговая наплавка изношенных рабочих поверхностей. Однако электродуговой наплавке присущи существенные недостатки, заключающиеся в появлении недопустимых остаточных напряжений и деформаций, обуславливающих резкое снижение ресурса восстановленных деталей, что увеличивает риск техногенных аварий и катастроф при эксплуатации. Материал детали после наплавки находится в объемном напряженно-деформированном состоянии, при котором остаточные напряжения распределены по всему объему материала детали. В настоящее время отсутствуют способы, позволяющие объективно оценивать поле остаточных напряжений в наплавленных сложнопрофильных деталях.

Актуальной задачей является разработка способа неразрушающего контроля фактического напряженно-деформированного состояния сложнопрофильных деталей после электродуговой наплавки.

Известно, что в результате термического влияния, сопровождающего процесс наплавки, происходят изменения в виде фазовых и структурных превращений материала. При этом для стали характерными элементами структуры являются: мартенситно-

аустенитные, ферритно-перлитные, мартенситно-бейнитного типа зерна (колонии), кристаллиты [1].

При этом каждый структурный элемент находится в условиях естественной намагниченности.

На основе установленной взаимосвязи структурно-дислокационных процессов с физикой магнитных явлений в металле детали возможно использование собственных магнитных полей рассеивания (СМРР) структурных элементов как источника информации для определения остаточных сварочных напряжений. В силу магнитодислокационного гистерезиса, магнитная текстура (поле) структурных элементов металла, сформировавшаяся под действием сварочных напряжений, остается неизменной и после остывания металла, то есть присутствует остаточная намагниченность металла в зонах концентрации напряжений (ЗКН), называемая магнитной памятью металла (МПМ).

Следовательно, путем считывания этой магнитной информации с помощью специализированных приборов можно выполнить оценку фактического напряженно-деформированного состояния деталей, восстановленных наплавкой [2].

Для проведения оценки фактического напряженно-деформированного состояния детали с использованием метода МПМ в качестве диагностических были использованы следующие магнитные параметры [3]:

а) линии смены знака нормальной составляющей напряженности магнитного поля H_p (линии $H_p = 0$) в ЗКН;

б) градиент (интенсивность изменения) нормальной составляющей магнитного поля H_p при переходе через линию $H_p = 0$, соответствующую линии концентрации напряжений (КН):

$$K_{\text{ин}} = \frac{|\Delta H_p|}{2l_K},$$

где $K_{\text{ин}}$ – градиент магнитного поля рассеивания или магнитный коэффициент интенсивности напряжений, характеризующийся интенсивностью изменения намагниченности металла в ЗКН и, соответственно, интенсивностью изменения поля H_p ; $|\Delta H_p|$ – модуль разности поля H_p между двумя точками контроля, расположенными на равных отрезках l_K по обе стороны от линии $H_p = 0$.

Из всей номенклатуры деталей, восстанавливаемых наплавкой, был выбран коленчатый вал как деталь, в которой даже относительно малые остаточные напряжения и деформации приводят к разрушению. При этом контролировалось напряженно-деформированное состояние (НДС), неоднородность структуры и развивающиеся дефекты в наплавленном коленчатом вале двигателя, согласно ГОСТ Р ИСО 24497-2–2009 [4].

Для измерения остаточных напряжений использовали измеритель концентрации напряжений ИКН-3М-12 и сканирующее устройство – тип 2 (рис. 1).

К преимуществам данного оборудования можно отнести следующее:

а) сканирующие устройства прибора не требуют монтажа на деталь и предварительной очистки контролируемых деталей (контроль может проводиться через слой краски, ржавчины, изолирующих покрытий и т.п.);

б) малые габариты и вес, автономное питание.

Оценка фактического напряженно-деформированного состояния в восстановленных наплавкой сложнопрофильных деталях включала следующие этапы:

а) определение топологии движения датчика по шейкам и щекам коленчатого вала;

б) сканирование по направлениям и зонам до и после наплавки коренной шейки;

в) определение нулевых точек, в которых измеряемая величина H_p изменяет знак на противоположный и приобретает нулевое значение;

г) формирование зоны с характерным распределением поля H_p , определяющей в этой зоне положение линии $H_p = 0$, соответствующей линии КН и градиента поля $K_{\text{ин}}$ при пересечении этой линии [4];

д) измерение величины H_p на равном расстоянии l_K от линии $H_p = 0$ и определение градиента поля H_p на длине l_K [5].



Рис. 1. Измеритель концентрации напряжений ИКН-3М-12 и сканирующее устройство – тип 2

Для обработки и анализа результатов диагностического контроля использовали программный продукт «ММП-Система» – специализированная программа обработки данных о напряженно-деформированном состоянии оборудования, конструкций и деталей по методу МПМ [6] (рис. 2).

В результате наплавки коренной шейки коленчатого вала произошло увеличение значений градиентов СМПР для всех контролируемых поверхностей по сравнению с исходным состоянием.

Характерные магнитограммы распределения СМПР показаны на рис. 3–6. В щёках вала, после наплавки, помимо увеличения значений градиентов СМПР, зафиксировано смещение ЗКН (рис. 3, 4).

Максимальное увеличение значений градиентов СМПР проявилось после наплавки на галтельных переходах коренной шейки коленчатого вала (рис. 5, 6).

Полученные экспериментальные данные наглядно показывают эффективность применения метода МПМ для оценки фактического напряженно-деформированного состояния коленчатого вала после электродуговой наплавки, из чего можно сделать вывод о целесообразности его применения для неразрушающего контроля восстанавливаемых электродуговой наплавкой сложнопрофильных деталей.

Применение метода МПМ для оценки фактического напряженно-деформированного состояния сложнопрофильных деталей после электродуговой наплавки дает возможность не только выявлять имеющиеся скрытые дефекты, но и прогнозировать их развитие, то есть определять ресурс детали, что в конечном итоге приведет к снижению рисков техносферных катастроф и повышению техносферной безопасности при эксплуатации агрегатов и механизмов пожарной техники.

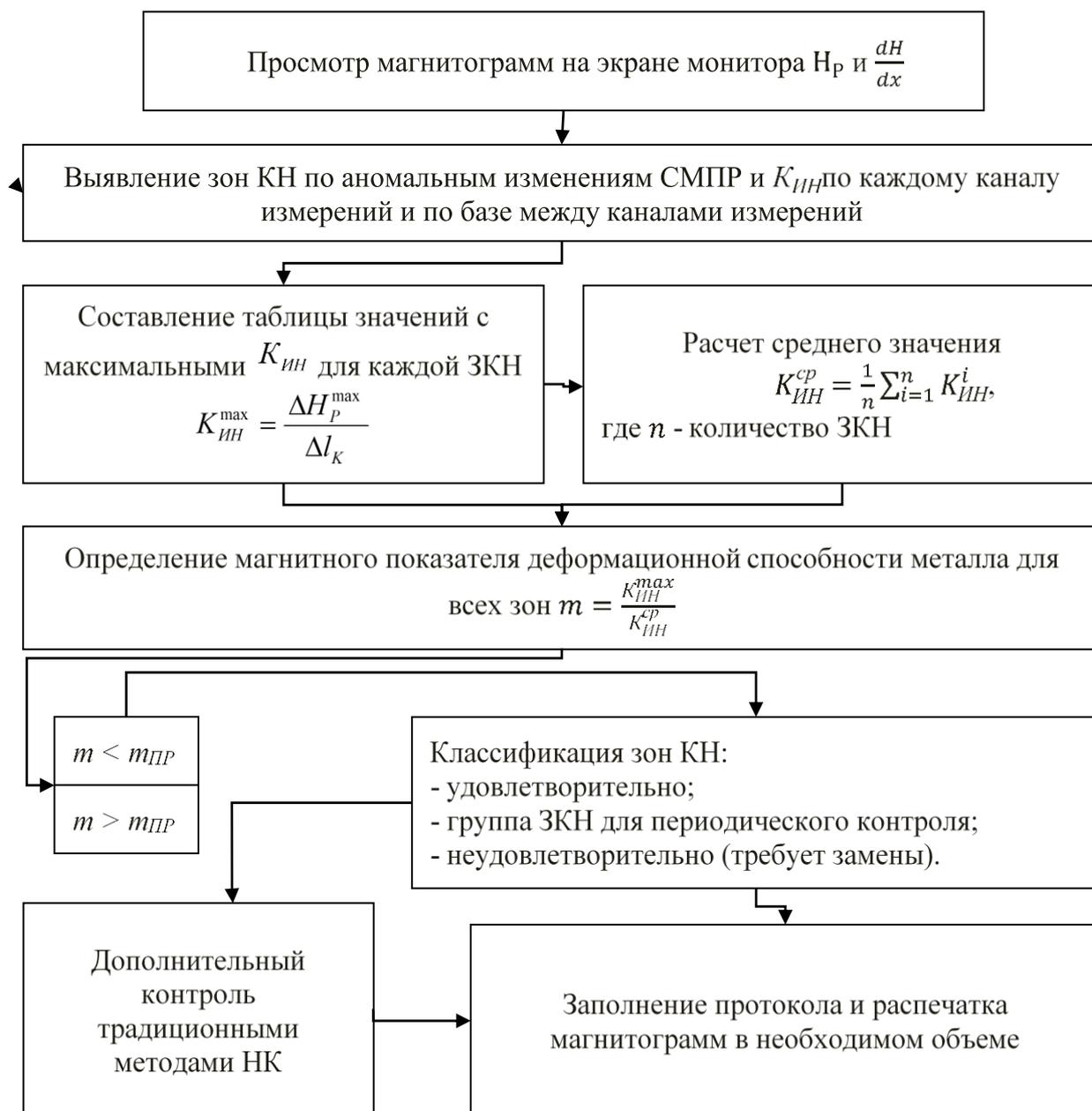


Рис. 2. Алгоритм обработки результатов контроля методом МПМ (магнитограмм) с использованием программы «ММП-Система»

($K_{ИН}^{max}$ – максимальное значение градиента СМПР; $K_{ИН}^{ср}$ – среднее значение градиента СМПР; Δl_K – расстояние между точками контроля; m – отношение максимального значения градиента СМПР к среднему; $m_{ПР}$ – отношение максимального значения градиента СМПР, соответствующего пределу прочности металла, к среднему значению градиента СМПР, соответствующему пределу текучести металла)

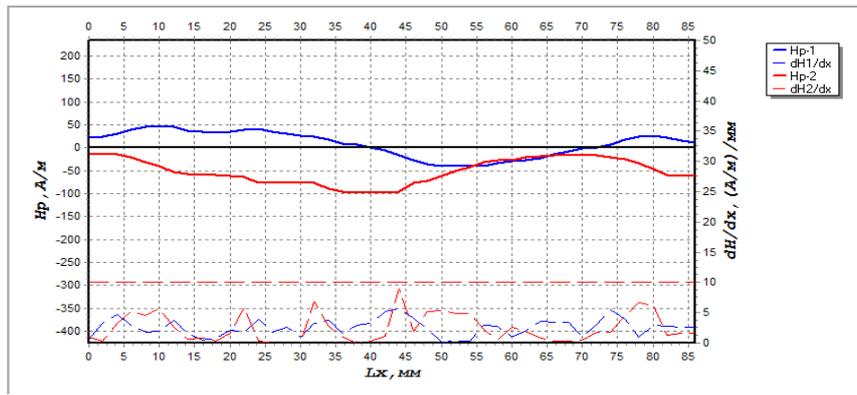


Рис. 3. Магнитограмма распределения СМПП по боковой поверхности щеки коленчатого вала до наплавки коренной шейки

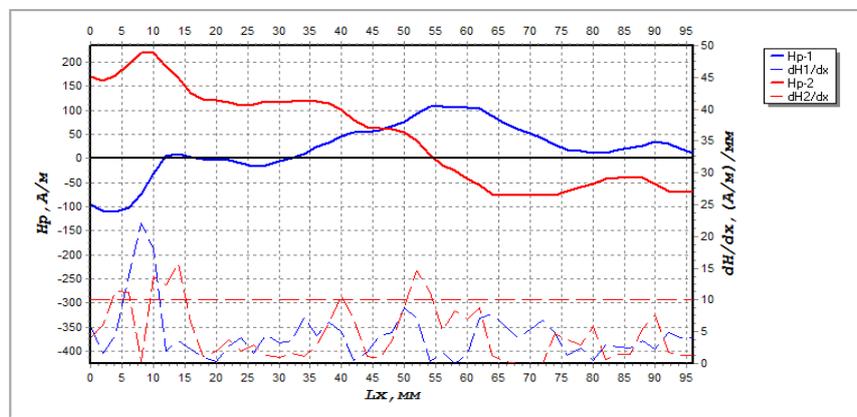


Рис. 4. Магнитограмма распределения СМПП по боковой поверхности щеки коленчатого вала после наплавки коренной шейки

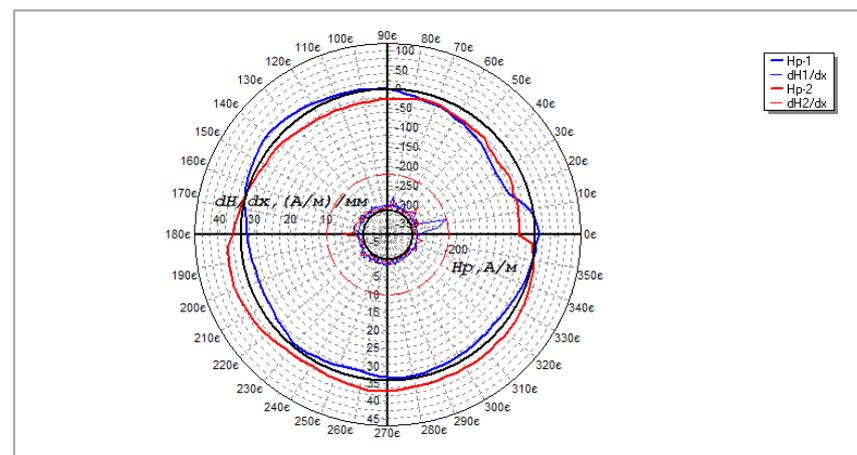


Рис. 5. Магнитограмма распределения СМПП по периметру галтели коренной шейки коленчатого вала до наплавки

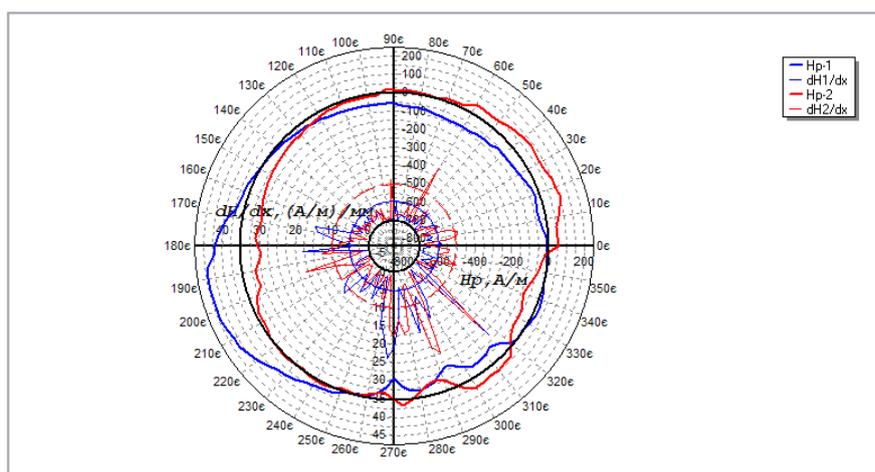


Рис. 6. Магнитограмма распределения СМР по периметру галтели коренной шейки коленчатого вала после наплавки

Литература

1. Королева Л.А., Брусянин Д.В. Технология конструкционных материалов и её роль в обеспечении техносферной безопасности: учеб. пособие. СПб.: С.-Петербур. ун-т ГПС МЧС России, 2016. 226 с.
2. Дубов А.А., Дубов Ал.А., Колокольников С.М. Метод магнитной памяти металла и приборы контроля: учеб. пособие. 5-е изд. М.: Спектр, 2012. 394 с.
3. ГОСТ Р ИСО 24497-1-2009. Контроль неразрушающий. Метод магнитной памяти металла. Ч. 1: Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2010.
4. ГОСТ Р ИСО 24497-2-2009. Контроль неразрушающий. Метод магнитной памяти металла. Ч. 2: Общие требования. М.: Стандартинформ, 2010.
5. Брусянин Д.В., Королева Л.А. Методы определения и изменения свойств материалов в техносферной безопасности. Лабораторный практикум: учеб. пособие. СПб.: С.-Петербур. ун-т ГПС МЧС России, 2017. 134 с.
6. ГОСТ Р ИСО 24497-3-2009. Контроль неразрушающий. Метод магнитной памяти металла. Ч. 3: Контроль сварных соединений. М.: Стандартинформ, 2010.

References

1. Koroleva L.A., Brusyanin D.V. Tekhnologiya konstrukcionnyh materialov i eyo rol' v obespechenii tekhnosfernoj bezopasnosti: ucheb. posobie. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2016. 226 s.
2. Dubov A.A., Dubov Al.A., Kolokol'nikov S.M. Metod magnitnoj pamyati metalla i pribory kontrolya: ucheb. posobie. 5-e izd. M.: Spektr, 2012. 394 s.
3. GOST R ISO 24497-1-2009. Kontrol' nerazrushayushchij. Metod magnitnoj pamyati metalla. Ch. 1: Terminy i opredeleniya. M.: Standartinform, 2010.
4. GOST R ISO 24497-2-2009. Kontrol' nerazrushayushchij. Metod magnitnoj pamyati metalla. Ch. 2: Obshchie trebovaniya. M.: Standartinform, 2010.
5. Brusyanin D.V., Koroleva L.A. Metody opredeleniya i izmeneniya svojstv materialov v tekhnosfernoj bezopasnosti. Laboratornyj praktikum: ucheb. posobie. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2017. 134 s.
6. GOST R ISO 24497-3-2009. Kontrol' nerazrushayushchij. Metod magnitnoj pamyati metalla. Ch. 3: Kontrol' svarynh soedinenij. M.: Standartinform, 2010.

БЕЗОПАСНОСТЬ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

МЕТОД РАСЧЕТА ВОЗДУХООБМЕНА АККУМУЛЯТОРНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ ПОДСТАНЦИЙ МАГИСТРАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Ю.Е. Актерский, доктор военных наук, профессор;

С.Н. Северин.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

В.В. Шаптала, кандидат технических наук, доцент.

Белгородский юридический институт МВД России им. И.Д. Путилина

Разработана уточненная методика расчета воздухообмена аккумуляторных помещений подстанций железнодорожного транспорта, позволяющая прогнозировать соответствие существующих и создаваемых систем вентиляции аккумуляторных помещений требованиям взрывопожарной безопасности. Выполнено моделирование распределения концентрации водорода в вентилируемом аккумуляторном помещении.

Ключевые слова: аккумуляторные помещения, водород, взрывопожарная безопасность, воздухообмен, расчет

THE METHOD OF CALCULATING THE AIR EXCHANGE OF THE BATTERY ROOMS OF SUBSTATIONS OF THE MAIN POWER SUPPLY SYSTEM OF RAILWAY TRANSPORT

Yu.E. Actersky; S.N. Severin.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.

V.V. Shaptala. Belgorod law institute of the Ministry of internal affairs of Russia I.D. Putilin

A refined method of calculating the air exchange of battery rooms of railway transport substations has been developed, which allows predicting the conformity of the existing and newly created ventilation systems of battery rooms with the requirements of fire and explosion safety. A simulation of the distribution of hydrogen concentration in a ventilated battery room was performed.

Keywords: accumulator rooms, hydrogen, explosion and fire safety, air exchange, calculation

Для питания цепей управления защиты, связи, сигнализации и аварийного освещения на трансформаторных и тяговых подстанциях железнодорожного транспорта в качестве резервного источника электроэнергии постоянного тока используются аккумуляторные батареи, состоящие из 50–100 одиночных, чаще всего свинцово-кислотных аккумуляторов [1–3]. При эксплуатации и обслуживании аккумуляторных батарей из них выделяется водород, образующий вместе с воздухом взрыво-пожароопасные смеси, в диапазоне концентраций от нижнего концентрационного предела взрываемости

$C_{нклв}=4$ об. %, до верхнего концентрационного предела $C_{вклв}=75$ об. %. Взрывоопасность водородно-воздушных смесей зависит не только от содержания водорода, но и от ряда других факторов. Поэтому для производственных помещений с выделением водорода в качестве предельно допустимой взрывобезопасной концентрации установлено более низкое значение $C_{об}=0,7$ об. % что составляет $0,175 C_{нклв}$ [4, 5].

В связи с высокой взрывопожарной опасностью аккумуляторных помещений [6], в них должен осуществляться полный комплекс взрывопожарозащитных мероприятий [7, 8], среди которых важное место занимает устройство вентиляции как основной, так и аварийной [7, 9, 10]. Повышение качества проектирования вентиляции аккумуляторных помещений является важной предпосылкой снижения их взрывопожарной опасности. Необходимым исходным условием проектирования вентиляции является определение ее производительности, то есть величины воздухообмена, достаточной для поддержания в аккумуляторном помещении взрывобезопасной концентрации водорода. Применяемые в настоящее время соотношения и рекомендации для расчета воздухообмена аккумуляторных помещений часто относятся лишь к определенным типам аккумуляторных батарей или имеют общий неопределенный характер, как, например, рекомендация определения воздухообмена по нормативным кратностям [7, 11, 12]. Указанные соотношения и рекомендации не учитывают некоторых влияющих факторов и приводятся в нормативной справочной и специальной литературе [7, 11, 13] чаще всего без соответствующего количественного обоснования. Поэтому полученные с их помощью результаты необходимо дополнительно проверять по критериям концентрации и времени, отводимых для ее достижения. Отсюда следует необходимость разработки уточненной методики расчета воздухообмена аккумуляторных помещений подстанций. Рассмотрим расчет воздухообмена аккумуляторных помещений на основе уравнений материального баланса водорода и вентиляционного воздуха. Уравнения объемного баланса водорода в вентилируемом аккумуляторном помещении имеют вид:

$$V\Delta C = (G\Delta t - CL_y\Delta t + L_n C_n \Delta t) , \quad (1)$$

где V – свободный объем помещения, равный разности геометрического объема помещения V_2 и объема, находящегося в нем оборудования. При отсутствии необходимой информации свободный объем помещения допускается считать равным $V=0,8 V_2$ [6]; C – объемная концентрация водорода в долях единицы; G – объемная интенсивность выделения водорода, м³/ч; L_y, L_n – объемные расходы удаляемого и приточного воздуха, м³/ч; C_n – концентрация водорода в приточном воздухе.

Уравнение материального баланса вентиляционного воздуха:

$$\rho_y L_y = \rho_n L_n , \quad (2)$$

где ρ_y и ρ_n – плотности удаляемого и приточного воздуха, кг/м³, которые при нормальном атмосферном давлении определяются по формуле [12, 13]:

$$\rho_{y,n} = \frac{353}{273 + t_{y,n}} .$$

Температура удаляемого воздуха t_y равна температуре воздуха, поддерживаемой в аккумуляторном помещении. Оптимальная температура в помещении находится в интервале от 15 до 20 °С. t_n – температура наружного воздуха, которая зависит от времени года и географического положения подстанции [14].

С течением времени концентрация водорода в помещении возрастает, а правая часть уравнения (1) уменьшается и в определенный момент обращается в ноль. С этого момента

в помещении устанавливается неизменное (стационарное) состояние воздушной среды с постоянной (стационарной) концентрацией водорода.

Из уравнений (1, 2) следует соотношение, связывающее между собой параметры стационарного состояния воздушной среды аккумуляторного помещения: стационарную концентрацию C_{cm} и производительность вентиляции L_y :

$$C_{cm} = \frac{G + C_n \frac{T_n}{T_y} L_y}{L_y} \quad (3)$$

Процесс установления концентрации водорода описывается дифференциальным уравнением, которое следует из уравнения (1) [12, 15]:

$$\frac{dC}{dt} + kC = Ak, \quad (4)$$

где $A = G + C_n \frac{T_y}{T_n}$; $k = \frac{L_y}{V}$ – кратность воздухообмена помещения.

Решение уравнения (4) имеет вид:

$$C = (C_0 - C_{ct})e^{-kt} + C_{ct}, \quad (5)$$

из которого следует, что при работающей вентиляции концентрация водорода в помещении монотонно уменьшается, приближаясь к своему минимальному стационарному значению.

Здесь C_0 – концентрация водорода в некоторый начальный момент времени $t=0$.

Из формулы (5) можно найти продолжительность времени, за которое при заданной кратности воздухообмена и начальной концентрации водорода C_0 концентрация водорода снизится до некоторого промежуточного значения C_1 ($C_{cm} < C_1 < C_0$).

$$t = -\frac{1}{k} \ln \frac{C_1 - C_{cm}}{C_0 - C_{cm}}. \quad (6)$$

Из формулы (6) можно найти также кратность воздухообмена, необходимого для достижения заданной концентрации C_1 за отведенное время t .

$$k = -\frac{1}{t} \ln \frac{C_1 - C_{cm}}{C_0 - C_{cm}}. \quad (7)$$

Интенсивность выделения водорода аккумуляторными батареями G зависит от типа используемых аккумуляторов, их количества, состояния аккумуляторной батареи, режима ее функционирования, способа зарядки, температуры электролита и других факторов. Количественные значения G приводятся в инструкциях заводов-изготовителей или рассчитываются по специальным формулам [7, 9, 10]. Если расположение устройств для выброса и забора вентиляционного воздуха удовлетворяет нормативным требованиям, в частности, места выброса и забора воздуха разнесены по вертикали не менее чем на 6 м и не менее чем на 20 м по горизонтали, то, учитывая летучесть водорода, его попадание в приточный воздух практически исключается и $C_n=0$ [9–13, 16–18].

Пример расчета: рассмотрим аккумуляторное помещение тяговой подстанции со свободным объемом $V=60 \text{ м}^3$. Интенсивность выделения водорода при заряде

находящейся в помещении аккумуляторной батареи составляет $G=2 \text{ м}^3/\text{ч}$. Продолжительность заряда примем равной 6 ч. Помещение планируется оборудовать механической приточно-вытяжной вентиляцией производительностью $180 \text{ м}^3/\text{ч}$, что соответствует рекомендуемому 3-х кратному воздухообмену помещения.

Проверим соответствие планируемой системы вентиляции требованиям взрывопожарной безопасности. Минимальная концентрация водорода, которую может поддерживать предполагаемая система вентиляции, определяется соотношением (3): $C_{\text{мин}}=C_{\text{ст}}=0,011 > 0,0007$. Скорость изменения концентрации со временем можно оценить с помощью рис. 1, из которого следует, что концентрация водорода будет оставаться выше взрывобезопасной не только в течение заряда батареи, но продолжительное время после заряда, так что полное удаление водорода из помещения после окончания заряда батареи требует значительно большего времени, чем положенное по инструкции – полтора часа.

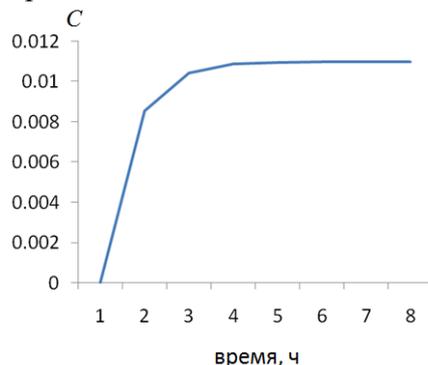


Рис. 1. Зависимость концентрации водорода C от времени при воздухообмене $k=3 \text{ 1/ч}$

Таким образом, предполагаемая система вентиляции не отвечает требованиям взрывобезопасности, поэтому ее производительность следует увеличить до значения, которое определяется соотношением:

$$G_{y2} = \frac{2}{0,0007} = 285,7 \text{ м}^3/\text{ч},$$

что соответствует кратности воздухообмена помещения $k=4,76$. Динамика изменения концентрации при таких параметрах воздухообмена показана на рис. 2.

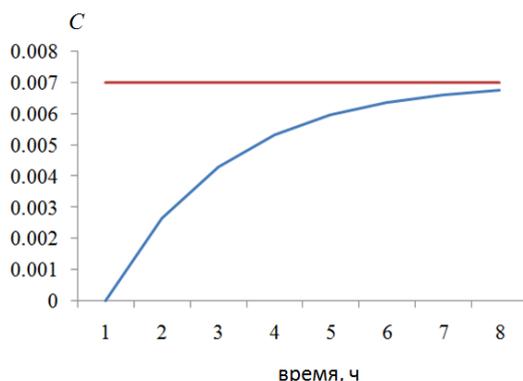


Рис. 2. Зависимость концентрации водорода от времени при кратности воздухообмена $k=4,76 \text{ 1/ч}$

Таким образом, производительность планируемой для помещения вентиляции необходимо увеличивать или предусматривать установку резервных вентиляторов.

Расчеты показывают, что для поддержания взрывопожаробезопасного состояния аккумуляторных помещений подстанций железнодорожного транспорта необходимо

использовать системы приточно-вытяжной вентиляции большой производительности, что требует высоких энергозатрат. Величину воздухообмена аккумуляторных помещений и энергозатрат на его осуществление можно уменьшить без ущерба для безопасности помещений путем применения местной вытяжной вентиляции, удаляющей водород непосредственно от мест его выделения [19, 20]. В настоящее время местная вытяжная вентиляция аккумуляторных помещений получила ограниченное распространение из-за необходимости специального расположения аккумуляторов в вытяжных шкафах, на специальных стеллажах, а также из-за того, что местные вытяжные устройства: вытяжные шкафы, зонты, бортовые отсосы затрудняют обслуживание аккумуляторных батарей [16]. Определенной экономии можно добиться также путем более широкого использования естественной вентиляции помещений, а также с помощью выбора рациональных схем организации воздухообмена, при которых воздух удаляется из зон повышенной концентрации водорода [8, 21]. Расположение и размеры таких зон не могут быть найдены на основе балансового подхода. Необходимы более сложные математические модели, основанные на уравнениях газовой динамики и тепломассопереноса. Одной из таких моделей является модель смешения двух газов различной плотности [22–24]. Для примера рассмотрим следующую схему организации воздухообмена помещения с внешней средой (рис. 3).

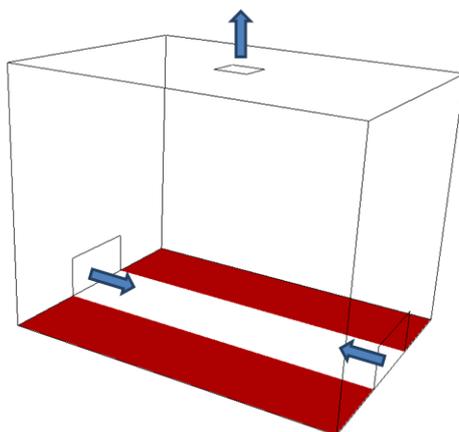


Рис. 3. Схема организации воздухообмена

Результаты моделирования распределения концентрации водорода показаны на рис. 4.

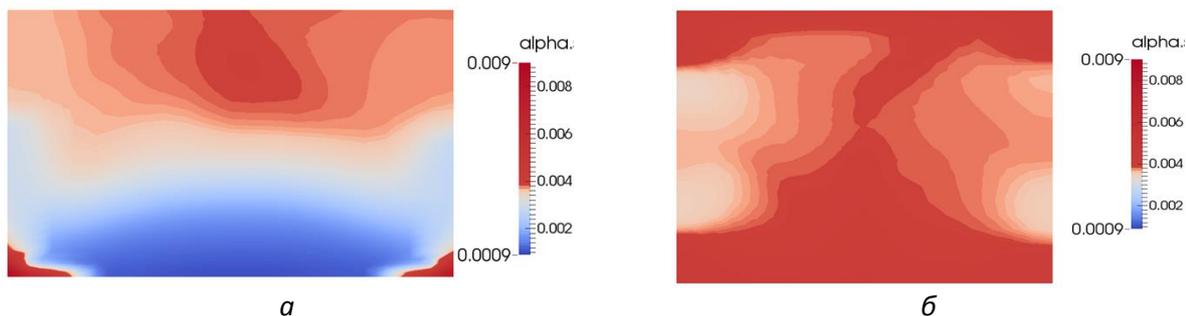


Рис. 4. Распределение концентрации водорода $V=4 \times 5 \times 3=60 \text{ м}^3$; $Q=2 \text{ м}^3/\text{ч}$; кратность=8
а) вертикальное сечение; б) горизонтальное сечение на высоте $H=2,8 \text{ м}$

На рис. 4 наблюдается ярко выраженное расслоение концентрации водорода по высоте помещения и неравномерность ее распределения в припотолочном слое, что должно учитываться при проектировании систем вентиляции аккумуляторных помещений.

Литература

1. Методика выбора емкости источников электроэнергии для систем постоянного тока тяговых и трансформаторных подстанций: Стандарт ОАО «РЖД» СТО РЖД 07.013–2012 от 25 дек. 2012 г. № 2679 // Железнодорожные документы. URL: <http://jd-doc.ru>. (дата обращения: 12.09.2019).
2. Мамошин Р.Р. Тяговые подстанции: учеб. для вузов. М.: Транспорт, 1986. 319 с.
3. Прохорский А.А. Тяговые и трансформаторные подстанции. М.: Транспорт, 1983. 496 с.
4. Гельфанд Б.Е., Попов О.Е., Чайванов Б.Б. Водород: параметры горения и взрыва. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. 288 с.
5. СТ ССФЖТ ЦУО 105-2000. Стандарт системы сертификации на федеральном железнодорожном транспорте. Типовая методика испытаний на взрывозащищенность. Доступ из справ.-правового портала «Гарант».
6. НПБ 105-2003. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. М788-1070 Указания по категорированию и классификации помещений стационарных кислотных и щелочных аккумуляторных батарей. Доступ из справ.-правового портала «Гарант».
7. ГОСТ Р МЭК 62485-2–2011. Батареи аккумуляторные и установки батарейные. Требования безопасности. Стационарные батареи. Меры предосторожности против угроз взрыва. Требования к вентиляции. Естественная вентиляция. Принудительная вентиляция. М.: Стандартиформ, 2013.
8. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств: Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности. Сер. 09. Вып. 37. 2-е изд., доп. М.: ЗАО «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2015. 126 с.
9. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации (утв. Приказом Минэнерго Рос. Федерации от 19 июня 2003 г.). Доступ из справ.-правового портала «Гарант».
10. Правила устройства электроустановок. ПУЭ-7 п.4.4.26-4.4.39 Аккумуляторные установки. Строительная часть. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
11. Устинов П.И. Стационарные аккумуляторные установки. М.: Госэнергоиздат, 1970. 312 с.
12. Отопление и вентиляция: учеб. для вузов / В.Н. Богословский [и др.]. Ч. 2: Вентиляция. М.: Стройиздат, 1976. 439 с.
13. Торговников Б.М., Табачник В.Е., Ефанов Е.М. Проектирование промышленной вентиляции: справочник. Киев: Будівельник, 1983. 256 с.
14. СП 131.13330.2012. СНиП 23-01-99. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
15. Эльтерман В.М. Вентиляция химических производств. М., Химия, 1980. 288 с.
16. Хрюкин Н.С. Вентиляция и отопление аккумуляторных помещений. М.: Энергия, 1979. 120 с.
17. ГОСТ 26881–86. Аккумуляторы свинцовые стационарные. Общие технические условия. М.: Из-во стандартов, 1986.
18. Справочник проектировщика / В.Н. Посохин [и др.]. М.: Стройиздат, 1992. 387 с.
19. Логачев И.Н., Логачев К.И., Аверкова О.А. Аэродинамические основы аспирации. СПб.: Химиздат, 2005. 658 с.
20. Посохин В.Н. Расчет местных отсосов от тепло и газовыделяющего оборудования. М.: Машиностроение, 1984. 160 с.
21. Пузач С.В., Лебедченко О.С. Расположение взрыво- и пожароопасных участков водородно-воздушной смеси по высоте конвективной колонки, образующейся над

источником натекания водорода в помещение // Пожаровзрывобезопасность. 2017. № 26 (1). С. 18–24.

22. Шидловский Г.Л., Северин Н.Н., Шаптала В.В. Моделирование и расчет вентиляции взрывоопасных помещений гальванических цехов машиностроительных предприятий // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2019. № 2. С. 49–54.

23. Dorota Brasinska. Ventilation System Influence on Hydrogen Explosion Hazards in Industrial Lead-Acid Battery Rooms // Energies. 2018. № 11. P. 27–37.

24. El-Nekeeb M.A., el-Degwy A.E., Khalil E.E. Effect Double Batteries on Hydrogen Concentration in Air Conditioned Storage Room // 10th International Symposium on Heating, Ventilation and Air Conditioning, ISHVAC 2017, 19-22 October 2017, Jinan, China.

References

1. Metodika vybora emkosti istochnikov elektroenergii dlya sistem postoyannogo toka tyagovyh i transformatornyh podstancij: Standart OAO «RZHD» STO RZHD 07.013-2012 ot 25 dek. 2012 g. № 2679 // Zheleznodorozhnye dokumenty. URL: <http://jd-doc.ru>. (data obrashcheniya: 12.09.2019).

2. Mamoshin R.R. Tyagovye podstancii: ucheb. dlya vuzov. M.: Transport, 1986. 319 s.

3. Prohorskiy A.A. Tyagovye i transformatornye podstancii. M.: Transport, 1983. 496 s.

4. Gel'fand B.E., Popov O.E., Chajvanov B.B. Vodorod: parametry goreniya i vzryva. M.: FIZMATLIT, 2008. 288 s.

5. ST SSFZHT CUO 105-2000. Standart sistemy sertifikacii na federal'nom zheleznodorozhnom transporte. Tipovaya metodika ispytaniy na vzyvozhchishchennost'. Dostup iz sprav.-pravovogo portala «Garant».

6. NPB 105-2003. Opredelenie kategorij pomeshchenij, zdaniy i naruzhnyh ustanovok po vzryvopozharnoj i pozharnoj opasnosti. M788-1070 Ukazaniya po kategorirovaniyu i klassifikacii pomeshchenij stacionarnykh kislotnykh i shchelochnykh akkumulyatornykh batarej. Dostup iz sprav.-pravovogo portala «Garant».

7. GOST R MEK 62485-2-2011. Batarei akkumulyatornye i ustanovki batarejnye. Trebovaniya bezopasnosti. Stacionarnye batarei. Mery predostorozhnosti protiv ugroz vzryva. Trebovaniya k ventilyacii. Estestvennaya ventilyaciya. Prinuditel'naya ventilyaciya. M.: Standartinform, 2013.

8. Obshchie pravila vzryvobezopasnosti dlya vzryvopozharoopasnykh himicheskikh, neftekhimicheskikh i neftepererabatyvayushchih proizvodstv: Federal'nye normy i pravila v oblasti promyshlennoj bezopasnosti. Ser. 09. Vyp. 37. 2-e izd., dop. M.: ZAO «Nauchno-tehnicheskij centr issledovaniy problem promyshlennoj bezopasnosti», 2015. 126 s.

9. Pravila tekhnicheskoy ekspluatatsii elektricheskikh stancij i setej Rossijskoj Federacii (utv. Prikazom Minenergo Ros. Federacii ot 19 iyunya 2003 g.). Dostup iz sprav.-pravovogo portala «Garant».

10. Pravila ustrojstva elektroustanovok. PUE-7 p.4.4.26-4.4.39 Akkumulyatornye ustanovki. Stroitel'naya chast'. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».

11. Ustinov P.I. Stacionarnye akkumulyatornye ustanovki. M.: Gosenergoizdat, 1970. 312 s.

12. Otoplenie i ventilyaciya: ucheb. dlya vuzov / V.N. Bogoslovskij [i dr.]. Ch. 2: Ventilyaciya. M.: Strojizdat, 1976. 439 s.

13. Torgovnikov B.M., Tabachnik V.E., Efanov E.M. Proektirovanie promyshlennoj ventilyacii: spravochnik. Kiev: Budivel'nik, 1983. 256 s.

14. SP 131.13330.2012. SNiP 23-01-99. Stroitel'naya klimatologiya. Aktualizirovannaya redakciya SNiP 23-01-99. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».

15. El'terman V.M. Ventilyaciya himicheskikh proizvodstv. M., Himiya, 1980. 288 s.

16. Hryukin N.S. Ventilyaciya i otoplenie akkumulyatornykh pomeshchenij. M.: Energiya, 1979. 120 s.

17. GOST 26881–86. Akkumulyatory svincovyje stacionarnye. Obshchie tekhnicheskie usloviya. M.: Iz-vo standartov, 1986.
18. Spravochnik proektirovshchika / V.N. Posohin [i dr.]. M.: Strojizdat, 1992. 387 s.
19. Logachev I.N., Logachev K.I., Averkova O.A. Aerodinamicheskie osnovy aspiracii. SPb.: Himizdat, 2005. 658 s.
20. Posohin V.N. Raschet mestnyh otsosov ot teplo i gazovydeleyayushchego oborudovaniya. M.: Mashinostroenie, 1984. 160 s.
21. Puzach S.V., Lebedchenko O.S. Raspolozhenie vzryvo- i pozharoopasnyh uchastkov vodorodno-vozdushnoj smesi po vysote konvektivnoj kolonki, obrazuyushchejsya nad istochnikom natekaniya vodoroda v pomeshchenie // Pozharovzryvobezopasnost'. 2017. № 26 (1). S. 18–24.
22. Shidlovskij G.L., Severin N.N., Shaptala V.V. Modelirovanie i raschet ventilyacii vzryvoopasnyh pomeshchenij gal'vanicheskikh cekhov mashinostroitel'nyh predpriyatij // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2019. № 2. S. 49–54.
23. Dorota Brasinska. Ventilation System Influence on Hydrogen Explosion Hazards in Industrial Lead-Acid Battery Rooms // Energies. 2018. № 11. P. 27–37.
24. El-Nekeeb M.A., el-Degwy A.E., Khalil E.E. Effect Double Batteries on Hydrogen Concentration in Air Conditioned Storage Room // 10th International Symposium on Heating, Ventilation and Air Conditioning, ISHVAC 2017, 19-22 October 2017, Jinan, China.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СЦЕНАРИЕВ РАЗВИТИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ И РАСЧЕТ РИСКА В ТИПОВОМ РЕЗЕРВУАРНОМ ПАРКЕ НЕФТЕБАЗЫ

И.Л. Скрипник, кандидат технических наук, доцент;

С.В. Воронин, кандидат технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Т.Т. Каверзнева, кандидат технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Рассмотрен типовой резервуарный парк нефтебазы. С учетом статистических данных аварий на аналогичных объектах и исходных данных, представленных в нормативных документах, построены деревья отказов, событий для двух вариантов, рассчитан индивидуальный риск, приведены компенсирующие мероприятия для снижения вероятности частичной и полной разгерметизации резервуара.

Ключевые слова: резервуарный парк, авария, вероятность, частота, событие, дерево отказов, дерево событий, риск

MODELING OF SCENARIOS OF DEVELOPMENT OF EMERGENCY SITUATIONS AND THE CALCULATION OF RISK IN A TYPICAL TANK FARM TANK FARM

I.L. Skripnik; S.V. Voronin.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.

T.T. Kaverzneva. Peter the Great Saint-Petersburg polytechnic university

A typical tank farm of the oil depot is considered. Taking into account statistical data of accidents at similar facilities and source data presented in regulatory documents, failure trees, events for two options were built, individual risk was calculated, compensating measures were given to reduce the probability of partial and complete depressurization of the reservoir.

Keywords: reservoir park, accident, probability, frequency, event, failure tree, event tree, risk

Анализ статистических данных показывает, что количество крупных пожаров на объектах хранения, переработки нефти и нефтепродуктов в Российской Федерации составляет более десяти в год. Наибольшее число аварий происходит на нефтепроводах и установках. При этом серьезную опасность для жизни людей представляют аварии на резервуарах (14 %), сливноналивных эстакадах, насосных станциях (10 %) (рис. 1). Они сопровождаются взрывами, пожарами и составляют порядка 45 % от общего числа (рис. 2), с числом погибших более 75 % от всех погибших при авариях. Особенно бедственную картину представляет техническое состояние резервуаров хранения нефтепродуктов.

Основной причиной аварий являются сверхнормативные сроки их эксплуатации, технически необоснованные решения при строительстве и др. Нарушение правил проектирования объектов привели к тому, что резервуары стали представлять значительную и с каждым годом возрастающую угрозу. При этом многие нефтебазы в России расположены непосредственно в черте городской застройки, вследствие чего потенциально влекут за собой гибель людей, утрату материальных ценностей, нанесение вреда экологической обстановке в регионе.

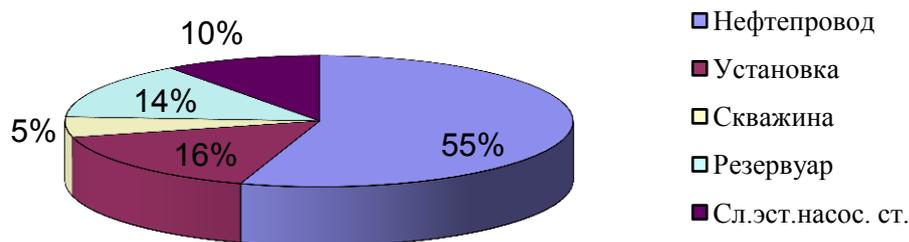


Рис. 1. Распределение аварий по видам объектов

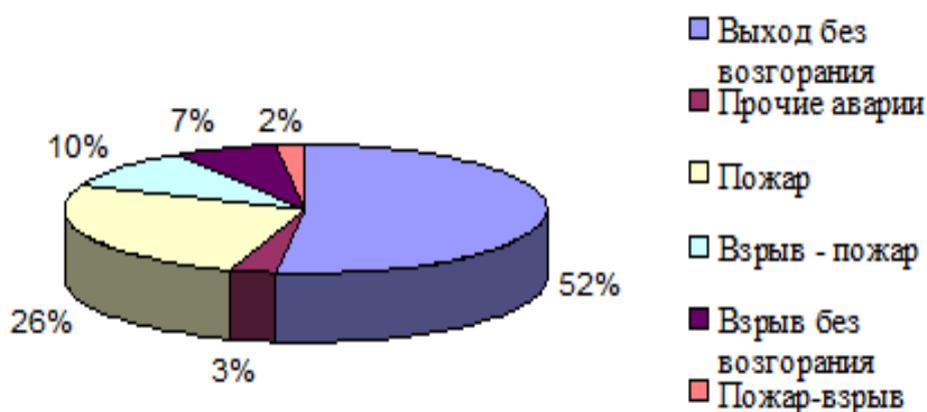


Рис. 2. Распределение типов аварий объектов

Проведенный анализ инцидентов в нефтегазовой отрасли показал [1], что наиболее частыми причинами пожара являются пожары от:

- атмосферного электричества;
- самовозгорания пирофорных отложений;
- взрывов парогазовых смесей при отборе проб;

– проведения ремонтных и огневых работ с нарушением требований пожарной безопасности и др.

В ходе исследования рассматривалась типовая нефтебаза с основным опасным объектом – резервуарным парком, которая расположена вблизи от автодороги, недалеко от поселка городского типа с постоянным пребыванием людей. Она обеспечивает бесперебойную работу оборудования, перекачивающих станций нефтепродуктов.

Все технологические помещения (насосная станция, склад хранения) имеют категорию «А» – пожаровзрывоопасные, а сооружения (резервуары для хранения нефтепродуктов, эстакада) – категорию «АН», пары нефтепродуктов относятся к веществам 4 класса опасности.

Хранение нефтепродуктов осуществляется в резервуарном парке, состоящем из трех групп резервуаров. На его территории содержится десять вертикальных стальных резервуаров (РВС) емкостью 20 000 м³ и общей вместимостью 200 000 м³ (рис. 3). Нефтебаза является объектом повышенной пожарной опасности вследствие сосредоточения на ее территории большого количества легковоспламеняющихся и горючих жидкостей.

Нахождение такого потенциально опасного объекта в черте городской застройки обуславливает необходимость разработки дополнительных мероприятий промышленной безопасности.



Рис. 3. Размещение РВС на территории типовой нефтебазы

На основе анализа известных аварий, имевших место на аналогичных объектах, выявлены их наиболее вероятные причины, которые позволили выстроить причинно-следственные связи развития аварийных ситуаций.

В результате анализа статистических данных основных причин аварий резервуаров для оценки риска разработано дерево отказов (рис. 4), связанное с разгерметизацией резервуара в резервуарном парке.

Причинами разгерметизации могут стать: внешние факторы (террористический акт), механические повреждения, стихийные бедствия (природные катаклизмы), дефекты монтажа, нарушение правил эксплуатации и пожарной безопасности [2].

Вероятность наступления события «А» рассчитывается как:

$$P(A) = 1 - \prod_{j=1}^k (1 - P(A_j)),$$

где $P(A_j)$ – вероятность наступления j -го события; k – количество событий.

Тогда:

$$P_{2,3,4} = 1 - (1 - 1,65 \cdot 10^{-7}) \cdot (1 - 6 \cdot 10^{-7}) \cdot (1 - 5,35 \cdot 10^{-7}) = 0,0000013 = 1,3 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1};$$

$$P_{5,6} = 1 - (1 - 1 \cdot 10^{-9}) \cdot (1 - 9,9 \cdot 10^{-8}) = 0,0000001 = 9,9 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1};$$

$$P_{7,8} = 1 - (1 - 9,24 \cdot 10^{-5}) \cdot (1 - 2 \cdot 10^{-7}) = 0,0000926 = 9,26 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1};$$

$$P_{9,10} = 1 - (1 - 3,1 \cdot 10^{-3}) \cdot (1 - 7 \cdot 10^{-4}) = 0,003798 = 3,79 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}.$$

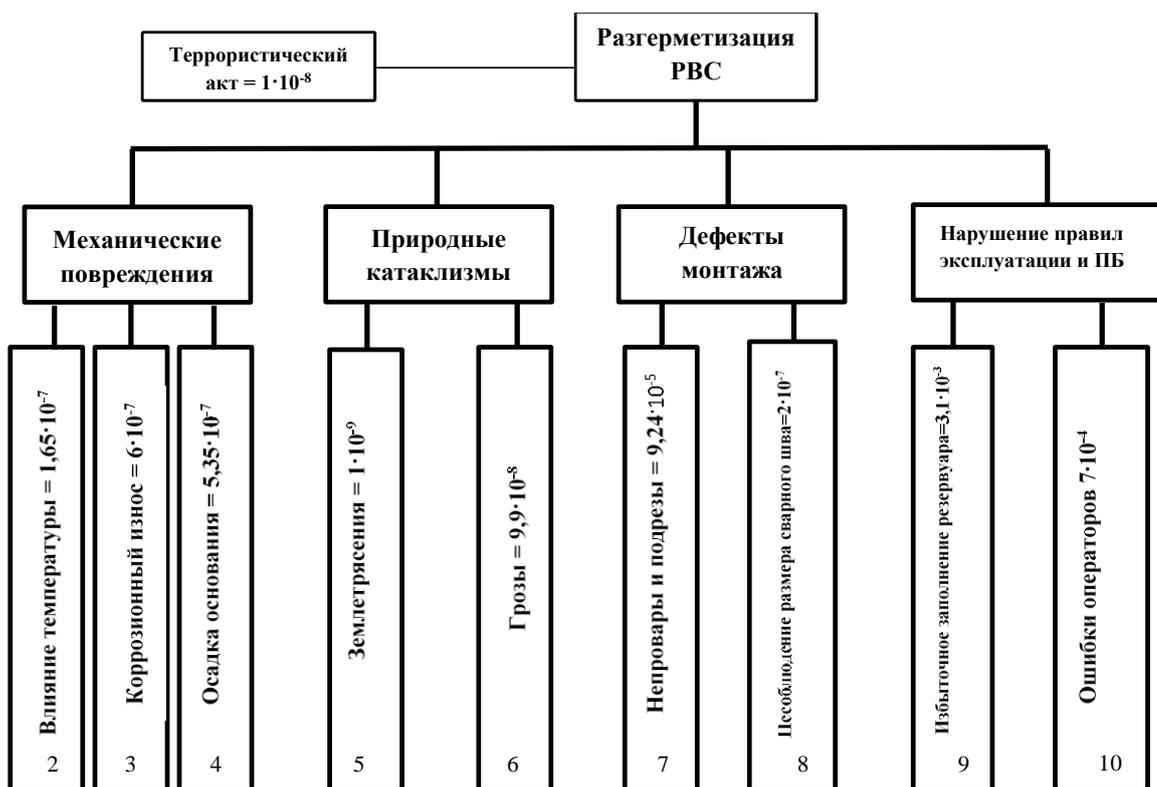


Рис. 4. Дерево отказов для события, связанного с разгерметизацией резервуара

$$P_{1-10} = 1 - (1 - 0,0000013) \cdot (1 - 0,000000099) \cdot (1 - 0,0000926) \cdot (1 - 0,003798) \cdot (1 - 0,00000001) = 3,8 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}.$$

Вероятность разгерметизации резервуара составляет $3,8 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$, что выше уровня среднестатистического значения по отрасли.

Уменьшить значение вероятности разгерметизации РВС можно на ранней стадии его эксплуатации (в условиях недостаточной информации) и на поздней стадии (в период нормальной эксплуатации).

На ранней стадии при априорной информации это можно сделать путем метода неразрушающегося контроля с помощью электромагнитно-акустического эффекта, позволяющего бесконтактно, с использованием электромагнитного поля, генерировать в контролируемом изделии акустические волны и считывать информацию о его техническом состоянии [3]. В качестве комплексного параметра, характеризующего совокупность механических, акустических, магнитных и электрических свойств РВС, применяется передаточная функция объекта, определенная методом динамической идентификации, позволяющим по временной характеристике сигнала отклика рассчитать ее параметры – коэффициенты полиномов числителя и знаменателя. Результаты расчетов, проделанных в работе [3] позволяют уменьшить:

- частоту пожароопасной ситуации «пожар-пролив» в 1,9 раза;
- частоту взрыва топливно-воздушной смеси (ТВС) в 1,5 раз;
- значение потенциального пожарного риска при применении данного способа на 38,6 %.

На этапе нормальной эксплуатации для снижения коррозионной активности и нейтрализации статического электричества РВС можно использовать воздействие на него электрофизического способа с использованием генератора переменного частотно-модулированного сигнала (ПЧМС). Данное мероприятия позволяет уменьшить частоту возникновения пожароопасной ситуации вследствие [4, 5]:

- коррозии – в 4,4 раза;
- электростатической безопасности – в 1,5 раза.

Пожары в резервуарах обычно происходят в результате взрыва или вспышки паровоздушной смеси в пространстве резервуара со срывом или без срыва крыши, но с нарушением ее целостности. Рассматривая нефтебазу как опасный производственный объект, можно сказать, что наибольшую опасность представляет резервуарный парк, так как при авариях на другом технологическом оборудовании (насосная станция, эстакада) они устраняются силами аварийной бригады объекта и не выходят за рамки штатных аварийных ситуаций.

Сценарии развития чрезвычайных ситуация (ЧС) в резервуарных парках происходят по схемам: взрыв-пожар или пожар-взрыв. При этом поражающими факторами в первом случае выступают ударная волна взрыва и тепловое излучение пожара; во втором случае – наоборот. В результате аварии, связанной со взрывом РВС, пожаром нефтепродуктов, может возникать дальнейшая разгерметизация стенок резервуаров с эффектом «домино», переливом нефтепродуктов через обвалование и воздействием на соседние резервуары.

В дальнейшем рассматриваются два варианта построения «дерева событий».

Применительно для рассматриваемого объекта определены следующие сценарии развития ЧС (рис. 5) (вариант 1):

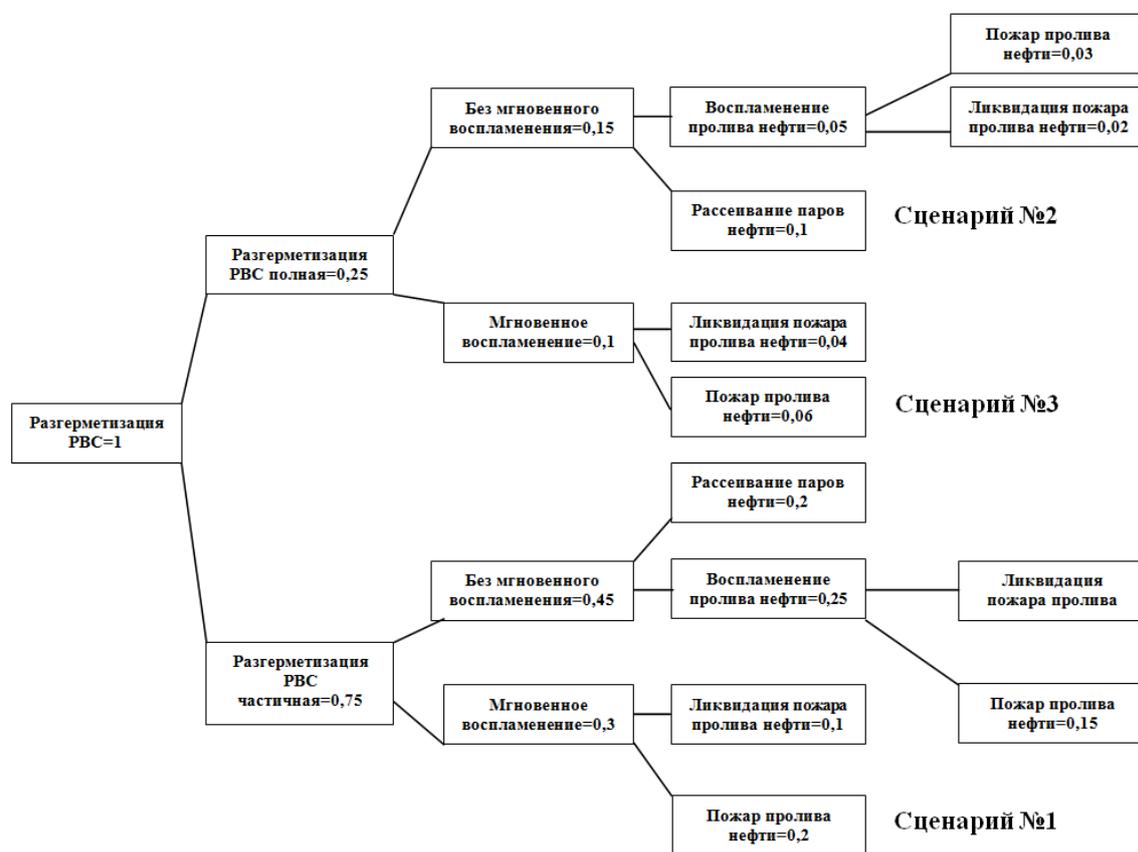


Рис. 5. Дерево событий развития ЧС в типовом резервуарном парке

Сценарий № 1 – частичная разгерметизация РВС вследствие коррозионного износа, пролив нефтепродукта с последующим воспламенением, тепловое воздействие горящего пролива на расположенные рядом РВС. Это наиболее вероятный сценарий ЧС.

Сценарий № 2 – полная разгерметизация РВС по причине неравномерной осадки основания, пролив нефтепродуктов, испарение нефтепродуктов. Это наиболее экологически опасный сценарий ЧС. Анализ вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу, показал, что

наибольшая концентрация имеется у углеводородов – бензинов. Предельно допустимая концентрация паров бензинов в воздухе составляет 100 мг/м^3 . Наилучшим методом повышения экологической безопасности РВС является исключение потерь нефтепродуктов в атмосферу. Этого можно добиться путем установки мягких резервуаров (МР), которые существенно улучшат экологическую ситуацию и пожарную безопасность на объекте (рис. 6), как это сделано на резервуарах горизонтальных стальных (РГС).

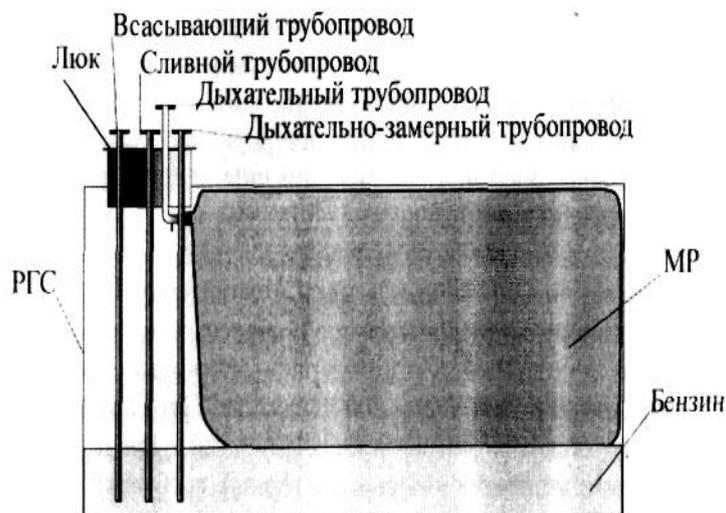


Рис. 6. Размещение мягкого резервуара

Сценарий № 3 – полная разгерметизация РВС по причине попадания прямого удара молнии, взрыв паровоздушной смеси внутри РВС, пролив горящих нефтепродуктов, тепловое воздействие горящего пролива на рядом стоящие РВС (возможен выход нефтепродуктов за пределы (периметр) обвалования). Наиболее опасный сценарий развития ЧС.

Дерево событий графически отображает общий характер развития возможных ЧС с отражением взаимосвязи событий в зависимости от специфики опасности объекта и является исходной информацией для оценки риска.

Разработана логическая схема инициирования аварийной ситуации и путей развития ее сценариев. Логическая схема аварии включает: начальное инициирующее событие – разгерметизация РВС, 10 ветвей сценариев, описывающих их развитие от начального события до конечных, и граничные условия – вероятность совершения.

Вероятность развития сценариев ЧС в резервуарном парке определяется умножением вероятности разгерметизации резервуара на вероятность конечного события:

$$P_{\text{Сценарий № 1}} = 3,8 \cdot 10^{-3} \cdot 0,2 = 7,6 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1};$$

$$P_{\text{Сценарий № 2}} = 3,8 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1 = 3,8 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1};$$

$$P_{\text{Сценарий № 3}} = 3,8 \cdot 10^{-3} \cdot 0,06 = 2,28 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}.$$

Исходя из расчётов, видно, что наиболее опасным событием является взрыв паровоздушной смеси внутри РВС, пролив горящих нефтепродуктов, вероятность которого составила $2,28 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}$. Экологически опасным событием является испарение паров нефтепродуктов с вероятностью $3,8 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}$. Наиболее вероятным событием является пролив нефтепродукта с последующим тепловым воздействием с вероятностью $7,6 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}$.

С учетом исходных данных, используемых в работе [6], построено еще одно «дерево событий» (2 вариант) (рис. 7).

В данном случае рассматриваются следующие виды аварий:

- а) взрыв ТВС;
- б) взрыв внутри оборудования;
- в) пожар пролива.

Иницирующими событиями аварии также являются частичная и полная разгерметизация оборудования.

В результате анализа «рабочего листа» для РВС учтено, что частота выброса для 10 РВС, времени работы РВС 8 040 ч/год, количества часов в году 8 760 ч составляет при разгерметизации:

- полной (повреждение на полное сечение; степени аварийности 10^{-5} 1/год) = $9,17 \cdot 10^{-4}$;
- частичной (через отверстие диаметром 25 мм; степени аварийности 10^{-4} 1/год) = $9,17 \cdot 10^{-3}$.

Для пожара пролива при разгерметизации:

- полной – $C_{1п} = 9,17 \cdot 10^{-4} \cdot 1,8 \cdot 10^{-2} = 1,65 \cdot 10^{-7}$ 1/год;
- частичной – $C_1 = 9,17 \cdot 10^{-3} \cdot 1,8 \cdot 10^{-2} = 1,65 \cdot 10^{-6}$ 1/год.

Для взрыва ТВС при разгерметизации:

- полной – $C_{2п} = 9,17 \cdot 10^{-4} \cdot 5,6 \cdot 10^{-3} = 5,13 \cdot 10^{-8}$ 1/год;
- частичной – $C_2 = 9,17 \cdot 10^{-3} \cdot 5,6 \cdot 10^{-3} = 5,13 \cdot 10^{-7}$ 1/год.

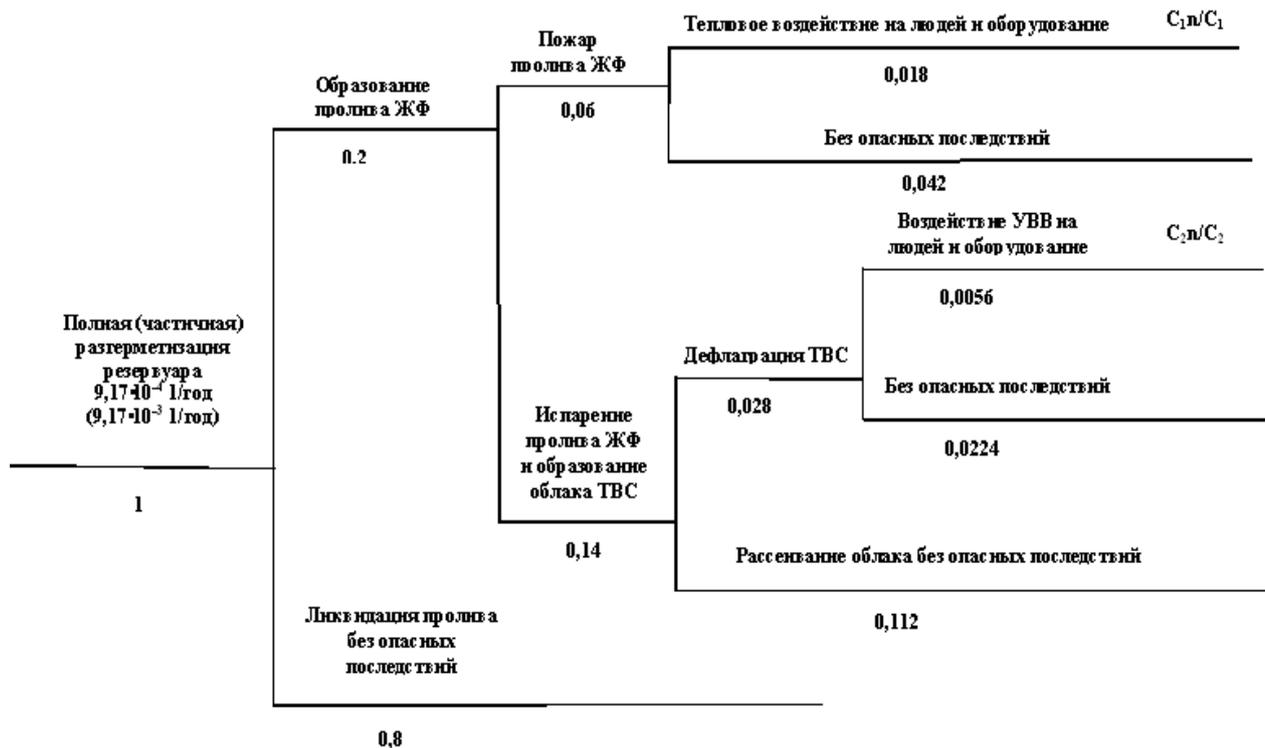


Рис. 7. Дерево событий развития ЧС в резервуарном парке (ЖФ – жидкая фаза; УВВ – ударная волна взрыва)

Из расчетов видно, что самым опасным сценарием является $C_{2п}$ с вероятностью $5,14 \cdot 10^{-8}$ 1/год: полная разгерметизация резервуара РВС-20.000 → образование пролива → испарение ЖФ и образование облака ТВС → дефлаграция → воздействие УВВ на персонал и соседнее оборудование.

Для второго «дерева событий» вероятность опасного сценария получилась невысокой. Индивидуальный риск в случае разгерметизации РВС-20.000 будет равен [6]:

Для пожара пролива при разгерметизации:

- полной – $C_{1п} = 1 \cdot 1,65 \cdot 10^{-7} \cdot 0,3 = 4,95 \cdot 10^{-6}$ 1/год;

– частичной – $C_1 = 1 \cdot 1,65 \cdot 10^{-6} \cdot 0,3 = 4,95 \cdot 10^{-5}$ 1/год.

Для взрыва ТВС при разгерметизации:

– полной – $C_{2п} = 1,5,13 \cdot 10^{-8} \cdot 0,3 = 1,539 \cdot 10^{-8}$ 1/год;

– частичной – $C_2 = 1,5,13 \cdot 10^{-7} \cdot 0,3 = 1,539 \cdot 10^{-7}$ 1/год.

Тогда общий индивидуальный риск при разгерметизации РВС составит:

– полной – $R_{\text{инд.полн.}} = R_{C1п} + R_{C2п} = 4,95 \cdot 10^{-6} + 1,539 \cdot 10^{-8} = 4,96 \cdot 10^{-6}$ 1/год;

– частичной – $R_{\text{инд.част.}} = R_{C1} + R_{C2} = 4,95 \cdot 10^{-5} + 1,539 \cdot 10^{-7} = 4,96 \cdot 10^{-5}$ 1/год.

В работе рассмотрению подлежали только 10 РВС. При учете всего оборудования нефтебазы (ж/д цистерна, трубопровод от ж/д цистерны до насосной, насосная, трубопровод от насосной до резервуарного парка; трубопровод от резервуарного парка до автоматизированной станции налива (АСН), АСН, трубопровод от АСН до автоцистерны; автоцистерна) общий индивидуальный риск будет равен [6]:

$$R_{\text{инд.общ.}} = 1,5673 \cdot 10^{-4} \text{ 1/год.}$$

В результате расчетов можно сделать выводы о превышении уровня индивидуального риска приемлемым значениям.

В данном случае получается неприемлемый вариант, так как значение приемлемого риска находится в диапазоне $10^{-4} \geq R_{\text{инд}} \leq 10^{-5}$, следовательно, необходимо разработать меры по его снижению. Данные мероприятия включают комплекс организационно-технических мероприятий, направленный на снижение риска аварийных ситуаций, представленный в работе [1].

Таким образом, моделирование сценариев развития ЧС и расчет риска в резервуарном парке нефтебазы поможет разработать технические решения для снижения числа аварийных ситуаций, уменьшения материального ущерба, экологической опасности и, самое главное, свести к минимуму гибель обслуживающего персонала и штатных подразделений пожарной охраны.

Литература

1. Воронин С.В., Скрипник И.Л., Кадочникова Е.Н. Анализ снижения пожарной опасности резервуарных парков // Проблемы управления рисками в техносфере. 2018. № 4 (48). С. 15–20.
2. Реализация технологии управления свойствами наноструктур в жидких углеводородах для снижения пожарного риска на объектах нефтегазового комплекса / А.В. Иванов [и др.] // Вестник Уральского института ГПС МЧС России. 2019. № 2 (23). С. 49–58.
3. Хуснутдинова И.Г. Разработка методики оценки ресурса безопасной эксплуатации технологических трубопроводов на основе электромагнитно-акустического эффекта: автореф. канд. техн. наук. Уфа, 2018. 24 с.
4. Приймак В.В. Методика комплексного технологического аудирования для управления пожарной безопасностью объектов хранения нефтепродуктов: автореф. канд. техн. наук. СПб., 2018. 23 с.
5. Иванов А.В., Скрипник И.Л., Воронин С.В. Уменьшение процесса коррозии металла при воздействии переменного частотно-модулированного сигнала // Проблемы управления рисками в техносфере. 2019. № 1 (49). С. 14–24.
6. Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах (утв. Приказом Ростехнадзора от 11 апр. 2016 г. № 144). М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2016. 51 с.

References

1. Voronin S.V., Skripnik I.L., Kadochnikova E.N. Analiz snizheniya pozharnoj opasnosti rezervuarnyh parkov // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2018. № 4 (48). S. 15–20.

2. Realizaciya tekhnologii upravleniya svojstvami nanostruktur v zhidkih uglevodorodah dlya snizheniya pozharnogo riska na ob"ektah neftegazovogo kompleksa / A.V. Ivanov [i dr.] // Vestnik Ural'skogo instituta GPS MCHS Rossii. 2019. № 2 (23). S. 49–58.

3. Husnutdinova I.G. Razrabotka metodiki ocenki resursa bezopasnoj ekspluatatsii tekhnologicheskikh truboprovodov na osnove elektromagnitno-akusticheskogo effekta: avtoref. kand. tekhn. nauk. Ufa, 2018. 24 s.

4. Prijmak V.V. Metodika kompleksnogo tekhnologicheskogo audirovaniya dlya upravleniya pozharnoj bezopasnost'yu ob"ektov hraneniya nefteproduktov: avtoref. kand. tekhn. nauk. SPb., 2018. 23 s.

5. Ivanov A.V., Skripnik I.L., Voronin S.V. Umen'shenie processa korrozii metalla pri vozdeystvii peremennogo chastotno-modulirovannogo signala // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2019. № 1 (49). S. 14–24.

6. Metodicheskie osnovy po provedeniyu analiza opasnostej i ocenki riska avarij na opasnykh proizvodstvennykh ob"ektah (utv. Prikazom Rostekhnadzora ot 11 apr. 2016 g. № 144). M.: ZAO NTC PB, 2016. 51 s.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

**А.Ю. Андриюшкин, кандидат технических наук, доцент.
Балтийский государственный технический университет
«ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.**

Е.О. Афанасьев;

**Е.Н. Кадочникова, кандидат технических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрены конструкции теплоизоляции стыков труб и технология их изготовления. Проведен анализ конструктивных и технологических причин возникновения дефектов теплогидроизоляции стыков. Предложена конструкция теплогидроизоляции стыка повышенной герметичности и надежности, в которую введено лакокрасочное покрытие.

Ключевые слова: теплоизоляция, гидроизоляция, пенополиуретан, тепловая сеть, герметичность, трубопровод

ENSURING THE SAFETY OF OPERATION OF HEATING NETWORKS

A.Yu. Andryushkin. Baltic state technical university «VOENMEH» them. D.F. Ustinov.

E.O. Afanasiev; E.N. Kadochnikova.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Structures of heat insulation of pipe joints and technology of their manufacturing are considered in the work. Analysis of structural and technological causes of defects of thermal and hydraulic insulation of joints was carried out. Proposed is design of heat-hydraulic insulation of joint of increased tightness and reliability, in which paint coating is introduced.

Keywords: thermal insulation, waterproofing, polyurethane foam, heating systems, airtightness, pipeline

Анализ текущего состояния систем теплоснабжения показывает, что необходимо существенное уменьшение потерь тепла, примерно на 60 %. Во многом такая ситуация сложилась из-за применения консервативных конструктивно-технологических решений при проектировании и прокладке тепловых сетей. Преимущественно прокладку тепловых сетей ведут в каналах, а в качестве теплоизоляции применяют минеральную вату. Минеральная вата является самым распространенным теплоизоляционным материалом, используемым на протяжении более 50 лет, однако ее теплоизоляционные свойства значительно уступают современным материалам. В результате срок службы таких трубопроводов не превышает 10 лет, а тепловые потери значительны. Поэтому многие тепловые сети требуют срочного капитального ремонта или полной замены, что требует значительных финансовых затрат [1–5].

Особое внимание при монтаже трубопроводов уделяют теплогидроизоляции стыков труб. Сначала формируют гидроизоляцию стыка из материала, подобного наружной защитной оболочке труб, а затем эту гидроизоляцию заполняют теплоизоляцией – пенополиуретаном (ППУ). Для формирования гидроизоляции используют термоусаживаемые муфты при полиэтиленовой защитной оболочке труб, а при оцинкованной защитной оболочке труб – оцинкованные кожухи. Для обеспечения приемлемого качества теплогидроизоляции стыка промышленность выпускает комплекты для заделки стыков труб, включающие необходимые материалы и приспособления. Использование качественных материалов и соблюдение технологии монтажа гарантирует надежную работу трубопровода [6–13].

Конструкция теплогидроизоляции стыков

После сварки стальных труб устанавливают гидроизоляцию – термоусаживаемую муфту (рис. 1) или разъемный оцинкованный кожух (рис. 2).

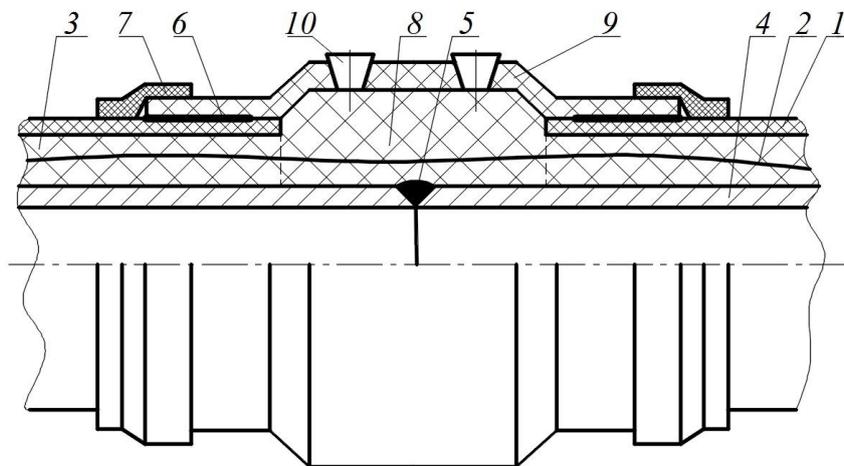


Рис. 1. Теплогидроизоляция стыка: 1 – оболочка полиэтиленовая; 2 – провод системы оперативно-дистанционного контроля (СОДК); 3 – ППУ трубы; 4 – труба стальная; 5 – шов сварной; 6 – адгезивная лента; 7 – манжета термоусаживаемая; 8 – ППУ стыка; 9 – муфта термоусаживаемая; 10 – пробка

Для обеспечения герметичности нахлесточное соединение между защитной оболочкой и краем муфты (кожуха) уплотняют адгезивной лентой или герметиком. Края муфты термоусаживают, а края разъемного оцинкованного кожуха фиксируют заклепками или саморезами. Для повышения герметичности нахлесточное соединение дополнительно уплотняют термоусаживаемой манжетой.

Теплоизоляцию стыка из ППУ формируют заливкой внутрь муфты или кожуха реакционной смеси через отверстие, просверливаемое сверху. Рядом с первым отверстием выполняют второе отверстие для дренажа воздуха. После вспенивания и отверждения ППУ в отверстия термоусаживаемой муфты вваривают пробки (рис. 1), а отверстия в оцинкованном кожухе закрывают с помощью адгезивной ленты (герметика) и крышки, фиксируемой заклепками или саморезами (рис. 2).

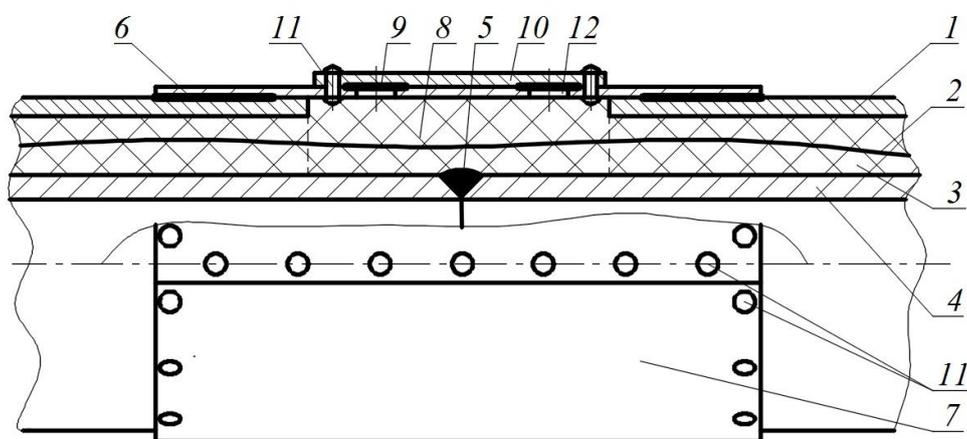


Рис. 2. Теплогидроизоляция стыка: 1 – оболочка оцинкованная; 2 – провод СОДК; 3 – ППУ трубы; 4 – труба стальная; 5 – шов сварной; 6 – адгезивная лента; 7 – разъемный оцинкованный кожух; 8 – ППУ стыка; 9 – герметик; 10 – крышка; 11 – заклепка; 12 – отверстие

Технология теплогидроизоляции стыков

Типовой технологический процесс теплогидроизоляции стыка включает следующие операции:

1. Термоусаживаемую муфту устанавливают на трубу перед сваркой. Разъемный оцинкованный кожух может быть установлен после сварки.

2. Подготавливают стык к теплогидроизоляции. Очищают зону стыка от грязи, пыли, влаги и удаляют с торцов теплоизоляции наружный слой увлажненного ППУ на 20–50 мм. Стальную трубу со сварным швом зачищают до металлического блеска.

3. Соединяют провода СОДК, устанавливая их на некотором расстоянии от поверхности стальной трубы с помощью специальных держателей.

4. Подготавливают наружную поверхность защитной оболочки с обеих сторон стыка, ее зачищают и обезжиривают.

5. Нагревают газовой горелкой подготовленные поверхности защитных оболочек с обеих сторон стыка до 100–120 °С и наклеивают адгезивную ленту.

6. Перемещают и центрируют предварительно надетую на трубу термоусаживаемую муфту или устанавливают разъемный оцинкованный кожух симметрично относительно середины стыка. Равномерно по окружности усаживают с помощью газовой горелки края термоусаживаемой муфты. Нагретые нахлесточные соединения стягивают бандажными ремнями. Края оцинкованного кожуха также стягивают бандажными ремнями и фиксируют нахлесточные соединения саморезами или заклепками.

7. Просверливают сверху в термоусаживаемой муфте или оцинкованном кожухе одно отверстие, в которое устанавливают устройство для опрессовки воздухом внутренней полости стыка под давлением 0,05 МПа. Контролируют давление в течение пяти минут, падение давления недопустимо. Просверливают сверху термоусаживаемой муфты или оцинкованного кожуха второе отверстие для выхода воздуха.

8. Готовят заливочную реакционную смесь ППУ, заливают ее через одно из отверстий во внутреннюю полость стыка. Отметим, что возможна теплоизоляция стыка с помощью заводского пенопакета, состоящего из строго дозированных компонентов ППУ, перемешиваемых перед применением.

9. В термоусаживаемой муфте во время вспенивания и отверждения ППУ отверстия предохраняют пробками с дренажными каналами, через которые выходит незначительное количество пены, что свидетельствует о заполнении внутренней полости стыка ППУ. После отверждения ППУ удаляют дренажные пробки и обрабатывают отверстия конической фрезой, в конические отверстия вваривают полиэтиленовые пробки. На металлическом кожухе после вспенивания и отверждения ППУ места вокруг отверстий зачищают, обезжиривают и наносят герметик, устанавливают крышку. Крышку прижимают к оцинкованному кожуху бандажными ремнями и фиксируют по контуру саморезами или заклепками.

Опыт эксплуатации тепловых сетей показывает, что конструкция теплогидроизоляции стыков и технология ее формирования имеет ряд существенных недостатков. Конструктивные недостатки и технологические отклонения при формировании теплогидроизоляции приводят к появлению дефектов. В процессе эксплуатации трубопровода эти дефекты развиваются и приводят к повреждениям и авариям. Процессы деградации весьма быстротечны, долговечность трубопровода не превышает нескольких лет [14, 15].

Улучшение герметичности конструкции теплогидроизоляции стыка должно быть экономически приемлемым, при этом действующая технология не должна существенно усложняться. Перспективным решением, повышающим герметичность теплогидроизоляции стыков труб, является применение антикоррозионных лакокрасочных покрытий. Целесообразно нанесение лакокрасочного покрытия на наружную поверхность стальной трубы и торцы теплоизоляции труб (рис. 3).

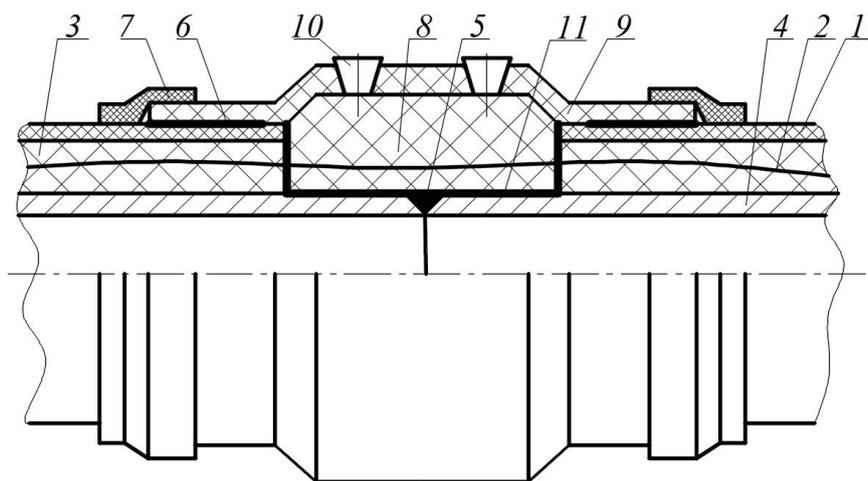


Рис. 3. Теплогидроизоляция стыка: 1 – оболочка полиэтиленовая; 2 – провод СОДК; 3 – ППУ трубы; 4 – труба стальная; 5 – шов сварной; 6 – адгезивная лента; 7 – манжета термоусаживаемая; 8 – ППУ стыка; 9 – муфта термоусаживаемая; 10 – пробка; 11 – лакокрасочное покрытие

Лакокрасочные покрытия легко наносятся, возможна защита конструкций любых габаритов и сложной конфигурации. Нанесение лакокрасочного покрытия является достаточно простой технологической операцией и хорошо встраивается в технологию теплогидроизоляции стыка труб.

Рационально применение системы лакокрасочного покрытия, состоящего из двух слоев: грунтовочного слоя, обеспечивающего высокую адгезию покрытия к стальной трубе, изоляционного слоя, обеспечивающего герметичность. Высокими герметизирующими свойствами и хорошей адгезией к ППУ обладают антикоррозионные покрытия на полиуретановой основе.

Введение в конструкцию теплогидроизоляции стыка лакокрасочного покрытия улучшает герметичность и повышает долговечность конструкции. Однако увлажненная теплоизоляция стыка обуславливает большие теплотери, а лакокрасочное покрытие лишь частично препятствует теплоотводу от стенки стальной трубы.

Таким образом, лакокрасочное покрытие значительно повышает надежность гидроизоляции стыка труб, что снижает опасность возникновения аварийных отказов, связанных с полной потерей работоспособности трубопровода и разливом теплоносителя, а предложенная улучшенная конструкция теплогидроизоляции стыка труб снижает опасность возникновения аварийных отказов, связанных с полной потерей работоспособности тепловой сети и разливом теплоносителя.

Литература

1. Павлова Д.В. Анализ и проблемы исследований труб централизованного теплоснабжения с предварительной изоляцией из ППУ и ППМ // Современные научные исследования и инновации. 2016. № 5. С. 70–76.
2. Гарбер Ю.И. Эффективность изоляционных покрытий, нанесенных в трассовых условиях // Строительство трубопроводов. 1992. № 7. С. 21–24.
3. Слепченко В.С., Петраков Г.П. Повышение энергоэффективности теплоизоляции трубопроводов тепловых сетей северных и северо-восточных регионов России // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 4 (22). С. 26–32.
4. Петраков Г.П. Срок службы пластиковых труб в пенополиуретановой изоляции, применяемых для систем теплоснабжения // Инженерно-строительный журнал. 2012. Т. 29. № 3. С. 54–62.

5. Ковалевский В.Б. Энергоэффективность тепловых сетей бесканальной прокладки // *Новости теплоснабжения*. 2010. № 1. С. 40–43.
6. Ботвин А.Н., Баранов М.А., Лейтман А.И., Агапов Р.В., Логунов В.В., Юдин М.Ю. Устройство для изоляции стыков трубопроводов: пат. № 138576 МПК F16L 1/024; заяв. и патентообл. ЗАО «Санкт-Петербургский завод гальванических покрытий № 1»; заявка: 2013122437 от 15.05.2013; опубл. 20.03.2014, Бюл. № 8 // *Официальный сайт ФИПС*. URL: www1.fips.ru (дата обращения: 04.11.2019).
7. Энтони Коста, Бент Якобсен, Кухтин В.Г. Теплоизоляционный стык предварительно теплоизолированных трубопроводов и способов его выполнения: пат. № 2145688 МПК F16L 59/20; заяв. и патентообл. ЗАО «МосФлоулайн»; заявка 99114861 от 12.07.1999; опубл. 20.02.2000, Бюл. № 5 // *Официальный сайт ФИПС*. URL: www1.fips.ru. (дата обращения: 04.11.2019).
8. Багдасарян Э.П., Калантарян С.Ш., Романов В.Д. Комплекс для изоляции сварных стыков труб: пат. № 2267692 МПК F16L 58/16; заяв. и патентообл. Багдасарян Э.П.; заявка 2004118809 от 23.06.2004; опубл. 10.01.2006, Бюл. № 1 // *Официальный сайт ФИПС*. URL: www1.fips.ru. (дата обращения: 04.11.2019).
9. Пахомов А.А., Гнидин А.П. Способ изготовления пенополимерной теплоизоляции на трубах: пат. № 2374552 МПК F16L 59/00; заявка: 2007143288 от 21.11.2007; опубл. 27.11.2007, Бюл. № 33 // *Официальный сайт ФИПС*. URL: www1.fips.ru. (дата обращения: 04.11.2019).
10. Сапсай А.Н., Ревин П.О., Суриков В.И., Фридлянд И.Я., Павлов В.В., Шотер П.И. Способ теплоизоляции сварных соединений предварительно изолированных труб при надземной прокладке трубопровода: пат. № 2575522 МПК F16L 59/20; заяв. и патентообл. ОАО «АК «Транснефть», ООО «НИИ ТНН»; заявка: 2014110675 от 20.03.2014; опубл. 20.02.2016, Бюл. № 5 // *Официальный сайт ФИПС*. URL: www1.fips.ru. (дата обращения: 04.11.2019).
11. Сапсай А.Н., Скуридин Н.Н., Суриков В.И., Фридлянд И.Я., Павлов В.В., Шотер П.И. Способ теплоизоляции сварных соединений предварительно изолированных труб при подземной прокладке трубопровода: пат. № 2575528 МПК F16L 59/20; заяв. и патентообл. ОАО «АК «Транснефть», ООО «НИИ ТНН»; заявка: 2014110676 от 20.03.2014; опубл. 27.09.2015, Бюл. № 27 // *Официальный сайт ФИПС*. URL: www1.fips.ru. (дата обращения: 04.11.2019).
12. Сапсай А.Н., Суриков В.И., Фридлянд И.Я., Павлов В.В., Шотер П.И., Ревин П.О. Способ противопожарной и тепловой изоляции сварных соединений предварительно изолированных труб при надземной прокладке трубопровода: пат. № 2575533 МПК F16L 59/20; заяв. и патентообл. ОАО «АК «Транснефть», ООО «НИИ ТНН»; заявка: 2014110677 от 20.03.2014; опубл. 27.09.2015, Бюл. № 27 // *Официальный сайт ФИПС*. URL: www1.fips.ru. (дата обращения: 04.11.2019).
13. Павлюк Е.С., Наркевич С.Л. Способ герметизации стыка предварительно изолированных труб с использованием термоусаживаемой муфты: пат. № 2610980 МПК F16L 13/00; заяв. и патентообл. ЗАО «СМИТ-ГРУПП»; заявка: 2015144711 от 19.10.2015; опубл. 17.02.2017, Бюл. № 5 // *Официальный сайт ФИПС*. URL: www1.fips.ru. (дата обращения: 04.11.2019).
14. Шойхет Б.М. Проектирование тепловой изоляции трубопроводов тепловых сетей // *Энергосбережение*. 2015. № 1. С. 50–55.
15. Мухаметрахимов Р.Х., Панченко А.А. Особенности технологии изготовления, монтажа и контроля качества трубопроводов в ППУ ПЭ изоляции // *Известия КГАСУ*. 2018. № 2 (44). С. 246–254.

References

1. Pavlova D.V. Analiz i problemy issledovaniy trub centralizovannogo teplosnabzheniya s predvaritel'noj izolyaciej iz PPU i PPM // *Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovacii*. 2016. № 5. С. 70–76.

2. Garber Yu.I. Effektivnost' izolyacionnyh pokrytij, nanesennyh v trassovyh usloviyah // Stroitel'stvo truboprovodov. 1992. № 7. S. 21–24.
3. Slepchenok V.S., Petrakov G.P. Povyshenie energoeffektivnosti teploizolyacii truboprovodov teplovyh setej severnyh i severo-vostochnyh regionov Rossii // Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal. 2011. № 4 (22). S. 26–32.
4. Petrakov G.P. Srok sluzhby plastikovyh trub v penopoliuretanovoj izolyacii, primenyaemyh dlya sistem teplosnabzheniya // Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal. 2012. T. 29. № 3. S. 54–62.
5. Kovalevskij V.B. Energoeffektivnost' teplovyh setej beskanal'noj prokladki // Novosti teplosnabzheniya. 2010. № 1. S. 40–43.
6. Botvin A.N., Baranov M.A., Lejtman A.I., Agapov R.V., Logunov V.V., Yudin M.Yu. Ustrojstvo dlya izolyacii stykov truboprovodov: pat. № 138576 MPK F16L 1/024; zayav. i patentoobl. ZAO «Sankt-Peterburgskij zavod gal'vanicheskikh pokrytij № 1»; zayavka: 2013122437 ot 15.05.2013; opubl. 20.03.2014, Byul. № 8 // Oficial'nyj sajt FIPS. URL: www1.fips.ru (data obrashcheniya: 04.11.2019).
7. Entoni Kosta, Bent Yakobsen, Kuhtin V.G. Teploizolyacionnyj styk predvaritel'no teploizolirovannyh truboprovodov i sposobov ego vypolneniya: pat. № 2145688 MPK F16L 59/20; zayav. i patentoobl. ZAO «MosFloulajn»; zayavka 99114861 ot 12.07.1999; opubl. 20.02.2000, Byul. № 5 // Oficial'nyj sajt FIPS. URL: www1.fips.ru. (data obrashcheniya: 04.11.2019).
8. Bagdasaryan E.P., Kalantaryan S.Sh., Romanov V.D. Kompleks dlya izolyacii svarnyh stykov trub: pat. № 2267692 MPK F16L 58/16; zayav. i patentoobl. Bagdasaryan E.P.; zayavka 2004118809 ot 23.06.2004; opubl. 10.01.2006, Byul. № 1 // Oficial'nyj sajt FIPS. URL: www1.fips.ru. (data obrashcheniya: 04.11.2019).
9. Pahomov A.A., Gnidin A.P. Sposob izgotovleniya penopolimernoj teploizolyacii na trubah: pat. № 2374552 MPK F16L 59/00; zayavka: 2007143288 ot 21.11.2007; opubl. 27.11.2007, Byul. № 33 // Oficial'nyj sajt FIPS. URL: www1.fips.ru. (data obrashcheniya: 04.11.2019).
10. Sapsaj A.N., Revin P.O., Surikov V.I., Fridlyand I.Ya., Pavlov V.V., Shoter P.I. Sposob teploizolyacii svarnyh soedinenij predvaritel'no izolirovannyh trub pri nadzemnoj prokladke truboprovoda: pat. № 2575522 MPK F16L 59/20; zayav. i patentoobl. OAO «AK «Transneft'», OOO «NII TNN»; zayavka: 2014110675 ot 20.03.2014; opubl. 20.02.2016, Byul. № 5 // Oficial'nyj sajt FIPS. URL: www1.fips.ru. (data obrashcheniya: 04.11.2019).
11. Sapsaj A.N., Skuridin N.N., Surikov V.I., Fridlyand I.Ya., Pavlov V.V., SHoter P.I. Sposob teploizolyacii svarnyh soedinenij predvaritel'no izolirovannyh trub pri podzemnoj prokladke truboprovoda: pat. № 2575528 MPK F16L 59/20; zayav. i patentoobl. OAO «AK «Transneft'», OOO «NII TNN»; zayavka: 2014110676 ot 20.03.2014; opubl. 27.09.2015, Byul. № 27 // Oficial'nyj sajt FIPS. URL: www1.fips.ru. (data obrashcheniya: 04.11.2019).
12. Sapsaj A.N., Surikov V.I., Fridlyand I.Ya., Pavlov V.V., Shoter P.I., Revin P.O. Sposob protivopozharnoj i teplovoj izolyacii svarnyh soedinenij predvaritel'no izolirovannyh trub pri nadzemnoj prokladke truboprovoda: pat. № 2575533 MPK F16L 59/20; zayav. i patentoobl. OAO «AK «Transneft'», OOO «NII TNN»; zayavka: 2014110677 ot 20.03.2014; opubl. 27.09.2015, Byul. № 27 // Oficial'nyj sajt FIPS. URL: www1.fips.ru. (data obrashcheniya: 04.11.2019).
13. Pavlyuk E.S., Narkevich S.L. Sposob germetizacii styka predvaritel'no izolirovannyh trub s ispol'zovaniem termousazhivaemoj mufty: pat. № 2610980 MPK F16L 13/00; zayav. i patentoobl. ZAO «SMIT-GRUPP»; zayavka: 2015144711 ot 19.10.2015; opubl. 17.02.2017, Byul. № 5 // Oficial'nyj sajt FIPS. URL: www1.fips.ru. (data obrashcheniya: 04.11.2019).
14. Shojhet B.M. Proektirovanie teplovoj izolyacii truboprovodov teplovyh setej // Energoberezenie. 2015. № 1. S. 50–55.
15. Muhametrahimov R.H., Panchenko A.A. Osobennosti tekhnologii izgotovleniya, montazha i kontrolya kachestva truboprovodov v PPU PE izolyacii // Izvestiya KGASU. 2018. № 2 (44). S. 246–254.

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОБРАЩЕНИИ С ОПАСНЫМИ ГРУЗАМИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Б.В. Гавкалюк, кандидат технических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

В.И. Гуменюк, доктор технических наук, профессор.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Рассмотрена роль железнодорожного транспорта, его преимущества. Проведен анализ пожаров, происходящих при обращении с опасными грузами на железнодорожном транспорте. Определены основные направления совершенствования системы обеспечения пожарной безопасности.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, опасные грузы, легковоспламеняющиеся жидкости, горючие жидкости, сжиженные газы, пожарная безопасность

PROBLEMS OF FIRE SAFETY WHEN HANDLING DANGEROUS GOODS ON RAILWAY TRANSPORT

B.V. Gavkaluk. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.

V.I. Gumenyuk. Peter the Great Saint-Petersburg polytechnic university

The role of railway transport and its advantages are considered. The analysis of the fires occurring at the handling of dangerous goods on railway transport is carried out. The main directions of improvement of the fire safety system are defined.

Keywords: railway transport, dangerous goods, flammable liquids, combustible liquids, liquefied gas, fire safety

Одним из основных видов транспорта в Российской Федерации является железнодорожный. Железные дороги обеспечивают создание единого экономического пространства страны, связывают регионы в единое целое. Железнодорожный транспорт активно влияет на развитие внутренних и внешних связей России, обеспечивает ее экономическую и социальную безопасность, удовлетворяет потребности населения в перевозках и обеспечивает необходимый грузооборот. Железнодорожным транспортом перевозится большое количество грузов, в том числе опасных, например, легковоспламеняющихся, самовозгорающихся, радиоактивных, взрывчатых веществ.

Преимущества железнодорожного транспорта определяются возможностью доставки больших количеств грузов, высоким пассажирооборотом, возможностью функционирования вне зависимости от времени года, относительно невысокой себестоимостью перевозок, высокой скоростью доставки, надежностью и безопасностью. Однако, несмотря на все положительные факторы, существуют нерешенные проблемы, в том числе в области обеспечения пожарной безопасности.

Пожары, возникающие при обращении с опасными грузами (ОГ) на железнодорожном транспорте, наносят значительный ущерб жизни и здоровью людей, приводят к значительным материальным потерям, оказывают негативное воздействие на окружающую среду, что влияет на состояние экономики страны. В работе [1] отмечается, что число аварий на железных дорогах России в два–три раза больше аналогичного

показателя в развитых странах. Пожары рассматриваются как наиболее частые происшествия, возникающие при обращении с ОГ.

Анализ статистических данных показывает, что примерно 2/3 от общего количества пожаров происходит на подвижном составе и 1/3 – на стационарных объектах железнодорожного транспорта. Процентное распределение пожаров, произошедших в 2018 г., по видам подвижного состава представлено на рис. 1. В статистику включены пожары на подвижном составе Открытого акционерного общества «Российские железные дороги» (ОАО «РЖД»), дочерних зависимых обществ ОАО «РЖД» и сторонних организаций [2].

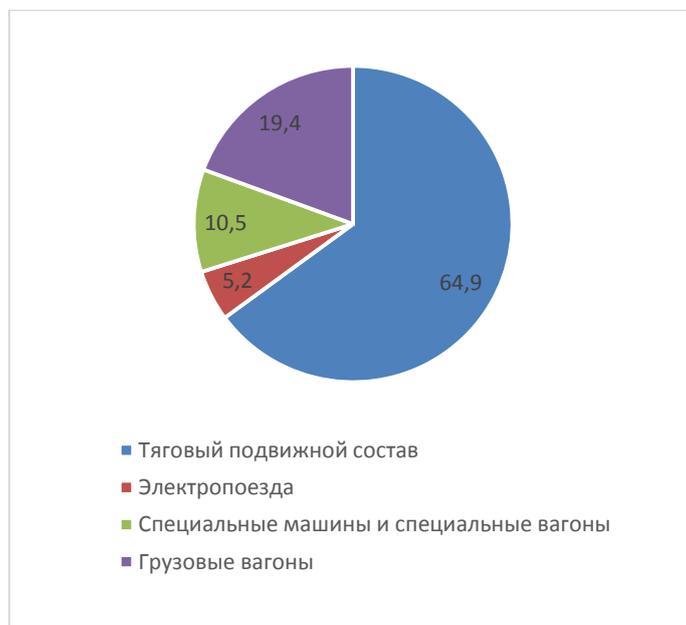


Рис. 1. Процентное распределение пожаров по видам подвижного состава

Пожары, происходящие на грузовом подвижном составе, отличаются сложностью. Так, например, в мае 2013 г. на станции Белая Калитва произошел сход тепловоза и 29 вагонов в составе грузового поезда, которые получили значительные механические повреждения. В результате из восьми железнодорожных цистерн разлилось и воспламенилось подсолнечное масло, две цистерны с пропаном взорвались. Конструкции вагонов и цистерн были разбросаны в радиусе 80 м от железнодорожных путей. В тушении пожара задействованы 12 боевых расчетов Ростовского гарнизона пожарной охраны и три пожарных поезда.

В феврале 2014 г. в Донецкой области во время прохождения грузового поезда с 62 цистернами с пропан-бутаном 21 цистерна сошла с рельсов, пять из которых загорелись и две взорвались. Погибших и пострадавших не было, однако 250 местных жителей были эвакуированы. В ликвидации пожара принимало участие 59 единиц техники, три пожарных и два восстановительных поезда.

При пожарах цистерн с легковоспламеняющимися (ЛВЖ) и горючими жидкостями (ГЖ) возможно:

- взрыв цистерны под воздействием на нее открытого пламени и теплового излучения, при этом высота факела может составить 50 м. При взрыве одной железнодорожной цистерны возможно увеличение площади пожара до 1 500 м²;

- взрыв паровоздушной смеси при утечке;

- разлив ЛВЖ и ГЖ и возможность быстрого распространения пожара по поверхности разлива, при этом площадь пожара может составить 10–35 тыс. м², скорость распространения пламени – до 40 м/мин [3];

- воспламенение промасленного слоя на поверхности цистерн под воздействием открытого пламени и теплового излучения;
- горение паров жидкости над горловиной цистерны и предохранительными клапанами;
- возникновение огненного шара;
- распространение горения на значительные расстояния, например, при попадании ЛВЖ и ГЖ в ливневую канализацию.

Объекты транспорта являются одними из наиболее опасных объектов сжиженных газов [4]. На сегодняшний день не решены в полном объеме проблемы обеспечения пожаровзрывобезопасности при обращении с сжиженными газами [5].

Анализ статистических данных свидетельствует, что причинами аварий с сжиженными газами являются недостаточные знания их опасных свойств и процессов, происходящих при обращении с ними, недостаточная точность прогнозирования поведения сжиженных газов в условиях аварии, а также случайные факторы, например железнодорожные аварии, стихийные бедствия и т.д. Большинство крупных аварий обусловлены воспламенением образующейся при утечке сжиженных углеводородных газов (СУГ) газовой смеси [4].

Образованием огненного шара радиусом до 120–150 м может сопровождаться горение железнодорожных цистерн с СУГ с последующим факелом пламени длиной до 60 м и возникновением новых очагов пожара. При этом разлет осколков возможен в радиусе 450 м.

При повреждении цистерн и оборудования возможен выход вредных веществ в окружающую среду, что приводит к загрязнению территории и воздушного пространства, затрудняет борьбу с пожарами, а также вызывает необходимость эвакуации населения из прилегающих к месту происшествия районов.

Основными проблемами транспортировки жидких грузов являются: использование подвижного состава, не соответствующего предъявляемым требованиям; устаревшая нормативно-правовая база; человеческий фактор [1].

Одним из основных резервов повышения пожарной безопасности железнодорожного транспорта, улучшения организации грузовых перевозок является устранение причин крушений, аварий, среди которых можно выделить брак в проездной и маневровой работе, низкий уровень трудовой и технологической дисциплины, нарушения при обращении грузов, износ, отказы оборудования, несоблюдение требований безопасности. Безопасность движения поездов рассматривается как состояние защищенности перевозочного процесса от аварийных ситуаций в работе, обеспечивающее сохранность грузов, безопасность пассажиров и персонала, сохранение окружающей природной среды и бесперебойное функционирование железных дорог.

Можно выделить причины пожаров, связанные с действиями персонала:

- нарушение должностных инструкций и инструкций по выполнению технологических операций;
- ошибки при проведении ремонтных работ;
- необоснованные действия при осуществлении погрузо-разгрузочных операций с ОГ;
- несвоевременное и (или) необоснованное принятие решений при необходимости использования систем защиты различного уровня;
- неправильные действия в нештатной ситуации;
- несоблюдение требований безопасности при проведении огневых работ;
- несанкционированное возобновление приостановленных сотрудниками пожарной охраны работ и объектов;
- несоблюдение требований пожарной безопасности;
- эксплуатация неисправного оборудования.

На объектах защиты ОАО «РЖД» осуществляют свою деятельность Государственная противопожарная служба (ГПС) МЧС России, Федеральное государственное предприятие

«Ведомственная охрана железнодорожного транспорта Российской Федерации» (ФГП ВО ЖДТ России), имеющее на вооружении пожарные поезда. В 2018 г. на сети железных дорог в режиме постоянной готовности функционировали 310 пожарных поездов.

В 2018 г. издано новое Положение об эксплуатации и содержании пожарных поездов в ОАО «РЖД» от 30 марта 2018 г. № 284, в котором изменено понятие их функционального предназначения. Пожарные поезда применяются для тушения пожаров и участия в обеспечении пожарной безопасности в местах проведения работ по ликвидации аварийных ситуаций с опасными грузами на объектах структурных подразделений филиалов ОАО «РЖД», на всех видах железнодорожного подвижного состава, а также в полосе отвода железных дорог в пределах их тактико-технических возможностей. В новом положении вместо градации пожарных поездов по категориям введено единое понятие – пожарные поезда. Распределение выездов пожарных поездов на тушение пожаров приведено на рис. 2, 3.



Рис. 2. Выезды пожарных поездов на тушение пожаров на железнодорожном транспорте



Рис. 3. Выезды пожарных поездов для оказания помощи пожарно-спасательным подразделениям МЧС России в тушении пожаров

Успешная локализация и ликвидация пожаров, происходящих с участием ОГ, зависит от согласованности действий органов управления, сил и средств различных видов пожарной охраны, принимающих участие в проведении боевых действий по тушению пожаров на железнодорожном транспорте. Необходима дальнейшая проработка вопросов, связанных с организацией межведомственного взаимодействия при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ, методическим обеспечением процесса.

Изменения, происходящие на железнодорожном транспорте, внедрение в деятельность ОАО «РЖД» научно-технических достижений, усложнение инфраструктуры железнодорожного транспорта опережают уровень противопожарной защиты, что приводит к увеличению ущерба от пожаров.

Как известно, любая техническая система потенциально опасна и вредна. Полностью избежать таких случайных событий, как пожары нельзя, однако решение вопросов, направленных на совершенствование и соблюдение правил перевозки грузов; разработку методов прогнозирования свойств ОГ, их поведения в условиях пожара и мероприятий по ликвидации аварийных ситуаций и их последствий позволит повысить безопасность следования грузовых составов по железным дорогам.

Пожары на железнодорожном транспорте, связанные с транспортировкой опасных грузов, отличаются сложностью организации и проведения боевых действий подразделений пожарной охраны, необходимостью принятия незамедлительных решений, от которых может зависеть жизнь и здоровье людей. Необходимо совершенствование системы обеспечения пожарной безопасности на железнодорожном транспорте. В качестве основных направлений должны быть рассмотрены вопросы прогнозирования поведения ОГ при возникновении и развитии пожара, совершенствования системы нормативного обеспечения пожарной безопасности и взаимодействия подразделений, участвующих в тушении пожаров.

Литература

1. Либерман Б.А., Хмелев А.С. Экологические проблемы транспортировки опасных грузов по железным дорогам России // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2016. № 1 (7). С. 51–54.
2. Анализ состояния пожарной безопасности на объектах и подвижном составе ОАО «РЖД» в 2018 году. М.: ОАО «РЖД», 2019. 14 с.
3. Рекомендации по тушению пожаров на железнодорожном транспорте. СПб.: ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН. 2018. 268 с.
4. Рачевский Б.С. Сжиженные углеводородные газы. М.: Нефть и газ, 2009. 640 с.
5. Абдурагимов И.М., Куприн Г.Н. Нерешенные проблемы пожаровзрывобезопасности энергоресурсов (СУГ и СПГ) как оборотная сторона успехов энергетической стратегии Российской Федерации // Пожаровзрывобезопасность. 2014. Т. 23. № 4. С. 42–50.

References

1. Liberman B.A., Hmelev A.S. Ekologicheskie problemy transportirovki opasnyh грузов po zheleznym dorogam Rossii // Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rossii. 2016. № 1 (7). S. 51–54.
2. Analiz sostoyaniya pozharnoj bezopasnosti na ob"ektah i podvizhnom sostave ОАО «RZHD» v 2018 godu. M.: ОАО «RZHD», 2019. 14 s.
3. Rekomendacii po tusheniyu pozharov na zheleznodorozhnom transporte. SPb.: FGBUN Institut problem transporta im. N.S. Solomenko RAN. 2018. 268 s.
4. Rachevskij B.S. Szhizhennye uglevodorodnye gazy. M.: Neft' i gaz, 2009. 640 s.
5. Abduragimov I.M., Kuprin G.N. Nereshennye problemy pozharovzryvobezopasnosti energoresursov (SUG i SPG) kak oborotnaya storona uspekhev energeticheskoj strategii Rossijskoj Federacii // Pozharovzryvobezopasnost'. 2014. T. 23. № 4. S. 42–50.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ УДАРОВ НА НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

С.В. Саркисов, доктор технических наук, доцент;

А.Н. Корпусов;

Г.В. Макаrchук, кандидат педагогических наук, доцент.

Военный институт (инженерно-технический) Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулева Министерства обороны Российской Федерации

Рассматривается отрицательное воздействие гидравлического удара и применение устройства для исследования гидравлических ударов на насосной станции, что позволит расширить функциональные возможности: проведение исследований на засорённых водах, исследование нестационарных процессов на насосных станциях, в зависимости от режима пуска насоса и при наличии обратного клапана.

Ключевые слова: гидравлический удар, авария, система контроля подачи воды

DEVICE FOR RESEARCHING HYDRAULIC SHOCKS AT A PUMPING STATION

S.V. Sarkisov; A.N. Corpusov; G.V. Makarchuk.

Military institute (engineering) of the Military academy logistics support them army general A.V. Hrulev of the Ministry of defence of Russian Federation

The authors consider the negative impact of water hammer and consider the use of a device for the study of water hammer at a pump station, which will expand functionality: research on clogged waters, the study of unsteady processes at pump stations, depending on the start-up mode of the pump and if there is a check valve.

Keywords: water hammer, accident, water supply control system

Статистика говорит о том, что порядка 60 % разрушений (прорывов) трубопроводов происходит по вине гидравлических ударов.

Гидравлические удары в случае их возникновения могут привести к:

- серьезным авариям на трубопроводах и оборудовании насосных станций;
- разрушениям на строительных конструкциях;
- нарушениям и сбоям технологических процессов.

Поэтому на современном этапе развития науки и техники гидравлические удары как явление требуют более детального рассмотрения и изучения. Несмотря на то, что исследованию этого вопроса посвящены многие работы отечественных и зарубежных авторов, на данный момент с введением мощных вычислительных станций появилась возможность более детально изучить природу этого явления [1–4].

Качественный технический мониторинг на данном этапе практически не возможен без использования и обработки данных на портативных компьютерах, а для этого информация должна иметь цифровой вид и передана или записана на электронный носитель. Предложенное устройство разрабатывалось, в том числе, и для решения этой задачи.

Во время выполнения патентного поиска [5], проведенного с целью определения оптимального решения, было выявлено наличие известного решения – стенда, использующегося для исследования нестационарных процессов в трубопроводе при транспортировке нефтепродуктов или нефти, с возможностью моделирования утечек

жидкости из трубопровода и исследования методов их обнаружения, а также расчета гидравлического удара при закрытии задвижки или сброса в конце трубопровода.

Однако анализ этого известного решения обнаружил следующие недостатки предложенного устройства:

- указанный выше стенд не позволяет проводить исследования на реальных трубопроводах объектов;

- технические особенности такого устройства не позволяют проводить испытания на трубопроводах большого диаметра, а именно от 30 мм;

- данные замеров, полученных предложенным устройством, невозможно записать на электронный носитель для дальнейшей обработки и работы с ними.

Авторами рассматривалась «Система контроля подачи воды» [6].

Система контроля подачи воды состоит из следующих компонентов:

- счетчика, измеряющего расход воды (ультразвукового портативного), оснащенного ВЧ-датчиками;

- датчиков для измерения давления на всасывающей и напорной линиях насоса;

- анализатора параметров электрических сетей – клещей токовых.

В системе контроля подачи воды также предусмотрены:

- контроллер-накопитель данных;

- измеритель данных электрических сетей;

- ультразвуковой толщиномер.

Система контроля подачи воды снабжена системой автономного электропитания и может быть подключена к внешним источникам электрического тока.

Разработанная система может быть подключена к ПК, обеспеченному программами, которые позволяют:

- считывать необходимую информацию из накопителя данных;

- сохранять информацию на жестком диске ПК;

- преобразовывать информацию в формат, пригодный для сохранения, обработки и передачи данных стандартными программами;

- получать результаты в графической форме на экране ПК.

Следует отметить, что данные результаты могут быть получены в режиме реального времени, а также после проведения измерений.

Для предложенной установки характерны ограничения по функциональному использованию, поскольку:

- возможно проведение исследований только на чистой воде, так как при использовании грязной воды будет происходить засорение патрубков, в которых установлены датчики;

- применение такой установки не позволяет исследовать нестационарные процессы на насосных станциях, зависящие от режима пуска и остановки насоса и наличия обратного клапана. Это связано с тем, что измерение давления после насоса осуществляется только в одной точке, а при наличии обратного клапана важно знать давление до и после него. Очевидно, что отсутствие информации о величине и динамике изменения давления в этих точках не позволяет обосновать оптимальный режим работы насосного агрегата, который мог бы позволить избежать гидравлического удара.

С целью исключения указанных выше недостатков было принято решение о разработке нового технического решения, задачей которого должно стать усовершенствование рассмотренного выше способа с целью расширения функциональных возможностей известного устройства [7].

Эта задача решалась следующим образом. Известное и рассмотренное выше устройство, имеющее в своем составе два датчика давления, напорную линию, архиватор данных, мобильный компьютер дополнительно снабжено:

- измерительными узлами, включающими последовательно соединённые отводной патрубок с закреплённой внутри него предохранительной сеткой и разделителем сред, расположенным внутри участка;

- регулируемым приводом для работы насоса;
- необходимыми линиями связи.

При этом данное устройство выполнено таким образом, что:

- последовательно соединены: трубопровод, обратный клапан, напорная линия насоса и насос, работающий с преобразователем частоты;
- архиватор данных соединен с выходами датчиков давления, вход портативного компьютера соединён с выходом контроллера-архиватора получаемых данных;
- второй измерительный узел соединен с трубопроводом, а первый с напорной линии рассматриваемого насоса;
- датчики давления соединены с разделителями сред и соединительными участками.

По сравнению с существующей системой, предлагаемая имеет некоторые отличия:

- добавлен обратный клапан;
- в устройство установлен насос с регулируемым приводом;
- выполнено последовательное соединение трубопровода, обратного клапана, напорной линии и насоса с регулируемым приводом;
- устройство снабжено двумя измерительными узлами;
- измерительные узлы рассматриваются в виде последовательно соединённых отводного патрубка, трёхходового крана, соединительного участка, разделителя сред, с присоединённым к нему манометром, находящегося внутри соединительного участка;
- соединение первого измерительного узла с напорной линией насоса, а второго измерительного узла с трубопроводом;
- датчики давления соединены с разделителями сред и соединительными участками.

В качестве примера работы устройства на рисунке показана динамика изменения давления в напорной линии насоса в зависимости от временного промежутка t_n с плавной остановки насосного агрегата. Линией 1 на рисунке обозначена динамика изменения давления при $t_n=0$ сек., линией 2 – тоже, при $t_n=11$ сек., линией 3 – тоже, при $t_n=16$ сек., линией 4 – тоже, при $t_n=33$ сек.

Из графика видно, что при увеличении промежутка времени t_n плавной остановки насоса появляется закономерность одновременного снижения давления, возникающего при гидравлическом ударе, и увеличения времени при измерении, после которого он происходит. Например, при остановке насоса с $t_n=0$ сек. давление, возникающее при гидравлическом ударе, в шесть раз больше статического давления, а при $t_n=33$ сек. в два раза. В результате проведения исследований [8] выявлена закономерность, которая позволяет определить необходимый временной промежуток t_n плавной остановки насоса, при котором величина гидравлического удара не будет иметь критическое значение.

Таким образом, применение разработанного устройства позволяет получить несколько положительных эффектов при эксплуатации насосных станций на объектах различного, в том числе оборонного назначения.

Появляется возможность проведения исследований на загрязненной воде, поскольку не будут засоряться патрубки с датчиками давления.

Появляется возможность исследования нестационарных процессов на насосных станциях, в зависимости от режимов работы насосных агрегатов с обратным клапаном. Это достигается благодаря возможности производить изменения давления, возникающего во время гидравлического удара, после обратного клапана и до него.

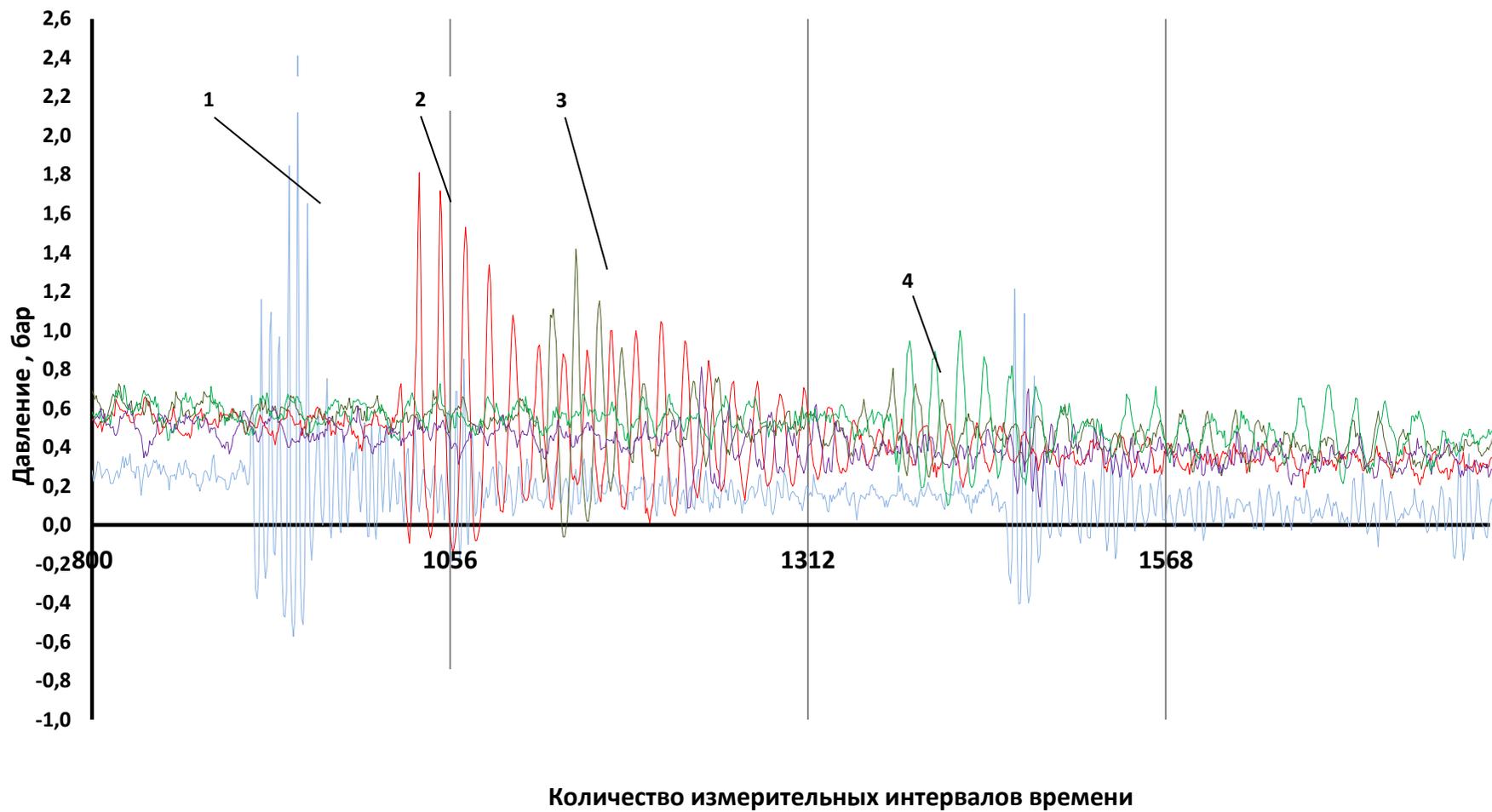


Рис. Изменение давления в напорной линии насоса в зависимости от времени остановки насоса

Литература

1. СП 31.13330.2012. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. М., 2013.
2. Булат Р.Е., Игнатчик В.С., Саркисов С.В. Направления научно-исследовательских работ военного института (инженерно-технического) на современном этапе развития // Военный инженер. 2017. № 1 (3). С. 29–32.
3. Булат Р.Е., Саркисов С.В., Вакуненко В.А. Повышение эффективности функционирования жилищно-коммунального хозяйства Министерства обороны Российской Федерации // Военный инженер. 2018. № 4 (10). С. 32–39.
4. Методика оценки энергоэффективности работы насосов системы водоснабжения на нефиксированную сеть с учетом надежности / С.В. Саркисов [и др.] // Научные проблемы материально-технического обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации. 2017. С. 305–314.
5. Пат. RU 179 754 U1; опубл. 23.05.2018, Бюл. № 15.
6. Пат. RU 81817 U1; опубл. 27.03.2009, Бюл. № 9.
7. Саркисов С.В., Гринев А.П., Винокуров П.В. Исследования гидроудара в напорных трубопроводах на объектах МО РФ // Научные проблемы материально-технического обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации. 2018. № 3 (9). С. 204–212.
8. Саркисов С.В., Гринев А.П., Винокуров П.В. Исследование работы насосов при перекачке сточных вод на объектах военной инфраструктуры // Научные проблемы материально-технического обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации. 2018. № 1 (7). С. 289–301.

References

1. SP 31.13330.2012. Vodosnabzhenie. Naruzhnye seti i sooruzheniya. M., 2013.
2. Bulat R.E., Ignatchik V.S., Sarkisov S.V. Napravleniya nauchno-issledovatel'skih работ voennogo instituta (inzhenerno-tekhnicheskogo) na sovremennom etape razvitiya // Voennyj inzhener. 2017. № 1 (3). S. 29–32.
3. Bulat R.E., Sarkisov S.V., Vakunenkov V.A. Povyshenie effektivnosti funkcionirovaniya zhilishchno-kommunal'nogo hozyajstva Ministerstva oborony Rossijskoj Federacii // Voennyj inzhener. 2018. № 4 (10). S. 32–39.
4. Metodika ocenki energoeffektivnosti raboty nasosov sistemy vodosnabzheniya na nefiksirovannuyu set' s uchetom nadezhnosti / S.V. Sarkisov [i dr.] // Nauchnye problemy material'no-tekhnicheskogo obespecheniya Vooruzhennyh Sil Rossijskoj Federacii. 2017. S. 305–314.
5. Pat. RU 179 754 U1; opubl. 23.05.2018, Byul. № 15.
6. Pat. RU 81817 U1; opubl. 27.03.2009, Byul. № 9.
7. Sarkisov S.V., Grinev A.P., Vinokurov P.V. Issledovaniya gidroudara v napornyh truboprovodah na ob"ektah MO RF // Nauchnye problemy material'no-tekhnicheskogo obespecheniya Vooruzhennyh Sil Rossijskoj Federacii. 2018. № 3 (9). S. 204–212.
8. Sarkisov S.V., Grinev A.P., Vinokurov P.V. Issledovanie raboty nasosov pri perekachke stochnyh vod na ob"ektah voennoj infrastruktury // Nauchnye problemy material'no-tekhnicheskogo obespecheniya Vooruzhennyh Sil Rossijskoj Federacii. 2018. № 1 (7). S. 289–301.

ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ КУЛЬТОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

А.В. Скрипка, кандидат технических наук;

Л.И. Мельникова;

С.В. Ильницкий.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены вопросы обеспечения пожарной безопасности в культовых зданиях на территории Российской Федерации. Проведен анализ возникновения пожаров в культовых зданиях и возможных негативных последствий для жизни и здоровья граждан, материальных ценностей, а также влияния на общественную жизнь верующих.

Ключевые слова: культовое здание, здания и сооружения, религия, пожарная опасность, категория помещений

FIRE DANGER OF RELIGIOUS BUILDINGS

A.V. Skripka; L.I. Melnikova; S.V. Ilnitsky.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The issues of ensuring fire safety in religious buildings on the territory of the Russian Federation are considered. The analysis of the occurrence of fires in religious buildings and possible negative consequences for the life and health of citizens, material values, as well as the impact on the public life of believers.

Keywords: religious building, buildings and structures, religion, fire hazard, category of premises

По общепринятому определению культовым зданием принято считать отдельно расположенное сооружение или комплекс сооружений для культовых, религиозных нужд, служения Богу [1].

На этапе проектирования и строительства культовых зданий руководствуются двумя основными направлениями:

– консервативный образ – соблюдение традиционных и исторических правил возведения культовых зданий, основанных на опыте из прошлого (шаблонная архитектура);

– современный метод – применение самых современных и инновационных направлений и тенденций в области архитектурно-строительного и технического искусства на момент проектирования и строительства.

Как во всех остальных видах зданий и сооружений, не исключено возникновение пожаров в культовых зданиях, независимо от религиозной принадлежности, будь то церковь, синагога, мечеть, буддийский храм и т.д. Следует отметить, что культовые здания относятся к объектам с массовым пребыванием людей, что в случае пожара может привести к вероятным негативным последствиям в виде паники и, как следствие, получению серьезных травм или даже гибели людей, подвергшихся воздействию опасных факторов пожара. Именно поэтому следует уделять огромное внимание обеспечению пожарной безопасности в культовых зданиях [2]. Международный опыт показывает, что для всех культовых зданий характерно посещение различными группами населения, начиная от детей самого юного возраста и заканчивая людьми пожилого возраста, в том числе и людьми с ограниченными возможностями. В случаях возникновения пожаров или иных опасных ситуаций вышеназванные группы населения очень тяжело своевременно проинформировать, оповестить об опасности и в дальнейшем эвакуировать или спасти из внутреннего пространства культовых зданий. Стоит учитывать, что дети наиболее подвержены воздействию опасных факторов, которые могут возникнуть

в результате пожара. Эвакуация в таких случаях должна проводиться незамедлительно и в первую очередь быть направлена на скорейший выход из здания [3].

Люди с ограниченными возможностями очень часто не могут покинуть опасную зону самостоятельно, им требуется помощь и поддержка других людей, в зависимости от их персональных параметров ограниченности. В этом случае до прибытия профессиональных пожарных и спасателей огромная ответственность ложится на плечи находящихся в здании священнослужителей и рабочего персонала. Как правило, их количество немногочисленно и уровень подготовки в области оказания помощи населению и проведения первичных работ по тушению пожаров на начальном этапе не соответствуют предъявляемым требованиям, так как с данной категорией работников занятия проводятся очень редко. Так же следует отметить, что проведение тренировочных занятий могло бы способствовать получению новых навыков в оказании помощи и эвакуации, но статистика говорит о том, что подобные занятия в формате тренировочных учений проводятся очень редко и зачастую это является проблемным вопросом для отдельных культовых сооружений.

В большинстве случаев массовое пребывание людей в культовом здании связано с религиозными праздниками или мероприятиями, проводимыми в рамках богослужения. Проводить в период календарно запланированных религиозных процессов какие-либо мероприятия по обучению, тренировке или оповещению не представляется возможным, так как это может нарушить порядок проведения установленных правил и традиций. Поэтому необходимо огромное внимание уделять проведению организационно-профилактических мероприятий заблаговременно, когда культовое здание функционирует в повседневном режиме. При этом необходимо налаживать взаимодействие с пожарно-спасательными подразделениями и контрольно-надзорными органами, которые отвечают за обеспечение пожарной безопасности и комплексной безопасности населения в территориальных границах района, где расположено то или иное культовое здание [4]. Обмен информацией между ними должен быть постоянным, и в случае возникновения реальной угрозы все должны быть готовы действовать скоординировано, правильно и быстро.

Также стоит учитывать, что отдельные виды религиозного имущества представляют особую ценность и данную информацию о значимости таких ценностей могут знать только представители персонала культового здания. В случаях возникновения опасностей именно с представителями необходимо наладить взаимодействие с целью избегания крупных потерь особо важных материальных ценностей, так как большинство имущества может быть невосполнимым и очень важным для представителей того или иного религиозного направления.

Статистические данные о пожарах в культовых зданиях на территории Российской Федерации за период с 2012 по 2018 гг. приведены на рис. 1.



Рис. 1

Основные причины возникновения пожаров в культовых зданиях за период с 2012 по 2018 гг. приведены на рис. 2.



Рис. 2

Анализ статистических данных о пожарах в культовых зданиях на территории Российской Федерации за период с 2012 по 2018 гг. говорит о том, что резкое увеличение количества пожаров пришлось на 2014 и 2015 гг. Основными причинами пожаров в культовых зданиях России являются: поджог (36 %), неосторожное действие с огнем (18 %) и неисправность электропроводки (16 %).

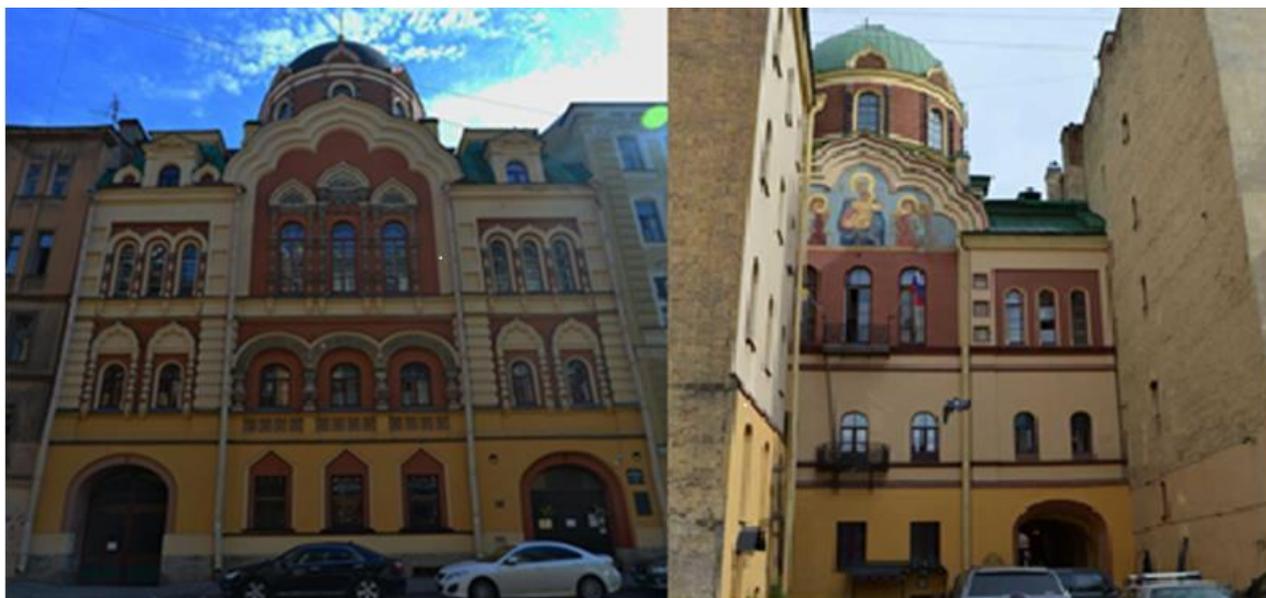
Исходя из вышеперечисленного, а также учитывая конструктивные особенности культовых зданий на территории Российской Федерации, можно сделать вывод, что необходимо совершенствование профилактических мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности на данных объектах защиты на территории Российской Федерации.

Для реализации более эффективного комплекса организационно-технических мероприятий в культовых зданиях необходимо детально подойти к вопросу категорирования всех расположенных помещений на данных объектах с учетом оценки показателей взрывопожарной и пожарной опасности.

В качестве примера проведем категорирование Храма святого апостола и евангелиста Иоанна Богослова, построенного при Санкт-Петербургском подворье Иоанно-Предтеченского Леушинского женского монастыря, по взрывопожарной и пожарной опасности.

Подворье Леушинского Иоанно-Предтеченского женского монастыря Новгородской епархии было основано в Санкт-Петербурге по благословению о. Иоанна Кронштадтского. В 1891 г. участок для него был приобретен настоятельницей Леушинского Иоанно-Предтеченского монастыря игуменьей Таисией (в миру Мария Васильевна Солопова). Архитектурный проект Подворья составил архитектор Николай Николаевич Никонов (1849–1916) – известный мастер русско-византийского стиля.

Трехэтажное здание подворья было выдержано в декоративном «русском стиле» в духе древних ярославских храмов XVII в. и украшено разноцветной керамикой (рис. 3).



Фасад здания Леушинского Иоанно-Предтеченского женского монастыря

Дворовый фасад здания Леушинского Иоанно-Предтеченского женского монастыря

Рис. 3. Храм святого апостола и евангелиста Иоанна Богослова в подворье Леушинского Иоанно-Предтеченского женского монастыря

Для начала необходимо выбрать методику расчета. Категорированию по взрывопожарной и пожарной опасности подлежат все производственные и складские помещения, в том числе лаборатории и мастерские.

Определение категорий помещений по взрывопожарной и пожарной опасности производится на основании СП 12.13130.2009, в котором приведены категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности с учетом важных характеристик различных веществ и материалов [5].

В здании Леушинского Иоанно-Предтеченского женского монастыря имеется пять помещений, подлежащих категорированию по взрывопожарной и пожарной опасности. Данные помещения приведены в табл. 1.

Таблица 1. Перечень помещений в Храме святого апостола и евангелиста Иоанна Богослова в подворье Леушинского Иоанно-Предтеченского женского монастыря, подлежащих категорированию по взрывопожарной и пожарной опасности

№ помещения	Наименование помещения	Площадь помещения, м ²
1	Помещение хранения уборочного инвентаря	10
2	Помещение хранения лампадного масла	20
3	Архив документов	25
4	Помещение хранения канцелярских принадлежностей	45
5	Помещение хранения одежды и постельного белья	50

В помещении хранения уборочного инвентаря осуществляется хранение различных хозяйственных принадлежностей. Основная пожарная нагрузка представлена древесиной, бумагой, полиэтиленом.

В данном помещении не обращаются горючие газы, отсутствуют и не хранятся в каком-либо виде легковоспламеняющиеся жидкости (ЛВЖ) и горючие пыли.

С учетом того, что в помещении хранятся и используются горючие материалы, возникает необходимость определения пожароопасной категории.

Расчет пожарной нагрузки в помещении представлен в табл. 2.

Таблица 2. **Материалы и вещества, составляющие пожарную нагрузку в помещении хранения уборочного инвентаря**

Материал, вещество	Максимальная масса в помещении, кг (не более)	Низшая теплота сгорания, Q_n , МДж/кг	Пожарная нагрузка в помещении по веществу, Q , МДж
Полиэтилен	5	47,14	235,7
Бумага	10	13,4	134
Древесина	20	13,8	276
Ткань	8	17,5	140
Общая пожарная нагрузка, МДж			785,7

Данная пожарная нагрузка размещается на площади 10 м^2 .

Удельная пожарная нагрузка g (МДж/м²) определяется из соотношения:

$$g = \frac{Q}{S}, \quad (1)$$

где Q – пожарная нагрузка, МДж; S – площадь размещения пожарной нагрузки, м² (но не менее 10 м^2) [5].

Удельная пожарная нагрузка вычисляется по формуле (1):

$$g = \frac{785,7}{10} = 78,57 \text{ МДж} / \text{м}^2$$

В зависимости от величины удельной пожарной нагрузки и условий ее размещения помещение следует отнести к категории В4 по пожарной опасности.

В помещении хранения лампадного масла размещается лампадное масло в 20 емкостях объемом по 5 л (всего 100 л). Емкости расположены в два яруса, высота помещения 2 м. Основу лампадного масла составляет оливковое масло, которое является основной пожарной нагрузкой в данном помещении.

В помещении не обращаются горючие газы, ЛВЖ и горючие жидкости (ГЖ), а так же горючие пыли и материалы, которые взрываются при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг другом.

Температура вспышки оливкового масла составляет $244 \text{ }^\circ\text{C}$, и масло не находится в нагретом состоянии. Поэтому переходим к расчету категории В1–В4.

Площадь размещения пожарной нагрузки равна площади помещения – 20 м^2 .

Теплоту сгорания масла определим по формуле Басса, учитывая его плотность (910 кг/м^3):

$$Q_n = 50460 - 8,545 * 910 = 42684,05 \text{ кДж} / \text{кг} = 42,68 \text{ МДж} / \text{кг}$$

Суммарную массу масла вычислим по формуле:

$$m = 910 * 0,1 = 91 \text{ кг}$$

Пожарная нагрузка Q (МДж) определяется из соотношения:

$$Q = \sum_{i=1}^n G_i Q_i^p, \quad (2)$$

где G_i – количество i материала пожарной нагрузки, кг; Q_i^p – низшая теплота сгорания i материала пожарной нагрузки, МДж/кг.

Пожарная нагрузка рассчитывается по выражению (2):

$$Q = 42,68 * 91 = 3883,88 \text{ МДж}$$

Удельная пожарная нагрузка определяется по формуле (1):

$$g = \frac{3883,88}{20} = 194,194 \text{ МДж} / \text{м}^2$$

Помещение следует отнести к категории В3 по пожарной опасности, учитывая величину удельной пожарной нагрузки и условий ее размещения. Однако существует необходимость проверить принадлежность помещения к более высокой пожароопасной категории В2.

Если при определении категорий В2 или В3, количество пожарной нагрузки Q превышает или равно:

$$Q \geq 0,64 g_t H^2, \quad (3)$$

то помещение следует относить к категориям В1 или В2 соответственно.

Найдем величину Q' из соотношения (3):

$$Q' = 0,64 * 1400 * 2,25 = 2016 \text{ МДж}$$

Поскольку величина пожарной нагрузки Q превышает величину Q' , то помещение следует отнести к категории – В2.

В архиве документов осуществляется хранение книг, журналов, тетрадей. Основная пожарная нагрузка представлена бумагой и древесиной.

Помещение архива документов нельзя отнести к взрывопожароопасным категориям А и Б, потому что внутри него не обращаются горючие газы, ЛВЖ и ГЖ, а также горючие пыли, вещества и материалы, способные взрываться при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом.

С учетом того, что в помещении хранятся и используются горючие материалы, возникает необходимость определения пожароопасной категории.

Расчет пожарной нагрузки в помещении представлен в табл. 3.

Таблица 3. **Материалы и вещества, составляющие пожарную нагрузку в архиве документов**

Материал, вещество	Максимальная масса в помещении, кг (не более)	Низшая теплота сгорания, Q_n , МДж/кг	Пожарная нагрузка в помещении по веществу, Q , МДж
Бумага	600	13,4	8 040
Древесина	500	13,8	6 900
Общая пожарная нагрузка, МДж			14 940

Данная пожарная нагрузка размещается на площади 25 м^2 .

Удельная пожарная нагрузка вычисляется по формуле (1) и составляет:

$$g = \frac{14940}{25} = 597,6 \text{ МДж} / \text{м}^2$$

В зависимости от величины удельной пожарной нагрузки и условий ее размещения помещение следует отнести к категории В3 по пожарной опасности.

В помещении хранения канцелярских принадлежностей осуществляется хранение различных канцелярских принадлежностей и книг. Основная пожарная нагрузка представлена древесиной, бумагой, полиэтиленом.

Помещение хранения канцелярских принадлежностей не относится к взрывопожароопасным категориям А и Б, так как в нем не обращаются горючие газы, ЛВЖ и горючие пыли, вещества и материалы, способные взрываться при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом.

С учетом того, что в помещении хранятся и используются горючие материалы, возникает необходимость определения пожароопасной категории.

Расчет пожарной нагрузки в помещении представлен в табл. 4.

Таблица 4. **Материалы и вещества, составляющие пожарную нагрузку в помещении хранения канцелярских принадлежностей**

Материал, вещество	Максимальная масса в помещении, кг (не более)	Низшая теплота сгорания, Q_n , МДж/кг	Пожарная нагрузка в помещении по веществу, Q , МДж
Полиэтилен	5	47,14	235,7
Бумага	50	13,4	670
Древесина	200	13,8	2760
Ткань	5	17,5	87,5
Общая пожарная нагрузка, МДж			3 753,2

Данная пожарная нагрузка размещается на площади 45 м².

Удельная пожарная нагрузка вычисляется по формуле (1) и составляет:

$$g = \frac{3753,2}{45} = 83,4 \text{ МДж} / \text{м}^2$$

В зависимости от величины удельной пожарной нагрузки и условий ее размещения помещение следует отнести к категории В4 по пожарной опасности.

В помещении хранения одежды и постельного белья осуществляется хранение одежды людей, проживающих в монастыре, и чистого постельного белья. Основная пожарная нагрузка представлена тканью и древесиной.

В данном помещении не происходит обращение горючих газов и не хранятся ЛВЖ и ГЖ.

С учетом того, что в помещении хранятся и используются горючие материалы, возникает необходимость определения пожароопасной категории.

Расчет пожарной нагрузки в помещении представлен в табл. 5.

Таблица 5. **Материалы и вещества, составляющие пожарную нагрузку в помещении хранения одежды и постельного белья**

Материал, вещество	Максимальная масса в помещении, кг (не более)	Низшая теплота сгорания, Q_n , МДж/кг	Пожарная нагрузка в помещении по веществу, Q , МДж
Полиэтилен	5	47,14	235,7
Древесина	600	13,8	8280
Ткань	800	17,5	14 000
Общая пожарная нагрузка, МДж			22 515,7

Данная пожарная нагрузка размещается на площади 50 м².

Удельная пожарная нагрузка вычисляется по формуле (1) и составляет:

$$g = \frac{22515,7}{50} = 450,314 \text{ МДж} / \text{м}^2$$

В зависимости от величины удельной пожарной нагрузки и условий ее размещения помещение следует отнести к категории В3 по пожарной опасности.

Результаты расчета категорий помещений сведены в табл. 6.

Таблица 6. Результаты расчета категорий помещений

№ помещения	Наименование помещения	Площадь помещения, м ²	Категория по СП12
1	Помещение хранения уборочного инвентаря	10	В4
2	Помещение хранения лампадного масла	20	В2
3	Архив документов	25	В3
4	Помещение хранения канцелярских принадлежностей	45	В4
5	Помещение хранения одежды и постельного белья	50	В3

Следует понимать, что расчеты и выводы, сделанные в настоящей статье, справедливы только для принятых исходных данных и должны быть пересмотрены при их изменении (перепланировке, изменения функционального назначения помещений, изменение ассортимента и количества хранимых и используемых материалов и т.п.). Из проведенных расчетов следует, что все складские помещения данного культового здания являются пожароопасными. Практически во всех культовых зданиях имеется архив документов, помещение для хранения уборочного инвентаря, помещение для хранения канцелярских принадлежностей и помещение для хранения одежды и постельного белья. В каждом храме используется лампадное масло, а, следовательно, есть помещение, где оно хранится. Выбранный пример данного культового здания, а именно Храма святого апостола и евангелиста Иоанна Богослова, по наличию помещений аналогичен ныне функционирующим храмам подобного типа. Пожароопасные помещения в современных храмах могут отличаться площадью помещений, количеством одновременно пребывающих людей как в дневное, так и в ночное время, конструктивными особенностями отдельных зданий и сооружений и, конечно же, пожарной нагрузкой. В общем случае можно сделать вывод, что представленные в данной статье расчеты характерны для многих культовых зданий подобного типа и свидетельствует о том, что опасность возникновения пожара возможна в каждом культовом здании.

Имущество культовых зданий представляет собой невосполнимую историческую и духовную ценность для общества. Некоторые иконы передаются из поколения в поколение, накапливая свою Божественную силу. Их утрата – это огромная потеря для храма и прихожан. Именно поэтому так важно, чтобы объектам религии уделялось особое внимание в области обеспечения пожарной безопасности.

Литература

1. Храм // Франкфурт – Чага. М.: Большая советская энциклопедия, 1978. Т. 28.
2. Шидловский Г.Л., Таранцев А.А. Основные проблемы обеспечения безопасности людей при эвакуации людей из культовых зданий // Подготовка кадров в системе

предупреждения и ликвидации последствий ЧС: VI междунар. науч.-практ. конф. СПб.: С.-Петербур. ун-т ГПС МЧС России, 2007.

3. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. Доступ из инф.-правового портала «Гарант».

4. О пожарной безопасности: Федер. закон от 21 дек. 1994 г. № 69-ФЗ (с изм. от 22 авг. 1995 г.; 18 апр. 1996 г.; 24 янв. 1998 г.; 7 нояб., 27 дек. 2000 г.; 6 авг., 30 дек. 2001 г.; 25 июля 2002 г.; 10 янв. 2003 г.).

5. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (с изм. № 1) // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 14.09.2019).

References

1. Hram // Frankfurt – Chaga. M.: Bol'shaya sovetskaya enciklopediya, 1978. T. 28.

2. Shidlovskij G.L., Tarancev A.A. Osnovnye problemy obespecheniya bezopasnosti lyudej pri evakuacii lyudej iz kul'tovyh zdanij // Podgotovka kadrov v sisteme preduprezhdeniya i likvidacii posledstvij CHS: VI mezhdunar. nauch.-prakt. konf. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2007.

3. Tekhnicheskij reglament o trebovaniyah pozharnoj bezopasnosti: Feder. zakon ot 22 iyulya 2008 g. № 123-FZ. Dostup iz inf.-pravovogo portala «Garant».

4. O pozharnoj bezopasnosti: Feder. zakon ot 21 dek. 1994 g. № 69-FZ (s izm. ot 22 avg. 1995 g.; 18 apr. 1996 g.; 24 yanv. 1998 g.; 7 noyab., 27 dek. 2000 g.; 6 avg., 30 dek. 2001 g.; 25 iyulya 2002 g.; 10 yanv. 2003 g.).

5. SP 12.13130.2009. Opredelenie kategorij pomeshchenij, zdaniy i naruzhnyh ustanovok po vzryvopozharnoj i pozharnoj opasnosti (s izm. № 1) // ELEKTRONNYJ FOND pravovoj i normativno-tekhnicheskoj dokumentacii. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (data obrashcheniya: 14.09.2019).

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫХ ПРОЦЕССОВ

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУР СЛОЖНЫХ ПОЖАРНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

**К.С. Иванов, кандидат технических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассматриваются вопросы, связанные с решением оптимизационных задач в процессе разработки сложных технических систем, постановка и математические формулировки этих задач с позиций системного подхода, порядок выбора критериев качества и их математические формы.

Ключевые слова: критерии качества, критерии эффективности, структурный синтез, скалярная оптимизация, нормирование критериев

OPTIMIZATION OF STRUCTURES WITH COMPLEX FIRE TECHNICAL SYSTEMS

K.S. Ivanov. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The article deals with the issues related to the solution of optimization problems in the development of complex technical systems, formulation and mathematical formulation of these problems from the standpoint of a systematic approach, the order of choice of quality criteria and their mathematical forms.

Keywords: quality criteria, efficiency criteria, structural synthesis, scalar optimization, criteria normalization

Расширение функций и задач Государственной противопожарной службы (ГПС), связанное с участием в ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций и проведением аварийно-спасательных работ приводит к необходимости совершенствовать существующую и создавать новую, более эффективную пожарную технику.

Автоматизированные системы управления ГПС МЧС России различных иерархических уровней, их техническое оснащение, системы пожарной сигнализации, автоматические системы пожаротушения зданий, различных видов техники, пожарные автомобили представляют собой сложные технические системы, требующие при решении задач их разработки и проектирования системного подхода.

Задачи оптимального структурного синтеза сложных пожарных технических систем (СПТС) решаются на начальных этапах их разработки (технического предложения, эскизного проекта), когда из множества принципиально возможных вариантов СПТС выбирается лучший, обычно компромиссный вариант системы.

Решение этих задач должно базироваться на следующих основных принципах системного подхода:

– многообразие возможных структурных схем СПТС, состоящих из множества различных подсистем и элементов, которые могут работать на основе различных физических принципов, объединенных в единое целое с учетом их технической и функциональной совместимости;

– многомерность СПТС, которая характеризуется, как правило, большим числом показателей качества, которые определяют свойства системы в целом и отдельных ее элементов;

– многокритериальность оценок качества СПТС, определяемая разнообразностью решаемых ею задач, многочисленностью предъявляемых к ней требований, а также разнообразием целей, которые ставит перед собой лицо, принимающее решение (ЛПР), в процессе разработки;

– выбор лучших вариантов СПТС должен осуществляться путем решения многокритериальных задач оптимального проектирования;

– в связи с тем, что, как правило, процессы функционирования СПТС описать строгими математическими зависимостями не удастся, методы оптимизации структур таких систем должны базироваться на рациональных итерационных процедурах, в ходе которых ЛПР согласует параметры различных подсистем и системы в целом в соответствии с выбранными критериями качества;

– решение задач оптимизации структур СПТС должно осуществляться с учетом воздействия внешней среды, условий функционирования разрабатываемой системы, а также воздействия с окружающими объектами и между подсистемами.

В процессе разработки СПТС должны приниматься также оптимальные (или целесообразные) технические решения, которые обеспечили бы высокое качество создаваемой системы. Под качеством сложной технической системы понимается совокупность ее свойств, обуславливающих ее способность выполнять определенные требования и решать задачи в соответствии с назначением [1]. Отдельные свойства, характеризующие качества СПТС, обычно определяются множеством частных качественных показателей (параметров), которые с различных сторон оценивают пригодность технической системы выполнять свои функции. Добиться в реальной технической системе экстремальных значений всех качественных показателей практически невозможно в связи с тем, что предъявляемые к ней требования и цели разработки, как правило, являются противоречивыми. Поэтому ЛПР обычно выбирает несколько основных качественных показателей, по которым оценивается качество системы. Одним из основных показателей качества технической системы является показатель эффективности, который определяет ее способность успешно выполнять необходимые функции (операции) и достигать требуемого результата в соответствии с назначением [1]. Показатель эффективности может быть комплексным (векторным), то есть формироваться на основе нескольких частных качественных показателей.

При структурном синтезе и выборе оптимального образца СПТС необходимо иметь правило, по которому производится сравнение различных конструктивных вариантов системы. Такое решающее правило определяется критериями качества технической системы.

Критерии качества СПТС формируются на основе показателей эффективности и других показателей качества, которые в основном определяют успешность выполнения технической системой своих функций и решаемых задач. Математическая форма критериев, как правило, определяется на основе принципа оптимальности, то есть при структурном синтезе выбирают вариант СПТС, качественные показатели которой соответствуют максимальным или минимальным значениям выбранных критериев качества. На качественные показатели, которые не вошли в состав критериев, накладываются различные ограничения, обычно в виде неравенств, которые определяются конструктивными особенностями СПТС, условиями ее эксплуатации, выделяемыми ресурсами на ее создание, возможностями технической реализации.

Следует подчеркнуть, что в связи с противоречивостью различных критериев качества разрабатываемой СПТС задачи многокритериальной оптимизации их структуры не имеют однозначного решения. Здесь можно, как правило, говорить только о выборе целесообразного компромиссного решения, которое принимает ЛПР, исходя из строящихся перед ним целей.

При решении задач многокритериальной систематизации в пространстве U показателей качества u определяются две области: некомпромиссная область, в которой техническая система может улучшаться по всем критериям, и компромиссная область, в которой повышение качества системы не может производиться по всем критериям. Эта область называется областью эффективных вариантов или областью Парето. Для поиска оптимального варианта технической системы в этой области необходимо определить компромисс между критериями, допуская ухудшение не очень важных критериев, но улучшая качество системы по основным критериям. Компромисс определяется ЛПР, исходя из анализа назначения системы, расширяемых ею задач и условий эксплуатации [2].

Можно определить два вида задач эксплуатации структур СПТС:

- задачи синтеза, при решении которых из множества подсистем и конструктивных элементов на основе выбранных критериев качества и ограничений разрабатывается СПТС с оптимальной структурой, способная выполнять все функции в соответствии с назначением;
- задачи выбора, когда из множества альтернативных вариантов СПТС одинакового назначения, но с различными структурами на основе заданных критериев качества и ограничений выбирается оптимальный вариант.

Основными методами решения задач оптимизации структур сложных технических систем, которые часто применяются в настоящее время, являются: метод, основанный на математической свертке нескольких критериев качества в единый обобщенный (скалярный) критерий, то есть переход от решения задач многокритериальной оптимизации к скалярным задачам или метод перебора альтернативных вариантов системы, который при сложных структурах систем и большом количестве возможных вариантов подсистем и элементов в реальной практике не осуществим в связи с весьма большим количеством перебираемых вариантов [3].

Скалярная оптимизация технических систем обычно осуществляется на основе критериев вида:

$$K_a = \sum_i \alpha_i K_i; K_m = \prod_i K_i^{\alpha_i}; K_o = \frac{K_{\text{э}}}{K_C}; i \in N, \quad (1)$$

где $K_i - i$ критерий; α_i – весовые коэффициенты; $K_{\text{э}}$ – оценка результата функционирования системы; K_C – оценка величины израсходованных ресурсов; N – количество критериев.

Скалярная оптимизация на основе аддитивных K_a и мультипликативных K_m критериев вида (1), как правило, не приводит к повышению качества системы по всем критериям K_i , так как увеличение одних критериев может быть компенсировано за счет других. Что касается относительного критерия K_o , то одно и то же его значение может быть получено при различных сочетаниях критериев $K_{\text{э}}$ и K_C . Кроме того, применение скалярных методов оптимизации затруднено тем, что в настоящее время отсутствуют обоснованные математические методы определения весовых коэффициентов α_i .

Указанные недостатки и трудности при решении задач оптимального синтеза структур СПТС могут быть в определенной степени преодолены при применении метода последовательного конструирования и анализа вариантов, основанных на обобщении некоторых идей теории последовательных решений и дискретного программирования [1, 4].

Рассмотрим общую постановку задач оптимального синтеза структур СПТС на основе этого метода и порядок их решения.

Задача может быть сформулирована следующим образом.

Определить оптимальную структуру СПТС, состоящую из множества подсистем $A_j (j \in M, M \text{ — множество индексов подсистем, } M = (1, 2, \dots, j \dots m))$, каждая из которых может быть реализована множеством вариантов подсистем $a_{ij} (i \in N, N = (1, 2, \dots, i \dots n))$ при условии максимизации или минимизации критериев вида:

$$K_p \cdot (U_{ij}) = \sum_{j=1}^m f_p \cdot (U_{ij}); \quad (2)$$

или

$$K_p \cdot (U_{ij}) = \prod_{j=1}^m f_p \cdot (U_{ij}), \quad (3)$$

$$P_1 \in p, p = 1, 2, \dots, \ell \text{ или } p \in P_2, p = 1, 2, \dots, \ell_2,$$

где P_1 и P_2 – соответственно множества максимизируемых и минимизируемых критериев; U_{ij} – значение показателя качества для i -го варианта j подсистемы и соблюдении ограничений вида:

$$G_r \cdot (U_{ij}) = \sum_{j=1}^m f_r \cdot (U_{ij}), \quad (4)$$

или

$$G_r \cdot (U_{ij}) = \prod_{j=1}^m f_r \cdot (U_{ij}), \quad (5)$$

$$r \in R_1, r = 1, 2, \dots, S_1 \text{ или } r \in R_2, r = 1, 2, \dots, S_2,$$

где R_1 и R_2 – соответственно множества ограничений $G_2 \cdot (U_{ij}) \geq g_r$; $G_2 \cdot (U_{ij}) \leq g_r$; g_r – допустимые значения функций ограничений.

Решение задачи необходимо начать с разработки и построения морфологической таблицы СПТС. Под морфологией сложной технической системы A понимается перечень подсистем A_j и возможных их вариантов a_{ij} .

$$A = \left| \begin{array}{c} A_1 \\ \vdots \\ A_j \\ \vdots \\ A_m \end{array} \right| = \left| \begin{array}{cccc} a_{11} & \cdots & a_{i1} & \cdots & a_{n1} \\ & & & \cdots & \\ a_{1j} & \cdots & a_{ij} & \cdots & a_{nj} \\ & & & \cdots & \\ a_{1m} & \cdots & a_{im} & \cdots & a_{nm} \end{array} \right|. \quad (6)$$

Число строк и элементов в каждой строке может быть различным.

Исключение из рассмотрения вариантов реализации подсистем a целесообразно начать с проверки их соответствия принятым ограничениям. Для этого на основе морфологической таблицы (6) разрабатываются и строятся таблицы соответственно для всех ограничений вида (4) или (5):

$$G_r = \left| \begin{array}{cccc} g_{11} & \cdots & g_{i1} & \cdots & g_{n1} \\ & & & \cdots & \\ g_{1j} & \cdots & g_{ij} & \cdots & g_{nj} \\ & & & \cdots & \\ g_{1m} & \cdots & g_{im} & \cdots & g_{nm} \end{array} \right|, \quad (7)$$

где g_{ij} – значения функции ограничений G_r для i -го варианта j подсистемы.

При этом значения элементов в таблицу вида (7) должны быть упорядочены таким образом, чтобы они располагались от минимального значения (слева) до максимального (справа) при ограничении сверху (меньше или равно) или в обратном порядке при ограничении снизу (больше или равно). Затем путем суммирования или перемножения (в зависимости от вида функций ограничений) значений элементов первого столбца таблицы G_r определяются минимальное $G_{r \min}$, максимальное $G_{r \max}$ значения функции ограничений для системы в целом. Если величина больше $G_{r \min}$ или $G_{r \max}$ меньше допустимого значения, то СПТС из рассматриваемых вариантов подсистем не может быть синтезирована и задача решения не имеет.

В этом случае для ее решения необходимо задать менее жесткие ограничения.

В случаях, если:

– при ограничении сверху: $G_{r \min} < g_r$;

– при ограничении снизу: $G_{r \max} > g_r$,

для каждой строки таблицы G_r вычисляются.

Допуски Δg_j на основе зависимостей:

– при аддитивных ограничениях вида (4) $\Delta g_j = g_r - G_r' + g_{1j}$;

– при мультипликативных ограничениях вида (5) $\Delta g_j = \frac{g_r}{G_r'} \cdot g_{1j}$,

где G_r' – максимальное $G_{r \max}$ или минимальное $G_{r \min}$ значения функций ограничений;

g_{1j} – значение первого элемента j строки таблицы (7).

Исключение из рассмотрения бесперспективных вариантов технической реализации подсистем осуществляется при условиях:

– при ограничении сверху: $g_{ij} > \Delta g_j$;

– при ограничении снизу: $g_{ij} < \Delta g_j$.

(8)

Проверка условий (8) производится, начиная с последних элементов таблицы ограничений (7). После исключения бесперспективных вариантов технической реализации подсистем производится соответствующая корректировка морфологической таблицы (6) и таблиц ограничений (7).

Рассмотренная процедура повторяется для всех таблиц ограничений. Таких циклов анализа таблиц ограничений и исключения бесперспективных вариантов подсистем может быть проведено несколько, после чего оставшиеся варианты подсистем включаются в новую морфологическую таблицу A' вида (6).

В случае если в таблице A' остается значительное количество элементов, когда простым перебором выявить оптимальную структуру СПТС затруднительно, то производится исключение из рассмотрения бесперспективных вариантов подсистем на основе аналогичного анализа таблиц значений критериев вида:

$$K_p = \begin{vmatrix} k_{11} & \cdots & k_{i1} & \cdots & k_{l1} \\ & & \cdots & & \\ k_{1j} & \cdots & k_{ij} & \cdots & k_{lj} \\ & & \cdots & & \\ k_{1m} & \cdots & k_{im} & \cdots & k_{lm} \end{vmatrix}, \quad (9)$$

где k_{ij} – значение критерия K_p для i -го варианта j подсистемы.

Таблицы вида (9) строятся для каждого критерия. При этом значения элементов таблиц должны быть упорядочены таким образом, чтобы они размещались в строках таблицы в порядке убывания значений, начиная с первого элемента, при максимизации критерия и в обратном порядке при минимизации критерия. Затем суммированием или перемножением (в зависимости от математической формы критерия, уравнений (2, 3) значений элементов первого столбца упорядоченной таблицы (9) определяются максимальное $K_{p \max}$ или минимальное $K_{p \min}$ значения критерия K_p для системы в целом.

Далее ЛПР, начиная с наименее важных (значимых) критериев, назначает допустимые отклонения ΔK_p от оптимальных значений критерия K_p . При этом допустимые значения критерия K_g будут равны:

$$K_{g1} = K_{p \max} - \Delta K_p, \quad K_{g2} = K_{p \min} + \Delta K_p.$$

Затем с учетом допустимых значений критериев на основе таблиц (9) производится дальнейшее исключение бесперспективных вариантов СПТС также, как это делалось по таблицам ограничений. Такие циклы могут повторяться до тех пор, пока в откорректированной морфологической таблице A' не останется один оптимальный вариант СПТС или небольшое количество возможных вариантов, когда определение оптимального варианта системы станет возможным путем простого перебора.

Задачи выбора варианта СПТС с оптимальной структурой формулируются следующим образом.

Из множества альтернативных вариантов СПТС $A_p (= 1, 2, \dots, p)$ одинакового значения, но с различными структурами, необходимо выбрать оптимальный вариант на основе выбранных критериев $K_p(U_i)$ и ограничений $G_r(U_j)$.

При этом на математические формы критериев и ограничений никаких требований не накладывается. В частности, могут быть использованы зависимости для критериев (2, 3), а для ограничений (4, 5).

В связи с тем, что критерии могут иметь различную размерность, при решении задачи необходимо их нормировать, то есть привести к безразмерному виду.

При этом нормирующие зависимости должны быть выбраны такими, чтобы оптимальные значения нормированных критериев f_p соответствовали бы их минимальным значениям. В качестве таких зависимостей можно использовать следующие:

– при максимизации критериев $K_p(U_i)$:

$$f_p = \frac{K_{p \max} - K_p}{K_{p \max} - K_{p \min}}; \quad (10)$$

– при минимизации критериев $K_p(U_i)$:

$$f_p = \frac{K_p - K_{p \min}}{K_{p \max} - K_{p \min}}, \quad (11)$$

где $K_{p \max}$, $K_{p \min}$ – соответственно наибольшее и наименьшее значения критериев $K_p(U_i)$, достигаемые ими на множестве альтернативных вариантов СПТС; K_p – значение критерия $K_p(U_i)$ для анализируемого альтернативного варианта СПТС.

Следует отметить, что нормированные значения критериев f_p , полученные на основе зависимостей (10, 11), всегда лежат в пределах от нуля до единицы.

В работе [1] доказана теорема, в соответствии с которой для каждого допустимого альтернативного варианта сложной системы A_j в p -мерном пространстве нормированных критериев $F(f_p)$ существует вектор $\angle(\ell_p)$ (где ℓ_p – компоненты вектора F , $p = 1, 2, \dots, M$), который удовлетворяет соотношениям:

$$\ell_p f_p = \beta_0, \quad (12)$$

$$p = 1, 2, \dots, M; \quad \sum_{p \in M} \ell_p = 1; \quad \beta_0 > 0.$$

При этом:

$$\beta_0 = \frac{1}{\sum_{p \in M} \frac{1}{f_p}}; \quad (13)$$

$$\ell_p = \frac{\prod_{p \in M} f_p}{\sum_{q \in M} \prod_{\substack{p \in M \\ p \neq q}} f_p}. \quad (14)$$

Кроме того, в работе [1] доказано, что альтернативные варианты сложной системы, удовлетворяющие условию (12), являются эффективными, то есть вектор $\angle(\ell_p)$ является областью Парето, а оптимальный вариант системы соответствует условиям:

$$\ell_p f_p \leq \beta_0; \quad \beta_0 \longrightarrow \min. \quad (15)$$

При этом оптимальное решение, как правило, должно соответствовать границе допустимой области, заданной ограничениями.

Таким образом, для решения задачи выбора варианта СПТС с оптимальной структурой необходимо определить на основе нормированных критериев величины коэффициентов ℓ_p (14) и параметр β_0 (13). При этом оптимальный вариант будет соответствовать условиям (15).

Рассмотренные методики позволяют обоснованно решать многокритериальные оптимизационные задачи структурного синтеза различных типов СПТС.

Литература

1. Надежность и эффективность в технике, справочник. М.: Машиностроение, 1988. Т. 3.
2. Михалеви́ч В.С., Волкови́ч В.Л. Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем. М.: Наука, 1982.
3. Гермейер Ю.Б. Введение в теорию исследования операций. М.: Наука, 1971.
4. Моисеев Н.И. Математические задачи системного анализа. М., 1981.

References

1. Nadezhnost' i effektivnost' v tekhnike, spravochnik. M.: Mashinostroenie, 1988. T. 3.
2. Mihalevich V.S., Volkovich V.L. Vychislitel'nye metody issledovaniya i proektirovaniya slozhnyh sistem. M.: Nauka, 1982.
3. Germejer Yu.B. Vvedenie v teoriyu issledovaniya operacij. M.: Nauka, 1971.
4. Moiseev N.I. Matematicheskie zadachi sistemnogo analiza. M., 1981.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА АТАК ИСТОЩЕНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ НА БЕСПИЛОТНЫЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ В СИСТЕМАХ АНТИКРИЗИСНОГО УПРАВЛЕНИЯ

В.А. Десницкий, кандидат технических наук;

Н.Н. Рудавин.

**Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации
Российской академии наук**

Статья посвящена вопросам моделирования и оценки атак истощения энергоресурсов, направленных на беспилотные летательные аппараты (дроны), являющиеся элементами систем управления и реагирования в чрезвычайных ситуациях. Проведен анализ разновидностей атак истощения энергоресурсов на беспилотные летательные аппараты с выделением их ключевых характеристик. Получены результаты экспериментальных исследований по моделированию некоторых видов атак истощения энергоресурсов на фрагменте программно-аппаратного прототипа системы антикризисного управления с использованием беспилотных летательных аппаратов Parrot A.R. Drone 2.0.

Ключевые слова: атаки истощения энергоресурсов, беспилотные летательные аппараты, антикризисное управление, моделирование

MODELING AND EVALUATION OF ENERGY EXHAUSTION ATTACKS ON UNMANNED AERIAL VEHICLES IN CRISIS MANAGEMENT SYSTEMS

V.A. Desnitsky; N.N. Rudavin.

Saint-Petersburg institute for informatics and automation of the Russian Academy of Sciences

The paper comprises issues of modeling and evaluation of energy exhaustion attacks aimed at unmanned aerial vehicles being elements of emergency management systems. An analysis of varieties of energy exhaustion attacks on unmanned aerial vehicles with the identification of their key characteristics is performed. The experimental studies results on the modeling of some types of energy exhaustion attacks on a fragment of the hardware/software prototype in a crisis management system by using unmanned aerial vehicles Parrot A.R. Drone 2.0 was obtained.

Keywords: battery exhaustion attacks, unmanned aerial vehicle, crisis management, modeling

Все большее распространение и вовлеченность в нашу жизнь получают киберфизические устройства в различных областях приложения. В связи с повышением интеллектуализации различных технических решений и автоматизации технологических процессов такие устройства оказываются уязвимыми перед нелегитимными действиями нарушителей, пытающихся скомпрометировать их работу и предоставляемые ими сервисы, что, в свою очередь, может приводить к значительному ущербу. Отдельно стоит выделить функционирующие автономно, располагающиеся на удалении от других объектов системы и перемещаемые в пространстве устройства, автономное функционирование которых выражается в автономном энергоснабжении, ограниченных коммуникациях или вычислительных ресурсах. К автономным киберфизическим устройствам можно отнести, в частности, колесные роботы, беспилотные летательные аппараты (БПЛА), географически распределенные отдельно стоящие сенсоры и микроконтроллеры, в том числе

функционирующие в системах, реализующих концепцию туманных вычислений. В результате такие устройства оказываются подверженными атакам, явно или неявно эксплуатирующим эту автономность. Помимо этого, сложность защиты от подобного вида атак затруднена, ввиду того, что подсистеме защиты приходится полагаться по большей части лишь на средства, расположенные внутри самого устройства, что, в свою очередь, осложняет организацию эффективной защиты.

В работе исследуется сценарий работы сети антикризисного управления на основе использования беспроводной коммуникационной самоорганизующейся сети. Предполагается, что при возникновении чрезвычайной ситуации, такой как землетрясение, пожар, наводнение и другие, на место происшествия прибывает персонал служб реагирования, которые разворачивают на местности мобильную коммуникационную инфраструктуру для обмена оперативными данными, а также для связи с командным пунктом.

Важнейшим требованием, накладываемым на такую сеть, является обеспечение функциональности и надежности передачи данных между узлами сети в условиях слабо предсказуемых физических перемещений узлов сети в пространстве. При этом заложенный в используемый протокол принцип ячеистой топологии позволяет узлам сети помимо своих целевых функций выполнять роль промежуточных узлов-маршрутизаторов при передаче данных по сети с возможностью динамического перестроения сети «на лету» и выбором наиболее подходящих маршрутов передачи данных в зависимости от текущего графа сети и загруженности его каналов.

Предложенный в работе [1] подход к обеспечению доступности узлов в сети антикризисного управления предполагает наличие одного или нескольких БПЛА, каждый из которых, во-первых, является узлом коммуникационной сети и, во-вторых, используется для физической доставки беспроводного модуля в области нарушения связности графа сети.

Сеть имеет узел-координатор, являющийся обязательным ее элементом. Координатор осуществляет функции настройки и согласования работы всех устройств сети, в том числе в части решения вопросов адресации и маршрутизации. На командном пункте имеются резервные дроны, готовые к запуску в случае расширения зоны действия сети либо в случае вывода из строя каких-либо узлов. При этом все узлы используют данные геолокации. Координатор собирает данные о состоянии сети, составляя карту того, какие узлы связаны напрямую с какими узлами и определяет характеристики таких соединений.

Для исследования атак истощения энергоресурсов в настоящей работе построен программно-аппаратный прототип системы антикризисного управления с использованием модулей коммуникационной самоорганизующейся mesh-сети, работающей по протоколу ZigBee серии 2. Данный протокол ориентирован на его использование в сетях с возможным изменяющимся во времени составом узлов, их местоположением в пространстве и меняющейся загруженностью коммуникационных каналов. Отметим, что, несмотря на ограниченную область действия сигнала связи, используемого в рамках протокола ZigBee, данный протокол может успешно использоваться в рамках лабораторных исследований для прототипирования, подтверждения выполнимости и анализа защищенности предлагаемых научно-технических решений с возможностью последующего их перенесения на другие протоколы, использующие принципы ячеистой топологии.

БПЛА имеет следующие элементы, представленные на рис. 1:

- 1) встроенная плата управления дроном A.R.Drone 2.0 Power Edition (рис. 1, снизу по центру);
- 2) литий-полимерная АКБ (снизу-слева) ёмкостью в 1 500 mAh 11,1 V;
- 3) микроконтроллер Arduino PRO 5V (сверху-справа), в который зашит программный компонент *mirimod* [2], преобразующий сигналы ШИМ каналов управления в AT-команды управления дроном;
- 4) 4-канальный конвертер логических уровней 5В-3,3В (снизу-справа), преобразующий логические уровни RX/TX входов/выходов платы дрона;

5) микроконтроллер Arduino PRO (в верхнем правом углу), модифицированный под аналог Arduino Leonardo. Данная плата выполняет функции автопилота и управляемого пилотирования дрона;

6) коммуникационный модуль беспроводной связи в самоорганизующейся сети X-Bee s2 Router (слева-сверху) обеспечивает прием команд управления и передачу телеметрии, а также выполняет роль ретранслятора ZigBee-сети;

7) GPS-модуль Neo 6m, работающий по протоколу NMEA 0183 с использованием библиотеки TinyGPS [3].

Атаки истощения энергоресурсов можно условно разделить на два типа. Первый тип – это атаки на беспроводные каналы, которые не требуют физического контакта с атакуемым устройством. Атаки на GPS-канал моделируются постановщиком помех нарушителем, который может либо заглушить сигнал приёмного устройства, либо выдать ему неверные координаты. При активной помехообстановке вероятно появление хаотичных движений БПЛА даже в режиме зависания в одной точке, так как основная привязка местоположения дрона происходит именно к координатам. Применение целенаправленных помех на дрон может вынудить его сойти с маршрута или направиться по более дальнему пути. Канал сети XBee применяется для отправки команд управления, а в ответ дрон передаёт свою телеметрию: GPS-данные, состояние окружающей сети и состояние параметров дрона. Применение помех может привести к потере актуальности выполняемого задания БПЛА, так как новые данные будут поступать с перебоями. Также нарушитель, «влезший» в канал связи, может выдать дрону неверные данные целеуказания, направив его по неоптимальному маршруту или вынуждая совершать лишние энергозатратные действия, попутно атакуя «обратную связь» ложной телеметрией якобы от БПЛА.

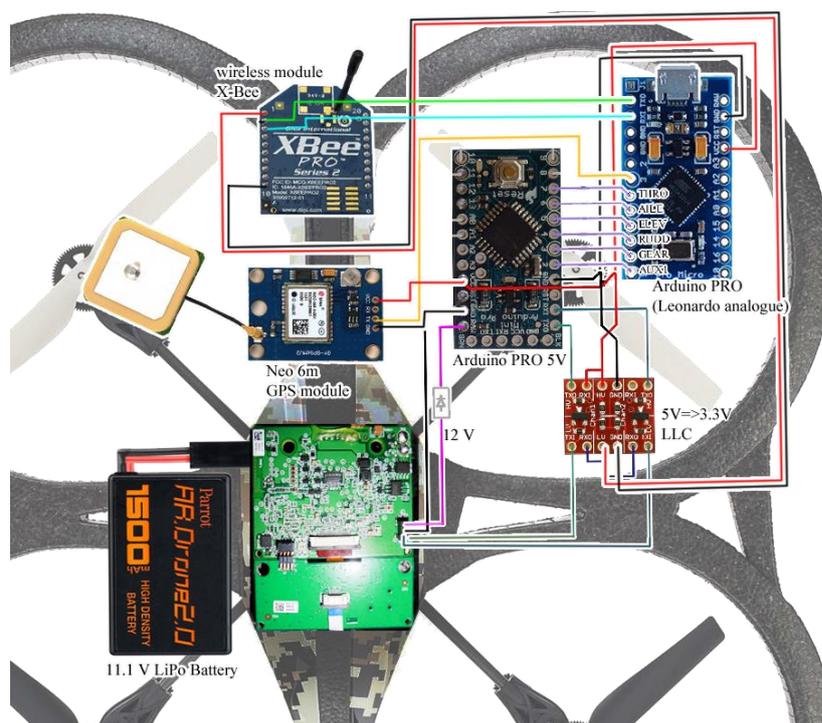


Рис. 1. Структура построенного устройства для доставки резервных модулей-роутеров на базе A.R.Drone 2.0

Второй тип атак подразумевает наличие физического контакта нарушителя с БПЛА. Атака моделируется в момент нахождения дрона в режиме ожидания, статического ретранслятора или в резерве. Атаки возможны на аппаратный интерфейс, на систему питания или на конструкцию беспилотника.

В рамках экспериментальной части исследования на построенном программно-аппаратном прототипе были промоделированы следующие атакующие воздействия: 1) несанкционированное включение БПЛА и перевод в режим ожидания (при его нахождении в состоянии покоя); 2) несанкционированное утяжеление дрона; 3) зависание БПЛА на малой высоте под видом стоянки; 4) внесение лишних движений; 5) отъем энергоресурсов БПЛА через USB-интерфейс.

Рассмотрим более детально атаку несанкционированного включения БПЛА и его перевода в режим ожидания при его нахождении в состоянии покоя. При такой атаке нарушитель посылает запрос на перевод БПЛА в режим готовности к взлёту. В режиме с отключенным модулем Arduino время работы продолжалось 5,43 ч. При подключении всех модулей кроме XБee время работы сократилось до четырех часов, однако статистика разряда практически не изменялась первые три часа. В случае с моделированием атаки типа Denial-of-Sleep (атаки «отказ от сна») [4] на XБee батарея разрядилась уже через 2,5 ч, причём «проседание» заряда началось мгновенно – уже в первый час работы заряд упал вдвое быстрее, а за первые 10 мин заряд уже упал сразу на 15 % (рис. 2).

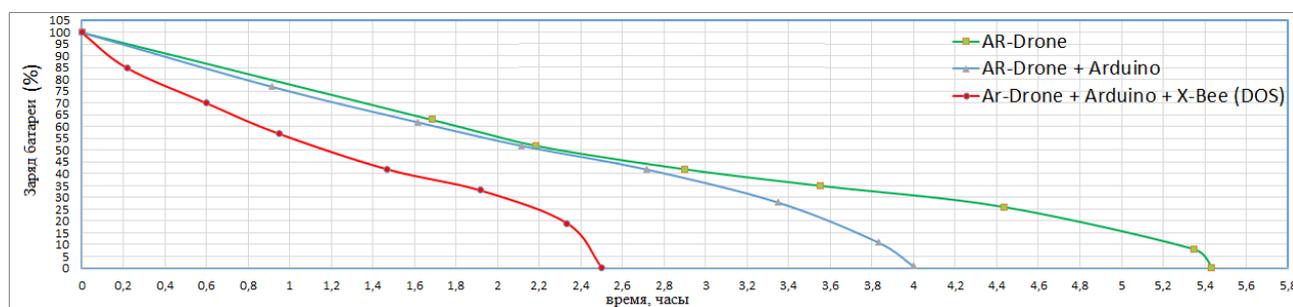


Рис. 2. Результаты моделирования несанкционированного включения БПЛА и его перевода в режим ожидания

Рассмотрим атаку несанкционированного утяжеления дрона. Данная атака моделировалась путем подвески на БПЛА A.R.Drone грузов различной массы, в том числе с нарушением центровки дрона путем смещения груза на переднюю часть дрона. Графики расхода заряда в условиях нагрузки 50 %, 25 % и 12,5 % массы, без массы (0 %) дрона, а также с нагрузкой 12,5 % массы с нарушенной центровкой (12,5 db) приведены на рис. 3.

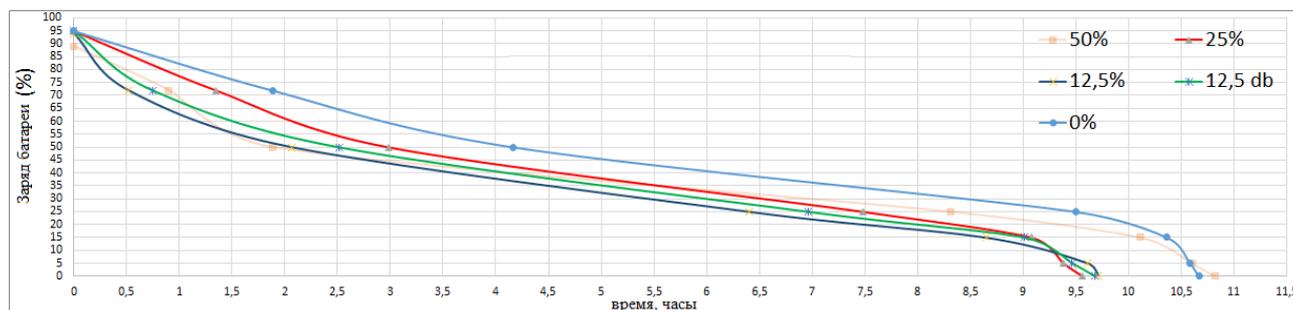


Рис. 3. Результаты моделирования атаки несанкционированного утяжеления дрона

Серия экспериментов подтвердила, что максимальное время работы отмечено при пустой нагрузке. При нагрузке 12,5 и 25 % от полной массы дрона время работы сокращается примерно одинаково – 9,72 и 9,57, соответственно, против 10,67 мин активности дрона без лишней нагрузки. При этом наблюдается значительное «проседание» заряда батареи при старте. Вероятно, это связано с тем, что с ростом нагрузки на двигатели падение напряжения батареи становится более существенным, а уровень заряда определяется по напряжению батареи. Также момент стремительного падения уровня заряда начинается в нагруженном

дроне гораздо позже, и батарея садится гораздо интенсивней, что может привести к слишком поздней отправке дрона на базу для подзарядки.

Рассмотрим атаку зависания БПЛА на малой высоте под видом его нахождения в состоянии покоя в пункте базирования. По результатам экспериментов данная атака оказывается достаточно эффективной – сокращение времени жизни БПЛА происходит многократно – с 4 ч до 12 мин.

Рассмотрим атаку внесения лишних движений в траекторию дрона. Данная атака возможна путем отправки нарушителем команд на взлет/посадку через автопилот Arduino или через канал Wi-Fi с отправкой пакета с командой на взлет. Сравнивались состояния зависания БПЛА в заданной точке и ситуации с непрерывными горизонтальными, вертикальными «колебаниями» дрона, а также его вращениями вокруг своей вертикальной оси. Однако, по сути, основной расход заряда уходит не столько на собственно движение дрона, сколько на поддержание его в воздухе в принципе, что позволяет говорить о неэффективности данной атаки.

Рассмотрим атаку отъема энергоресурсов БПЛА через USB-интерфейс или другой проводной интерфейс БПЛА с использованием «паразитирующего» модуля, в том числе атаку подмены легитимного USB-модуля на злонамеренно модифицированный, расходующий заряд электромагнитного, теплового или другого излучения. В рамках моделирования был установлен измеритель ёмкости батареи за время разряда БПЛА, показавший потребленную энергию в размере 1630 mAh, что при напряжении 5 В составило 8,15 Wh. При этом тест разряда с USB-потребителем показал в среднем снижение времени жизни БПЛА с 4 до 2,2 ч.

Атака подмены аккумулятора на неисправный и атака деградации аккумулятора являются чрезвычайно специфичными ввиду неопределенности степени неисправности и износа батареи, а также мотивации нарушителя по ожидаемому времени поражения дрона.

Таким образом, по результатам анализа, моделирования и экспериментальных исследований атак истощения энергоресурсов на БПЛА можно сделать вывод о наибольшем влиянии на время жизни следующих видов атак: несанкционированное включение БПЛА, зависание БПЛА на малой высоте под видом стоянки, отъем энергоресурсов БПЛА через USB-интерфейс. При этом каждая из атак обладает своими условиями выполнимости и скрытностью. Атака внесения лишних движений показала свою неэффективность при работе с БПЛА A.R.Drone 2.0. Атака несанкционированного утяжеления дрона может оказаться также достаточно эффективной – она сокращает, пусть и не очень значительно, время жизни, в результате чего в условиях полного исчерпания заряда при полете может не успеть вернуться в оперативный штаб для корректного завершения своей задачи.

Планируется дальнейшая реорганизация прототипа и использование разрабатываемых в настоящее время устройств, поддерживающих новый протокол ZigBee серии 3.0, анонсированный в 2017 г. ZigBee Alliance [5]. В частности, протокол третьей версии имеет значительно более сильную встроенную защиту, в том числе на сетевом уровне, предполагает сертификацию устройств, использует расширенный частотный диапазон [6]. Таким образом, функциональные ограничения построенного прототипа системы кризисного управления, в первую очередь касающиеся максимально допустимого расстояния между напрямую взаимодействующими узлами и защищенности протокола при переходе к протоколу ZigBee 3.0, могут быть нивелированы. Это позволит относительно легко адаптировать текущие результаты и численные оценки, полученные в процессе моделирования и анализа атак истощения к условиям, приближенным к условиям промышленных сетей кризисного управления [7].

В работе проведен анализ возможных разновидностей атак истощения энергоресурсов, направленных на БПЛА. Получены результаты экспериментальных исследований по моделированию некоторых видов атак истощения энергоресурсов на фрагменте программно-аппаратного прототипа системы антикризисного управления с использованием Parrot A.R. Drone 2.0. В рамках дальнейшей работы планируется решение

задач, связанных с выявлением указанных типов атак на БПЛА с применением автоматизированных средств детектирования, в том числе с использованием методов машинного обучения.

Работа выполнена в СПИИРАН при поддержке Гранта Президента Российской Федерации № МК-5848.2018.9.

Литература

1. Desnitsky V., Kotenko I., Rudavin N. Ensuring Availability of Wireless Mesh Networks for Crisis Management // *Studies in Computational Intelligence*. 2018. Vol. 798. P. 344–353.
2. MiruMod AR.Drone v1.0 and v2.0 WiFi-less mod by miru. URL: <http://mirumod.net/intro.php> (дата обращения: 28.08.2019).
3. TinyGPS Library. URL: <http://arduiniana.org/libraries/tinygps/> (дата обращения: 28.08.2019).
4. Udoh E., Getov V. Performance Analysis of Denial-of-Sleep Attack-Prone MAC Protocols in Wireless Sensor Networks, 2018 UKSim-AMSS // 20th International Conference on Computer Modelling and Simulation (UKSim). Cambridge, 2018. P. 151–156.
5. Zigbee 3.0 for developers. URL: <https://www.zigbee.org/zigbee-for-developers/zigbee-3-0/> (дата обращения: 28.08.2019).
6. Desnitsky V.A., Kotenko I.V., Rudavin N.N. Protection Mechanisms against Energy Depletion Attacks in Cyber-Physical Systems. 2019 IEEE Conference of Russian Young Re-searchers in Electrical and Electronic Engineering (EIconRus 2019), Saint-Petersburg and Moscow, Russia. 2019. P. 214–219.
7. Desnitsky V., Kotenko I. Modeling and analysis of IoT energy resource exhaustion attacks // *Studies in Computational Intelligence*. 2017. Vol. 737. P. 263–270.

References

1. Desnitsky V., Kotenko I., Rudavin N. Ensuring Availability of Wireless Mesh Networks for Crisis Management // *Studies in Computational Intelligence*. 2018. Vol. 798. P. 344–353.
2. MiruMod AR.Drone v1.0 and v2.0 WiFi-less mod by miru. URL: <http://mirumod.net/intro.php> (data obrashcheniya: 28.08.2019).
3. TinyGPS Library. URL: <http://arduiniana.org/libraries/tinygps/> (data obrashcheniya: 28.08.2019).
4. Udoh E., Getov V. Performance Analysis of Denial-of-Sleep Attack-Prone MAC Protocols in Wireless Sensor Networks, 2018 UKSim-AMSS // 20th International Conference on Computer Modelling and Simulation (UKSim), Cambridge, 2018. P. 151–156.
5. Zigbee 3.0 for developers. URL: <https://www.zigbee.org/zigbee-for-developers/zigbee-3-0/> (data obrashcheniya: 28.08.2019).
6. Desnitsky V.A., Kotenko I.V., Rudavin N.N. Protection Mechanisms against Energy Depletion Attacks in Cyber-Physical Systems. 2019 IEEE Conference of Russian Young Re-searchers in Electrical and Electronic Engineering (EIconRus 2019), Saint-Petersburg and Moscow, Russia. 2019. P. 214–219.
7. Desnitsky V., Kotenko I. Modeling and analysis of IoT energy resource exhaustion attacks // *Studies in Computational Intelligence*. 2017. Vol. 737. P. 263–270.

ПРАКСИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ ВУЗА МЧС РОССИИ

**И.Л. Данилов, кандидат физико-математических наук, доцент;
Л.В. Медведева, доктор педагогических наук, профессор,
заслуженный работник высшей школы Российской Федерации.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Приведены конкретные примеры установления связей идеализированных и натуральных колебательных систем. Обсуждена методика синтеза и анализа ангармонических колебаний различных систем по методу преобразования Фурье.

Ключевые слова: колебания, волны, практико-ориентированное обучение, прaksiологические аспекты моделирования, нормальные моды, прямое и обратное преобразование Фурье

PRAIXIOLOGICAL ASPECTS OF COMPUTER MODELING OF VIBRATION PROCESSES IN THE EDUCATIONAL ENVIRONMENT OF THE UNIVERSITY OF EMERCOM OF RUSSIA

I.L. Danilov; L.V. Medvedeva.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Concrete examples of the establishment of connections between idealized and natural oscillatory systems are given. The method of synthesis and analysis of anharmonic oscillations of various systems using the Fourier transform method is discussed.

Keywords: oscillations, waves, practice-oriented learning, praxiological aspects of the modeling, normal modes, direct and inverse Fourier transform

Колебательные и волновые процессы определяют работу всех органов чувств человека, а, значит, могут влиять на них как позитивно, так и негативно. Колебания зданий и сооружений при движении транспорта, вибрации корпусов всех транспортных средств и станков, землетрясения и цунами – все это колебательно-волновое движение искусственных и природных объектов [1].

Однако в учебниках по физике (в том числе и для технических вузов) рассматриваются преимущественно идеализированные, линейные системы с сосредоточенными параметрами (математический и пружинный маятник, контур Томсона). Вопросам более сложного уровня, связанным с ангармоническими колебаниями, движением нелинейных систем с распределенными параметрами или систем с несколькими степенями свободы, с гармоническим синтезом или анализом (по методу Фурье) уделяется незначительное внимание [2, 3].

Вместе с тем на практике инженерные расчеты чаще всего требуют знаний методов физического описания и математического решения именно для таких реальных колебательных и волновых процессов, в ходе которых проявляется их основная особенность – перенос энергии без переноса вещества.

Раздел курса физики «Колебания и волны» является важнейшим связующим звеном между учебным материалом, пройденным до его начала и последующими разделами курса физики. Это своеобразный мост от механики, электричества и магнетизма к атомной, квантовой и ядерной физике.

С позиций вышеизложенного, при изучении темы «Колебания» необходимо регулярно проводить анализ решений для идеализированных систем с точки зрения их связи с реальными объектами, которые подвергаются колебательному воздействию. Особое внимание следует уделять обеспечению связи учебных заданий при решении практических задач, проведении натуральных или виртуальных измерений и оформлении отчета по лабораторной работе с вытекающими из них инженерно-техническими установками и природными процессами [4–8].

Реализация указанного подхода в педагогической практике обеспечивает овладение обучающимися следующих видов познавательной деятельности: постановка практико-ориентированных проблем исследования (первое приближение недифференцированного целого); направленного развития познавательного поля исследования объекта изучения (выделение элементов целого и их взаимоотношений); системного изучения свойств объекта (формирование целостного «образа» объекта изучения).

Специально организованная познавательная деятельность обучающихся в непрерывно изменяющихся многофакторных проблемных ситуациях обуславливает развитие у будущих инженеров интеллектуальных способностей, системными компонентами которых, согласно структурно-интегративной модели интеллекта, являются конвергентные способности, дивергентные способности, креативность и обучаемость. Именно развитие указанных компонентов у субъекта деятельности (в том числе и профессиональной) определяет функциональную и психологическую готовность личности к инновационному видению и продуцированию новых знаний.

С этих позиций особую дидактическую значимость в содержании фундаментального образования в техническом вузе приобретают эффективные компьютерные технологии, обеспечивающие методологизацию познавательной деятельности путем направленного развития информационных потребностей, информационной культуры и овладения различными видами моделирования [9].

В современной дидактике доказано, что компьютерное моделирование становится образовательным средством и в значительной степени обеспечивает эффективность компьютерных технологий обучения, если:

- повышается информационная емкость учебного материала, что приобретает чрезвычайную актуальность в условиях непрерывного сокращения количества часов на изучение фундаментальных дисциплин в технических вузах;
- методически обеспечивается вариативная экспериментальная деятельность в условиях затруднения (невозможности или небезопасности) организации натуральных измерений в учебной лаборатории;
- расширяются образовательные возможности овладения учебным материалом путем сравнительного анализа результатов исследований натуральных и виртуальных моделей;
- развиваются навыки самостоятельной продуктивной работы с моделью как одной из форм представления информации;
- формируются умения оценки границ применения математической модели при планировании, постановке и интерпретации результатов натурального и виртуального экспериментов;
- создаются эргатические (человеко-машинные) системы с приоритетом естественного интеллекта для поиска оптимального решения в лабиринте возможностей проблемной ситуации.

Одним из наиболее очевидных достоинств компьютерного моделирования при изучении темы «Колебания» является не только возможность создания зрительных образов изучаемых колебательных процессов с разной степенью детализации описания объекта, но и наглядная интерпретация аналитических моделей реальных объектов.

Следует особенно отметить, что возможность создания зрительных образов изучаемых колебательных процессов одновременно с графической интерпретацией зависимостей их характеристик позволяет значительно увеличить информационную емкость

учебного материала, который лично осваивается и используется обучающимися в качестве средства решения практических задач [10].

Рассмотрим некоторые праксиологические аспекты компьютерного моделирования колебательных процессов, целенаправленного на практико-ориентированное изучение курса общей физики в образовательной среде вуза МЧС России [11].

1. При проведении лабораторно-практического занятия (ЛПЗ) «Изучение свободных колебаний груза на пружине» коэффициент жесткости k пружины определяется не только путем измерения растяжения Δx под действием веса $P=M \cdot g$ подвешенного груза, но и через параметры, характеризующие материал и геометрию пружины:

– в первом случае $k=M \cdot g / \Delta x$;

– во втором $k = \frac{Gd^4}{8ND^2}$,

где G – модуль упругости материала пружины (стали); d – диаметр проволоки; N – число витков пружины; D – эффективный диаметр витков.

Кроме того, в задачах школьного уровня сложности, как правило, пренебрегают массой пружины, что не соответствует колебаниям реальных пружинных систем. По этой причине в ЛПЗ вводится эффективная масса системы «пружина-груз» $M^*=(M+m/3)$, которая складывается из массы груза M и трети массы пружины m . В соответствии с этим параметром вводятся поправки в известные формулы для периода колебаний и энергии пружинного маятника.

2. При проведении ЛПЗ «Изучение механических колебаний балки», роль которой играет металлическая линейка, проводятся аналогии данной системы с колебаниями консоли, закрепленной с одного или двух концов. Подобные системы входят в состав многих строительных конструкций – балконы, плиты перекрытий, арки, мосты.

Масса консоли m может быть определена как путем взвешивания, так и через параметры консоли:

$$m = \rho l b h,$$

где ρ – плотность материала консоли; l – длина консоли; b – ширина консоли; h – толщина консоли.

Из курса сопротивления материалов коэффициент жесткости k консоли может быть рассчитан по формуле:

$$k = E \cdot \frac{bh^2}{4l^3},$$

где E – модуль упругости материала консоли (балки).

Отмечается, что в процессе колебаний система балка-груз имеет эффективную массу, которая определяется по формуле:

$$M^* = M + \frac{33}{140}m,$$

где M – масса груза; m – масса балки.

В этом случае период колебаний балки с основной частотой равен:

$$T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \sqrt{\frac{M^*}{k}},$$

где ω_0 – собственная (основная) циклическая частота колебаний консоли.

Наконец важно понимать, что любая строительная конструкция (здание, сооружение, их элементы) характеризуется набором собственных колебаний – мод, которые представлены на рис. 1. Значение частот этих колебаний определяются, как и в ЛПЗ, прочностными и геометрическими характеристиками объекта. По их значениям методом вибродинамического возбуждения колебаний можно проводить неразрушающий контроль состояния здания или сооружения [12, 13].

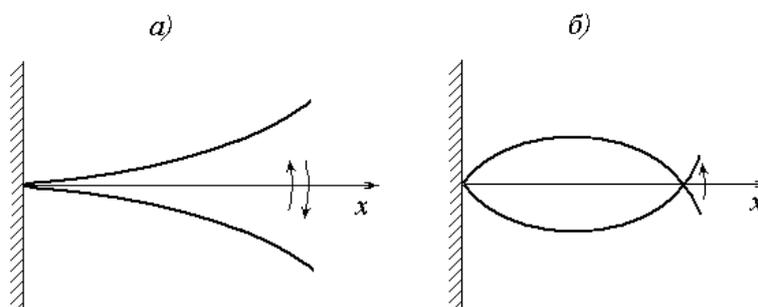


Рис. 1. Типы колебаний консоли: а) основная частота; б) гармоника

3. При проведении ЛПЗ «Изучение вынужденных механических колебаний и резонанса» в режиме виртуальных измерений проводится построение резонансных кривых для амплитуд колебаний смещения и скорости груза на пружине. В качестве реального прототипа такой системы моделируется рессорная подвеска автомобиля или вагона поезда, которые представлены на рис. 2.

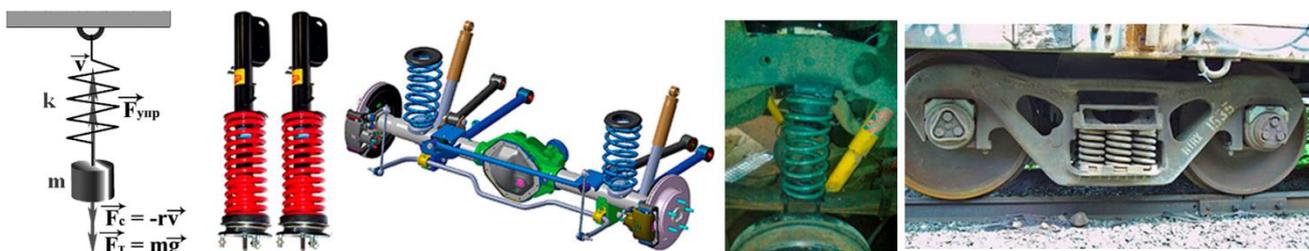


Рис. 2. Модель пружинного маятника и реальные рессоры автомобиля и вагона

Свойства материалов и параметры модели должны соответствовать аналогичным параметрам реальных рессор.

4. При проведении ЛПЗ «Изучение сложения гармонических колебаний» необходимо пояснять, что реальные колебательные системы не могут совершать гармонические колебания. Однако линейная комбинация гармонических колебаний с разной частотой и амплитудой позволяет получить ангармоническое колебательное движение, сколь угодно близкое по своему виду к колебаниям конкретного объекта как электромагнитной, так и механической природы. На рис. 3 представлены гармоническое колебание с частотой 5 Гц ($x1$), гармоническое колебание с частотой 8 Гц ($x2$) и ангармоническое колебание ($x=x1+x2$).

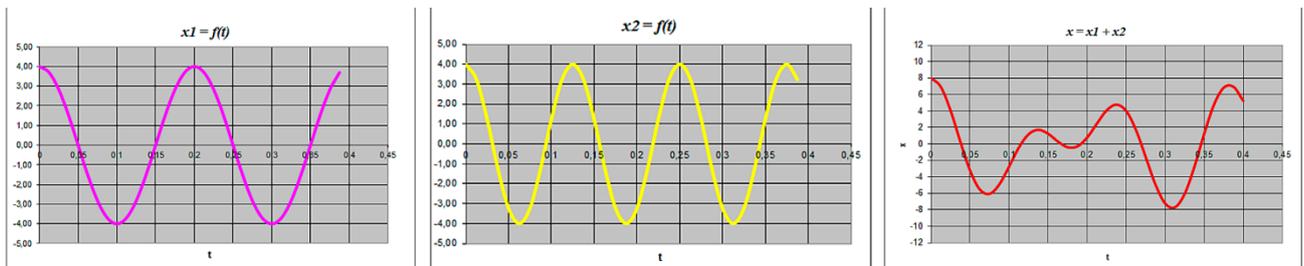


Рис. 3. Гармонические колебания (x_1 , x_2) и ангармоническое колебание (x)

Такая операция называется синтезом и аналитически проводится по уже упомянутому прямому преобразованию Фурье. Полезным представляется приведение примера и обратной процедуры – анализа ангармонического сигнала на предмет нахождения его гармонических составляющих (собственных мод системы) с помощью обратного преобразования Фурье.

Амплитуды гармоник a_n и b_n для реальных зависимостей $f(t)$ довольно быстро уменьшаются по мере роста номера гармоники n . Поэтому на практике имеют дело с ограниченными по числу гармоник рядами Фурье.

Теория спектрального анализа и синтеза хорошо развита, и для многих зависимостей $f(t)$ заведомо известны значения коэффициентов Фурье или законы изменения (с частотой или номером гармоники) амплитуд и фаз гармоник [14, 15].

Собственные движения (колебания) в консервативных линейных системах как с сосредоточенными, так и с распределенными параметрами, можно представить в виде суперпозиции нормальных колебаний; в неконсервативных системах, строго говоря, это невозможно. Нормальными колебаниями являются собственные (свободные) гармонические колебания линейных динамических систем с постоянными параметрами. Каждое нормальное колебание характеризуется определенным значением частоты, с которой осциллируют все элементы системы (например, заряд, сила тока или напряжение в колебательном контуре) и формой – распределением амплитуд и фаз по элементам системы. Если линейно независимые нормальные колебания отличаются формой, но имеют одну и ту же частоту, то они называются вырожденными, а частоты нормальных колебаний называются собственными частотами системы.

В дискретных системах, состоящих из N связанных гармонических осцилляторов (например, механических маятников или колебательных контуров), число нормальных колебаний равно N . В распределенных системах (струна, мембрана, резонатор) существует бесконечное, но счетное множество нормальных колебаний.

Так, при возбуждении струны длиной l , площадью сечения S , напряжением Q , плотностью материала ρ , закрепленной на жестких опорах, возбуждаются нормальные колебания с частотой:

$$v_n = \frac{n}{2l} \cdot \sqrt{\frac{Q}{\rho S}},$$

где n – целое число, соответствующее номеру гармонической составляющей.

При этом полная энергия движения распадается на сумму парциальных энергий отдельных нормальных колебаний. Таким образом, линейная система ведет себя как набор независимых гармонических осцилляторов, которые могут быть выбраны в качестве обобщенных нормальных координат, описывающих движение в целом. Однако в динамических системах могут существовать и собственные движения, не сводящиеся к нормальным колебаниям (равномерные вращения, постоянные токи и др.).

Понятие нормальных колебаний может быть приближенно распространено на системы, содержащие неконсервативные и нелинейные элементы (трение, электрическое сопротивление и т.п.), если их воздействие приводит к медленным изменениям амплитуд и фаз – квазигармонические нормальные колебания.

Каждое нормальное колебание можно представить в виде двух упругих плоских бегущих волн, распространяющихся в противоположных направлениях – нормальные волны. Нормальные волны являются обобщением понятия нормальных колебаний на открытые области пространства и незамкнутые волноводные системы (волноводы, волновые каналы, струны, стержни, замедляющие системы, цепочки связанных осцилляторов).

Ещё один важный элемент проведения ЛПЗ по физике связан с систематическим применением виртуальных лабораторных установок и, как следствие, виртуальных измерительных приборов. Такой подход конечно возможен, а в ряде случаев и неизбежен из-за отсутствия необходимых средств и помещений для оборудования натуральных лабораторий физики. Однако при моделировании виртуальных измерительных инструментов и приборов необходимо как можно ближе оформлять их вид к реальным аналогам.

Таким образом, использование компьютерного моделирования в указанных праксиологических аспектах (цель, средства, деятельность, практика) при изучении колебательных процессов не только приближает изучение теоретических идеализированных систем к реальным искусственным и природным объектам, колебания которых входят в широкий круг инженерно-технических задач, но и облегчает понимание связей отдельных параметров таких систем между собой.

Следствием реализации изложенного подхода является практико-ориентированное овладение учебным материалом, которое в значительной степени способствует повышению качества подготовки специалистов в инженерно-технических вузах.

Литература

1. Савин С.Н., Данилов И.Л. Сейсмобезопасность зданий и территорий. СПб.: Изд-во «Лань», 2015. 240 с.
2. Allen M.P., Tildesley D.J. Computer simulation of liquids. Clarendon Press, Oxford, 1987.
3. Жуков А.И. Метод Фурье в вычислительной математике. М.: Физматлит, 1992.
4. Гулд Х., Тобочник Я. Компьютерное моделирование в физике. М.: Мир, 1990.
5. Королев А.Л. Компьютерное моделирование. М.: ЛБЗ-БИНОМ, 2010. 230 с.
6. Красов В.И., Кринберг И.А., Паперный В.Л. Компьютерные технологии в физике. Ч. 1: Компьютерное моделирование физических процессов: учеб. пособие. Иркутск: ИГУ, 2006. 99 с.
7. Майер Р.В. Компьютерное моделирование физических явлений: монография. Глазов: ГГПИ, 2009.
8. Данилов И.Л., Егорова Н.И. Лабораторный практикум по физике на основе моделирования в среде MS Excel // Интернет и современное общество: труды XX Междунар. объедин. науч. конф. IMS-2017. СПб.: Ун-т ИТМО, 2017. С. 104–113.
9. Медведева Л.В., Данилов И.Л., Егорова Н.И. Формирование фундаментальных знаний на основе реализации интегративного подхода к обучению в вузе МЧС России // Человек и образование. 2018. № 1 (54). С. 82–87.
10. Медведева Л.В., Данилов И.Л., Егорова Н.И. Использование возможностей среды EXCEL для симуляции измерительных приборов при проведении виртуальных лабораторных работ по физике // Актуальные вопросы естествознания: материалы IV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Иваново, 2019. С. 387–391.
11. Физика. Колебания и волны. Руководство к лабораторно-практическим занятиям / И.Л. Данилов [и др.]. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2015. 200 с.
12. Савин С.Н., Данилов И.Л. Неразрушающий мониторинг строительных конструкций с помощью акселерометров высокой чувствительности: сб. трудов III Междунар. науч.-практ. конф. «Sensorica-2015». СПб.: Ун-т ИТМО, 2015. С. 128–129.
13. Савин С.Н., Данилов И.Л. Сервис безопасности зданий и сооружений при повышенных механических нагрузках // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2015. № 3 (15). С. 24–29.

14. Белл Р. Дж. Введение в Фурье-спектроскопию. М., 1975.

15. Толстой Г.П. Ряды Фурье. М.: Физматлит, 1980.

References

1. Savin S.N., Danilov I.L. Sejsmobeзопасnost' zdanij i territorij. SPb.: Izd-vo «Lan'», 2015. 240 s.
2. Allen M.P., Tildesley D.J. Computer simulation of liquids. Clarendon Press, Oxford, 1987.
3. ZHukov A.I. Metod Fur'e v vychislitel'noj matematike. M.: Fizmatlit, 1992.
4. Guld H., Tobochnik Ya. Komp'yuternoe modelirovanie v fizike. M.: Mir, 1990.
5. Korolev A.L. Komp'yuternoe modelirovanie. M.: LBZ-BINOM, 2010. 230 s.
6. Krasov V.I., Krinberg I.A., Papernyj V.L. Komp'yuternye tekhnologii v fizike. Ch. 1: Komp'yuternoe modelirovanie fizicheskikh processov: ucheb. posobie. Irkutsk: IGU, 2006. 99 s.
7. Majer R.V. Komp'yuternoe modelirovanie fizicheskikh yavlenij: monografiya. Glazov: GGPI, 2009.
8. Danilov I.L., Egorova N.I. Laboratornyj praktikum po fizike na osnove modelirovaniya v srede MS Excel // Internet i sovremennoe obshchestvo: trudy XX Mezhdunar. ob"ed. nauch. konf. IMS-2017. SPb.: Un-t ITMO, 2017. S. 104–113.
9. Medvedeva L.V., Danilov I.L., Egorova N.I. Formirovanie fundamental'nyh znanij na osnove realizacii integrativnogo podhoda k obucheniyu v vuze MCHS Rossii // Chelovek i obrazovanie. 2018. № 1 (54). S. 82–87.
10. Medvedeva L.V., Danilov I.L., Egorova N.I. Ispol'zovanie vozmozhnostej srede EXCEL dlya simulyacii izmeritel'nyh priborov pri provedenii virtual'nyh laboratornyh rabot po fizike // Aktual'nye voprosy estestvoznaniya: materialy IV Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem. Ivanovo, 2019. S. 387–391.
11. Fizika. Kolebaniya i volny. Rukovodstvo k laboratorno-prakticheskim zanyatiyam / I.L. Danilov [i dr.]. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2015. 200 s.
12. Savin S.N., Danilov I.L. Nerazrushayushchij monitoring stroitel'nyh konstrukcij s pomoshch'yu akselerometrov vysokoj chuvstvitel'nosti: sb. trudov III Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Sensorica-2015». SPb.: Un-t ITMO, 2015. S. 128–129.
13. Savin S.N., Danilov I.L. Servis bezopasnosti zdanij i sooruzhenij pri povyshennyh mekhanicheskikh nagruzkah // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty)». 2015. № 3 (15). S. 24–29.
14. Bell R. Dzh. Vvedenie v Fur'e-spektroskopiyu. M., 1975.
15. Tolstoj G.P. Ryady Fur'e. M.: Fizmatlit, 1980.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ ФИЗИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОСНОВЕ АППАРАТА СЕТЕЙ ПЕТРИ

В.В. Юдаев.

Ульяновский институт гражданской авиации им. главного Маршала авиации Б.П. Бугаева.

А.В. Богданов, кандидат технических наук, доцент.

Государственный Эрмитаж.

О.А. Королёв.

Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко

Российской академии наук

Рассмотрен подход к обеспечению авиационной безопасности аэропорта за счет повышения качества досмотра багажа путем оптимизации структуры и организации работы многоуровневой системы контроля с помощью аппарата сетей Петри. Разработана математическая модель процесса контроля багажа, базирующаяся на пяти уровнях досмотра. Реализация модели в программной среде Colored Petri nets Tools позволяет осуществить проверку установленного порядка работы пункта досмотра, оценить его пропускную способность и временные характеристики, что, в конечном счете, позволяет оптимизировать и повысить качество досмотра.

Ключевые слова: сеть Петри, авиационная безопасность, досмотр багажа, моделирование

SIMULATION OF PHYSICAL SAFETY SYSTEMS BASED ON PETRI NETS APPARATUS

V.V. Yudaev. Ulyanovsk institute of Civil Aviation named after Chief Marshal of aviation

B.P. Bugaev.

A.V. Bogdanov. State hermitage museum.

O.A. Korolev. Solomenko Institute of transport problems of the Russian academy of sciences

The approach to ensuring aviation security of the airport by improving the quality of baggage inspection by optimizing the structure and organization of the multi-level control system using the Petri nets is considered. A mathematical model of the baggage control process has been developed, based on five inspection levels. The implementation of the model in the Colored Petri nets Tools software environment allows you to verify the established procedure for the operation of the inspection point, evaluate its throughput and time characteristics, which ultimately allows you to optimize and improve the quality of inspection.

Keywords: Petri net, aviation security, inspection of baggage, simulation

Совершенствование транспортного процесса сопровождается усложнением транспортных технологий и инфраструктур при одновременном росте потенциальных угроз, что, в свою очередь, диктует ужесточение требований к безопасности транспортировки. Это в полной мере относится и к воздушному транспорту, который по прогнозу до 2030 г. будет развиваться темпами, значительно превышающими мировые тенденции [1].

Важнейшей мерой обеспечения безопасности воздушных перевозок, установленной руководящими документами [2, 3], является предполетный досмотр и контроль перевозимого багажа. Одной из проблем в этой области является необходимость технического оснащения авиапредприятий современной аппаратурой обнаружения запрещенных к перевозке

предметов и реорганизация системы предполетного обслуживания пассажиров [4]. Для исследования такой сложной организационно-технической системы целесообразно использовать математический аппарат сетей Петри (СП), применение которого рассмотрено в работах [5–7].

Структура многоуровневого процесса обработки багажа

Наибольшая эффективность процесса досмотра багажа достигается при комплексном применении новейших технических средств, таких как автоматизированные рентгеновские системы высокой пропускной способности, системы для обнаружения взрывчатых веществ, взрывных устройств и др. [8].

Для разработки структуры многоуровневой системы досмотра применяется классическая задача оптимального синтеза [9].

Пусть $X = \{x_1, x_2, \dots, x_k\}$ – множество технических средств и также операторов, участвующих в проведении досмотра (k – число уровней досмотра); $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_g\}$ – множество условий (вариантов) функционирования системы досмотра; $Q: X \times Y \rightarrow R$ (где R – множество вещественных чисел) – функционал, определяющий значение $Q\{x, y\}$ обобщенного показателя эффективности процесса досмотра (вероятность обнаружения запрещенных к перевозке предметов и/или веществ – $P_{\text{Обн}}^i$, $i = 1, 2, \dots, k$) для любых элементов $x \in X$ и $y \in Y$.

При заданном элементе $y_0 \in Y$, определяющем условия функционирования системы досмотра, необходимо обеспечить максимум ОПЭ $Q\{x, y_j\}$ для конкретных условий $y = y_0$ досмотра, осуществляемого элементами $x \in X$ $Q\{x, y_0\} \rightarrow \max$. Решением задачи будет множество $x_\varepsilon(x, y_0)$ ε – оптимальных систем $x_\varepsilon(\varepsilon \geq 0)$, определяемое выражением $x_\varepsilon \in x_\varepsilon(x, y_0) \Leftrightarrow Q(x, y) \leq Q(x_\varepsilon, y_0) + \varepsilon$.

Для оптимизации многоуровневого процесса досмотра следует обеспечить [8]:

- а) минимизацию уровней досмотра ($k \rightarrow \min$);
- б) передачу информации с предыдущего уровня на последующий;
- в) последовательное повышение эффективности каждого следующего уровня досмотра ($P_{\text{Обн}}^i > P_{\text{Обн}}^{i-1}$ и $t_i > t_{i-1}$, где t_i – время досмотра багажа на i уровне);
- г) «безотказность» процесса досмотра;
- д) при отсутствии удовлетворительных результатов досмотра на i уровне багаж должен быть направлен на следующий более высокий уровень;
- е) если статус багажа остаётся неопределённым, он считается не прошедшим проверку и подвергается дополнительным процедурам досмотра, багаж, вызывающий какие-либо сомнения, не пропускается;
- ж) каждый предмет багажа рассматривается как непроверенный, если невозможно установить отсутствие ограниченных или запрещенных к перевозке предметов. В основе большинства используемых в мировой практике систем досмотра лежит пятиуровневая модель, первые два уровня которой интегрированы в операции системы обработки багажа [9] (рис. 1).

На уровнях 1–3 комплексной системы досмотра применяются различные типы специальных технических средств досмотра, уровень 4 предполагает ручной досмотр в присутствии пассажира, при поступлении багажа на уровень 5 оператор в целях безопасности уведомляет соответствующие полномочные органы (включая полицию) и руководство аэропорта для принятия установленных мер, включая вызов специалистов по обезвреживанию боеприпасов.

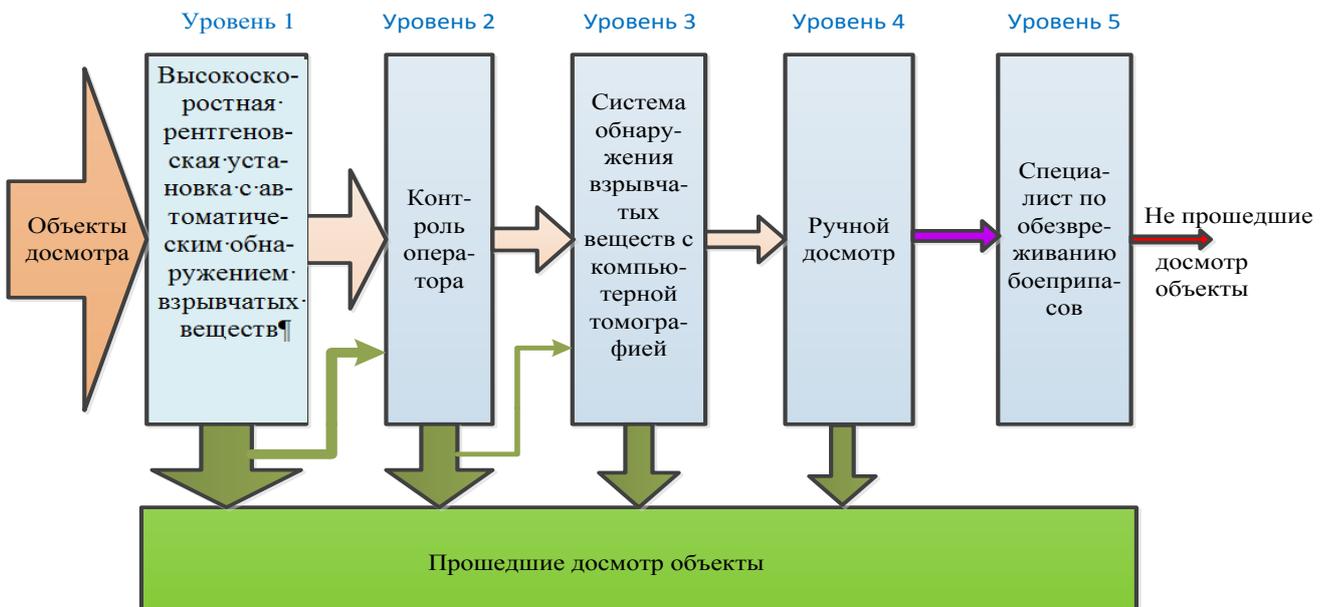


Рис. 1. Общая модель пятиуровневой системы досмотра багажа

Сеть Петри, моделирующая процесс досмотра багажа

В работе [10] предложена СП, моделирующая процесс предполетного досмотра пассажиров, ручной клади и багажа (рис. 2). На её основе разработана динамическая имитационная модель процесса предполетного досмотра, которая реализована в программной среде Colored Petri nets (CPN) Tools. В этой модели использованы следующие атрибуты досмотра: « d_i – документы», « p_i – пассажир», « $г_i$ – ручная кладь», « b_i – багаж», которым соответствуют типы фишек, выраженные числами: 1, 2, 3, 4 соответственно.

Из рис. 2 видно, что пассажир допускается на рейс, если он получает допуск по всем проверяемым атрибутам и не допускается, если хотя бы по одному из атрибутов он не соответствует требованиям и это несоответствие не может быть устранено в ходе досмотра, а также при обнаружении запрещенных к перевозке предметов (вещств).

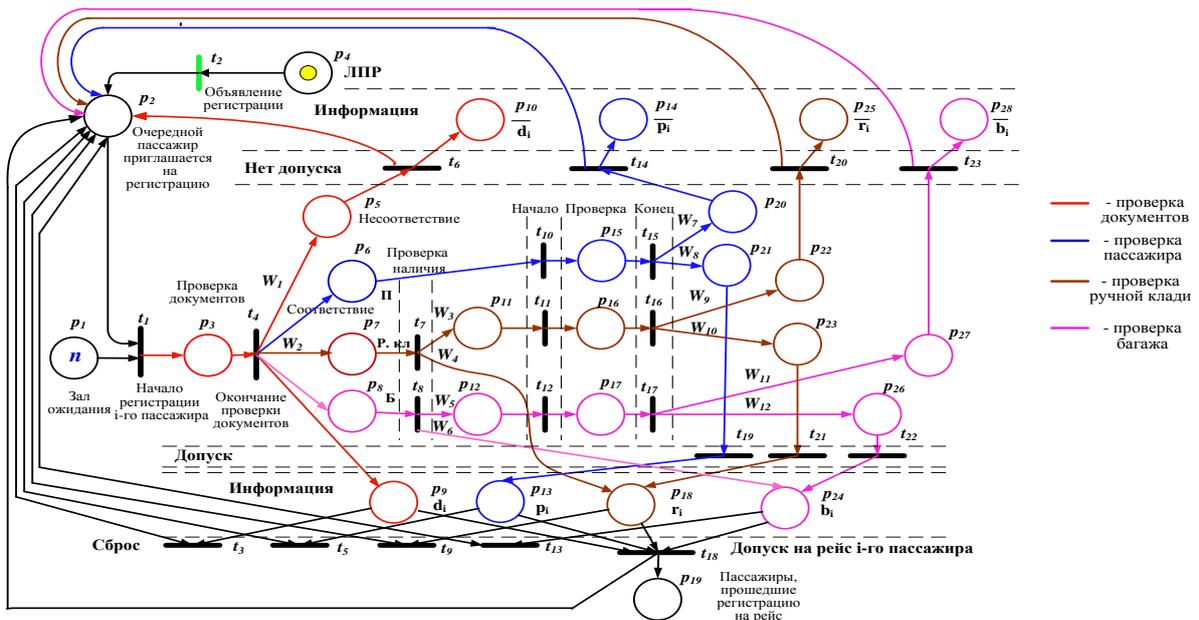


Рис. 2. СП, моделирующая процесс предполетного досмотра (ЛПР – лицо, принимающее решение)

При разработке модели использовалось следующее обозначение типа фишек: 4 – досматриваемый багаж; 41 – багаж без «закладок»; 42 – багаж с «закладками»; 412 – багаж без «закладок», ошибочно не прошедший проверку (ложная тревога); 421, 422, 423, 424 – багаж с «закладками», который не был обнаружен соответственно на 1, 2, 3 и 4 уровнях досмотра.

СП, моделирующая процесс пятиуровневого досмотра, представлена на рис. 3. Ее аналитическое представление имеет вид [2]: $C = (P, T, I, O, H, M_0)$, где P – непустое конечное множество позиций; T – непустое конечное множество переходов, причём $P \cap T = \emptyset$; $I: P \times T \rightarrow N_0$ – входная функция переходов; $O: T \times P \rightarrow N_0$ – выходная функция переходов; H – множество ингибиторных дуг. При этом $P_h = \{p_h | (p_h, t) \in H\}$ – множество ингибиторных позиций, $p_h \in P_h$; M_0 – начальная маркировка сети; $N_0 = \{0, 1, 2, \dots\}$ – множество натуральных чисел и ноль.

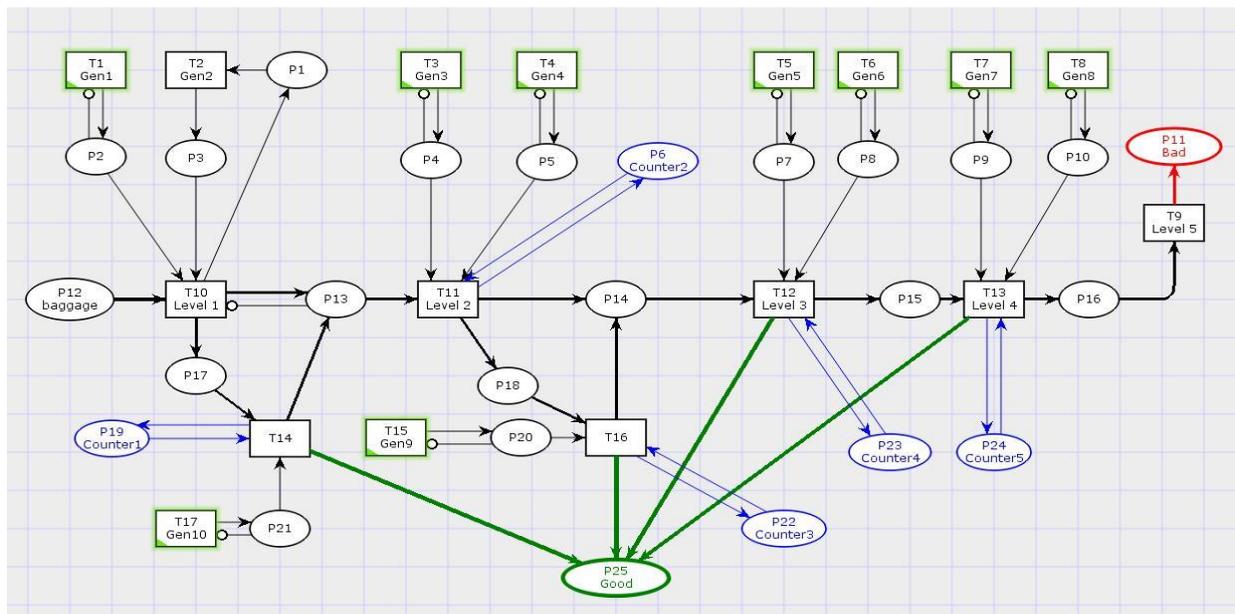


Рис. 3. СП, моделирующая пятиуровневую систему контроля

Для удобства представления этой сети используется матричный подход, основанный на её описании двумя матрицами D^- и D^+ , представляющими входную (рис. 4) и выходную (рис. 5) функции сети. Каждая матрица имеет m строк (по одной на переход) и n столбцов (по одному на позицию).

Матрицы определяются как $D^-(j, i) = K(P_i, I(t_j))$ и $D^+(j, i) = K(P_i, O(t_j))$. D^- описывает входы в переходы, D^+ – выходы из переходов, K – кратность позиции по входам и выходам.

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8	P_9	P_{10}	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{14}	P_{15}	P_{16}	P_{17}	P_{18}	P_{19}	P_{20}	P_{21}	P_{22}	P_{23}	P_{24}	P_{25}	
t_1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t_2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t_3	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t_4	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t_5	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t_6	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t_7	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t_8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t_9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t_{10}	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t_{11}	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t_{12}	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
t_{13}	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
t_{14}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
t_{15}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0
t_{16}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
t_{17}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0

Рис. 4. Матрица, представляющая входную функцию СП

Для моделирования стохастических характеристик в CPN Tools используются случайные функции. Из известных способов их описания выбраны свободные (несвязанные) переменные выходных дуг переходов, значения которых не определены входными дугами и другими атрибутами, им присваиваются случайные значения во время работы сети.

	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	p_6	p_7	p_8	p_9	p_{10}	p_{11}	p_{12}	p_{13}	p_{14}	p_{15}	p_{16}	p_{17}	p_{18}	p_{19}	p_{20}	p_{21}	p_{22}	p_{23}	p_{24}	p_{25}
t_1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t_2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t_3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t_4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t_5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t_6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t_7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t_8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t_9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t_{10}	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
t_{11}	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
t_{12}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
t_{13}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
t_{14}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
t_{15}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
t_{16}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
t_{17}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

Примечание: 0 – дуга отсутствует; 1 – дуга имеется; -1 – ингибиторная дуга

Рис. 5. Матрица, представляющая выходную функцию СП

Сеть состоит из следующих групп элементов:

- переходы $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7, t_8, t_{15}, t_{17}$, моделирующие работу генераторов дискретных чисел, равномерно распределенных в определенном диапазоне;
- переходы $t_9, t_{10}, t_{11}, t_{12}, t_{13}$, моделирующие работу оборудования и операторов на уровнях досмотра по выявлению запрещенных к перевозке предметов;
- переходы t_{14}, t_{16} , моделирующие отправку части багажа, прошедшего проверку на первом и втором уровнях досмотра, на дополнительную проверку на следующий (соответственно, второй или третий) уровень;
- позиции $p_6, p_{19}, p_{22}, p_{23}, p_{24}$, моделирующие работу счетчиков срабатываний соответствующих переходов $t_{11}, t_{14}, t_{16}, t_{12}, t_{13}$. При этом через первый уровень досмотра проходит весь багаж, через второй – багаж, которому отказано в пропуске на первом уровне плюс часть багажа, прошедшего проверку на первом уровне и случайным образом отобранного для дополнительной проверки на втором уровне. Через третий уровень проходит багаж, которому отказано в пропуске на втором уровне плюс часть багажа, случайным образом отобранного для дополнительной проверки на третьем уровне;
- позиции p_{11}, p_{25} – моделирующие накопители, регистрирующие количество багажа, не прошедшего досмотр, и количество багажа, направленного на сортировку.

При использовании временных СП срабатывание перехода связано с определенной продолжительностью или временной задержкой. Это позволяет анализировать временные характеристики реальных объектов сети.

Для моделирования необходимо задать следующие исходные данные:

- значения параметров и характеристик используемого досмотрового оборудования: вероятность обнаружения $P_{обн}^i$ и вероятность ложной тревоги $P_{ЛТ}^i$ для каждого уровня досмотра;
- необходимое время на проведение процедуры досмотра на каждом уровне t_i ;
- количество проверяемого (например, в течение одного дня) багажа N_B ;
- количество багажа с «закладками» (за один день работы пункта) n_s^j , где $j = 1, 2, \dots, s$;
- s – число вариантов «закладок»;
- коэффициент возврата на второй уровень случайным образом отобранной части

багажа, прошедшего проверку на первом уровне α_1 ;

– коэффициент возврата на третий уровень случайным образом отобранной части багажа, прошедшего проверку на втором уровне α_2 .

Проведено исследование зависимости коэффициентов пропуска (не обнаружения) «закладок», имитирующих запрещенные к перевозке предметы (вещества) от конкретных параметров и характеристик досмотрового оборудования и организационных мер, связанных с изменениями уровня безопасности.

Для разработанной СП, представленной на рис. 1, эту зависимость в общем виде можно представить следующим выражением: $K_{np} = f(P_{обн}^1, P_{обн}^2, P_{обн}^3, P_{обн}^4, \alpha_1, \alpha_2, n_3^j)$, параметр вероятности ложной тревоги $P_{ЛТ}^i$ не учитывается, как не влияющий на коэффициент пропуска «закладок», а изменяющий лишь время проведения досмотра.

Модель позволяет исследовать следующие зависимости:

– $K_{np} = f(\alpha_1)$, при $P_{обн}^i = \text{const}$, $n_3^j = \text{const}$, $\alpha_2 = \text{const}$. Зависимость коэффициента пропуска (не обнаружения) «закладок» от коэффициента возврата на второй уровень части багажа, проверенного на первом уровне. При этом неизменны характеристики досмотрового оборудования: количество «закладок» и коэффициент возврата части багажа на третий уровень;

– $K_{np} = f(\alpha_2)$, при $P_{обн}^i = \text{const}$, $n_3^j = \text{const}$, $\alpha_1 = \text{const}$. Зависимость коэффициента пропуска (не обнаружения) «закладок» от коэффициента возврата на третий уровень части багажа, проверенного на втором уровне. При этом неизменны характеристики досмотрового оборудования, количество «закладок» и коэффициент возврата части багажа на второй уровень;

– $K_{np} = f(n_3^j)$, при $P_{обн}^i = \text{const}$, $\alpha_1 = \text{const}$, $\alpha_2 = \text{const}$. Зависимость коэффициента пропуска (не обнаружения) «закладок» от количества «закладок» различных вариантов. При этом неизменны характеристики досмотрового оборудования, коэффициент направления части багажа на второй уровень и коэффициент направления части багажа на третий уровень досмотра.

В статье развит подход к построению оптимальной структуры многоуровневого процесса досмотра багажа, основанный на рекомендациях Международной организации гражданской авиации и учитывающей технические возможности досмотрового оборудования конкретного аэропорта. Разработана математическая модель процесса досмотра, использующая аппарат СП и реализованная в моделирующей среде CPN Tools, которая позволяет исследовать работоспособность системы досмотра, оптимальность ее структуры, эффективность функционирования и оценить временные показатели, а также осуществлять проверку пункта досмотра на соответствие требованиям руководящих документов. Модель позволяет исследовать зависимости коэффициентов пропуска (не обнаружения) запрещенных к перевозке предметов (веществ) от параметров и характеристик технических средств и от принятых вариантов организации контроля багажа. Дальнейшее совершенствование модели позволит получить информацию о распределении пропусков запрещенных к перевозке предметов на каждом уровне досмотра и, как следствие, находить и ликвидировать слабые места в системе контроля. Модель может быть использована для управления процессом досмотра путем количественной оценки качества его проведения.

Литература

1. Состояние и перспективы развития парка воздушных судов гражданской авиации России / И.А. Самойлов [и др.] // Научный вестник ГосНИИ ГА. 2014. № 4 (315). С. 9–16.

2. Об утверждении Правил проведения предполетного и послеполетного досмотра: Приказ Минтранса России от 25 июля 2007 г. № 104 (введ. 9 авг. 2007 г.). Доступ из справ.-правового портала «Гарант».

3. Об утверждении Правил проведения досмотра, дополнительного досмотра, повторного досмотра в целях обеспечения транспортной безопасности: Приказ Минтранса России от 23 июля 2015 г. № 227 (введ. 24 марта 2016 г.). Доступ из справ.-правового портала «Гарант».

4. Елисов Л.Н., Овченков Н.И., Фадеев Р.С. Введение в теорию авиационной безопасности / под. ред. Л.Н. Елисова. Ярославль: Филигрань, 2016. 320 с.

5. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем: пер. с англ. М.: Мир, 1984. 264 с.

6. Окрестностное моделирование сетей Петри: монография / С.Л. Блюмин [и др.]. Липецк: ЛЭГИ, 2010. 124 с.

7. Зубков Б.В., Юдаев В.В., Вербицкий Ю.А. Подход к оценке эффективности функционирования службы авиационной безопасности авиапредприятия с использованием сетей Петри // Научный вестник МГТУ ГА. 2015. № 218 (8). С. 71–75.

8. Руководство по авиационной безопасности / утв. ген. секретарем и опубл. с его санкции. 8-е изд. Канада, Монреаль: ИКАО, 2011. 748 с.

9. Чуднов А.М. Теоретико-игровые задачи синтеза алгоритмов формирования и приема сигналов // Проблемы передачи информации. 1991. Т. 27. Вып. 3. С. 57–65.

10. Юдаев В.В., Зубков Б.В. Применение сетей Петри для моделирования и верификации протоколов обеспечения транспортной безопасности // Информация и Космос. 2016. № 4. С. 156–161.

References

1. Sostoyanie i perspektivy razvitiya parka vozдушnyh sudov grazhdanskoj aviacii Rossii / I.A. Samojlov [i dr.] // Nauchnyj vestnik GosNII GA. 2014. № 4 (315). S. 9–16.

2. Ob utverzhenii Pravil provedeniya predpoletnogo i poslepoletnogo dosmotra: Prikaz Mintransa Rossii ot 25 iyulya 2007 g. № 104 (vved. 9 avg. 2007 g.). Dostup iz sprav.-pravovogo portala «Garant».

3. Ob utverzhenii Pravil provedeniya dosmotra, dopolnitel'nogo dosmotra, povtornogo dosmotra v celyah obespecheniya transportnoj bezopasnosti: Prikaz Mintransa Rossii ot 23 iyulya 2015 g. № 227 (vved. 24 marta 2016 g.). Dostup iz sprav.-pravovogo portala «Garant».

4. Elisov L.N., Ovchenkov N.I., Fadeev R.S. Vvedenie v teoriyu aviacionnoj bezopasnosti / pod. red. L.N. Elisova. Yaroslavl': Filigran', 2016. 320 s.

5. Piterson Dzh. Teoriya setej Petri i modelirovanie sistem: per. s angl. M.: Mir, 1984. 264 s.

6. Okrestnostnoe modelirovanie setej Petri: monografiya / S.L. Blyumin [i dr.]. Lipeck: LEGI, 2010. 124 s.

7. Zubkov B.V., Yudaev V.V., Verbickij Yu.A. Podhod k ocenke effektivnosti funkcionirovaniya sluzhby aviacionnoj bezopasnosti aviapredpriyatiya s ispol'zovaniem setej Petri // Nauchnyj vestnik MGTU GA. 2015. № 218 (8). S. 71–75.

8. Rukovodstvo po aviacionnoj bezopasnosti / utv. gen. sekretarem i opubl. s ego sankcii. 8-e izd. Kanada, Monreal': IKAO, 2011. 748 s.

9. Chudnov A.M. Teoretiko-igrovye zadachi sinteza algoritmov formirovaniya i priema signalov // Problemy peredachi informacii. 1991. T. 27. Vyp. 3. S. 57–65.

10. Yudaev V.V., Zubkov B.V. Primenenie setej Petri dlya modelirovaniya i verifikacii protokolov obespecheniya transportnoj bezopasnosti // Informaciya i Kosmos. 2016. № 4. S. 156–161.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОЛЛЕКТИВНЫХ ЗНАНИЙ ПРИ РЕАГИРОВАНИИ НА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

А.В. Максимов, кандидат технических наук;

А.В. Матвеев, кандидат технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Представлен анализ возможностей применения коллективных знаний спасательными службами в процессе реагирования на возникающие чрезвычайные ситуации. Представлена общая структура системы управления в чрезвычайных ситуациях на основе коллективных знаний. Рассмотрены некоторые возможные примеры их применения.

Ключевые слова: коллективные знания, интеллектуальный анализ данных, информация, реагирование, чрезвычайные ситуации, безопасность

PERSPECTIVES ON THE USE OF COLLECTIVE KNOWLEDGE IN EMERGENCY RESPONSE

A.V. Maximov; A.V. Matveev.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The article presents an analysis of the possibilities of applying collective knowledge of emergency services in the process of responding to emergencies. The structure of the emergency management system based on collective knowledge is presented. Some possible examples of their application are considered.

Keywords: collective knowledge, data mining, information, response, emergencies, security

С проникновением интернета во все сферы человеческой жизни, развитием новых информационных и интерактивных технологий, ростом числа людей, подключенных к интернету, формируются условия для расширения возможностей использования информационных ресурсов при решении управленческих задач. Современные интернет-пользователи активно применяют социальные сети (Вконтакте, Twitter и др.), различные информационные системы и инфраструктурные решения, предназначенные для обеспечения безопасности регионов [1, 2]. Результаты, полученные на основе знаний группы людей, как правило, превышают возможности использования информационных ресурсов одного человека, что подтверждают многие исследования. Так, например, в работе [3] показано, что «группа лиц с определенными знаниями в своей предметной области наверняка даст полезный результат». Одним из ярких примеров применения «знаний толпы» является фондовый рынок, где трейдеры покупают и продают акции в соответствии с тем, что, по их мнению, имеет будущее для компании, с учетом имеющейся у них информации. На основе этого наблюдения были созданы некоторые решения, которые используют данный подход для получения информации и возможности прогнозирования. Примером объединения коллективных знаний также является Википедия, которая формируется интернет-пользователями, операционная система Linux (одна из самых известных систем с открытым исходным кодом).

Данный подход называется краудсорсингом, который предполагает предоставление решения задачи группе людей, а не выполнение ее отдельным экспертом, что еще не нашло в полной мере должного применения в сфере обеспечения безопасности в Российской Федерации. Например, разработка альтернативных решений для конкретной проблемы

может осуществляться экспертом, работающим в одиночку, или большим числом лиц, при наличии соответствующих инструментов. Поэтому интересным выглядит применение коллективных знаний группы людей (их потенциала, интеллекта) для управления в чрезвычайных ситуациях (ЧС). Это обусловлено тем, что ЧС затрагивают широкие слои населения, которые могут использовать свои знания и существующие инфраструктурные решения для обеспечения информацией и принятия управленческих решений в ЧС. Одним из примеров технологических решений применения коллективных знаний в борьбе с ЧС является FireMash [4]. Это система оповещения о лесных пожарах в Австралии, цель которой заключается в том, что посредством раннего предупреждения можно предпринять соответствующие шаги для разрешения ситуации (например, эвакуации) до того, как случится ЧС. Самая полезная функция FireMash – возможность указать пользователям местоположение своих домов, а система сообщит им, когда пожар приблизится к данному месту.

С одной стороны, при возникновении кризисной ситуации или ЧС важную роль играет готовность спасательных служб к их ликвидации, но при этом им необходима своевременная и адекватная информация, которая даёт возможность составлять соответствующие планы и действовать в условиях неблагоприятно складывающейся обстановки. Эта информация может быть сгенерирована людьми, в частности, при обращении к системе-112. При этом информация может носить неструктурированный и плохо формализуемый характер, что несет в себе сложность при ее обработке.

Одной из наиболее важных характеристик ЧС является непредсказуемость и невозможность полностью быть предвиденной сценариями ее развития.

Рассмотрим четыре этапа управления в ЧС (рис. 1), которые представляют собой замкнутый циклический процесс. Каждый этап подробно описан ниже.

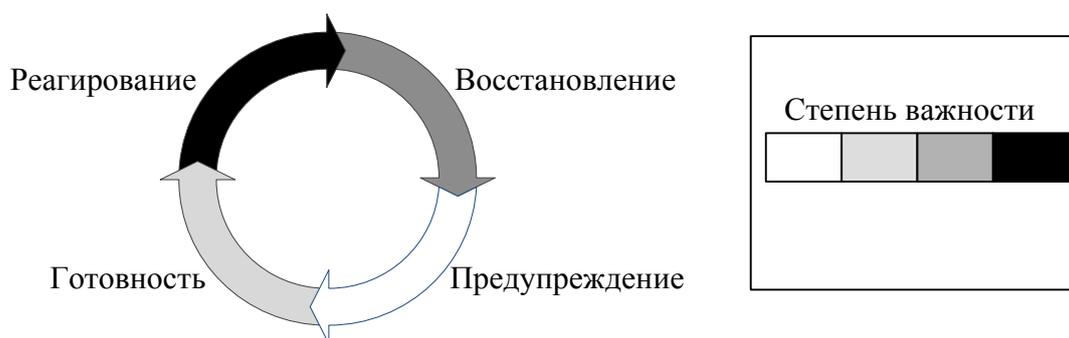


Рис. 1. Этапы управления ЧС

Фаза предупреждения проводится до возникновения ЧС и повторяется после её завершения. Этот этап направлен, прежде всего, на минимизацию последствий будущих ЧС. Предупреждение включает в себя выявление и оценку возможных рисков, планирование и формирование комплекса мероприятий, направленных на предотвращение реализации негативных сценариев (например, строительство защитных сооружений, таких как дамбы или водостоки, разработка нормативно-правовых актов в сфере обеспечения безопасности и т.д.).

Фаза готовности предполагает проведение учений (межведомственных, на различных уровнях субъектов и т.п.), постоянное повышение навыков и квалификации личного состава, поддержание ресурсного потенциала на требуемом уровне [5], формирование планов действий в ЧС, проведение опытно-конструкторских разработок с возможным внедрением в практику при ликвидации ЧС. Кроме того, возможна организация работ с участием гражданского населения, например, формирование и обучение добровольных пожарных

дружин, поисково-спасательных отрядов, тестирование систем оповещения и проведение тренировок по эвакуации.

Фаза реагирования направлена на оказание помощи населению, снижение экономических потерь и предотвращение экологических проблем при возникновении ЧС. Наиболее важными характеристиками данного этапа является непредсказуемость, скорость развития событий, ограниченное время на принятие решений, неопределенность ситуации и количества людей, находящихся в зоне воздействия ЧС. Данный этап предполагает реализацию планов действий, которые были ранее разработаны на предыдущем этапе. Однако, поскольку каждая ЧС уникальна, то сформированные ранее планы зачастую требуют адаптации. Общие мероприятия на этом этапе определены на законодательном уровне постановлением Правительства Российской Федерации от 30 декабря 2003 г. № 794 [6].

Фаза восстановления начинается после того, как проведена локализация зоны ЧС, отсутствует возможность её дальнейшего распространения. Основной целью на этом этапе является восстановление жизнеобеспечения населения, на завершение которой могут потребоваться недели, месяцы или даже годы. Действия могут быть краткосрочными, направленными на восстановление условий существования для пострадавшего населения и оказания им психологической помощи или долгосрочными, включающими в себя восстановление инфраструктуры региона, оказавшегося в зоне ЧС. На данном этапе также открываются возможности принятия мер по снижению рисков и последствий других ЧС и катастроф, то есть происходит слияние с фазой предупреждения. Так, например события, произошедшие в г. Кемерово – пожар в ТЦ «Зимняя вишня», вызвали активный резонанс, который повлек за собой массовые проверки торгово-развлекательных центров на предмет обеспечения должного уровня безопасности [7].

Каждый из рассмотренных базовых этапов управления в ЧС предполагает использование определенных информационных ресурсов. Одной из задач, стоящих перед спасательными службами в случае стихийных бедствий, является сбор информации для принятия соответствующих решений. Спасательные службы не всегда имеют возможность для комплексного анализа объектов, которые подвержены риску ЧС как до этапа ее возникновения, так и для оценки динамики во время ее развития, а также оценки ущерба после их ликвидации. Сложность также заключается в том, что информация носит временной и пространственный характер. В особенности это касается крупных и динамично развивающихся городов, где требуется постоянный контроль развития их инфраструктуры.

Использование коллективных знаний для оказания помощи в случае стихийных бедствий и ЧС возможно на каждом из четырех этапов. Это предполагает рассмотрение информационных потребностей и возможностей коллективного участия на каждом из рассмотренных этапов, позволяя далее представить общую структуру системы коллективных знаний для управления в ЧС.

На фазе предупреждения требуется информация о потенциальных последствиях ЧС, использование которой позволит минимизировать возможные социально-экономические потери. Это предполагает оценку рисков и последствий для каждой из возможных ЧС, что необходимо для принятия соответствующих управленческих решений. Так же на данном этапе необходима информация о текущем состоянии внешней среды, её изменениях. Например, строительство инфраструктурных сооружений в окрестностях потенциально опасных объектов приводит к высоким рискам в случае возникновения происшествий на таких объектах.

Результатами этой фазы являются управленческие решения, направленные на мониторинг, повышение уровня безопасности и снижение риска, требующие существенного времени на их реализацию. Временные рамки на данном этапе не имеют существенных ограничений.

Фаза готовности предполагает подготовку к реагированию на возможные бедствия, включающую в себя обучение сотрудников, разработку планов действий в ЧС, сценарное

моделирование критических ситуаций. На данном этапе требуется информация о территориальных образованиях, в которых могут возникнуть ЧС, о ресурсах, доступных на данном уровне управления для их ликвидации. Следует отметить, что данный этап тесно связан с предыдущим. Так в случае появления каких-либо изменений внешней среды, нового источника аварийной ситуации необходимо будет проводить новый анализ, составлять новые планы действий по борьбе с потенциальными угрозами.

На этапе реагирования спасательные службы стремятся минимизировать последствия ЧС, действуя относительно складывающейся обстановки, пытаясь взять её под свой контроль. Отметим, что информация на данной фазе очень чувствительна ко времени и требует постоянного обновления. Результатами этого этапа являются действия, которые могут быть приняты немедленно с целью смягчения ЧС.

Фаза восстановления включает в себя ликвидацию последствий ЧС, а именно сбор информации о зоне воздействия ЧС, социально-экономическом ущербе с целью стабилизации ситуации. Наличие же адекватной, актуальной и полной информации может позволить спасательным службам наилучшим образом использовать свои ресурсы. Этот этап реализует приоритетные планы действий для восстановления и жизнеобеспечения территориального образования, в котором произошла ЧС.

Как уже отмечалось, управление в ЧС предполагает аккумулирование множества разнородной информации для принятия адекватных решений [8]. Основные характеристики каждого этапа приведены в таблице. Но, во-первых, формирование больших объемов информации может ухудшить процесс принятия решений, так как существует вероятность информационной перегрузки. Одним из способов решения этой проблемы является применение методов интеллектуального анализа данных и извлечения информации для ее структуризации и предварительной обработки этой информации перед ее представлением лицам, принимающим решения. А, во-вторых, возникает проблема оценки достоверности поступающей информации, так как получаемые данные в целом не проверяются каким-либо образом. В следствии чего существует потенциальная возможность дезинформации о складывающейся обстановке. Для проверки достоверности информации возможно использование каких-либо алгоритмов проверки.

Рассмотрим структуру системы сбора коллективных знаний в сценариях реагирования на ЧС, которая может аккумулировать большие объемы данных и предоставлять полезную обобщённую информацию лицам, принимающим решения, и спасательным службам.

На рис. 2 представлена структурная схема использования коллективных знаний в процессе информационного взаимодействия между различными адептами (население и эксперты) при ЧС. Система, основанная на коллективных знаниях, должна обеспечивать участие населения и спасательных служб в процессе принятия решений. В рамках такой системы спасательные службы могут выступать как потребителями, так и поставщиками информации, тогда как население выступает только в качестве поставщиков. Кроме того, предполагается возможность учета получения информации от внешних источников (камеры внешнего наблюдения, службы безопасности на объектах или другие официальные каналы).

Модуль коллективных знаний (КЗ) – это основной модуль, реализующий функции общей системы, включающий в себя следующие подмодули:

1. Интерфейс. В данном модуле применяются различные информационно-коммуникационные технологии (web, SMS, мобильные приложения и т.д.). Посредством этого модуля предоставляется возможность получения данных от населения о складывающейся обстановке.

2. Сбор данных. Задача модуля заключается в получении и хранении необработанных данных, сформированных населением.

3. Преобразование данных. Реализация данного модуля обусловлена ожидаемым объемом данных, сгенерированным населением. Система должна обеспечить возможность обобщения полученных данных при использовании различных алгоритмов (агрегирование, обобщение однородных, оценка достоверности полученных данных и т.п.), прежде чем

адресовать ее лицам, принимающим решения, и спасательным службам. В контексте управления знаниями данный модуль решает задачи извлечения информации из полученных данных.

Таблица. Основные характеристики этапов управления

Этап	Необходимая информация	Мероприятия и действия	Результаты	Временная зависимость
Предупреждение	Вероятность возникновения каждой ЧС; оценка их потенциального социально-экономического ущерба	Мониторинг, моделирование, оценка риска	Изменение инфраструктуры территориального образования; снижение потенциального риска; требования по повышению уровня безопасности	Очень низкая
Готовность	Паспорт территории; ресурсный потенциал спасательных служб; маршруты и планы эвакуации; места размещения убежищ; схема возможной обстановки при возникновении ЧС	Командно-штабные учения, подготовка сил и средств к ликвидации ЧС, оценка альтернатив, принятие решений	Планы ликвидации ЧС	Низкая
Реагирование	Места нахождения и количество людей, находящихся в зоне воздействия ЧС; информация об опасных факторах, воздействующих на людей; размещение сил и средств, их состояние; организационно-управленческая деятельность	Решающие направления при проведении аварийно-спасательных и других неотложных работ на месте ЧС	Уменьшение возможного ущерба от ЧС	Высокая
Восстановление	Информация о погибших и пострадавших людях, межведомственном взаимодействии	Планирование основных мероприятий при ликвидации ЧС, решение председателя комиссии по ЧС	Действия и планы по обеспечению жизнедеятельности инфраструктурному восстановлению территорий от последствий ЧС	Средняя

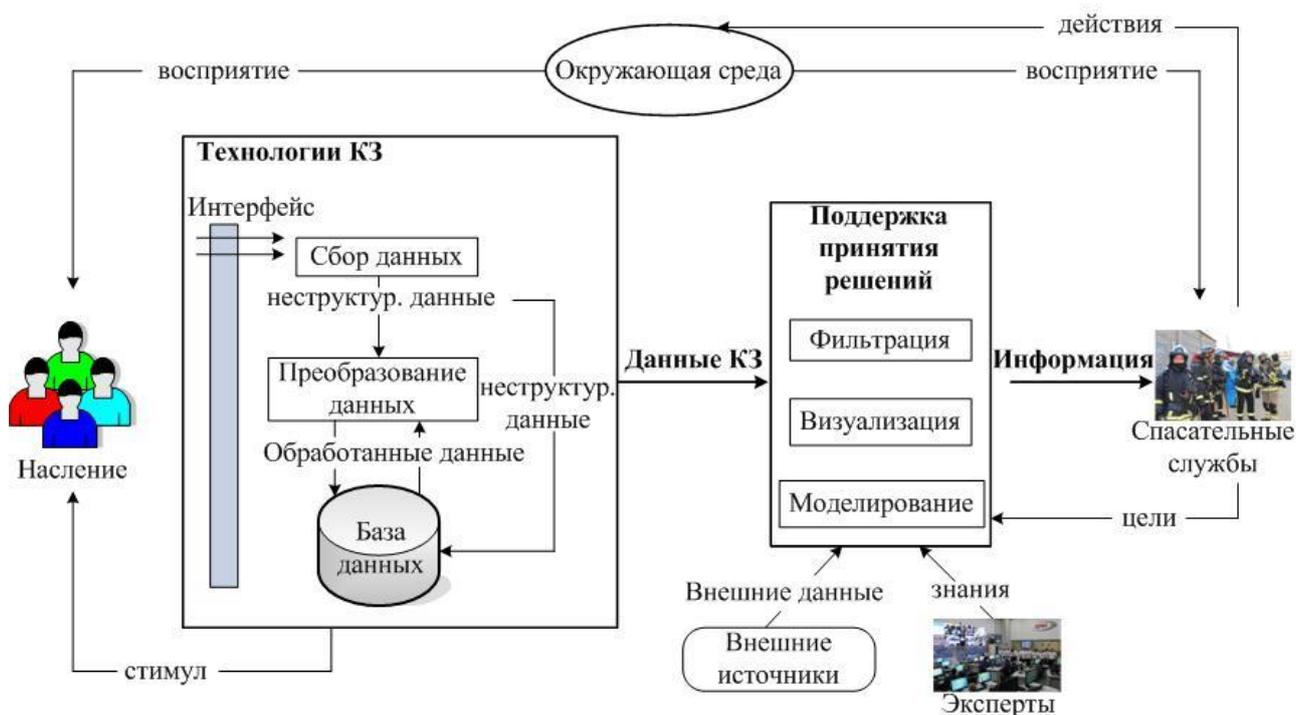


Рис. 2. Структурная схема использования КЗ при реагировании на ЧС

В модуль поддержки принятия решений поступает информация из модуля КЗ, при этом добавляются данные из внешних источников, экспертные знания, происходит ее обработка после чего предоставляется спасательным службам в интересах принятия решений. Дополнительная информация из внешних источников, а также данные от экспертов необходимы для более точной оценки складывающейся обстановки и организации процесса принятия решений. На данном этапе происходит преобразование полученной информации в знания. Данный модуль включает в себя следующие подмодули:

1. Фильтрация. Аккумулированные данные необходимо отфильтровать, прежде чем они могут быть переданы спасательным подразделениям. Фильтрация является функцией целей и запросов, которые могут меняться в зависимости от складывающейся обстановки.

2. Визуализация. Кроме фильтрации для представления информации можно применять методы визуализации, чтобы подчеркнуть различные варианты развития ЧС. Визуализация информации активно используется в центрах управления в кризисных ситуациях.

3. Моделирование. Цель подмодуля заключается в помощи спасательным службам при принятии решений во время ЧС с применением различных методов ситуационного моделирования, дерева решений, методов анализа иерархии [9].

Рассмотрим возможную реализацию применения КЗ при управлении в ЧС. Например, при поступлении сообщений о пожаре спасательные службы, выдвигаясь к месту возгорания, могут столкнуться с такой проблемой, как отсутствие информации о наличии пожарного гидранта (ПГ) или его точного местонахождения, что является важным фактором при ликвидации пожара. Поэтому, не обладая достаточными знаниями для принятия решений, руководителям тушения пожара приходится терять время, отправляя в разведку спасателей для поиска ПГ.

Одним из решений этой задачи может быть использование краудсорсинга при поиске пожарных гидрантов, что предполагает создание базы данных, на которую пожарная служба могла бы опираться при реагировании на пожар. Техническая реализация заключается в создании инструмента, с помощью которого население сможет предоставлять данные

о местонахождении гидрантов в их районах проживания через подмодуль сбора данных, что позволит решить рассмотренную задачу на втором этапе управления в ЧС (готовность).

Отправление сообщений об обнаружении гидрантов с их местоположением (например, автоматически полученная геолокация с помощью телефона, поддерживающего современные системы навигации GPS, ГЛОНАСС и др.) может реализовываться через интерфейс (например, mashup-платформы) [10] модуля КЗ с возможной визуализацией в различных картографических сервисах Яндекс.Карты, Google Maps и др., как показано на рис. 3. Полученные данные могут храниться в базе данных для дальнейшего применения.

При поступлении данных об одном и том же гидранте на закрепленной территории информация кластеризуется, позволяя тем самым определить наиболее точные координаты. Добавим, что определение местоположения может быть так же рассчитано на основе числа полученных данных, поступивших с определенного радиуса окрестности, где расположен ПГ. В результате реализация данного механизма может позволить повысить оперативность этапа реагирования.



Рис. 3. Визуализация карты с ПГ

Для расширения функциональных возможностей применения данного инструмента спасательным службам также должен быть обеспечен доступ к информации, которая хранится в базе данных, при выполнении определённых запросов в случае возникновения пожаров. С помощью визуализации на основе карт может реализовываться возможность получения дополнительной информации спасательными службами, например, число ПГ в каждом районе, потенциальное количество людей, подверженных воздействию пожара и т.д. Пример реализации такого механизма представлен на рис. 4.



Рис. 4. Упрощенная схема реализации карты ПГ в соответствии со структурой КЗ

Постепенно и крупные IT-компании реализуют свои инициативы в направлении обеспечения безопасности путем краудсорсинга. Например, Microsoft Vine [11] объединяет людей в общую сеть при ЧС, предоставляя интерфейс, похожий на чат, но с расширенными возможностями определения их местоположения, обновления нужной информации о ЧС через новостные сети и каналы. Аналогично, Google People Finder и Google Resource Finder применялись в некоторых ЧС. Данные приложения позволяют людям искать родственников, медицинские пункты, размещать информацию о своем местонахождении, чтобы другие могли знать, что с ними все в порядке. Google People Finder и Google Resource Finder являются частью программы Google Crisis Response [12], целью которой является содействие в разработке механизмов управления в ЧС с использованием инструментов Google. Каждое из данных приложений больше ориентировано на население, чем на спасательные службы, но ключевым является то, что данные приложения могут оказаться полезными спасательным службам в управлении ЧС.

В последние годы стихийные бедствия и другие виды ЧС затрагивают множество людей, которые при наступлении такого рода событий обмениваются информацией посредством различных социальных сетей, выкладывая текстовые, фото и видео материалы. В работе были рассмотрены перспективы и возможности применения подходов в использовании КЗ в процессе принятия управленческих решений при реагировании на ЧС.

Литература

1. Безопасный Санкт-Петербург: Мобильное приложение. URL: <http://spb112.ru/static/gmc/mobileapp/> (дата обращения: 11.09.2019).
2. О телекоммуникационной инфраструктуре комплекса «Безопасный город» / М.А. Шнепс-Шнеппе [и др.] // *International Journal of Open Information Technologies*. 2016. Т. 4. № 6. С. 17–31.
3. Surowiecky J. *The Wisdom of Crowds: Why the Many Are Smarter Than the Few and How Collective Wisdom Shapes Business, Economies, Societies and Nations* // Random House Large Print. 2004. 607 p.
4. Early warning system. URL: <http://www.bushfirecrc.com/news/media-release/early-warning-system> (дата обращения: 11.09.2019).
5. Матвеев А.В., Максимов А.В. Ресурсный потенциал и его использование в системе Государственной противопожарной службы МЧС России // *Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России»*. 2015. № 1. С. 62–68.
6. О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций: постановление Правительства Рос. Федерации от 30 дек. 2003 г. № 794. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
7. Домаков В.В., Матвеев А.В., Матвеев В.В. Правовые предпосылки национальной трагедии в торгово-развлекательном центре «Зимняя вишня» г. Кемерово // *Национальная безопасность и стратегическое планирование*. 2018. № 1 (21). С. 48–63.
8. Иванов А.Ю., Максимов А.В. О сетцентрической модели операций по предупреждению и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций // *Проблемы управления рисками в техносфере*. 2013. № 2 (26). С. 83–87.
9. Матвеев А.В., Максимов А.В. Теоретические основы моделирования безопасности социально-экономических систем // *Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты)*. 2014. № 4 (12). С. 46–53.
10. Wainer G., Wang S. Mams: mashup architecture with modeling and simulation as a service // *Journal of Computational Science*. 2017. Т. 21. С. 113–131.

11. Microsoft's Vine: Emergency Social Networking. URL: https://www.pcworld.com/article/163974/microsoft_vine.html (дата обращения: 12.10.2019).
12. Helping those affected by crises through our products, our people, and our partners. URL: <https://crisisresponse.google/> (дата обращения: 12.10.2019).

References

1. Bezopasnyj Sankt-Peterburg: Mobil'noe prilozhenie. URL: <http://spb112.ru/static/gmc/mobileapp/> (data obrashcheniya: 11.09.2019).
2. O telekommunikacionnoj infrastrukture kompleksa «Bezopasnyj gorod» / M.A. Shnepshnepe [i dr.] // International Journal of Open Information Technologies. 2016. T. 4. № 6. S. 17–31.
3. Surowiecky J. The Wisdom of Crowds: Why the Many Are Smarter Than the Few and How Collective Wisdom Shapes Business, Economies, Societies and Nations // Random House Large Print. 2004. 607 p.
4. Early warning system. URL: <http://www.bushfirecrc.com/news/media-release/early-warning-system> (data obrashcheniya: 11.09.2019).
5. Matveev A.V., Maksimov A.V. Resursnyj potencial i ego ispol'zovanie v sisteme Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby MCHS Rossii // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2015. № 1. S. 62–68.
6. O edinoj gosudarstvennoj sisteme preduprezhdeniya i likvidacii chrezvychajnyh situacij: postanovlenie Pravitel'stva Ros. Federacii ot 30 dek. 2003 g. № 794. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
7. Domakov V.V., Matveev A.V., Matveev V.V. Pravovye predposylki nacional'noj tragedii v torгово-razvlekatel'nom centre «Zimnyaya vishnya» g. Kemerovo // Nacional'naya bezopasnost' i strategicheskoe planirovanie. 2018. № 1 (21). S. 48–63.
8. Ivanov A.Yu., Maksimov A.V. O setecentricheskoj modeli operacij po preduprezhdeniyu i likvidacii posledstvij chrezvychajnyh situacij // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2013. № 2 (26). S. 83–87.
9. Matveev A.V., Maksimov A.V. Teoreticheskie osnovy modelirovaniya bezopasnosti social'no-ekonomicheskikh sistem // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty). 2014. № 4 (12). S. 46–53.
10. Wainer G., Wang S. Mams: mashup architecture with modeling and simulation as a service // Journal of Computational Science. 2017. T. 21. S. 113–131.
11. Microsoft's Vine: Emergency Social Networking. URL: https://www.pcworld.com/article/163974/microsoft_vine.html (data obrashcheniya: 12.10.2019).
12. Helping those affected by crises through our products, our people, and our partners. URL: <https://crisisresponse.google/> (data obrashcheniya: 12.10.2019).

О ЗАДАЧЕ ПРИНУДИТЕЛЬНОЙ АКТИВАЦИИ ОРОСИТЕЛЯ СПРИНКЛЕРНОЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

И.А. Бабиков;

А.Л. Танклевский.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого.

**А.А. Таранцев, доктор технических наук, профессор,
заслуженный работник высшей школы Российской Федерации.**

Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко

Российской академии наук

Рассмотрены вопросы обоснования превентивной активации оросителей спринклерной автоматической установки пожаротушения при появлении очага пожара в помещении. Приведена математическая модель роста температуры спринклера при использовании электронагревательного элемента для превентивной активации. Даны расчётные оценки величин мощности нагревательного элемента применительно к задачам анализа и синтеза превентивной активации спринклера. Приведены варианты конструктивного исполнения электронагревательных элементов.

Ключевые слова: термочувствительная колба, очаг пожара, спринклерная автоматическая установка пожаротушения, ороситель, активация, нагревательный элемент

ON THE PROBLEM OF FORCED ACTIVATION OF SPRINKLER OF AUTOMATIC FIRE EXTINGUISHING SYSTEM

I.A. Babikov; A.L. Tanklevsky.

Saint-Petersburg polytechnic university of Peter the Great.

A.A. Tarantsev. Solomenko Institute of transport problems of the Russian academy of sciences

The questions of justification of preventive activation of sprinklers sprinkler automatic fire extinguishing system in the event of a fire in the room. A mathematical model of the sprinkler temperature growth using an electric heating element for preventive activation is presented. The calculated estimates of the heating element power values in relation to the problems of analysis and synthesis of preventive sprinkler activation are given. Variants of constructive execution of electric heating elements are given.

Keywords: heat-sensitive flask, fire center, sprinkler automatic fire extinguishing system, sprinkler, activation, heating element

При возникновении пожара класса А в помещениях различных классов функциональной пожарной опасности [1] имеет место быстрый рост площади пожара $S_n(t)$, обуславливаемой линейной скоростью V_d распространения пламени по пожарной нагрузке [2] (например, для мебели $V_d \approx 0,015$ м/с, для цеха деревообработки $V_d \approx 0,022$ м/с и т.п.). При этом если не будут предприняты меры по тушению пожара, то он может охватить всю площадь помещения $S_{пом}$ (рис. 1) и даже выйти за её пределы при малых пределах огнестойкости ограждающих конструкций. В этой связи важную роль играют спринклерные автоматические установки пожаротушения (АУП) [3], одной из важнейших задач которых является быстрее тушение пожара и снижение ущерба от него. Активация оросителей спринклерной АУП происходит за счёт нагрева запирающих колбочек

высокотемпературными конвективными потоками продуктов горения, в результате чего при температуре $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ колбочка разрушается от вскипания в ней жидкости, и ороситель осуществляет подачу воды к очагу пожара.

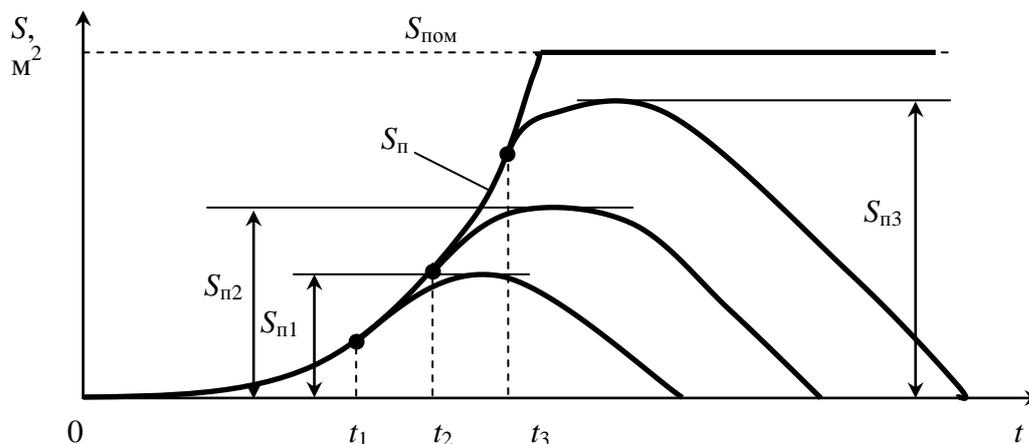


Рис. 1. Влияние времени активации спринклеров t_i на размер ущерба от пожара S_{pi} ($S_{пом}$ – площадь помещения)

Однако как показано в работе [4], при значительных высотах размещения спринклеров нагрев колбочек происходит с задержкой, в результате чего площадь пожара увеличивается до размеров, превышающих те, что защищает ороситель, и пожар продолжает развиваться. При этом срабатывают соседние спринклеры, но также с запаздыванием, в результате ущерб от пожара растёт как за счёт роста площади пожара $S_{п}$, так и из-за сопутствующего опасного фактора пожара [1] – излишне пролитой воды. И так до прибытия пожарных и ликвидации ими открытого горения [5, 6]. В итоге спринклерная автоматическая система пожаротушения оказывается неэффективной.

Выходом из этой ситуации может быть превентивная активация спринклеров, а именно того спринклера, датчик температуры которого по её росту свидетельствует, что очаг пожара находится в зоне покрытия этого спринклера. Превентивная активация может осуществляться за счёт искусственного нагрева колбы спринклера (конкретно – жидкости в ней) электронагревателями (рис. 2) до температуры вскипания $T_{в}$.



Рис. 2. Варианты электронагревателей для превентивной активации спринклера, разработанные в ОАО «Гефест»
 а) четырёхэлементный электронагреватель;
 б) спиральный электронагреватель; в) пленочный

Постановка задачи

В общем случае задача может состоять в необходимости построить математическую модель повышения температуры T колбы за счёт подвода к ней тепловой мощности P электронагревателем:

$$P = k_{\text{п}} UI,$$

где $k_{\text{п}} < 1$ – к.п.д. электронагревателя; U, I – напряжение на нём и ток.

Наличие такой модели позволит на оценочном уровне решать задачи анализа и синтеза. В первом случае оценивать динамику температуры колбы $T(t)$ при искусственном нагреве и определить время $t_{\text{А}}$ достижения температуры $T_{\text{В}}$, когда произойдёт превентивная активация спринклера. Во втором случае, задавшись требуемым временем активации спринклера $t_{\text{А}}$, оценивать мощность P , необходимую для достижения температуры $T_{\text{В}}$.

Математические модели нагрева колбы

Математическая модель нагрева колбы спринклера АУП при пожаре, как показано в работах [7, 8], может быть представлена дифференциальным уравнением 1-го порядка:

$$R \frac{dT}{dt} = \sqrt{u} (T_{\text{Г}} - T) - k_{\text{к}} (T - T_{\text{к}}), \quad (1)$$

где R – коэффициент тепловой инерционности спринклера (RTI), $(\text{м} \cdot \text{с})^{0.5}$; $u, T_{\text{Г}}$ – соответственно скорость $(\text{м}/\text{с})$ и температура $(^{\circ}\text{C})$ восходящих продуктов горения в припотолочной области; $k_{\text{к}}$ – коэффициент теплоотдачи от колбы к корпусу оросителя, $(\text{м}/\text{с})^{0.5}$; $T_{\text{к}}$ – температура корпуса оросителя, $^{\circ}\text{C}$.

Величина R является паспортизованной характеристикой спринклера, а скорость u и температура $T_{\text{Г}}$ зависят от теплоты сгорания Q материала пожарной нагрузки, высоты помещения H и проекционного расстояния r очага пожара от оси спринклера и определяются эмпирическими соотношениями Альперта [9]. В работе [4] приведено аналитическое решение дифференциального уравнения (1), в виде функции $T = f(t, Q, H, r)$, позволяющее при начальной температуре T_0 найти время $t_{\text{А}}$ естественной активации спринклера при достижении температуры $T_{\text{В}}$ колбы, оценить тем самым эффективность спринклерной АУП при известной высоте H и сформулировать необходимые рекомендации.

Тем не менее применительно к превентивной активации спринклера уравнение теплового баланса должно быть записано не в виде (1), а в виде:

$$(C_{\text{ж}} m_{\text{ж}} + C_{\text{с}} m_{\text{с}}) \frac{dT}{dt} \approx -\alpha (T_{\text{а}} - T) + P, \quad (2)$$

где $C_{\text{ж}}, C_{\text{с}}$ – теплоемкости жидкости и стекла колбы, Дж/кг/К; $m_{\text{ж}}, m_{\text{с}}$ – массы жидкости и стекла колбы, кг; α – коэффициент конвективного теплообмена, Вт/К; $T_{\text{а}}$ – температура среды.

При этом следует иметь в виду, что в отличие от естественной активации спринклера, когда восходящие продукты горения нагревают колбу, при превентивной активации, наоборот, будут иметь место потери тепла в окружающую среду при подводе мощности P от электронагревателя, поскольку $T > T_{\text{а}}$.

Приняв допущения: $C_{\text{ж}} m_{\text{ж}} + C_{\text{с}} m_{\text{с}} \approx \text{const}$; $P \approx \text{const}$; градиенты температур в жидкости и стекле малы, нагрев равномерный, и задавшись коэффициентом теплообмена α (он может быть определён экспериментально), решение дифференциального уравнения (2) можно получить в явном виде:

$$T(t) = T_a + \frac{P}{\alpha} \left[1 - \exp\left(-\frac{\alpha t}{C_{ж}m_{ж} + C_c m_c}\right) \right], \quad (3)$$

которое и будет оценочной математической моделью нагрева колбы при превентивной активации спринклера. График уравнения (3) имеет вид, представленный на рис. 3.

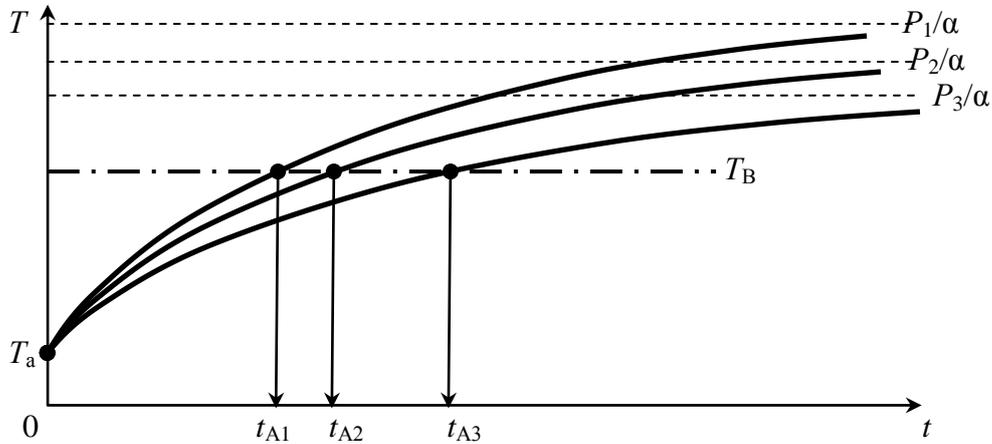


Рис. 3. Динамика температуры колбы при превентивной активации спринклера при различных мощностях электронагревателя ($P_1 > P_2 > P_3$)

Из выражения (3) и рис. 3 следует тот очевидный факт, что тем больше подводимая мощность P и чем меньше теплопотери (коэффициент α), тем быстрее спринклер активируется.

Выражение (3) позволяет также оценить время активации t_A при заданной подводимой мощности P электронагревателем (задача анализа):

$$t_A = \frac{C_{ж}m_{ж} + C_c m_c}{\alpha} \ln \left[\frac{\alpha}{P} (T_B - T_a) - 1 \right]$$

или необходимую мощность P , если задано время активации t_A спринклера (задача синтеза):

$$P = \alpha \frac{T_B - T_a}{1 - \exp\left(-\frac{\alpha t_A}{C_{ж}m_{ж} + C_c m_c}\right)}.$$

Величину коэффициента потерь α можно оценить, построив график (как на рис. 3) по результатам N экспериментов либо методом наименьших квадратов [10] из условия:

$$\sum_{i=1}^N \left\{ T_i - T_a - \frac{P_i}{\alpha} \left[1 - \exp\left(-\frac{\alpha t_i}{C_{ж}m_{ж} + C_c m_c}\right) \right] \right\}^2 \rightarrow \min,$$

для чего воспользоваться численными методами [11].

Таким образом, приведена оценочная математическая модель превентивной активации спринклера за счёт принудительного повышения температуры его колбы электронагревателем. Данная модель может применяться как для решения задач анализа (оценка времени достижения температуры колбы предельного значения) и синтеза (выбор необходимой мощности электронагревателя). В дальнейшем планируется рассмотреть:

- методы уточнённого определения координат очага пожара для принятия решения о номере спринклера, который необходимо активировать;
- способы определения коэффициента конвективного теплообмена α ;
- построить уточнённую математическую модель нагрева колбы с использованием параметра RTI .

Литературы

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ (с изм.). Доступ из справ.-правового портала «Гарант».
2. Повзик Я.С. Справочник РТП. М.: ЗАО «Спецтехника», 2001.
3. СП 5.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования. М.: МЧС России, 2009. 103 с.
4. Оценка эффективности спринклерных установок пожаротушения / Л.Т. Танклевский [и др.] // Пожарная безопасность. 2015. № 1. С. 72–79.
5. Боевой устав подразделений пожарной охраны, определяющий порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ. Приказ МЧС России от 16 окт. 2017 г. № 444. Доступ из справ.-правового портала «Гарант».
6. Теребнёв В.В. Расчёт параметров развития и тушения пожара (Методика. Примеры. Задания). Екатеринбург: ООО «Калан», 2011. (прил. 8).
7. Heskestad G., Bill R.G., Jr. Quantification of Thermal Responsiveness of Automatic Sprinklers Including Conduction Effects // Fire Safety Journal. 1988. Vol. 14. № 1–2. P. 113–125.
8. Fleming R.P. Automatic Sprinkler System Calculations // SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. 3rd ed. Quincy MA: NFPA, 2002. P. 4–87.
9. Alpert R.L. Ceiling Jet Flows // SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. 3rd ed. Quincy MA: NFPA, 2002. P. 2–31.
10. Тьюки Дж. Анализ результатов наблюдений. М.: Мир, 1981. 693 с.
11. Демидович Б.П., Марон И.А., Шувалова Э.З. Численные методы анализа. М.: Наука, 1967. 368 с.

References

1. Tekhnicheskij reglament o trebovaniyah pozharnoj bezopasnosti: Feder. zakon ot 22 iyulya 2008 g. № 123-FZ (s izm.). Dostup iz sprav.-pravovogo portala «Garant».
2. Povzik Ya.S. Spravochnik RTP. M.: ZAO «Spectekhnika», 2001.
3. SP 5.13130.2009. Sistemy protivopozharnoj zashchity. Ustanovki pozharnoj signalizacii i pozharotusheniya avtomaticheskie. Normy i pravila proektirovaniya. M.: MCHS Rossii, 2009. 103 s.
4. Ocenka effektivnosti sprinklernyh ustanovok pozharotusheniya / L.T. Tanklevskij [i dr.] // Pozharnaya bezopasnost'. 2015. № 1. S. 72–79.
5. Boevoj ustav podrazdelenij pozharnoj ohrany, opredelyayushchij poryadok organizacii tusheniya pozharov i provedeniya avarijno-spasatel'nyh rabot. Prikaz MCHS Rossii ot 16 okt. 2017 g. № 444. Dostup iz sprav.-pravovogo portala «Garant».
6. Terebnyov V.V. Raschyot parametrov razvitiya i tusheniya pozhara (Metodika. Primery. Zadaniya). Ekaterinburg: OOO «Kalan», 2011. (pril. 8).
7. Heskestad G., Bill R.G., Jr. Quantification of Thermal Responsiveness of Automatic Sprinklers Including Conduction Effects // Fire Safety Journal. 1988. Vol. 14. № 1–2. P. 113–125.
8. Fleming R.P. Automatic Sprinkler System Calculations // SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. 3rd ed. Quincy MA: NFPA, 2002. P. 4–87.
9. Alpert R.L. Ceiling Jet Flows // SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. 3rd ed. Quincy MA: NFPA, 2002. P. 2–31.
10. T'yuki Dzh. Analiz rezul'tatov nablyudenij. M.: Mir, 1981. 693 s.
11. Demidovich B.P., Maron I.A., Shuvalova E.Z. CHislenные metody analiza. M.: Nauka, 1967. 368 s.

КВАЛИМЕТРИЧЕСКИЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ РИСКАМИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

А.В. Лупанова;

Г.А. Черкасский;

**Е.В. Кононенко, кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник.**

Уральский институт ГПС МЧС России

Практическое применение риск-ориентированного подхода к менеджменту образовательного процесса требует разработки эффективных методов оценки рисков. Для этого предлагается использовать квалиметрические методики к построению реестра риска.

Ключевые слова: риск-менеджмент, рискологический подход, управление рисками, квалиметрический подход

QUALIMETRIC APPROACH TO RISK MANAGEMENT IN THE EDUCATIONAL ORGANIZATION

A.V. Lupanova; G.A. Cherkasskiy; E.V. Kononenko.

Ural institute of State fire service of EMERCOM of Russia

The practical application of the risk-based approach to the management of the educational process requires the development of effective risk assessment methods. To this end, it is proposed to use qualimetric methods for building a risk register.

Keywords: risk management, risk-based approach, risk management, qualimetric approach

Понятие риска является ключевым понятием в современном техническом регулировании, которое применяет научные, технические и организационные методы оценки риска и снижения его до приемлемого уровня [1]. Рискологический подход применяется организациями различного профиля.

Сегодня разработано и применяется достаточно много нормативных документов, содержащих опыт управления рисками. Среди них следует выделить международные стандарты ИСО серии 31000. В 2018 г. принята новая версия стандарта ИСО 31000:2018 «Управление рисками – принципы и руководящие указания» [2], имеющего структуру, аналогичную структуре стандарта ИСО 9001:2015 [3], лежащего в основе систем менеджмента качества. Вопросам риск-менеджмента посвящена также серия национальных стандартов ГОСТ Р 51901.21-23–2012 [4–6].

Образовательные организации высшего образования (ОО ВО) являются полноправными участниками экономической деятельности, которым присущи различные виды рисков, влияющих на качество их функционирования. Управленческие мероприятия по снижению рисков возможны только в отношении известных и ранжированных опасностей. Поэтому при риск-менеджменте необходимо регулярное и систематическое выявление возможных угроз, влияющих на образовательную деятельность, с последующей их оценкой и принятием управленческих решений, направленных на снижение идентифицированных рисков.

Важнейшей задачей практического применения риск-ориентированного подхода является создание объективных и простых в применении методик оценивания рисков в динамике (квалиметрии рисков). Анализ имеющихся публикаций и опыт работы в ОО ВО,

имеющей сертифицированную систему менеджмента качества (СМК), свидетельствуют о перспективности привлечения квалиметрического подхода.

Предлагаемая в настоящей статье методика управления рисками в образовательной организации различной подведомственности основана на квалиметрическом подходе. Традиционно предметом квалиметрии является количественная оценка качества объектов (продукции, процессов, работ, услуг). Квалиметрический подход базируется на применении сравнимых показателей различного вида и шкал, от выбора которых напрямую зависит эффективность и достоверность результатов оценивания. В условиях действующей СМК источниками квалиметрической информации являются результаты внутренних и внешних проверок, регулярно проводимого самообследования и анализа результативности выделенных процессов.

Методы, используемые для оценки и анализа риска, могут быть сгруппированы в три общих группы:

- эмпирические методы, основанные на индексации (присвоении индексов или баллов, используемых в виде квалиметрических показателей);
- методы, основанные на применении статистических данных;
- расчетно-аналитические методы.

Процесс управления рисками состоит из следующих этапов:

- определение направлений и задач риск-менеджмента в организации;
- выявление и идентификация потенциальных опасностей и рисков;
- количественная (вероятностная или частотная) или полуколичественная (балльная) состоятельная оценка приоритетных рисков с использованием приемов ранжирования;
- разработка и выполнение мероприятий по реагированию на риски;
- обработка и контроль риска, в том числе принятие и реализация принятых решений, а также оценка их результативности.

Для систематического применения квалиметрического подхода к менеджменту рисков авторами предлагается применение методики ведения Реестра рисков в соответствии с рекомендациями [4–6]. При внедрении методики необходимо проанализировать процессы СМК, их стадии (подпроцессы) и факторы, влияющие на результативность выделенных ключевых процессов. Для этого необходимо создать рабочие группы, которые будут состоять из двух–трех «экспертов» по каждому направлению (описанию учебного процесса, процесса кадрового обеспечения и т.п.) и одного «новичка» – дилетанта. Последнее позволяет расширить взгляды на рассматриваемую область, способствует вовлечению и мотивации персонала, принятию взвешенных решений.

После разработки и согласованного принятия шкалы баллов проводится экспертная оценка последствий реализации рисков и их значимости всеми участниками рабочих групп по ключевым процессам. Для всех выявленных последствий каждый участник рабочей группы (эксперт) определяет балл значимости при помощи принятой шкалы баллов. При расхождении баллов оценки эксперты дополнительно обсуждают спорный вопрос. Итоговые баллы, принятые всеми экспертами рабочей группы, вносятся в раздел «Первоначальная оценка рисков» документа «Реестр рисков».

По каждому идентифицированному риску выставляется окончательный балл «уровня последствий» наступления предполагаемого нежелательного события и «уровня возможности (вероятности)» реализации конкретного риска. Затем баллы «уровня последствий» и «уровня вероятности» перемножаются; в итоге получается показатель, определяющий «уровень риска» в конкретной организации на момент проведения оценки. Шкалы баллов рекомендуется уточнить после первого применения и установить в локальном нормативном акте по управлению рисками в организации. Примеры шкал оценки риска для образовательных организаций представлены в табл. 1, 2.

Таблица 1. Трехбалльная шкала оценки риска

Качественная характеристика	Уровень последствий реализации риска	Уровень возможности (вероятности) возникновения риска	Количественная оценка (балл уровня последствий, уровня вероятности)
Высокий	Реализация процесса невозможна	1. Всегда; 2. Практически неизбежно; 3. Очень часто	3
Средний	Отрицательное влияние на функционирование процессов, ведущее к снижению показателей результативности	1. Часто; 2. Возможно; 3. Случайность, вызванная человеческим фактором; 4. Периодически (время от времени)	2
Низкий	Незначительное влияние на функционирование процессов, показатели результативности не изменяются	1. Очень редко; 2. Практически невозможно; 3. Невозможно	1

Таблица 2. Пятибалльная шкала оценки риска

Качественная характеристика	Уровень последствий реализации риска	Уровень возможности (вероятности) возникновения риска	Количественная оценка (балл уровня последствий, уровня вероятности)
Очень высокий (вероятность реализации ≈ 100 %)	Реализация процесса невозможна	1. Всегда; 2. Практически неизбежно	5
Высокий	Негативное влияние на функционирование процесса; возможно приостановление функционирования данного процесса	1. Очень часто; 2. Часто	4
Средний	Негативное влияние на функционирование процесса; показатели результативности ухудшаются	1. Возможно; 2. Случайность, чаще вызванная человеческим фактором	3
Низкий	Незначительное влияние на функционирование процесса; показатели результативности не изменяются	1. Периодически (время от времени); 2. Очень редко	2
Очень низкий (несущественный)	Негативного влияния нет	1. Практически невозможно; 2. Невозможно	1

В зависимости от выбранной шкалы оценки риска одно и то же влияющее событие может иметь различные уровни последствий и вероятности возникновения. Примеры ранжирования риска для образовательной организации представлены в табл. 3, 4.

Таблица 3. Трехбалльная шкала оценки риска

Качественная характеристика	Уровень последствий реализации риска (примеры)	Уровень возможности (вероятности) возникновения риска (возможные формулировки)	Количественная оценка (балл уровня последствий, уровня вероятности)
Высокий	1. Лишение / приостановление действия лицензии; 2. Отказ в государственной аккредитации образовательных программ	При проведении любой проверки Рособрнадзором	3
Средний	1. Падение успеваемости обучающихся; 2. Несвоевременная актуализация методических материалов	Возникает периодически: 1. При участии обучающихся во внеучебных мероприятиях; 2. При смене нормативно-правовой базы	2
Низкий	Изменение аудитории в расписании учебных занятий	Не чаще одного раза в семестр	1

Таблица 4. Пятибалльная шкала оценки риска

Качественная характеристика	Уровень последствий реализации риска (примеры)	Уровень возможности (вероятности) возникновения риска (возможные формулировки)	Количественная оценка (балл уровня последствий, уровня вероятности)
Очень высокий (вероятность реализации $\approx 100\%$)	Лишение / приостановление действия лицензии	При проведении внеплановой проверки Рособрнадзором	5
Высокий	Отказ в государственной аккредитации образовательных программ	При проведении плановой проверки Рособрнадзором	4
Средний	Падение успеваемости обучающихся	Изменение режима учебной работы по потребностям службы курсантов (при подготовке курсантов к Параду Победы и пр.); летний период для студентов	3
Низкий	Несвоевременная актуализация методических материалов	Время от времени: при смене нормативно-правовой базы; изменения вносятся в течение одного месяца	2
Очень низкий (несущественный)	Изменение аудитории в расписании учебных занятий	Чрезвычайно редко / никогда	1

Для всех идентифицированных рисков определяются и ранжируются по значимости возможные причины их возникновения, поскольку каждое потенциальное негативное событие может быть вызвано несколькими возможными причинами. Сначала определяются наиболее вероятные причины, затем устанавливаются для них вероятные причины второго уровня и т.д. В результате последовательного анализа причин становится понятным, какие действия по устранению причин можно предпринять на практике. Установленные причины также вносятся в Реестр рисков. Пример заполнения Реестра рисков представлен в табл. 5.

Таблица 5. Пример заполнения Реестра рисков

№ п/п	Риск	Причина	Последствия	Уровень последствий	Уровень вероятности	Уровень риска	Решение о приемлемости риска; необходимые мероприятия
1	Неверная трактовка требований ФГОС	Отсутствие соответствующих подготовкой персонала	Несоответствие реализуемых ОПОП установленным требованиям	При выбранной трехбалльной системе оценки			Риск неприемлем; необходимо повышение квалификации ответственных лиц не реже одного раза в год
				3	2	3*2=6	
				При выбранной пятибалльной системе оценки			
				5	3	5*3=15	
2	Несвоевременное внесение изменений во внутренние документы	Отсутствие информирования о наличии изменений в нормативно-правовых актах органов исполнительной власти	Получение недостоверной информации обучающимися/сотрудниками	При выбранной трехбалльной системе оценки			Риск неприемлем; необходимо назначение ответственного сотрудника, контролирующего внесение изменений в нормативно-правовые акты, влияющие на деятельность организации
				2	2	2*2=4	
				При выбранной пятибалльной системе оценки			
				4	3	4*3=12	

С целью определения приоритетов при разработке мероприятий по реагированию на риски рабочая группа определяет те виды рисков, уровень которых находится на критической границе или превышает ее. Специфика деятельности организации определяет критическую границу уровня риска, которая устанавливается в каждой организации самостоятельно.

Для всех потенциальных событий и их причин с уровнем риска, превышающим критическую границу, разрабатываются мероприятия для повышения качества оперативного управления организацией. Они могут быть направлены на снижение тяжести последствий реализации рисков, исключение или снижение частоты возникновения причин нежелательных событий и повышения эффективности управления процессами в организации.

В ОО ВО, имеющих СМК, вопросы управления рисками могут решаться в рамках включения элементов риск-менеджмента в действующую систему менеджмента. При этом может быть использована классическая методика разработки документов СМК по структуре и применению Реестра рисков и квалиметрического подхода к их управлению.

Риск-менеджмент, основанный на объективных оценках, особенно значим в условиях постоянной инновационной деятельности, характерной для работы ОО ВО в современных

условиях (постоянное изменение требований и условий подготовки специалистов, адаптация образовательной организации к изменяющимся потребностям работодателей и общества в целом, выполнение постоянно актуализируемых требований регулирующих органов и др.).

Литература

1. Особенности управления рисками при подготовке специалистов в области пожарной безопасности / А.В. Лупанова [и др.] // Техносферная безопасность. 2017. № 1 (14). С. 30–34.
2. ИСО 31000:2018. Управление рисками – принципы и руководящие указания. URL: <https://risk-academy.ru/download/iso31000/> (дата обращения: 03.12.2018).
3. ГОСТ Р ИСО 9001–2015. Системы менеджмента качества. Требования. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200124394> (дата обращения: 03.12.2018).
4. ГОСТ Р 51901.21–2012. Менеджмент риска. Реестр риска. Общие положения. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200100074/> (дата обращения: 04.12.2018).
5. ГОСТ Р 51901.22–2012. Менеджмент риска. Реестр риска. Правила построения. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200100075/> (дата обращения: 04.12.2018).
6. ГОСТ Р 51901.23–2012. Менеджмент риска. Реестр риска. Руководство по оценке риска опасных событий для включения в реестр риска. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200100076> (дата обращения: 04.12.2018).

References

1. Osobennosti upravleniya riskami pri podgotovke specialistov v oblasti pozharnoj bezopasnosti / A.V. Lupanova [i dr.] // Tekhnosfernaya bezopasnost'. 2017. № 1 (14). S. 30–34.
2. ISO 31000:2018. Upravlenie riskami – principy i rukovodyashchie ukazaniya. URL: <https://risk-academy.ru/download/iso31000/> (data obrashcheniya: 03.12.2018).
3. GOST R ISO 9001–2015. Sistemy menedzhmenta kachestva. Trebovaniya. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200124394> (data obrashcheniya: 03.12.2018).
4. GOST R 51901.21–2012. Menedzhment riska. Reestr riska. Obshchie polozheniya. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200100074/> (data obrashcheniya: 04.12.2018).
5. GOST R 51901.22–2012. Menedzhment riska. Reestr riska. Pravila postroeniya. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200100075/> (data obrashcheniya: 04.12.2018).
6. GOST R 51901.23–2012. Menedzhment riska. Reestr riska. Rukovodstvo po ocenke riska opasnyh sobytij dlya vklyucheniya v reestr riska. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200100076> (data obrashcheniya: 04.12.2018).

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИЗБИРАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ: УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ ПОДСЧЕТА ГОЛОСОВ С ПОМОЩЬЮ РАСПРЕДЕЛЕННОГО РЕЕСТРА ДАННЫХ

Д.А. Мячин, кандидат экономических наук.

Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации.

**В.Н. Лукин, доктор политических наук,
кандидат исторических наук, доцент;**

Д.Ю. Минкин, доктор технических наук, профессор.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены ключевые аспекты нового феномена в IT-индустрии – технологии блокчейн. Проанализированы концептуальные принципы, лежащие в основе новой технологии. Раскрыто значение блок-цепочки как нового типа формирования и хранения создаваемых баз данных. Подробно освещены аргументы, предопределяющие возможности и перспективы применения технологии распределенного реестра данных в избирательных процессах различного уровня, при проведении масштабных опросов общественного мнения.

Ключевые слова: избирательный процесс, блокчейн, распределенный реестр данных, криптографические методы, электронное голосование, транспарентность выборов, открытый исходный код, базы данных

INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE ELECTORAL PROCESS: MANAGEMENT OF THE VOICE CALCULATION SYSTEM USING THE DISTRIBUTED DATA REGISTER

**D.A. Myachin. Russian academy of national economy and public administration
under the President of the Russian Federation.**

V.N. Lukin; D.Yu. Minkin.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The key aspects of the new phenomenon in the IT industry, the blockchain technology, are considered. Conceptual principles underlying the new technology are analyzed. The value of the blockchain as a new type of formation and storage of the created databases is disclosed. Arguments that predetermine the possibilities and prospects of using distributed data registry technology in electoral processes at various levels during large-scale public opinion polls are described in detail.

Keywords: election process, blockchain, distributed data registry, cryptographic methods, electronic voting, election transparency, open source code, databases

По оценкам ведущих мировых экспертов, технология блокчейн, появившаяся всего лишь десять лет назад, способна в ближайшем будущем серьезно изменить очень многое в самых различных сферах жизни людей. В свою очередь, огромные возможности технологии распределенного реестра объективно приведут к ее активному применению в избирательных кампаниях разного уровня, поскольку она кардинально снижает затраты на организацию и проведение выборов, повышает прозрачность результатов голосования граждан и, соответственно, уровень доверия к ним. В данной статье авторы пытаются дать аргументированное подтверждение этому утверждению.

Блокчейн (англ. blockchain или block chain) представляет собой непрерывную последовательную цепочку блоков, так называемую распределенную сеть (реестр), созданную по определенным правилам и содержащую информацию.

Блок-цепочка – это новый тип базы данных. Вместо централизованной или децентрализованной базы данных, находящейся на одном или нескольких серверах, база блокчейн-данных устанавливается на компьютере каждого пользователя, вошедшего в эту сеть. Иначе говоря, распределенная база данных блокчейна всякий раз копируется на каждый клиентский компьютер в этой сети (при этом их может быть сколько угодно), а центральных серверов баз данных нет.

Благодаря возможности идентично сохранить любую запись на каждом узле сети появляется полная прозрачность действий, отпадает необходимость во всех посредниках, возникает равноправность всех участников при сохранении их анонимности. Именно поэтому она практически не поддается взлому, является неизменяемой базой данных, поскольку хакерам пришлось бы вносить изменения в каждый компьютер, задействованный в подобной цепи. Отдельные проблемы, возникающие в сети, не могут обрушить всю систему.

На начальном этапе блокчейн для большинства ассоциировался исключительно с биткоином, криптовалютой. Это было обусловлено тем, что именно блочная цепь лежит в основе механизма, заставляющего создавать криптовалюту и способной обеспечить новый способ хранения, проверки, авторизации и перемещения цифровых транзакций через интернет.

Однако уже через несколько лет пришло понимание того, что блокчейн – это не только криптовалюта, а очень перспективная технология, способная кардинально повлиять на все сферы жизни человека. Не случайно ряд серьезных экспертов высказали мысль о том, что феномен блокчейна сопоставим по значимости с появлением интернета.

Во всем мире стал формироваться научный подход к изучению и развитию, продвижению новой полезной технологии. Подтверждением неисчерпаемых потенциальных направлений применения технологии блокчейн является тот факт, что ее начинают осваивать и применять на практике различные государственные и частные структуры. Показательно, что в программе «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденной Распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р, технология распределенного реестра отнесена к числу основных сквозных цифровых технологий [1].

Сегодня развитие и применение технологии блокчейн идет невиданными темпами во всем мире, в том числе и в нашей стране. И было бы странно предположить, что колоссальные возможности новой цифровой реальности не будут экстраполированы и на избирательные кампании самого разного уровня, и для организации коллективного голосования по животрепещущим, актуальным вопросам, поскольку данная технология объективно повышает уровень доверия к итогам голосования и гарантирует невозможность их фальсификации.

Основное назначение избирательного процесса, представляющего собой совокупность определенных стадий, конкретных избирательных процедур и избирательных действий, заключается в сохранении политической стабильности и обеспечении преемственности государственной власти путем формирования основных атрибутов представительной и выборной демократии [2].

Следует подчеркнуть, что заключительная стадия избирательного процесса (голосование и подсчет голосов избирателей) – чрезвычайно ответственная и очень трудоемкая задача: к примеру, при проведении избирательных кампаний федерального значения в Российской Федерации создаются около ста тысяч избирательных участков. Поэтому проблема применения технических средств подсчета голосов всегда остается актуальной, необходимой в первую очередь для уменьшения количества различных непреднамеренных ошибок субъективного свойства и более оперативного подведения итогов

голосования на избирательных участках. Проблемы совершенствования технической инфраструктуры выборов Центральная избирательная комиссия Российской Федерации периодически публично обсуждает с представителями различных общественных организаций и политических партий, учеными и экспертами.

В настоящее время комплексами средств автоматизации (КСА) оснащены Центральная избирательная комиссия Российской Федерации, избирательные комиссии всех субъектов Российской Федерации и территориальные избирательные комиссии (около трех тысяч избирательных комиссий). Как отметила Председатель Центральной избирательной комиссии Российской Федерации Э.А. Памфилова, на выборах Президента России в 2012 г. лишь треть избирательных комиссий имели цифровые каналы связи, на выборах же 2018 г. ими были охвачены все до единого избирательного участка в стране [3].

Использование комплексов средств автоматизации избирательного процесса осуществляется в строгом соответствии с федеральными законами и постановлениями соответствующих органов.

Разработка и активное использование комплекса средств автоматизации в избирательном процессе в последние два десятилетия имели серьезное позитивное значение для большей транспарентности избирательных процедур, для повышения эффективности работы избирательных комиссий.

Однако наше динамичное время и чрезвычайно быстрое развитие современных средств и технологий, связанных с интернетом, объективно и неизбежно ставят в повестку дня и внедрение в избирательный процесс адекватных текущей ситуации способов голосования и подсчета голосов. Как уже утверждалось, будущее в данном контексте за цифровыми технологиями и в первую очередь на основе блокчейн.

Изучение данной технологии для применения в избирательном процессе – это не дань моде, как может кому-то показаться, а ее огромный потенциал, пока еще в полной мере не осознанный и не освоенный.

Какие аргументы можно привести для подтверждения выдвинутого предположения?

Прежде всего, следует однозначно сказать, что системы голосования, применявшиеся до сих пор в большинстве стран мира, в том числе и в России, являются очень трудоемкими, во многом устаревшими и не соответствующими в полной мере сегодняшним возможностям.

В большинстве случаев граждане должны лично посещать избирательные участки и заполнять бюллетень, поэтому многие избиратели в конечном итоге именно поэтому часто отказываются участвовать в выборах. Особенно сильно разочарование устаревшими системами голосования проявляется в среде молодых избирателей.

В настоящее время большинство стран использует в качестве основной системы голосования форму бумажного бюллетеня. Безусловно, бумажные носители имеют целый ряд своих преимуществ, но в эпоху стремительно идущей во всем мире цифровизации это становится неизбежно анахронизмом, не говоря уже о значительных расходах, связанных с изготовлением, транспортировкой и хранением бумажных бюллетеней. А сколько дополнительной работы потребуется сделать, если обнаружены какие-либо неточности или требуются исправления в уже напечатанных бюллетенях.

К примеру, общее списочное число избирателей на выборах Президента Российской Федерации 18 марта 2018 г. составляло 109 008 428 человек [4].

Весьма существенными в каждой избирательной кампании являются расходы на оплату труда персонала избирательных участков. Так, например, всеобщие выборы в Великобритании в 2017 г. обошлись в 140 млн фунтов стерлингов (из них 15 % этой суммы составили затраты на привлечение персонала и его обучение) [5].

По официальным данным Центральной избирательной комиссии Российской Федерации выборы Президента России в марте 2018 г. обошлись бюджету в сумму более 14 млрд руб. [6]. Следует подчеркнуть и объем работы, связанный с данными выборами: выборы Президента Российской Федерации прошли на 97,3 тыс. избирательных участков во всех регионах страны и на 401 участке за рубежом.

Следующий аргумент – проблема определенных злоупотреблений, фальсификации результатов выборов при использовании для голосования бумажных бюллетеней. У немалой части избирателей существует устойчивое мнение о возможности в случае необходимости для властей фальсифицировать итоги выборов при существующей системе голосования. Именно этот момент нередко выступает тем фактором, который отторгает часть избирателей от участия в выборах.

Не случайно на выборах Президента Российской Федерации 18 марта 2018 г. такое большое значение придавалось прозрачности избирательной процедуры, повышению доверия избирателей к итоговым результатам избирательной кампании. Для этого были использованы не только различные высокотехнологичные средства голосования (в частности, к имевшимся техническим возможностям добавились QR-кодирование и система «Мобильный избиратель») и общественного контроля за ходом голосования на любом избирательном участке, но и разнообразная система фильтров по предотвращению возможных нарушений (например, общественные наблюдатели от общественных и региональных палат, от федеральной палаты).

«Все это, в свою очередь, значительно повысило и укрепило доверие россиян к избирательной системе. Следствием этого стала рекордно высокая явка избирателей: по данным Центральной избирательной комиссии она составила 67,54 %» [7].

Уязвимости в используемых в настоящее время системах подсчета голосов существуют на протяжении всего процесса голосования от начала до конца. Количество, местоположение и безопасность избирательных участков неизбежно могут создавать предпосылки для того или иного манипулирования полученными результатами. Не случайно оппозиционные силы пытались доказать, что такие случаи имели место и на прошедших выборах Президента Российской Федерации. На некоторых участках были замечены вбросы бюллетеней, в частности, результаты выборов были отменены из-за вброса бюллетеней в г. Люберцы Московской области и еще на ряде избирательных участков в некоторых регионах [8].

Всего же, как отметила Председатель Центральной избирательной комиссии Российской Федерации, Элла Памфилова, результаты выборов были отменены на 14 избирательных участках в масштабах всей страны [9].

Здесь необходимо подчеркнуть, что наряду с мошенничеством и коррупцией при подсчете голосов существует и уязвимость, связанная с субъективным фактором – человеческой ошибкой: бюллетени могут быть утеряны, избиратель случайно проголосовал не так, как хотел бы в действительности, бюллетень может быть испорчен избирателем из-за собственной невнимательности. Технология блокчейн позволит защитить данные от злоупотреблений и облегчает контроль над ними.

Следует упомянуть и такой объективный фактор при организации процесса голосования, как доставка бюллетеней в труднодоступные места проживания избирателей. Существенно и то, что немалое количество сельских избирателей живут достаточно далеко от избирательных участков, к которым они прикреплены на время голосования и посещение этих участков занимает много времени.

И еще один, крайне важный аргумент в пользу защищаемой в данной статье позиции: новые технологии будут способствовать увеличению на выборах численности избирателей с ограниченными возможностями. Сегодня это весьма серьезная и трудозатратная в своем решении проблема.

И, наконец, громоздкие процедуры и медленный ручной пересчет могут также приводить к нежелательным последствиям длительного ожидания результатов выборов. Так было, например, в Украине в 2014 г. на парламентских выборах страны, когда итоги этих выборов были недоступны общественности в течение 15 дней после завершения выборов.

Таким образом, современные системы голосования, несмотря на их постоянное совершенствование и все более активное использование электронных средств, все еще являются медленными, дорогостоящими и подвержены многим уязвимостям, которые могут

препятствовать проведению свободных и справедливых выборов. Поэтому в повестку дня объективно пробиваются вопросы, связанные с удовлетворением меняющихся потребностей современных избирателей, с обеспечением максимальной прозрачности любой избирательной кампании, с предоставлением каждому избирателю удобных форм участия в выборах.

И сегодня именно блокчейн является той ключевой технологией, которая способна обеспечить решение всех этих задач, поскольку использование возможностей распределенного реестра данных гарантирует надежный цифровой и децентрализованный метод генерации криптографически защищенных записей, которые сохраняют анонимность участников голосования, оставаясь одновременно открытыми для публичной проверки. Иначе говоря, применительно к голосованию, блокчейн позволяет регистрировать голоса точно, прозрачно, постоянно и надежно.

Движение в данном направлении активно происходит в разных странах, в том числе и в России. Приведем примеры. Так в Москве еще в 2014 г. по инициативе правительства города начал реализовываться проект «Активный гражданин» – площадка для проведения открытых референдумов, опросов, сборов мнений граждан в электронной форме. Проект является уникальным и подтвердил свою эффективность: проведено уже более 2 700 голосований по различным общегородским и более локальным проблемам, количество пользователей достигает цифры почти 2 млн человек. В ноябре 2017 г. мэрия Москвы объявила, что начинает тестировать проект «Активный гражданин» на технологии блокчейн [10].

Благодаря этой интернет-технологии появляется прозрачность, открытость всех данных. Каждый установивший специальную программу становится участником данной сети и может видеть в режиме реального времени процесс голосования и появления новых голосов. При этом очень важно, что все персональные данные будут зашифрованы. Появляется возможность проверить хронологию появления голосов и одновременно проверить их уникальность, можно также увидеть распределение голосов по каждому вопросу.

После окончания голосования любой участник этого процесса может осуществить проверку результатов голосования и сравнить результаты с объявленными официальными данными.

Примечательно, что Всероссийский центр изучения общественного мнения (ВЦИОМ) использовал возможности технологии блокчейн на выборах Президента Российской Федерации 18 марта 2018 г. для обработки результатов опроса участников голосования на выходе, так называемого Exit Poll. В пресс-релизе ВЦИОМ, появившемся накануне проведения дня голосования, отмечено: «Проект предполагает хранение данных, получаемых в результате опросов на выходе с избирательных участков, в специальном блокчейн-хранилище. Это не позволит вносить какие-либо внешние изменения в данные, снизит эффективность хакерских атак, обеспечит транспарентность процесса сбора и агрегации данных. В случае успеха проект ляжет в основу программы «Цифровой ВЦИОМ», разрабатываемой в Центре и планируемой к реализации в 2018–2021 гг.» [11].

Эксперимент, проведенный ВЦИОМ, представляет собой один из первых примеров в нашей стране применения системы распределенного хранения данных в сфере электоральных исследований. Таким образом, заложены серьезные основы для полномасштабной реализации технологии блокчейн при проведении следующих президентских выборов.

Весьма показательно, что твердым сторонником создания системы голосования, оснащенной технологиями блокчейн, является глава Центризбиркома Э.А. Памфилова. Об этом она много говорит после прошедших выборов, рассуждает о необходимости разработки и применения на выборах Президента Российской Федерации в 2024 г. данной системы, поскольку она удобна для голосования, устойчива перед хакерскими атаками и прозрачна [12].

Возможно, в процессе реализации данной идеи будет использован уже имеющийся опыт проведения голосования с помощью блокчейн в других государствах. Так первой страной в мире, где выборы национального лидера прошли с использованием данной технологии, стала небольшая африканская страна Сьерра-Леоне. Процедура голосования, в которой приняли участие около 70 % населения данного государства (проживает 7 млн 396 тыс. чел.), была полностью анонимной, но запись о голосе каждого избирателя сохранилась в системе и после завершения голосования, и любой желающий имел возможность посмотреть и проверить эту информацию.

Всю работу по разработке технологии голосования на основе блокчейна провела компания Агора, созданная в 2015 г. в Швейцарии и специализирующаяся на создании системы голосования, являющейся прозрачной и поддающейся проверке со стороны различных контролирующих организаций и общественности [13].

Опыт проведения Агорой выборов с применением блокчейн-технологии наглядно подтверждает, что использование возможностей распределенного реестра данных позволяет обеспечить в полной мере достижения ключевых требований любой выборной кампании.

Прозрачность. Каждый шаг избирательного процесса должен быть понятен и открыт для любых наблюдателей (избиратель, политические партии, внешние наблюдатели). Все результаты должны быть проверяемы и перепроверяемы. Транспарентность голосования достигается благодаря публичной блок-цепочке Агора, так называемой доске объявлений, где данные хранятся в течение всего избирательного процесса. Любая сторона может проверить достоверность результатов выборов, а также промежуточные шаги процесса голосования. В дополнение к разрешению внешнего анализа Агора позволяет каждому избирателю проверить, что его голосование было точно записано и что оно оставалось неизменным. Таким образом, избиратели играют ключевую роль в обеспечении справедливых выборов, а система позволяет избирателям доверять предлагаемым процедурам.

Конфиденциальность. Выбор, сделанный избирателем, должен оставаться закрытым как во время голосования, так и после завершения выборов.

Платформа Агора защищает конфиденциальность избирателей посредством поддающегося проверке избирательного бюллетеня и обезличивания. Для этого Агора использует криптографические методы для сохранения анонимности избирательных бюллетеней.

В равной степени важно, что Агора не имеет доступа к пользовательским данным, включая контент избирателей. Все бюллетени перед передачей их в сеть Агоры зашифрованы на устройстве для голосования каждого человека с использованием открытого источника.

Целостность. Только правомочные избиратели должны иметь право голоса, и эти голоса должны быть защищены от любых изменений или исключений.

Бюллетени и итоговые результаты выборов благодаря блокчейну как ключевому моменту архитектуры сети Агоры не могут быть изменены какой-либо третьей стороной, включая и саму Агору. Блокчейн сети компании обеспечивает публичное криптографическое доказательство того, что результаты не были обработаны каким-либо иным образом.

Экономичность. Процесс выборов должен быть максимально экономичным как для органов, ответственных за проведение голосования, так и для граждан. Снижение затрат начинается с оцифровки бумажных и ручных процессов, которыми можно дополнительно управлять через возможности криптографического аудита. Иначе говоря, средства цифровой коммуникации в значительной степени уменьшают применение ручной работы, что, соответственно, снижает расходы на проведение выборов при одновременном повышении надежности результатов голосования.

Доступность. Все правомочные избиратели, независимо от их местонахождения, инвалидности, должны иметь разумные и равные возможности отдать свои голоса.

Оценивая опыт Агоры, можно констатировать, что мобильное решение, предлагаемое данной компанией, лучше всего соответствует образу жизни современного избирателя: обеспечивается безопасное и дистанционное голосование с цифровых устройств, включая личные компьютеры и мобильные телефоны, избиратели могут голосовать в любом месте, не посещая в обязательном порядке избирательные участки.

Таким образом, подводя итог сказанному, можно сделать вывод о том, что в скором будущем эффективное и успешное решение вопросов, связанных с проведением голосования и подсчетом результатов федеральных выборов, будет связано с применением бурно развивающейся в последнее десятилетие технологии блокчейн или иначе – технологии распределенного реестра данных.

Литература

1. Цифровая экономика Российской Федерации: программа утв. Распоряжением Правительства Рос. Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р. URL: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf> (дата обращения: 14.01.2019).
2. Дмитриев Ю.А., Израелян В.Б. Избирательное право: учеб. М.: ЗАО Юстицинформ, 2008. С. 32.
3. Центральная избирательная комиссия Российской Федерации. URL: www.cikrf.ru/news/2018/12/15 (дата обращения: 15.12.2018).
4. Протокол Центральной избирательной комиссии Российской Федерации о результатах выборов Президента Российской Федерации от 23 марта 2018 г. URL: www.cikrf.ru/news/2018/03/23 (дата обращения: 15.12.2018).
5. Газета «Коммерсант». 2017. 17 нояб. № 214 (6208).
6. ЦИК подсчитал расходы на выборы Президента России // РИА-новости. 2018. 4 июля. URL: www.cikrf.ru/news/2018/07/04 (дата обращения: 15.12.2018).
7. РИА новости. URL: <https://ria.ru/politics/20180403/1517829280.html> (дата обращения: 20.05.2018).
8. Вброс бюллетеней в Люберцах // Московский комсомолец. 2018. 19 марта.
9. Иностранцы заметили разницу между выборами в ЕС и России. URL: <https://news.rambler.ru/other/39446783-inostrannye-nablyudateli-ne-zametili-osoboy-raznitsy-mezhdu-vyborami-v-es-i-rossii/> (дата обращения: 25.03.2018).
10. Москва внедрила блокчейн в «Активного гражданина» // Ведомости. 2017. 28 нояб.
11. ВЦИОМ внедрит блокчейн-технологии для проведения Exit Poll // РИА Новости. 2018. 5 марта.
12. Председатель Центризбиркома Элла Памфилова мечтает об использовании блокчейн на выборах // Cryptorussia.ru. 2018. 28 марта.
13. Agora. URL: https://agora.vote/Agora_Whitepaper_v0.1.pdf (дата обращения: 12.10.2018).

References

1. Cifrovaya ekonomika Rossijskoj Federacii: programma utv. Rasporyazheniem Pravitel'stva Ros. Federacii ot 28 iyulya 2017 g. № 1632-r. URL: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf> (data obrashcheniya: 14.01.2019).
2. Dmitriev Yu.A., Israelyan V.B. Izbiratel'noe pravo: ucheb. M.: ZAO Yusticinform, 2008. S. 32.
3. Central'naya izbiratel'naya komissiya Rossijskoj Federacii. URL: www.cikrf.ru/news/2018/12/15 (data obrashcheniya: 15.12.2018).
4. Protokol Central'noj izbiratel'noj komissii Rossijskoj Federacii o rezul'tatah vyborov Prezidenta Rossijskoj Federacii ot 23 marta 2018 g. URL: www.cikrf.ru/news/2018/03/23 (data obrashcheniya: 15.12.2018).
5. Gazeta «Kommersant». 2017. 17 noyab. № 214 (6208).

6. CIK podschital raskhody na vybory Prezidenta Rossii // RIA-novosti. 2018. 4 iyulya. URL: www.cikrf.ru/news/cec (data obrashcheniya: 15.12.2018).
7. RIA novosti. URL: <https://ria.ru/politics/20180403/1517829280.html> (data obrashcheniya: 20.05.2018).
8. Vbros byulleteney v Lyubercyah // Moskovskij komsomolec. 2018. 19 marta.
9. Inostrannye nablyudateli ne zametili osoboy raznicy mezhdru vyborami v ES i Rossii. URL: <https://news.rambler.ru/other/39446783-inostrannye-nablyudateli-ne-zametili-osoboy-raznitsy-mezhdru-vyborami-v-es-i-rossii/> (data obrashcheniya: 25.03.2018).
10. Moskva vnedrila blokchejn v «Aktivnogo grazhdanina» // Vedomosti. 2017. 28 noyab.
11. VCIOM vnedrit blokchejn-tehnologii dlya provedeniya Exit Poll // RIA Novosti. 2018. 5 marta.
12. Predsedatel' Centrizbirkoma Ella Pamfilova mechtaet ob ispol'zovanii blokchejn na vyborah // Cryptorussia.ru. 2018. 28 marta.
13. Agora. URL: https://agora.vote/Agora_Whitepaper_v0.1.pdf (data obrashcheniya: 12.10.2018).

ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОДГОТОВКИ СОТРУДНИКОВ МЧС РОССИИ К УСЛОВИЯМ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

ПРИРОДНЫЕ И АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ И ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Л.А. Коннова, доктор медицинских наук, профессор;

Ю.В. Львова.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Представлен обзор и анализ научной информации о природных и антропогенных факторах среды обитания в субъектах Арктической зоны Российской Федерации и данных о здоровье населения. Обсуждаются результаты изучения показателей здоровья у коренного и приезжего населения Арктической зоны. Рассматриваются приоритетные направления поиска причинно-следственных связей между экологией и состоянием здоровья населения Арктической зоны Российской Федерации.

Ключевые слова: Арктическая зона Российской Федерации, природные и антропогенные факторы среды обитания, здоровье населения

NATURAL AND ANTHROPOGENIC ENVIRONMENTAL FACTORS AND POPULATION HEALTH IN THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION

L.A. Konnova; Yu.V. Lvova.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

A review and analysis of scientific information on natural and anthropogenic environmental factors in the subjects of the Arctic zone of the Russian Federation and data on public health is presented. The results of the study of the health indicators of the indigenous and visiting population of the Arctic zone are discussed. We consider the priority areas of search for causal relationships between the environment and the health of the population of the Russian Arctic.

Keywords: Arctic zone of the Russian Federation, natural and anthropogenic environmental factors, public health

Арктическая зона Российской Федерации (АЗРФ) занимает обширную территорию от Кольского полуострова до Чукотки (рис. 1), площадь арктической суши составляет более 3 млн кв. км и протяженность границы вдоль берегов Северного Ледовитого океана около 22 тыс. км. В состав АЗРФ полностью или частично входят восемь субъектов – Мурманская и Архангельская область, Коми, Республика Саха (Якутия), Ненецкий, Ямало-Ненецкий и Чукотский автономные округа и Красноярский край [1].



Рис. 1. Субъекты АЗРФ

В АЗРФ сосредоточено 80 % запасов всех полезных ископаемых страны – газа, нефти, драгоценных металлов, алмазов, ценной промысловой морской и речной рыбы и т.д. В последние десятилетия в связи с интенсивным развитием добычи углеводородов, проведением геологоразведочных работ, обустройством новых месторождений, строительством и эксплуатацией нефтепроводов, освоением и развитием Северного морского пути происходит приток большого числа различных групп населения, которое даже при создании хороших условий для жизни и деятельности человека подвергается воздействию сурового климата Арктики. Интенсивное развитие промышленности меняет условия жизнедеятельности коренного населения, для которого навыков выживания, позволяющих самосохраняться в условиях сурового климата, уже недостаточно. Такая ситуация объясняет актуализацию исследований взаимосвязи меняющихся условий среды в АЗРФ с состоянием здоровья населения с целью совершенствования медико-профилактических мер, способствующих акклиматизации и укреплению здоровья приезжего населения и формированию новой стратегии сохранения здоровья коренного населения АЗРФ.

Решение этих задач требует, прежде всего, информации о специфике природных и антропогенных факторов среды обитания, специфичных для субъектов АЗРФ и меняющихся в связи с потеплением климата и развитием техносферы.

Цель работы состоит в обзоре и анализе научной информации о природных и антропогенных факторах среды обитания в субъектах АЗРФ и данных о здоровье населения для выделения приоритетных направлений поиска причинно-следственных связей между состоянием здоровья и воздействием факторов среды обитания.

Согласно данным районирования северных территорий Российской Федерации по природно-климатическим факторам АЗРФ относится к абсолютно дискомфортным для жизнедеятельности человека территориям (рис. 2) [2]. Наиболее экстремальной по климату территорией признана Якутия (республика Саха), расположенная в зоне вечной мерзлоты. Трудности для жизни создает климат: зимой температура падает до -40°C , а летом поднимается до $+29^{\circ}\text{C}$. Самая низкая температура воздуха на обитаемой части была зарегистрирована в 1926 г. в якутском селе Оймякон – $-72,2^{\circ}\text{C}$. Самым холодным городом мира признан г. Верхоянск [3].

Кроме экстремально низких температур воздуха и большого перепада температур для Арктической зоны характерны длительная полярная ночь, продолжительность которой в некоторых регионах составляет 190 сут, и полярный день – до 175 сут; недостаток кислорода, поскольку в атмосфере Арктики содержится меньше кислорода по сравнению со средней полосой России.

**РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ
ПО ПРИРОДНЫМ УСЛОВИЯМ ДЛЯ
ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ**



Рис. 2. Карта районирования территории Севера по климатическому фактору [2]

Оказывает негативное влияние на человека в Арктике и космическая погода – геомагнитные бури, повышенный уровень электрического поля атмосферы [4]. Магнитное поле Земли в Арктике защищает Землю значительно хуже, чем в средних и низких широтах. Поэтому условия жизни в АЗРФ непросто трудные, они принципиально отличаются от условий средней полосы. Поскольку функционирование организма находится в соответствии с внешними условиями, у некоторых северян, хорошо адаптированных к условиям Арктики, многие показатели функционирования организма отличаются от таковых в средней широте.

При выполнении любой физической работы энергетические затраты организма человека в условиях Арктики значительно выше, чем в условиях умеренного климата [5]. В табл. 1 представлены основные природные факторы среды обитания в АЗРФ и их влияние на здоровье человека.

Таблица 1. Природные факторы АЗРФ и последствия их влияния на человека

Низкие температуры в сочетании с высокой скоростью ветра	Влияние на открытые участки кожи и органы дыхания – гипотермия; Патологические изменения в легких – «пневмопатии»
Фотопериодичность	Перестройка суточной периодики физиологических функций организма – десинхроноз
Космическая погода (геомагнитные возмущения)	Влияние на сердечно-сосудистую систему и иммунобиологическую реактивность
Низкая минерализация питьевой воды	Изменения в обмене веществ; Дефицит водорастворимых витаминов

От годовых циклов изменения интенсивности дневного света зависит настроение и поведение людей, живущих в полярных и приполярных регионах. Это сезонная аффективная

депрессия, проявляющаяся обычно осенью и зимой симптомами снижения уровня активности, переутомления, затруднения в работе и при общении, бессонницы среди зимы. Срок акклиматизации людей, приезжающих работать в Арктику, составляет от одного до трех лет. В последние годы вызывает интерес и потепление климата в Арктике, способствующее повышению риска инфекционных заболеваний.

Население АЗРФ по восприимчивости к различным заболеваниям вследствие генетических и фенотипических особенностей неоднородно, в связи с чем при изучении здоровья населения АЗРФ используется дифференцированный подход. Выделяют четыре основные категории жителей: коренное аборигенное население, коренное европейское население, мигранты, живущие в регионе сравнительно недавно, и работники вахтового труда. Исследования воздействия факторов внешней среды проводят для каждой из этих групп населения. Кроме суровых природных условий на здоровье человека в АЗРФ влияют и антропогенные факторы, связанные с развитием промышленности и транспорта, загрязнением среды обитания – воды, воздуха, почвы. Развитие таких отраслей промышленности, как металлургическая, угледобывающая, нефтегазодобывающая создает проблему антропогенного загрязнения среды обитания, обусловленную выбросом в окружающую среду химических загрязнителей. Более всего это касается жителей промышленных городов и населенных пунктов, представленных в табл. 2.

Город Норильск занимает первое место в списке самых экологически неблагополучных городов. В атмосферу города выделяются газы металлургических предприятий, содержащие соединения меди, никеля и других химических токсикантов [6]. Загрязнение воздуха бензолом, кобальтом, никелем и свинцом создает высокий уровень канцерогенного риска для здоровья. Антропогенное загрязнение воздуха в сочетании с суровым климатом повышает риск развития заболеваний. Многокомпонентность загрязнения и процессы трансформации веществ в окружающей среде создают сложности в плане изучения воздействия загрязнителей на здоровье человека [7]. Обобщение данных по заболеваемости в субъектах АЗРФ представлены в табл. 3.

Наибольший риск для развития онкологических заболеваний представляют промышленные выбросы в атмосферу в г. Норильске, Архангельской и Мурманской области (табл. 1), при этом в Норильске уровень онкологических заболеваний на 40 % превышает таковой в других регионах России, а в Мурманской и Архангельской областях отмечена тенденция роста числа таких заболеваний.

Интегральными показателями здоровья населения признаны продолжительность жизни и биологический возраст. Согласно сообщению представителя Северо-Западного государственного медицинского университета им. И.И. Мечникова средняя продолжительность жизни среди населения российских регионов Арктики на 20 лет меньше средних показателей по стране и составляет 53 г. [8]. Показатели биологического возраста мужского коренного населения представлены в табл. 4. У хантов, ненцев и коми они значительно превышают показатели группы лиц, у которых показатели биологического возраста соответствуют календарному [5, 9].

Таблица 2. Антропогенные загрязнители среды обитания в АЗРФ [9]

Субъект АЗРФ	Источники загрязнения	Атмосферные загрязнители
1	2	3
Мурманская область (Кольский полуостров, г. Апатиты, г. Североморск)	Цветная металлургия, горнодобывающая промышленность, радиоактивные отходы (РАО)	Тяжелые металлы, сульфаты, фториды
Архангельская область (г. Архангельск, г. Северодвинск, г. Новодвинск)	Целлюлозно-бумажная и деревообрабатывающая промышленность	Диоксины и диоксиноподобные соединения

1	2	3
Красноярский край (г. Норильск, г. Красноярск)	Горнодобывающая промышленность, горнометаллургическая промышленность, целлюлозно-бумажная промышленность	Диоксиды серы, оксиды углерода, тяжелые металлы
Воркута (Республика Коми)	Горнодобывающая промышленность	Бензопирен, диоксид азота
Республика Саха (Якутск, Мирный и др.)	Алмазодобывающая промышленность, горнометаллургическая промышленность	Пыль, оксиды азота, оксид углерода, сернистый ангидрид и сероводород
Чукотский автономный округ (Певек)	Горнодобывающая промышленность, АЭС	–
Ненецкий автономный округ (Тимано-Печерский район)	Добыча и транспортировка углеводородного сырья	Оксиды углерода, оксид азота и углеводороды, отходы нефтепродуктов
Ямало-Ненецкий автономный округ	Предприятия нефтегазового комплекса	Оксиды углерода, оксид азота и углеводороды, отходы нефтепродуктов

Таблица 3. Территории риска по заболеваемости в субъектах АЗРФ [10]

Заболевание	Территории риска (с наиболее высоким уровнем заболевания)
Пороки развития (врожденные аномалии)	Ненецкий и Ямало-Ненецкий автономные округа, Архангельская обл. и г. Воркута
Злокачественные новообразования	г. Норильск, Архангельская и Мурманская обл.
Хронический алкоголизм	Республика Саха (Якутия), Чукотский автономный округ
Туберкулез	Чукотский автономный округ, Республика Саха (Якутия), Красноярский край, Ямало-Ненецкий автономный округ, г. Воркута.
Сифилис	Чукотский автономный округ, Республика Саха (Якутия)
Энтеробиоз (гельминты, несоблюдение личной гигиены)	Ненецкий автономный округ, Республика Саха (Якутия)
Описторхоз (гельминты – сырая рыба и несоблюдение гигиены)	Ямало-ненецкий автономный округ и г. Воркута
Дифиллоботриозом (сырая рыба, строганина)	Республика Саха (Якутия), Ненецкий автономный округ, Красноярский край

Таблица 4. Биологический возраст коренного населения АЗРФ

Отклонение биологического возраста от должных величин (превышение)	Национальность	Пол
19,8±1,9	Ханты	Муж.
0,6±0,2	Ханты	Жен.
17,7±1,9	Ненцы	Муж.
2,36±0,45	Ненки	Жен.
19,3±1,6	Коми	Муж.
7,5±1,6	Коми	Жен.

Интересен тот факт, что у женщин данных национальностей отклонения от должных величин значительно меньше.

В структуре смертности коренного населения АЗРФ по данным 2016 г. несчастные случаи, травмы и отравления составляют 30 %, онкосмертность в два раза выше по сравнению с другими регионами страны, а нарушение репродуктивного здоровья и младенческая смертность в пять раз выше.

Особенностью структуры заболеваний коренного населения является большое количество паразитозов, что связано с санитарно-гигиеническими условиями жизни в арктической тундре, в частности, с отсутствием централизованного водоснабжения. Масштабность территории Чукотского, Ненецкого автономных округов, Республики Саха (Якутия), не охваченных урбанизацией, объясняет трудность организации централизованного водоснабжения в условиях вечной мерзлоты. Это подтверждается показателями доли проб питьевой воды, не соответствующих гигиеническим требованиям. Потепление климата и таяние вечной мерзлоты повышают угрозу инфекций в арктической тундре.

В отношении некоренного населения АЗРФ дать правильную оценку продолжительности жизни затрудняет миграция данного контингента, временное проживание препятствует объективному анализу статистических данных. У временного населения проблемы со здоровьем в основном связаны с адаптационными процессами, обострением хронических заболеваний, и опасностью гипотермии, что объясняет актуализацию разработки фармакологических средств, ориентированных на увеличение выживаемости в случае переохлаждения и отморожений. Только в Якутии ежегодно от общего замерзания умирают 100 человек, и большое число людей остаются инвалидами.

Исследования последних десятилетий свидетельствуют, что одним из наиболее распространенных проявлений дизадаптации приезжего населения и последующего развития хронической патологии сердечно-сосудистой системы является артериальная гипертензия, которая рассматривается как результат хронического климатогеографического стресса [11]. Профессиональный стаж 10 лет в условиях Арктики является периодом риска развития сердечно-сосудистых заболеваний и свидетельствует о снижении адаптационного потенциала трудоспособного населения.

При изучении хронических заболеваний у вахтовиков в республике Коми наихудшие показатели здоровья установлены у лиц, прибывающих из других регионов страны, распространенность заболеваний у них в два раза выше, чем у вахтовиков – жителей республики Коми.

Таким образом, анализ современных данных о специфике климатогеографических особенностей Арктики позволяет заключить, что для АЗРФ характерны условия жизнедеятельности, принципиально отличающиеся от других регионов страны. При изучении влияния этих условий на организм человека и его здоровье следует учитывать и новые угрозы, возникающие в результате потепления климата и таяния вечной мерзлоты.

В плане изучения антропогенных факторов среды обитания особого внимания требуют химические загрязнители атмосферы, обусловленные бурным развитием промышленности. При анализе негативного воздействия химических токсикантов необходимо учитывать многокомпонентность загрязнителей, процессы трансформации веществ в окружающей среде и воздействие изменяющегося климата на распространение веществ, загрязняющих окружающую среду в Арктике и негативно влияющих на здоровье человека.

По мнению специалистов, для безопасной жизнедеятельности в условиях Арктики необходимо:

- производить отбор здоровых людей до 35 лет определенного конституционного типа (без хронических заболеваний и способных выдерживать нагрузки длительное время) для работ вахтовым методом;
- сбалансированное питание с учетом особенностей климата;
- постоянное медицинское наблюдение;
- проводить экологический контроль за промышленным загрязнением окружающей среды.

Для поиска причинно-следственных связей между экологией и состоянием здоровья населения АЗРФ необходимо: постоянное отслеживание информации и ее анализ в области «среда-здоровье», учет изменений климатических и техносферных особенностей субъектов АЗРФ, корреляция данных научных исследований с данными государственного санитарно-эпидемиологического надзора и социально-гигиенического мониторинга.

Литература

1. Указы Президента Рос. Федерации от 2 мая 2014 г. № 296 и от 27 июня 2017 г. № 287. Доступ из справ.-правового портала «Гарант».
2. Районирование территории Севера по природному и климатическому факторам. URL: <https://www.pinterest.ru/pin/496944140124772572/> (дата обращения: 05.05.2019).
3. Якутск и Верхоянск возглавили список самых экстремальных городов мира по версии EI Pais. URL: <https://www.pravda.ru/news/districts/1415497-elpais/> (дата обращения: 05.05.2019).
4. Зеленый Л.М. Космическая погода сегодня и послезавтра // Вестник Рос. акад. наук. 2015. Т. 85. № 5–6. С. 507–510.
5. Шаронов А.Н., Ларин И.А., Тимошенкова И.А. Исследование проблемных вопросов питания в северных районах // Проблемы экономики и управления в торговле и промышленности. 2015. № 2 (10). С. 68–72.
6. Эколого-гигиенические проблемы здоровья горнорабочих Норильского региона / Л.М. Сааркопель [и др.]. М.: МодернАрт, 2005.
7. Малышева А.Г., Козлова Н.Ю., Юдин С.М. Неучтенная химическая опасность процессов трансформации в окружающей среде при оценке эффективности применения технологий // Гигиена и санитария. 2018. Т. 97. № 6. С. 490–497.
8. Эксперт: продолжительность жизни в Арктике почти на 20 лет ниже средней по России. URL: <https://tass.ru/obschestvo/4972063> (дата обращения: 21.01.2019).
9. Загрязнения окружающей среды стойкими токсичными веществами и профилактика их вредного влияния на здоровье коренного населения Арктической зоны Российской Федерации / О.Г. Артамонова [и др.] // Гигиена и санитария. 2017. № 96 (5). С. 409–414.
10. Атлас эпидемиологической обстановки на территории Арктической зоны Российской Федерации / под ред. С.А. Горбанева. СПб., 2017. 52 с.
11. Современный взгляд на проблему артериальной гипертензии в приполярных и арктических регионах / В.И. Хаснулин [и др.] // Экология человека. 2016. № 3. С. 43–51.

References

1. Ukazy Prezidenta Ros. Federacii ot 2 maya 2014 g. № 296 i ot 27 iyunya 2017 g. № 287. Dostup iz sprav.-pravovogo portala «Garant».
2. Rajonirovanie territorii Severa po prirodnomu i klimaticheskomu faktoram. URL: <https://www.pinterest.ru/pin/496944140124772572/> (data obrashcheniya: 05.05.2019).
3. Yakutsk i Verhoyansk vozglavili spisok samykh ekstremal'nyh gorodov mira po versii EI Pais. URL: <https://www.pravda.ru/news/districts/1415497-elpais/> (data obrashcheniya: 05.05.2019).
4. Zelenyj L.M. Kosmicheskaya pogoda segodnya i poslezavtra // Vestnik Ros. akad. nauk. 2015. T. 85. № 5–6. S. 507–510.
5. Sharonov A.N., Larin I.A., Timoshenkova I.A. Issledovanie problemnyh voprosov pitaniya v severnyh rajonah // Problemy ekonomiki i upravleniya v trgovle i promyshlennosti. 2015. № 2 (10). S. 68–72.
6. Ekologo-gigienicheskie problemy zdorov'ya gornorabochih Noril'skogo regiona / L.M. Saarkopel' [i dr.]. M.: ModernArt, 2005.
7. Malysheva A.G., Kozlova N.Yu., Yudin S.M. Neuchtennaya himicheskaya opasnost' processov transformacii v okruzhayushchej srede pri ocenke effektivnosti primeneniya tekhnologij // Gigiena i sanitariya. 2018. T. 97. № 6. S. 490–497.

8. Ekspert: prodolzhitel'nost' zhizni v Arktike pochte na 20 let nizhe srednej po Rossii. URL: <https://tass.ru/obschestvo/4972063> (data obrashcheniya: 21.01.2019).
9. Zagryazneniya okruzhayushchej sredy stojkimi toksichnymi veshchestvami i profilaktika ih vrednogo vliyaniya na zdorov'e korenogo naseleniya arkticheskoy zony Rossijskoj Federacii / O.G. Artamonova [i dr.] // Gigiena i sanitariya. 2017. № 96 (5). S. 409–414.
10. Atlas epidemiologicheskoy obstanovki na territorii Arkticheskoy zony Rossijskoj Federacii / pod red. S.A. Gorbaneva. SPb., 2017. 52 s.
11. Sovremennyj vzglyad na problemu arterial'noj gipertenzii v pripolyarnyh i arkticheskikh regionah / V.I. Hasnulin [i dr.] // Ekologiya cheloveka. 2016. № 3. S. 43–51.

О СТРУКТУРНО-ЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЕ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТА В САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ ГПС МЧС РОССИИ

**А.А. Грешных, доктор педагогических наук, кандидат юридических наук,
профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации;
Ю.В. Рева, кандидат военных наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрено понятие структурно-логической схемы преподаваемых дисциплин в Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России как один из важных планирующих документов при ведении образовательного процесса. Показан порядок разработки структурно-логических схем, а также подчеркнута особая важность состава обеспечивающих и обеспечиваемых учебных дисциплин.

Ключевые слова: подготовка специалиста, преподавание дисциплин, структурно-логическая схема, субъекты и объекты обучения, педагогические технологии

ON THE STRUCTURAL-LOGICAL SCHEME OF SPECIALISTS TRAINING IN SAINT-PETERSBURG UNIVERSITY OF STATE FIRE SERVICE OF EMERCOM OF RUSSIA

A.A. Greshnykh; Yu.V. Reva.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Deals with the concept of structurally-logic schemes of disciplines in the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, as one of the most important planning document in the conduct of the educational process. Shows the order of development of the structurally-logic schemes, and stressed the particular importance of providing structure and provide academic disciplines.

Keywords: specialist training, teaching of disciplines, structural logical scheme, subjects and objects of learning, educational technology

В данной статье хочется подчеркнуть особую роль структурно-логической схемы в прохождении дисциплин в Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России. Структурно-логическая схема выполняет роль последовательности изучения дисциплин, тем самым закладывает механизм обучения от простого к сложному, от низшего к высшему, что, в свою очередь, вырабатывает у обучающегося знания, умения и закрепляет необходимые навыки.

Структурно-логические схемы (СЛС) по специальностям (специализациям) подготовки обучающихся включены в число обязательных планирующих документов Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, хотя и играют вспомогательную роль при планировании образовательного процесса. Кроме СЛС по специальности на кафедре могут разрабатываться и СЛС по отдельным, как правило, достаточно емким профилирующим учебным дисциплинам. СЛС на каждую специальность (специализацию) подготовки обучающихся разрабатываются параллельно с разработкой проектов учебных планов и программ обучения и имеют целью:

– обеспечение логической последовательности изучения учебных дисциплин (разделов и тем), их взаимосвязи и взаимообусловленности;

- исключение параллелизма и дублирования учебного материала при изучении взаимосвязанных или родственных учебных дисциплин (разделов и тем);
- установление обеспечивающих и обеспечиваемых учебных дисциплин (разделов и тем);
- рациональное распределение изучения учебных дисциплин (разделов и тем) по семестрам.

Проекты СЛС подготовки специалистов разрабатываются выпускающими кафедрами совместно с учебно-методическим центром [1].

Формально СЛС представляет собой графическую схему, в которой по вертикали указываются наименования дисциплин учебного плана (разделов и тем) и их объем в часах, а по горизонтали – семестры, месяцы и недели обучения. Внутри схемы строятся линейные диаграммы каждой дисциплины учебного плана с учетом их взаимовлияния друг на друга. Дисциплины (разделы и темы) показываются прямоугольниками, с делением их, при необходимости, на разделы, темы (или отдельные учебные занятия). Взаимозависимость дисциплин (разделов и тем), их основные логические связи показываются соответствующими линиями со стрелками.

Важно отметить, что форма СЛС не является жестко определенной. Она, как правило, разрабатывается самим университетом. Возможны различные варианты, направленные на улучшение наглядности и большую функциональность изображаемой схемы.

Особую важность при составлении СЛС имеет определение состава обеспечивающих и обеспечиваемых учебных дисциплин (разделов и тем). При этом под обеспечивающими следует понимать такие учебные дисциплины (разделы и темы), на учебном материале которых базируется изучение других (обеспечиваемых) учебных дисциплин (разделов и тем). Изучение обеспечивающих учебных дисциплин должно предшествовать изучению обеспечиваемых учебных дисциплин [2].

Рекомендуется следующий порядок разработки СЛС:

В левой части листа в последовательности, определенной учебным планом, записываются наименования групп учебных дисциплин и самих дисциплин с указанием их объема (учебные занятия по расписанию) в часах. Далее весь лист делится на части по числу семестров обучения, а каждая из них – на месяцы и недели. Кроме того, должно быть предусмотрено место после завершающего семестра для показа времени разработки выпускных квалификационных работ и проведения итоговой государственной аттестации.

После определения обеспечивающих и обеспечиваемых учебных дисциплин, с учетом логической последовательности их изучения, обоснованности начала и окончания изучения каждой из них, роли и места их в системе подготовки слушателей, наносятся приблизительные границы времени изучения каждой дисциплины. При этом очередность прохождения дисциплин устанавливается так, чтобы к началу изучения обеспечиваемых учебных дисциплин заканчивалось изложение материала обеспечивающих дисциплин.

Номера обеспечивающих учебных дисциплин указываются в СЛС внутри окружностей, а обеспечиваемых – внутри квадратов.

Внутри каждой учебной дисциплины показываются разделы (темы) в виде прямоугольников в порядке их прохождения, с указанием их номеров и объема в часах. При этом разделы (темы) показываются с максимальной привязкой по времени изучения по месяцам и неделям. Если в изучении разделов (тем) одной дисциплины имеются промежутки во времени, то соответствующие прямоугольники соединяются горизонтальной стрелкой, исходящей из середины прямоугольника.

Далее из общего перечня изучаемых дисциплин устанавливается группа взаимосвязанных дисциплин, которые изучаются в строгой последовательности. Такие дисциплины связываются между собой стрелкой, соединяющей середины конца и начала соответствующих прямоугольников. Если же дисциплины взаимосвязаны не целиком, а только по отдельным разделам (темам), то аналогичным образом соединяются между собой разделы (темы) [3].

Дисциплины (разделы, темы), необходимые для получения базовых знаний, умений и навыков, и дисциплины, в которых затем используются эти знания, умения и навыки последовательно соединяются стрелкой.

В ходе выполнения этой работы должны быть уточнены временные границы изучения отдельных дисциплин (разделов, тем).

При наличии в учебных планах комплексных учебных задач на схеме должен быть графически показан порядок согласования и взаимодействия дисциплин, участвующих в проведении задач. Это взаимодействие раскрывается изображением в виде прямоугольников тех занятий, с которыми данная дисциплина участвует в учебных задачах. При этом все прямоугольники, изображающие различные виды занятий в данной учебной задаче, закрашиваются одним цветом и соединяются стрелками того же цвета, направленными в обе стороны. Если же учебная задача отрабатывается по тематике нескольких разделов (тем), то она изображается отдельным прямоугольником с указанием ее номера и объема в часах, а также номеров этих разделов и тем.

Изображенная логическая цепь разделов (тем) каждой дисциплины должна заканчиваться прямоугольником, отражающим вид итогового контроля по дисциплине, с изображением внутри него букв «Э» (экзамен), «ЗО» (зачет с оценкой), «З» (зачет).

СЛС по учебной дисциплине подписывается начальником кафедры (предметно-методической комиссии) и утверждаются начальником факультета (выпускающей кафедры).

Таким образом, СЛС позволяет наглядно показать место и роль каждой учебной дисциплины в подготовке специалиста, их логическую взаимосвязь, что способствует рациональному планированию учебной работы, разработке учебных планов, программ и расписания учебных занятий.

Литература

1. Елисейкин М.М. Технология профессионально-ориентированного обучения: учеб. пособие / под общ. ред. В.И. Бегуна. СПб.: ВМА, 2012. С. 43–148.
2. Педагогика и психология высшей школы. Ростов н/Д.: «Феникс», 1998. С. 75–78, 212–236.
3. Пустыльник Е.И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений. М.: Наука, 1968. 288 с.

References

1. Elisejkin M.M. Tekhnologiya professional'no-orientirovannogo obucheniya: ucheb. posobie / pod obshch. red. V.I. Beguna. SPb.: VMA, 2012. S. 43–148.
2. Pedagogika i psihologiya vysshej shkoly. Rostov n/D.: «Feniks», 1998. S. 75–78, 212–236.
3. Pustyl'nik E.I. Statisticheskie metody analiza i obrabotki nablyudenij. M.: Nauka, 1968. 288 s.

МОРАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ЛИЧНОГО СОСТАВА СПАСАТЕЛЬНЫХ СЛУЖБ

Г.Л. Шидловский, кандидат технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

М.Н. Степанова, кандидат технических наук.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова

Рассмотрены вопросы морально-психологической подготовки личного состава спасательных служб МЧС России, которые позволяют сформировать морально-психологическую готовность к выполнению задач по ликвидации чрезвычайных ситуаций и устойчивость к психотравмирующим факторам обстановки.

Ключевые слова: спасательная служба, воспитание, профессиональный психологический отбор, мотивация, функция, психологическая работа

MORAL-PSYCHOLOGICAL PREPARATION OF THE PERSONNEL OF RESCUE SERVICES

G.L. Shidlovskij. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.

M.N. Stepanova. Belgorod state technological university named after V.G. Shukhov

The issues of moral and psychological training of the personnel of the rescue services of EMERCOM of Russia are considered, which allow him to form a moral and psychological readiness to carry out tasks to eliminate emergency situations.

Keywords: life-saving service, training, professional psychological selection, motivation, function, psychological work

Морально-психологическая подготовка личного состава спасательных служб и нештатных аварийно-спасательных формирований (НАСФ) представляет собой комплекс согласованных психологических, информационно-воспитательных, организационных и иных мероприятий, осуществляемых с целью формирования у личного состава морально-психологических качеств и морально-психологического состояния, необходимых при действиях в чрезвычайных ситуациях (ЧС).

Морально-психологическая подготовка личного состава спасательных служб и НАСФ организаций позволяет формировать морально-психологическую готовность к выполнению задач по ликвидации ЧС, устойчивость к психотравмирующим факторам обстановки и мотивацию к выполнению задач по ликвидации ЧС.

Морально-психологическая подготовка личного состава спасательной службы и НАСФ включает [1]:

- разъяснение причин, характера и целей деятельности и задач, стоящих перед спасательной службой и НАСФ, обоснование их действий;
- доведение до них особенностей и условий ликвидации ЧС;
- формирование морально-психологической готовности к выполнению задач, обеспечение адаптации психики к психотравмирующим факторам ЧС;
- тренировку функциональных состояний при осуществлении деятельности в обстановке, максимально приближенной к ЧС, с использованием факторов опасности, внезапности, неопределенности, новизны, дефицита времени;
- физическую закалку;

- обучение методике психологической саморегуляции;
- разъяснение норм международного гуманитарного права при ликвидации ЧС;
- объединение структурных подразделений, основанное на товариществе, взаимопомощи и взаимовыручке, осуществляемое во время отработки действий в повседневных условиях и в заблаговременно установленный период [2].

Морально-психологическая подготовка связана с воздействием на личность работника спасательной службы и НАСФ, что находит отражение в её социализации. Социализация представляет собой процесс формирования личности работника спасательной службы и НАСФ, в ходе которого у них формируются знания, ценности, роли, нормы и образцы поведения, необходимые для успешных действий и взаимодействия с личным составом других структурных подразделений и населения, которому оказывается необходимая помощь. Одновременно данный процесс является составной частью процесса общей социализации, то есть освоения социальных норм, ценностей, знаний, роли, образцов поведения, необходимых для жизни в современном обществе и в различных социальных группах, для деятельности в разных сферах социальной практики (семейно-бытовой, профессионально-трудовой, общественно-политической, в том числе спасательной) [3]. Социализация работников спасательной службы и НАСФ происходит в процессе спланированного воспитания и обучения, а также в межличностном общении. При этом воспитание представляет собой целенаправленную работу по формированию у личного состава спасательной службы профессионально важных качеств (ПВК) в процессе социализации, а обучение – формирование знаний, умений и навыков с целью освоения действий, приёмов и операций, необходимых для исполнения своих обязанностей.

К ПВК личного состава спасательной службы и НАСФ относятся:

- 1) физические качества (здоровье, отсутствие заболеваний, физическая сила, выносливость, ловкость, координация движений);
- 2) специальные качества (знания, умения и навыки в области деятельности, компетентность в специальной области);
- 3) морально-психологические качества (стрессоустойчивость, надёжность деятельности в ЧС, решительность, воля, выдержка, самоконтроль);
- 4) морально-политические качества (патриотизм, готовность действовать в составе подразделений при ЧС в условиях мирного и военного времени, мотивация к данной деятельности и готовность переносить её тяготы, дисциплинированность, коллективизм);
- 5) командные качества (развитые организаторские и интеллектуальные способности, умение ориентироваться в сложной обстановке, выделять главное и принимать правильные решения в короткий срок, самостоятельность, инициативность, требовательность).

Исходя из того, что морально-психологическая подготовка связана с деятельностью личного состава спасательной службы и НАСФ при ЧС в мирное и в военное время, что приводит, как было указано ранее, к воздействию на психическую деятельность личности, то обучение работников организации должно сопровождаться психологической подготовкой. Психологическая подготовка должностных лиц и работников, включённых в состав спасательной служб и НАСФ организаций, представляет собой комплекс мероприятий по формированию у них углубленных профессиональных знаний, умений и навыков, связанных с осуществлением деятельности в ЧС. С учётом того, что не каждый работник организации, великолепно исполняющий свои основные обязанности, способен эффективно действовать в условиях ЧС, когда ему предстоит не только бороться с негативными проявлениями ЧС, но и испытывать нагрузки, приводящие к нарушению психической деятельности, необходимо проводить профессиональный психологический отбор работников организаций для назначения их в состав структурных подразделений спасательной службы и НАСФ.

Следует отметить, что каждый работник организации, отбираемый в подразделения спасательной службы и НАСФ, является активным субъектом, обладающим мировоззрением, системой ценностных ориентаций и мотиваций, действующий

в соответствии с собственными интересами, избирательно воспринимающий внешние воздействия. В связи с этим каждый работник организации является активным объектом при решении руководством организации о назначении его в подразделения спасательной службы и НАСФ, поэтому орган управления при принятии решения должен учитывать мотивацию работника к деятельности в спасательной службе, осуществлять согласование интересов личности и спасательной службы. Управление личным составом спасательных служб и НАСФ представляет собой скоординированную деятельность органов управления организации по формированию, развитию и оценке у личного состава профессионально важных качеств, применению личного состава в соответствии с уровнем и направленностью развития этих качеств, а также по обеспечению мотивации к деятельности, связанной с защитой от ЧС. Управление личным составом спасательных служб и НАСФ организаций является составной частью управления силами в условиях ЧС и включает профессиональный психологический отбор, обучение (включая морально-психологическую подготовку), укомплектование должностей структурных подразделений спасательных служб и НАСФ, обеспечение мотивации работников организации к деятельности в составе спасательных служб и НАСФ по защите от ЧС, воспитательную работу и морально-психологическое обеспечение.

Таким образом, морально-психологическая подготовка является элементом социализации и психологической подготовки должностных лиц и работников, включённых в состав спасательных служб и НАСФ организаций, важнейшим направлением деятельности органов управления организаций.

Морально-психологическая подготовка организуется в повседневных условиях, в ходе подготовки к ликвидации ЧС и в особый период (в угрожаемый период, в ходе мобилизации, с началом и в ходе военных действий). В повседневных условиях эта работа выполняется в процессе воспитательной работы (информационно-воспитательной, которая проводится в организациях в форме совещаний, подведения итогов и т.д. и психологической работы).

В ходе подготовки к ликвидации ЧС и в особый период должно проводиться морально-психологическое обеспечение деятельности личного состава спасательной службы. Морально-психологическое обеспечение представляет собой деятельность органов управления и должностных лиц по формированию, поддержанию и восстановлению у личного состава спасательных служб и НАСФ морально-психологического состояния, позволяющего выполнять поставленные задачи в условиях ЧС и в особый период.

Основное различие между воспитательной работой и морально-психологическим обеспечением состоит в том, что воспитательная работа проводится в повседневных условиях, а морально-психологическое обеспечение – в экстремальных условиях мирного времени, в угрожаемый период, в ходе мобилизации и с началом военных действий. По сути же, это единая деятельность, несколько отличающаяся содержанием в различных условиях обстановки.

Воспитательная работа и морально-психологическое обеспечение выполняют следующие основные функции в системе управления силами по защите от ЧС [4]:

1) воспитательная работа, формируя ценностные ориентации и мировоззрение работников организаций, является одним из средств обеспечения мотивации их к деятельности, без чего невозможно эффективное управление;

2) воспитательная работа, являясь составной частью процесса социализации, формирует у работников организаций самоконтроль поведения, сознательное следование предписанным социальным нормам, тем самым делая их поведение прогнозируемым и управляемым;

3) воспитательная работа и морально-психологическое обеспечение создают обратную связь управления, информируя руководство и органы управления ГО и ЧС организации о морально-психологическом состоянии работников, их потребностях и проблемах, социально-психологическом климате в коллективах;

4) воспитательная работа и морально-психологическое обеспечение обладают

существенными возможностями по мобилизации работников на решение поставленных органами управления задач;

5) воспитательная работа и морально-психологическое обеспечение формируют у командиров подразделений спасательных служб и НАСФ умение использовать в своей управленческой деятельности человеческий фактор, учитывать социальную цену управленческих решений.

Информационно-воспитательная работа с личным составом спасательных служб и НАСФ организуется и осуществляется в целях разъяснения государственной политики в области гражданской обороны и защиты от ЧС, обстановки на территории, мобилизации на выполнение поставленных структурным подразделениям задач. Информационно-воспитательная работа может проводиться в форме занятий в системе общественно-государственной подготовки, планового и оперативного информирования, собраний личного состава спасательных служб и НАСФ, встреч с представителями органов государственной власти и местного самоуправления, обмена опытом с личным составом, ранее участвовавшим в ЧС и т.д. С учётом производственно-экономических отношений наиболее благоприятные условия для организации информационно-воспитательной работы имеются в государственных и муниципальных организациях, крупных предприятиях, организациях и учебных заведениях [5]. Данная работа затруднена на малых предприятиях, что обусловлено целым рядом причин. «Отвлечение» работников малых предприятий от насущных задач «отрицательно» влияет на организацию работы в области гражданской обороны и защиты от ЧС. Вместе с тем малые предприятия будут обязательными участниками ликвидации ЧС, если они произойдут.

Психологическая работа планируется и осуществляется с целью оценки, прогнозирования и коррекции психического состояния личного состава и психологии коллектива структурных подразделений спасательных служб и НАСФ организаций, прогнозирования, профилактики и восстановления психогенных потерь, формирования у личного состава психологической устойчивости к психотравмирующим факторам обстановки в период ЧС. Психологическая работа включает общую, специальную и целевую психологическую подготовку; психологическое сопровождение; психологическую помощь и реабилитацию личного состава структурных подразделений спасательных служб организаций.

Основными задачами психологической работы с личным составом спасательных служб и НАСФ являются [6]:

- их психологическое изучение и психофизиологическое обследование;
- профессиональный психологический отбор и рациональное распределение работников организации по структурным подразделениям;
- выявление лиц с низкой нервно-психической устойчивостью и психическими расстройствами;
- прогностическая оценка влияния особенностей предстоящих ЧС на морально-психологическое состояние личного состава структурных подразделений спасательных служб и НАСФ, возможных психогенных потерь, выработка предложений по морально-психологической подготовке личного состава к ЧС;
- изучение социально-психологического климата и характера межличностных отношений в структурных подразделениях спасательных служб и НАСФ, укрепление сплоченности;
- своевременное проведение мероприятий психологической коррекции и реабилитации.

Основными формами психологической работы являются: социально-психологическое изучение, психодиагностика, психологическое консультирование, психологическая профилактика, психологическая коррекция, немедицинская психотерапия [7].

В целях социальной защиты личного состава спасательных служб и их семей, поддержания дисциплины в ЧС должна проводиться социальная работа. Основными

задачами социальной работы должны быть: разъяснение законов, международных правовых норм организации и ведения спасательных работ, обращения с населением; проведение социологических исследований, анализ и прогнозирование социальной обстановки в структурных подразделениях спасательных служб, доведение до руководства организации нужд и запросов личного состава спасательных служб и НАСФ, принятие мер по их удовлетворению; выполнение мероприятий по социальной защите работников спасательных служб и НАСФ, членов их семей; профилактика отклоняющегося поведения работников спасательных служб и НАСФ, поддержание дисциплины и правопорядка. В организациях основными формами социальной работы должны быть разработка и контроль за исполнением прав и компенсаций работников спасательных служб и НАСФ, доведение до них положенных норм обеспечения; взаимодействие с органами государственной власти и местного самоуправления по вопросам социальной защиты работников спасательных служб и членов их семей. В настоящее время проблема, отнесённая к социальной работе, существует, но нормативное правовое решение реализовано в части исполнения личным составом спасательных служб и НАСФ своих обязанностей только в части добровольного зачисления в состав НАСФ, что оговаривается при заключении трудового договора, в коллективных и индивидуальных трудовых договорах о зачислении в состав спасательных служб в соответствии со ст. 10 Федерального закона от 12 февраля 1998 г. № 28-ФЗ «О гражданской обороне».

В период проведения мероприятий по ликвидации ЧС будет возникать проблема поддержания у личного состава морально-психологических качеств, поддержания и коррекции эмоционального состояния личного состава спасательных служб и НАСФ, мобилизации их на выполнение поставленных задач, удовлетворения их культурных потребностей. Разрешение данной проблемы возможно при организации культурно-досуговой работы, в процессе которой должен организовываться отдых и досуг личного состава спасательных служб и НАСФ с учётом условий конкретной обстановки, снятие стрессов и коррекция эмоционального состояния личного состава спасательных служб культурно-досуговыми методами и средствами. Основными формами культурно-досуговой работы могут быть телерадио- и киноvideообслуживание личного состава спасательных служб, выступление перед ними профессиональных и самодеятельных творческих коллективов и деятелей культуры и т.д. Данное направление работы в настоящее время при разработке «Плана гражданской обороны и защиты населения», а тем более «Инструкции по действиям персонала организации при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и выполнении мероприятий гражданской обороны» не разрабатывается.

Проведение мероприятий по ликвидации ЧС может происходить в условиях информационно-психологического воздействия, обусловленного отсутствием правдивой информации (слухов), а в особый период – в условиях военных действий и информационно-психологического воздействия противника. Нейтрализация подобных проявлений возможна при организации защиты личного состава спасательных служб и НАСФ от дезинформации и информационно-психологического воздействия противника. Данная работа должна организовываться и осуществляться в мирное время, в период повышенной готовности и в военное время.

Литература

1. Овечкин А.Н., Радоуцкий В.Ю., Егоров Д.Е. Психологическая подготовка нештатных аварийно-спасательных формирований: учеб. пособие. Белгород, 2013.
2. Общая характеристика системы профессиональной подготовки сотрудников ГПС МЧС России / Н.Н. Северин [и др.] // Вестник Белгородского гос. технол. ун-та им. В.Г. Шухова. 2011. № 2. С. 179–183.
3. Методические основы формирования культуры безопасности жизнедеятельности / Д.Е. Егоров [и др.] // Вестник Белгородского гос. технол. ун-та им. В.Г. Шухова. 2011. № 2. С. 175–178.

4. Ковалева Е.Г., Радоцкий В.Ю., Северин Н.Н. Концептуальные основы, определяющие эффективное функционирование системы профессиональной подготовки сотрудников ГПС МЧС России // Вестник Белгородского гос. технол. ун-та им. В.Г. Шухова. 2012. № 1. С. 190–194.

5. Основные положения обеспечения безопасности учреждений высшего профессионального образования/ В.Г. Шаптала [и др.] // Вестник Белгородского гос. технол. ун-та им. В.Г. Шухова. 2010. № 3. С. 186–187.

6. Радоцкий В.Ю., Северин Н.Н., Ветрова Ю.В. Многоуровневая система профессиональной подготовки сотрудников ГПС МЧС России к деятельности в чрезвычайных ситуациях: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 179 с.

7. Егоров Д.Е., Радоцкий В.Ю., Кутергин Н.Б. Современные подходы в подготовке специалистов аварийно-спасательного профиля в технических высших учебных заведениях // Вестник Белгородского гос. технол. ун-та им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 215–219.

References

1. Ovechkin A.N., Radouckij V.Yu., Egorov D.E. Psihologicheskaya podgotovka neshtatnyh avarijno-spasatel'nyh formirovanij: ucheb. posobie. Belgorod, 2013.

2. Obshchaya harakteristika sistemy professional'noj podgotovki sotrudnikov GPS MCHS Rossii / N.N. Severin [i dr.] // Vestnik Belgorodskogo gos. tekhnol. un-ta im. V.G. Shuhova. 2011. № 2. S. 179–183.

3. Metodicheskie osnovy formirovaniya kul'tury bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti / D.E. Egorov [i dr.] // Vestnik Belgorodskogo gos. tekhnol. un-ta im. V.G. Shuhova. 2011. № 2. S. 175–178.

4. Kovaleva E.G., Radouckij V.Yu., Severin N.N. Konceptual'nye osnovy, opredelyayushchie effektivnoe funkcionirovanie sistemy professional'noj podgotovki sotrudnikov GPS MCHS Rossii // Vestnik Belgorodskogo gos. tekhnol. un-ta im. V.G. Shuhova. 2012. № 1. S. 190–194.

5. Osnovnye polozheniya obespecheniya bezopasnosti uchrezhdenij vysshego professional'nogo obrazovaniya/ V.G. Shaptala [i dr.] // Vestnik Belgorodskogo gos. tekhnol. un-ta im. V.G. Shuhova. 2010. № 3. S. 186–187.

6. Radouckij V.Yu., Severin N.N., Vetrova Yu.V. Mnogourovnevaya sistema professional'noj podgotovki sotrudnikov GPS MCHS Rossii k deyatel'nosti v chrezvychajnyh situacijah: monografiya. Belgorod: Izd-vo BGTU, 2014. 179 s.

7. Egorov D.E., Radouckij V.Yu., Kutergin N.B. Sovremennye podhody v podgotovke specialistov avarijno-spasatel'nogo profilya v tekhnicheskikh vysshih uchebnyh zavedeniyah // Vestnik Belgorodskogo gos. tekhnol. un-ta im. V.G. Shuhova. 2014. № 5. S. 215–219.

УСТОИТ ЛИ ПИРАМИДА МАСЛОУ? ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ «ИЕРАРХИИ ПОТРЕБНОСТЕЙ» В СВЕТЕ СОВРЕМЕННЫХ ПОДХОДОВ К УПРАВЛЕНИЮ ПЕРСОНАЛОМ

С.В. Завирский.

Главное управление МЧС России по Санкт-Петербургу.

Н.В. Гвоздева.

ГБОУ средняя школа № 27 им. И.А. Бунина, Санкт-Петербург.

А.А. Александров, кандидат психологических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

В современной практике организации эффективной работы персонала широко применяется концепция мотивации, предложенная выдающимся американским учёным А. Маслоу. Цель данной статьи – проанализировать основные положения данной концепции, найти в них достоинства и недостатки и рассмотреть возможность применения «пирамиды Маслоу» при разработке системы мотивации персонала в условиях реалий начала XXI в.

Ключевые слова: мотивация персонала, иерархия потребностей, теория Маслоу, эффективная организация труда, современность, достоинства и недостатки

WILL MASLOW'S PYRAMID PAY? PRACTICE OF APPLICATION OF «HIERARCHIES OF NEEDS» IN THE LIGHT OF MODERN PERSONNEL MANAGEMENT APPROACHES

S.V. Zavirsky. Saint-Petersburg General directorate of EMERCOM of Russia.

N.V. Gvozdeva. Secondary school № 27 named. I.A. Bunin, Saint-Petersburg.

A.A. Aleksandrov. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The concept of motivation proposed by the outstanding American scientist Maslow is widely used in the modern practice of organizing effective work of personnel. The purpose of this article is to analyze the basic provisions of this concept, to find their strengths and weaknesses, and to consider the possibility to apply Maslow's Pyramid while developing a personnel motivation system within the realities of the beginning of the XXI century.

Keywords: human resources motivation, hierarchy of needs, Maslow's theory, effective labour management, modern times, benefits and drawbacks

Основной задачей руководителя любого уровня является достижение целей организации. Для того чтобы сотрудник работал эффективно, чтобы его вклад в общее дело был максимальным, надо знать, что им движет, к чему он стремится, выполняя то или иное действие. В связи с этим особо актуальным представляется вопрос о роли мотивации в эффективной организации труда. Социологами, психологами и экономистами было выдвинуто несколько теорий, которые нашли своё подтверждение в ситуациях реального делового общения. Одной из самых известных и популярных из них является теория «иерархии потребностей» американского учёного А. Маслоу. Цель данной статьи – рассмотреть её основные положения и проанализировать возможность её применения при разработке системы мотивации для сотрудников современной организации.

Пожалуй, пирамида Маслоу известна чуть менее, чем пирамида Хеопса. В какой-то момент практически все руководители приходят к выводу, что она является наиболее эффективным инструментом для построения системы стимулирования и мотивации

персонала. Действительно, пользоваться ей очень удобно – основные потребности человека «разложены буквально по полочкам»: двигайся снизу вверх и всё получится. Но так ли это на самом деле? Практика управленческой деятельности показывает, что теория Маслоу работает далеко не всегда, а если и работает, то с большими оговорками. Почему же так происходит?

Во-первых, Маслоу в своей теории говорил о том, что физические потребности становятся преобладающими только в состоянии крайней неудовлетворенности – человек, находящийся в безводной пустыне, вряд ли будет думать о признании окружающими его попыток найти воду. В современном мире, по крайней мере, в развитых странах, подобное встречается крайне редко. Доля голодающих, умирающих от жажды или бездомных крайне мала, к тому же, вряд ли они в таком состоянии будут способны работать на предприятии, которым предстоит управлять. Такие люди в своём поведении будут не столько мотивироваться, сколько руководствоваться удовлетворением своих насущных потребностей [1].

Во-вторых, «пирамида потребностей» говорит именно о потребностях, то есть о глубинных причинах, а не о конкретных поведенческих актах, ими продиктованных. Человек с готовностью берётся выполнить любые поставленные перед ним задачи. Он хочет дополнительно заработать (физиологические потребности) или получить одобрение начальства (потребность в уважении и признании)? Или может он видит себя только в данной работе и ни в какой другой и поэтому изо всех сил стремится раскрыться именно в этой области (потребность в самореализации)? Ещё один пример: человек решает уволиться. Почему? Причиной ли тому низкая зарплата (физиологические потребности), страх того, что фирма вот-вот развалится (потребность в безопасности), не сошёлся с коллегами (потребность в любви и дружбе) или начальник не признаёт его заслуг (потребность в уважении и признании), да ещё и все новые идеи «зарубает на корню» (потребность в самореализации)? А может всё сразу – и не платит, и ругается постоянно, и цепляется почём зря, и прислушиваться не хочет? Да и фирма при таком начальнике долго не проживёт, это тоже верно... Получается, что какой-то конкретный поведенческий акт может быть продиктован потребностью в удовлетворении не одной, а двух, трёх или даже всех пяти основных потребностей. А вся система управления персоналом нацелена на получение отклика от сотрудника в виде конкретных действий, направленных на достижение одной конкретной цели – повышение производительности труда. С точки зрения теории Маслоу получается, что стимулом к одному и тому же действию могут послужить абсолютно разные факторы. Дело в том, что «иерархия потребностей» описывает поведение одного конкретного человека, а не рабочего коллектива. И для того, чтобы коллектив стал «управляемым», то есть выдавал одно и то же желаемое действие, у разных людей должны быть задействованы абсолютно разные потребности, а это не всегда получается, так как очень трудно рассматривать работников как отдельных личностей, а не только их функции в коллективе, особенно, если компания большая, сотрудников много, а руководство не имеет возможности общаться с работниками лично и вникать в желания и потребности каждого работника. Но ведь только так можно узнать побудительные причины, управляющие поведением работника и мотивирующие его [2].

К тому же все потребности удовлетворяются не линейно, а комплексно. Об этом писал ещё сам Маслоу: «Наше представление об иерархии потребностей будет более реалистичным, если мы введём понятие меры удовлетворённости потребностей и скажем, что низшие потребности всегда удовлетворены в большей мере, чем высшие. [...] Особо следует подчеркнуть, что процесс актуализации потребностей – не внезапный, не взрывной; скорее, следует говорить о постепенной актуализации более высоких потребностей, о медленном пробуждении и активизации» [3].

В-третьих, у каждого человека своя мера удовлетворенности или неудовлетворенности – то, что одному более чем достаточно, для другого будет ничтожно мало. Это касается и зарплатных ожиданий, и необходимого уровня комфорта,

и потребности в любви и уважении. Один человек захочет стать влиятельным политиком, другому будет достаточно любви и понимания со стороны своих близких. Один будет стремиться заработать как можно больше, чтобы обеспечить себе комфортную жизнь, другой будет довольствоваться весьма скромной денежной суммой, для него будет важнее свободное время, которое он сможет посвятить семье или хобби. Опять же, оценить данные параметры у одного конкретного человека реально – стоит подольше понаблюдать за ним, пообщаться и выяснить, чему он придаёт особое значение, а на что не обращает внимание вовсе. В условиях же большого коллектива это вряд ли представляется возможным, а ориентироваться на «среднестатистического» работника абсолютно неэффективно – это всё равно, что делать выводы о здоровье пациентов, исходя из «средней температуры по больнице» [4].

В более поздних работах Маслоу даже писал о так называемых «реактивных ситуациях» – парадоксальных состояниях, когда потребности высшего порядка в какой-то определённой, зачастую экстремальной, ситуации практически полностью вытесняют потребности низшие. Именно поэтому заключённые в концлагерях, умирая от голода, организовывали сопротивление; именно поэтому под градом бомбёжек и обстрелов, недоедая, недосыпая и не имея крыши над головой, наши солдаты сражались за Родину; именно поэтому, не зная ни сна, ни отдыха, ютясь в каморках, творили великие художники... [5].

В-четвёртых, стоит также принять во внимание существование так называемого «потолка потребностей». Да, конечно, не хлебом единым жив человек. Но очень часто последователи Маслоу считают, что как только у человека будут удовлетворены потребности более низкого порядка, у него будут автоматически задействованы потребности порядка более высокого. Однако это происходит далеко не всегда, и опять же, это зависит от свойств конкретной личности, от её окружения и имеющихся у неё субъективных ценностей. В связи с этим стоит вспомнить профессора Выбегалло и его знаменитую «модель человека, неудовлетворённого желудочно» из книги «Понедельник начинается в субботу» Стругацких: «Этот Выбегалло заявлял, что все беды, эта, от неудовольствия проистекают и ежели, значить, дать человеку всё – хлеба, значить, отрубей пареных, – то и будет не человек, а ангел» [6]; «Я уже отмечал, что чем больше материальных потребностей, тем разнообразнее будут духовные потребности» [6]. Однако столь ожидаемого появления духовных потребностей так и не произошло: «Кадавр окинул инструменты культуры равнодушным взором и попробовал на вкус магнитофонную ленту. Стало ясно, что дух способности модели спонтанно не проявится» [6]. В реальной жизни зачастую всё происходит точно так же – удовлетворение материальных потребностей закликивается само на себе, сам процесс подобного удовлетворения становится потребностью, порождая всё более и более широкий круг потребностей, опять же, материальных. Если потребности более высокого порядка и зарождаются, то порой они приобретают уродливые и странные формы. Стоит вспомнить хотя бы Старуху из «Сказки о рыбаке и рыбке» А.С. Пушкина. Говоря о мотивации персонала, стоит отметить, что вычислить этот потолок потребностей у конкретного работника зачастую очень сложно – это связано не только с недостатком личного общения руководителя и сотрудников, но и с тем, как конкретный работник себя позиционирует: ища одобрения в глазах окружающих, люди могут скрывать свои истинные ценности и потребности. Делая выводы на основании предложенного «имиджа», руководитель может неверно построить систему мотивации сотрудника [7].

Из всего вышесказанного можно сделать вывод: пирамида Маслоу, безусловно, работает. Но она не предназначена для построения системы мотивации для коллектива сотрудников в целом, она применима только в отношении конкретных работников, и с этим надо считаться. Коллектив состоит из отдельных личностей со своими желаниями, нуждами и потребностями. Поэтому для построения эффективной системы мотивации при организации рабочего процесса руководителю придётся посмотреть на ситуацию глазами

самого работника – понять, что нужно конкретно этому человеку, что именно он считает для себя наиболее значимым в данный момент. Одна получасовая беседа с глазу на глаз в неформальной обстановке будет эффективнее десятков анкет.

Литература

1. Сидоренко Е.В. Мотивационный тренинг. СПб.: Речь, 2001. 234 с.
2. Дэвид С. Почему пирамида Маслоу не всегда работает. URL: <https://http://hbr-russia.ru/management/upravlenie-personalom/p14152/> (дата обращения: 03.02.2018).
3. Маслоу А. Мотивация и личность. М.: Евразия, 1999. 478 с.
4. Секрет мотивации в том, чтобы дать людям то, что они хотят, а не то, что вы думаете, они должны хотеть. URL: <https://hrhelpline.ru/sekret-motivatsii-v-tom-chtoby-dat-lyudya/> (дата обращения: 20.02.2018).
5. Мисюк А. Неизвестный Маслоу. URL: <http://www.repiev.ru/articles/Maslow-Unknown.htm> (дата обращения: 23.02.2018).
6. Стругацкий А.Н., Стругацкий Б.Н. Понедельник начинается в субботу. М.: АСТ: Астрель, СПб: Terra Fantastica, 2010. 283 с.
7. Модели мотивации на пальцах. Пирамида потребностей Маслоу. URL: <https://hrhelpline.ru/modeli-motivatsii-na-paltsah-chast-1-piramida-potrebnostej-maslou> (дата обращения: 03.02.2018).

References

1. Sidorenko E.V. Motivacionnyj trening. SPb.: Rech', 2001. 234 s.
2. Devid S. Pochemu piramida Maslou ne vseгда rabotaet. URL: <https://http://hbr-russia.ru/management/upravlenie-personalom/p14152/> (data obrashcheniya: 03.02.2018).
3. Maslou A. Motivaciya i lichnost'. M.: Evraziya, 1999. 478 s.
4. Sekret motivacii v tom, chtoby dat' lyudyam to, chto oni hotyat, a ne to, chto vy dumaete, oni dolzhny hotet'. URL: <https://hrhelpline.ru/sekret-motivatsii-v-tom-chtoby-dat-lyudya/> (data obrashcheniya: 20.02.2018).
5. Misyuk A. Neizvestnyj Maslou. URL: <http://www.repiev.ru/articles/Maslow-Unknown.htm> (data obrashcheniya: 23.02.2018).
6. Strugackij A.N., Strugackij B.N. Ponedel'nik nachinaetsya v subbotu. M.: AST: Astrel'; SPb.: Terra Fantastica, 2010. 283 s.
7. Modeli motivacii na pal'cah. Piramida potrebnostej Maslou. URL: <https://hrhelpline.ru/modeli-motivatsii-na-paltsah-chast-1-piramida-potrebnostej-maslou> (data obrashcheniya: 03.02.2018).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА АУДИОВИЗУАЛЬНОЙ СТИМУЛЯЦИИ ДЛЯ НОРМАЛИЗАЦИИ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СПОРТСМЕНОВ СИЛОВЫХ ЕДИНОБОРСТВ

А.А. Бобрищев, доктор психологических наук;

К.В. Мотовичев.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Анализируется опыт использования аудиовизуальной стимуляции функционального состояния спортсменов силовых единоборств для нормализации их психоэмоционального состояния в период проведения спортивных соревнований. Приводятся результаты психодиагностического исследования по оценке эффективности применения программно-аппаратного комплекса «Мираж» для коррекции психического состояния и поддержания психологической готовности спортсменов силовых единоборств.

Ключевые слова: аудиовизуальная стимуляция, программно-аппаратный комплекс, психоэмоциональное состояние, психодиагностическое исследование, психологическая коррекция, соревновательная деятельность, спортсмены силовых единоборств

USING THE METHOD OF AUDIOVISUAL STIMULATION TO NORMALIZE THE PSYCHO-EMOTIONAL STATE OF MARTIAL ARTS ATHLETES

A.A. Bobrishchev; K.V. Motovichev.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The article analyzes the experience of using audiovisual stimulation of the functional state of athletes of power martial arts to normalize their psycho-emotional state during sports competitions. The results of a psychodiagnostic study to assess the effectiveness of the application of the «Mirage» software and hardware complex for correcting the mental state and maintaining the psychological readiness of martial arts athletes are presented.

Keywords: audiovisual stimulation, hardware and software complex, psychoemotional state, psychodiagnostic research, psychological correction, competitive activity, martial arts athletes

Высокие психоэмоциональные и стрессовые нагрузки сопровождают соревновательную деятельность всех спортсменов, особенно это относится к спортсменам, занимающимся силовыми единоборствами. Психическое состояние спортсменов силовых единоборств в период соревновательной деятельности может характеризоваться целым рядом негативных проявлений, приводящих к снижению психологической готовности к соревновательной деятельности, что нуждается в своевременной психологической коррекции. Отсутствие психокоррекционных мероприятий приводит к развитию у спортсменов психосоматических заболеваний (гипертония, инсульты, инфаркты, гастрит, нейродермит и др.) и дальнейшему прекращению спортивной деятельности перспективных спортсменов.

В связи с вышесказанным необходима разработка и апробация средств и методов нормализации и восстановления психологического состояния, работоспособности и готовности спортсменов силовых единоборств. С целью решения данной проблемы авторами был использован портативный программно-аппаратный комплекс аудиовизуальной стимуляции «Мираж» [1, 2].

Для оценки эффективности применения программно-аппаратного портативного комплекса «Мираж» были сформированы две группы спортсменов силовых единоборств [2, 3].

В первую (экспериментальную) группу спортсменов силовых единоборств были включены 28 человек. В период соревнований продолжительностью пять дней они ежедневно проходили курс психологической коррекции, включающий в себя мануальную терапию и функциональную музыку, а также 30-минутный сеанс аудиовизуальной стимуляции.

Вторая (контрольная) группа была составлена из 26 спортсменов силовых единоборств, также участвующих в соревновательной деятельности и проходивших психокоррекционные мероприятия с использованием мануальной терапии и функциональной музыки. Аудиовизуальной стимуляции данная группа спортсменов не подвергалась.

Экспериментальная и контрольная группы были рандомизированы по состоянию здоровья, уровню спортивной квалификации, возрасту и полу.

Одним из ведущих показателей эффективности тех или иных психокоррекционных методов является динамика изменения показателей психоэмоционального состояния. Для измерения динамики психоэмоционального состояния в экспериментальной и контрольной группах были использованы: тест «САН» [4]; сокращенный вариант методики Спилбергера-Ханина [5], позволяющий оценивать реактивную (ситуационную) тревожность и цветовой тест М. Люшера в модификации «Попарные сравнения» [6, 7].

Для оценки психоэмоционального статуса спортсменов, вошедших в экспериментальную и контрольную группы, авторами были использованы следующие показатели вышеназванных психодиагностических методик: самочувствие, активность, настроение (тест «САН»), ситуационная (реактивная) тревожность (методика Спилбергера-Ханина), а также суммарное отклонение, вегетативный коэффициент, эмоциональный стресс, психическое утомление, психическое напряжение и тревога (тест Люшера).

Результаты исследований приводятся в табл. 1, 2.

В табл. 1 приводятся результаты сравнения психоэмоционального состояния спортсменов силовых единоборств, вошедших в экспериментальную группу. Исходя из приведённых данных, можно отметить статистически достоверное улучшение семи из десяти показателей психоэмоционального состояния обследованных спортсменов: улучшение самочувствия, активности, настроения, снижение ситуативной тревожности, уменьшение суммарного отклонения от аутогенной нормы, снижение показателей вегетативного коэффициента, что свидетельствует о преобладании парасимпатического тонуса, направленного на восстановление ресурсов организма и снижение уровня тревоги.

В табл. 2 приводятся результаты сравнения показателей психоэмоционального статуса спортсменов контрольной группы, согласно которому можно отметить достоверное улучшение четырёх показателей: снижение ситуативной тревожности, суммарного отклонения от аутогенной нормы, приближение к оптимальным показателям психического утомления и напряжения.

Общее количество достоверно улучшившихся показателей в контрольной группе спортсменов по сравнению с экспериментальной существенно ниже – 40 % или четыре показателя.

Таким образом, можно отметить достоверное улучшение психоэмоционального состояния спортсменов силовых единоборств по ряду психологических показателей после проведения с ними психокоррекционных мероприятий в обеих группах – экспериментальной и контрольной. Однако более выраженные позитивные изменения психоэмоционального состояния выявлены в экспериментальной группе спортсменов при использовании комплекса аудиовизуальной стимуляции и традиционных средств психологической коррекции – улучшение 70 % показателей. При этом в контрольной группе спортсменов отмечено улучшение лишь 40 % показателей.

Таблица 1. Показатели психоэмоционального состояния у спортсменов экспериментальной группы до и после коррекции

Показатели психосоматического статуса	Статистические показатели (M±m)		
	ЭГ* (аудиовизуальная + психологическая коррекция)		P<
	до курса	после курса	
тест «САН»			
1. Самочувствие	3,80±0,31	4,31±0,30	0,05
2. Активность	3,70±0,26	4,15±0,23	0,05
3. Настроение	3,46±0,24	3,97±0,21	0,05
методика Спилбергера-Ханина			
4. Реактивная (ситуативная) тревожность	16,30±0,85	12,16±1,06	0,05
тест Люшера			
5. Суммарное отклонение от аутогенной нормы	13,41±1,08	10,28±0,85	0,05
6. Вегетативный коэффициент	1,17±0,11	0,90±0,10	0,05
7. Эмоциональный стресс	7,16±0,38	6,62±0,37	–
8. Психическое утомление	4,90±0,46	6,08±0,42	–
9. Психическое напряжение	5,41±0,32	6,24±0,35	–
10. Тревога	8,14±0,42	6,10±0,50	0,05
Общее количество достоверных различий			7 / 70 %

* ЭГ – экспериментальная группа

Таблица 2. Показатели психоэмоционального состояния у спортсменов силовых единоборств контрольной группы до и после коррекции

Показатели психосоматического статуса	Статистические показатели (M±m)		
	КГ* (психологическая коррекция)		P<
	до курса	после курса	
тест «САН»			
1. Самочувствие	3,80±0,30	3,71±0,42	–
2. Активность	3,75±0,26	3,22±0,27	–
3. Настроение	3,62±0,27	3,36±0,32	–
методика Спилбергера-Ханина			
4. Реактивная (ситуативная) тревожность	17,01±0,95	14,26±0,96	0,05
тест Люшера			
5. Суммарное отклонение от аутогенной нормы	13,87±0,88	11,04±0,75	0,05
6. Вегетативный коэффициент	1,13±0,10	0,94±0,10	–
7. Эмоциональный стресс	7,46±0,43	6,53±0,57	–
8. Психическое утомление	4,52±0,44	7,28±0,41	0,05
9. Психическое напряжение	5,32±0,33	7,54±0,36	0,05
10. Тревога (тест Люшера)	8,23±0,45	6,72±0,55	–
Общее количество достоверных различий			4 / 40 %

* КГ – контрольная группа

Помимо вышесказанного можно отметить, что выявление достаточно высокого количества достоверных отличий по показателям при использовании данных методик указывает на достаточную информативность их использования для скрининга психоэмоционального состояния спортсменов силовых единоборств в период соревновательной деятельности.

Далее в табл. 3 и 4 приводятся результаты сравнительного анализа психоэмоционального состояния спортсменов силовых единоборств экспериментальной и контрольной групп до и после проведения с ними психокоррекционных мероприятий.

Согласно данным табл. 3, по результатам сравнительного анализа показателей психоэмоционального статуса, достоверных отличий между спортсменами силовых единоборств экспериментальной и контрольной групп до проведения с ними психокоррекционных мероприятий выявлено не было.

Таблица 3. Показатели психоэмоционального состояния у спортсменов силовых единоборств экспериментальной и контрольной групп до проведения психокоррекционных мероприятий

Показатели психосоматического статуса	Статистические показатели (M±m)		
	до коррекции		P<
	ЭГ	КГ	
тест «САН»			
1. Самочувствие	3,80±0,31	3,80±0,30	–
2. Активность	3,70±0,26	3,75±0,26	–
3. Настроение	3,46±0,24	3,62±0,27	–
методика Спилбергера-Ханина			
4. Реактивная (ситуативная) тревожность	16,30±0,85	17,01±0,95	–
тест Люшера			
5. Суммарное отклонение	13,41±1,08	13,87±0,88	–
6. Вегетативный коэффициент	1,17±0,11	1,13±0,10	–
7. Эмоциональный стресс	7,16±0,38	7,46±0,43	–
8. Психическое утомление	4,90±0,46	4,52±0,44	–
9. Психическое напряжение	5,41±0,32	5,32±0,33	–
10. Тревога	8,14±0,42	8,23±0,45	–
Общее количество достоверных различий			– / (0 %)

Данный результат подтверждает корректность подбора экспериментальной и контрольной групп спортсменов и идентичность условий проведения психодиагностического обследования, что в конечном итоге указывает на высокую достоверность полученных данных.

В табл. 4, приводятся результаты сравнительного анализа показателей психоэмоционального состояния спортсменов силовых единоборств экспериментальной и контрольной групп после проведения с ними психокоррекционных мероприятий.

Согласно данным табл. 4 выявлены достоверные различия между экспериментальной и контрольной группами по четырём (40 %) показателям – активность, настроение, реактивная тревожность и психическое напряжение. Этот результат говорит о лучшем настроении и более высокой активности спортсменов из экспериментальной группы при их более низкой ситуативной тревожности и более оптимальном уровне психического напряжения по сравнению со спортсменами из контрольной группы.

Таким образом, можно утверждать, что использование программно-аппаратного комплекса аудиовизуального воздействия «Мираж» при проведении психокоррекционных мероприятий со спортсменами силовых единоборств способствовало достоверному улучшению показателей их психоэмоционального состояния, что указывает на достаточно высокую эффективность применения указанного программно-аппаратного комплекса.

Подводя общие итоги, необходимо отметить безусловную полезность и необходимость проведения психокоррекционных мероприятий со спортсменами силовых единоборств в период эмоционально и физически напряжённой соревновательной деятельности.

Таблица 4. Показатели психоэмоционального статуса у спортсменов силовых единоборств основной и контрольной группы после проведения психокоррекционных мероприятий

Показатели психосоматического статуса	Статистические показатели (M±m)		
	после коррекции		P<
	ЭГ	КГ	
тест «САН»			
1. Самочувствие	4,31±0,30	3,71±0,42	–
2. Активность	4,15±0,23	3,22±0,27	0,05
3. Настроение	3,97±0,21	3,36±0,32	0,05
методика Спилбергера-Ханина			
4. Реактивная тревожность	12,16±1,06	14,26±0,96	0,05
тест Люшера			
5. Суммарное отклонение	10,28±0,85	11,04±0,75	–
6. Вегетативный коэффициент	0,90±0,10	0,94±0,10	–
7. Эмоциональный стресс	6,62±0,37	6,53±0,57	–
8. Психическое утомление	6,08±0,42	7,28±0,41	–
9. Психическое напряжение	6,24±0,35	7,54±0,36	0,05
10. Тревога	6,10±0,50	6,72±0,55	–
Общее количество достоверных различий			4 / 40 %

При этом дополнительное применение программно-аппаратного комплекса аудиовизуального воздействия «Мираж» в сочетании с традиционными методиками психокоррекционного воздействия позволят достигать более высокого корригирующего эффекта для оптимизации психоэмоционального состояния спортсменов силовых единоборств в период соревновательной деятельности. Дополнительным преимуществом указанного программно-аппаратного комплекса является его портативность и работа без подключения к электросети, что расширяет возможности по его применению.

В целом использование метода аудиовизуального воздействия для оптимизации психоэмоционального состояния спортсменов силовых единоборств в условиях соревновательной деятельности доказало свою достаточно высокую эффективность.

Литература

1. Бобрищев А.А. Аудиовизуальная коррекция психического состояния и работоспособности спортсменов высшей квалификации // Вестник психотерапии. 2007. № 22 (27). С. 61–62.
2. Рыбников В.Ю., Бобрищев А.А., Голуб Я.В. Аудиовизуальная коррекция функционального состояния спортсменов: теория и практика: монография. СПб.: Политехника-сервис, 2009. 48 с.
3. Бобрищев А.А. Психолого-акмеологическая концепция психологической готовности спортсменов высшей квалификации силовых единоборств: дис. ... д-ра психол. наук. СПб., 2009. 386 с.
4. Карелин А. Большая энциклопедия психологических тестов. М.: Эксмо, 2007. 416 с.
5. Посохова С.Т., Соловьева С.Л. Настольная книга практического психолога. СПб.: Сова, 2008. 671 с.
6. Рыбников В.Ю., Булыгина В.Г. Диагностические возможности теоретического конструкта «самоконтроль» // Российский психиатрический журнал. 2015. № 31. С. 63–69.
7. Филимоненко Ю.И., Рыбников В.Ю., Горский Ю.И. Цветовой тест попарных сравнений. М.: Воениздат, 1994. 180 с.

References

- 1 Bobrishchev A.A. Audiovizual'naya korrekciya psihicheskogo sostoyaniya i rabotosposobnosti sportsmenov vysshej kvalifikacii // Vestnik psihoterapii. 2007. № 22 (27). S. 61–62.
- 2 Rybnikov V.Yu., Bobrishchev A.A., Golub Ya.V. Audiovizual'naya korrekciya funkcional'nogo sostoyaniya sportsmenov: teoriya i praktika: monografiya. SPb.: Politehnika-servis, 2009. 48 s.
- 3 Bobrishchev A.A. Psihologo-akmeologicheskaya koncepciya psihologicheskoy gotovnosti sportsmenov vysshej kvalifikacii silovyh edinoborstv: dis. ... d-ra psihol. nauk. SPb., 2009. 386 s.
- 4 Karelin A. Bol'shaya enciklopediya psihologicheskikh testov. M.: Eksmo, 2007. 416 s.
- 5 Posohova S.T., Solov'eva S.L. Nastol'naya kniga prakticheskogo psihologa. SPb.: Sova, 2008. 671 s.
- 6 Rybnikov V.Yu., Bulygina V.G. Diagnosticheskie vozmozhnosti teoreticheskogo konstrukta «samokontrol'» // Rossijskij psichiatricheskij zhurnal. 2015. № 31. S. 63–69.
- 7 Filimonenko Yu.I., Rybnikov V.Yu., Gorskij Yu.I. Cvetovoj test poparnyh sravnenij. M.: Voenizdat, 1994. 180 s.

ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ВЫГОРАНИЯ У СОТРУДНИКОВ МЧС РОССИИ (НА ПРИМЕРЕ ПОЖАРНЫХ)

А.В. Шленков, доктор психологических наук, профессор;

А.А. Медведева, доктор юридических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Приведены факторы, влияющие на развитие синдрома эмоционального выгорания, описана структура профессиональных стрессовых воздействий на сотрудника (работника), приводящая к развитию симптомов эмоционального выгорания. Описаны связи личностных особенностей сотрудников с развитием эмоционального выгорания.

Ключевые слова: синдром эмоционального выгорания, фазы эмоционального выгорания, симптомы эмоционального выгорания, личностные особенности сотрудников и работников, профессиональные стрессовые воздействия

CAUSES OF PROFESSIONAL BURNOUT OF THE OFFICERS OF EMERCOM OF RUSSIA (BY THE EXAMPLE OF FIREFIGHTERS)

A.V. Shlenkov; A.A. Medvedeva.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Factors are listed that affect the increase of emotional burnout syndrome, and structure of the professional stress impact on a firefighter which can be a reason of emotional burnout is described. Connection between personal characteristics of firefighters and increase of emotional burnout are described.

Keywords: emotional burnout syndrome, phases of emotional burnout, symptoms of emotional burnout, personal characteristics of officers and staff, professional stress effects

Проблема эмоционального выгорания является актуальной для многих профессий, где профессионал сталкивается с психотравмирующими факторами профессиональной деятельности, необходимостью постоянно задействовать волевые процессы для решения профессиональных задач, общение с большим количеством людей и необходимостью постоянного самосовершенствования.

Эмоциональное выгорание – это, своего рода, защитная реакция организма на чрезмерное потребление энергетических ресурсов и возможностей человека. Когда человек физически и морально устает на работе, происходит эмоциональное переутомление, и психика человека отключает эмоциональное реагирование. У каждого человека есть свой предел, ограничивающий его способность к сопереживанию, эмоциональному взаимодействию [1].

Главная причина эмоционального выгорания – постоянное напряжение ресурсов человека из-за требований, которые он предъявляет к себе самому, семье или обществу, что приводит к душевному переутомлению, нарушается сбалансированность психических сил организма в целом.

Современной психологией выделяется несколько ключевых стрессовых факторов, наиболее часто проявляющихся в жизнедеятельности людей, выполняющих совершенно разные профессиональные обязанности, но при этом имеющих значимый вес при развитии синдрома эмоционального выгорания.

Во-первых, в профессиях, где сотрудники (работники) обязаны взаимодействовать с большим количеством людей, особенно в условиях недостатка времени и поступающей информации, необходимости быстрого принятия решения, ответственности за жизнь и здоровье пострадавшего, наличие негативных эмоциональных переживаний со стороны пострадавшего или их родственников, направленных на сотрудников (работников), свидетелей происходящего. При этом постоянная концентрация внимания на проблемах собственных и чужих способствует накоплению раздраженности и общему недовольству происходящим, что выражается в эмоциональном дискомфорте, который приводит также к эмоциональному выгоранию.

Во-вторых, существуют профессии, требующие большой концентрации внимания, проявления постоянной готовности к профессиональным действиям на пределе возможностей или риска для жизни и здоровья, необходимости постоянного повышения профессионального мастерства или поддержания физической готовности, быть собранным, вежливым в общении как внутри профессионального сообщества, так и при работе с объектом профессионального труда.

В-третьих, эмоциональное выгорание развивается также в случаях постоянного дефицита времени для завершения плановых дел не только в профессиональной сфере, но и социальной деятельности при решении личных потребностей, семейных проблем [1].

Таким образом, профессиональный стресс является логичным следствием завышенных требований и нехватки энергетических ресурсов человека.

В современной зарубежной и отечественной литературе к факторам, обуславливающим формирование синдрома выгорания, относят разнообразные социальные, психологические, личностные и другие риски.

Водопьянова Н.Е. относит следующие профессиональные факторы риска: сложные коммуникации в профессиональной деятельности, насыщенный эмоциональный фон в деловом общении, завышенные требования к саморазвитию и необходимость повышения своей профессиональной компетентности, высокий уровень ответственности за свои действия и деятельность окружающих, высокая лабильность и значительное число служебных контактов, необходимость быстрого приспособления к меняющимся условиям профессиональной деятельности и принятия ответственных решений, повышенные требования к самоконтролю и личной отзывчивости [2, 3].

Помимо указанных факторов риска развития эмоционального выгорания выделяют факторы, не получившие ожидаемой реализации в жизненной и профессиональной сферах: неудовлетворенность саморазвитием и самоактуализацией в обществе или в профессиональной деятельности, неудовлетворенность полученными результатами деятельности, разочарование в других людях или в избранной профессии, обесценивание и утрата смысла своих стараний (ранее значимых целей), переживание одиночества, ощущение бесполезности своей деятельности [4].

Опираясь на теории учений об эмоциональном выгорании, можно выделить два блока факторов, способствующих возникновению и развитию эмоционального выгорания. Первый – индивидуально-психологические характеристики работников (сотрудников), второй – особенности профессиональной деятельности.

Так В.В. Бойко [5, 6] выделяет определенные внешние и внутренние факторы предпосылки, которые инициируют эмоциональное выгорание (рис.).



Рис. Факторы эмоционального выгорания по В.В. Бойко

Как видно из рисунка, в группу организационных (внешних) факторов входят такие факторы, как: характеристика профессиональной деятельности (обязанности), компоненты работы и социально-психологические условия деятельности.

Результаты проведенного исследования определили ранговую структуру стрессовых факторов профессиональной деятельности сотрудников МЧС России (табл. 1).

Таблица 1. Ранговая структура профессиональных стрессовых воздействий, вызывающих эмоциональное выгорание у испытуемых

Ранг (значимость)	Факторы (стрессовые воздействия)	Ранговый показатель (%)
1	Высокий уровень личного риска, опасность	19,21
2	Высокая степень ответственности за результаты деятельности	16,41
3	Хроническая психоэмоциональная напряженность	14,9
4	Оперативность принятия оптимальных профессиональных решений	13,79
5	Ограниченность времени на выполнение профессиональных задач	11,38
6	Непосредственное участие в ликвидации чрезвычайных ситуаций (ЧС)	10,88
7	Монотонность работы в условиях ожидания сигнала к экстремальным действиям	7,94
8	Удовлетворенность профессией	5,49

При оценке профессиональных стрессовых воздействий испытуемые условно были разделены на три группы: с низким (суммарный показатель до 100 баллов, 14 испытуемых), средним (до 150 баллов, 15 испытуемых) и высоким (свыше 150 баллов, 11 испытуемых) уровнем эмоционального выгорания. При этом показательно, что для каждой такой группы характерно свое ранжирование стрессовых воздействий. Так испытуемые с низким показателем синдрома эмоционального выгорания отдавали более высокие баллы таким факторам как: удовлетворенность работой, тревожное ожидание

сигнала. В свою очередь, такие стрессовые воздействия в группе лиц с высоким показателем эмоционального выгорания имели меньшую значимость в сравнении с остальными психотравмирующими факторами.

Лица с высоким показателем эмоционального выгорания при опросе большее количество баллов отдавали высокому уровню личного риска, большой личной ответственности в профессиональной деятельности, напряженной деятельности в процессе трудового дня и необходимости использовать личное время для его завершения, необходимость оперативности принятия решений, а также степени принятия участия в ликвидации ЧС. В группу лиц с высоким уровнем эмоционального выгорания, в основном, вошли сотрудники, непосредственно участвующие в тушении пожаров (90 % испытуемых).

Также характерно, что пожарные, косвенно участвующие в ликвидации ЧС (водители пожарных машин, диспетчеры), высокий ранг отводили таким факторам, как хроническая эмоциональная напряженность, ограниченность времени, а также монотонность работы. Сотрудники, занимающие руководящие должности, отдавали приоритетное значение следующим факторам: высокая ответственность за принимаемые решения и за жизни окружающих, высокий уровень личного риска, а также дефицит времени на принятие решения при дефиците поступающей информации.

В ходе проведенного анализа исследования было показано, что выраженность синдрома эмоционального выгорания в значительной степени зависит от личностных особенностей. При одних и тех же условиях профессиональной деятельности у одних лиц наблюдается выраженное развитие синдрома эмоционального выгорания, у других нет или носит незначительный характер. Особое значение на развитие синдрома эмоционального выгорания оказывает тревожность, которая приводит к нервному напряжению, являясь основой развития самого синдрома эмоционального выгорания. Немаловажное значение в развитии синдрома эмоционального выгорания занимает стрессоустойчивость нервной системы и мотивация в профессиональной деятельности. Проведенный анализ выявил значимую связь как реактивной (коэффициент корреляции равен 0,76), так и личностной тревожности (корреляция составила 0,66) с показателем эмоционального выгорания испытуемых.

Также для испытуемого с высоким уровнем нейротизма характерен более высокий показатель эмоционального выгорания. Так, например, из сотрудников, у которых по результатам исследования обнаружен высокий уровень нейротизма, 90 % относятся к группе с высоким уровнем эмоционального выгорания, и только 10 % – к среднему уровню. Значимость данной зависимости характеризует полученный коэффициент корреляции, равный 0,73.

Для оценки влияния личностных характеристик сотрудников МЧС России, а также профессиональных стрессовых воздействий на развитие у них синдрома эмоционального выгорания использовался корреляционный анализ.

При анализе влияния уровня тревожности на показатель эмоционального выгорания сотрудников МЧС России выявлено следующее.

Наличие достоверных прямых связей между общим показателем синдрома эмоционального состояния и уровнем тревожности испытуемых. Коэффициенты корреляции составили положительную связь с уровнем реактивной тревожности $r=0,76$ (сильная корреляция); $r=0,66$ (средняя корреляция) – личной тревожности. То есть, чем выше уровень личностной и реактивной тревожности, тем более выражено эмоциональное выгорание.

Также проведен анализ связи других личностных характеристик (уровень нейротизма, нервно-психическая устойчивость и уровень эмоциональной регуляции в стрессовых ситуациях) с уровнем эмоционального выгорания сотрудников МЧС России. Коэффициенты корреляции составили: $r=0,73$ для связи с уровнем нейротизма; $r=0,79$ – с группой нервно-психической устойчивости; $r=0,72$ – с уровнем эмоциональной регуляции в стрессовых ситуациях, что свойственно для сильной прямой корреляционной связи.

Таким образом, вышеуказанные результаты проведенного анализа позволяют

сформулировать следующие выводы. Сотрудники МЧС России, участвующие в ликвидации последствий ЧС, у которых высокий уровень нейротизма, низкая нервно-психическая устойчивость, слабый уровень эмоциональной регуляции в стрессе в большей степени подвержены развитию синдрома эмоционального выгорания. Данные личностные характеристики испытуемых влияют на их показатель эмоционального выгорания (на формирование и сформированность фаз данного синдрома).

При оценке влияния стажа профессиональной деятельности сотрудника на общий уровень эмоционального выгорания не выявлена корреляционная зависимость (коэффициент корреляции равен 0,009).

Таким образом, нельзя сказать, что чем больше сотрудник МЧС России занят данной профессиональной деятельностью, тем выше у него показатель эмоционального выгорания. Стаж профессиональной деятельности не имеет прямой связи с развитием (увеличением) синдрома эмоционального выгорания.

При этом следует отметить некоторую специфику для лиц, профессиональный стаж которых составляет от 10 до 20 лет. Изучая особенности их эмоционального выгорания видно явное увеличение таких фаз как «Резистенция», и, что немаловажно, «Истощение». Показательно, что фаза «Истощение» сформирована у большинства работников (сотрудников), имеющих данный стаж профессиональной деятельности.

Интерес вызывает тот факт, что симптом «неудовлетворенности собой», входящий в фазу «напряжение», характерен как для сотрудников (работников) со стажем до 10 лет, так и более 20 лет.

Для анализа влияния специфики профессиональной деятельности на развитие синдрома эмоционального выгорания сотрудников МЧС России были рассчитаны коэффициенты ранговой корреляции Спирмена по каждому психотравмирующему фактору (табл. 2).

Таблица 2. Коэффициенты корреляции, характеризующие связь эмоционального выгорания с профессиональным стрессовым воздействием

Факторы (стрессовые воздействия)	Коэффициент Спирмена	Характеристика связи
Высокий уровень личного риска, опасность	0,92	Сильная, Прямая
Высокая степень ответственности	0,82	Сильная, Прямая
Хроническая психоэмоциональная напряженность	0,85	Сильная, Прямая
Необходимость оперативного принятия оптимальных профессиональных решений при недостатке поступающей информации	0,06	Нет связи
Ограниченность времени на выполнение профессиональных задач	-0,01	Нет связи
Непосредственное участие в ликвидации ЧС	0,86	Сильная, Прямая
Монотонность работы в условиях ожидания сигнала к экстремальным действиям	-0,26	Слабая, Обратная
Удовлетворенность профессией	-0,13	Нет связи

Как видно из табл. 2, значимыми оказались связи показателя синдрома эмоционального выгорания сотрудников МЧС России с такими психотравмирующими факторами профессиональной деятельности как: высокий уровень риска (у которых хотя бы одна из фаз эмоционального выгорания сформировалась, отметили данный фактор как наиболее значимый, балл 14–16 по опроснику); хроническая психоэмоциональная напряженность (среди которых сотрудники с высоким показателем эмоционального выгорания присвоили данному фактору

высокие баллы – от 11 и выше), а также непосредственное участие в ликвидации ЧС и высокая степень ответственности (отмечается тенденция увеличения ранга данных факторов по мере роста показателя эмоционального выгорания сотрудника).

Таким образом, вышеуказанные психотравмирующие факторы отмечены испытуемыми как наиболее значимые стрессовые воздействия, при этом анализ их влияния на эмоциональное выгорание свидетельствует о наличии сильной прямой связи между данными показателями. То есть, у испытуемых с низким уровнем эмоционального выгорания отмечается и более низкий балл (воздействие на него) соответствующего стрессора профессиональной деятельности. И, наоборот, сотрудники с высоким эмоциональным выгоранием отметили и более высокое воздействие данных психотравмирующих факторов.

Остальные стрессовые воздействия профессиональной деятельности сотрудников МЧС России по результатам проведенного анализа не показали значимой связи с уровнем эмоционального выгорания испытуемых.

Например, такой фактор профессионального стрессового воздействия, как необходимость оперативного принятия оптимальных профессиональных решений при недостатке поступающей информации, был оценен испытуемыми от 5 до 14 баллов (в среднем 9,6 балла) вне зависимости от показателя эмоционального выгорания сотрудника. Так сотрудники с низким уровнем эмоционального выгорания (50 %) присвоили ему от 10 баллов и выше, со средним уровнем эмоционального выгорания аналогичную оценку данному фактору дали 46,7 % испытуемых, с высоким уровнем – 54,5 %. Коэффициент корреляции составил 0,06, что свидетельствует о слабой прямой связи между данными показателями.

Похожие результаты отмечены и для остальных психотравмирующих факторов – дефицит времени для завершения начатых дел, монотонность работы и удовлетворенность профессией. Коэффициенты корреляции составили -0,01; -0,26 и -0,13 соответственно, что характерно для крайне слабой обратной связи. В целом можно сказать, что среди сотрудников с различным уровнем эмоционального выгорания выявлены различные связи с данным профессиональным стрессовым воздействием. По мере роста показателя эмоционального выгорания не отмечается общая тенденция увеличения или снижения балльной оценки указанных психотравмирующих факторов.

Сотрудники с высокой и хорошей нервно-психической устойчивостью имеют меньшие суммарные значения эмоционального выгорания в сравнении с сотрудниками, отнесенными к удовлетворительной группе нервно-психической устойчивости. Корреляция для данной связи равна -0,79.

Подобная зависимость ($r=0,72$) выявлена и для уровня эмоциональной регуляции в стрессовой ситуации испытуемых. Поэтому можно сделать вывод о том, что высокий уровень эмоциональной регуляции минимизирует риск развития эмоционального выгорания.

В результате исследования не была выявлена существенная прямая зависимость эмоционального выгорания от профессионального стажа сотрудников МЧС России, однако для выделенных групп испытуемых по стажу характерно проявление доминирующих симптомов и сформированных фаз эмоционального выгорания.

Исследование профессиональных стрессовых факторов позволило выделить определенные стрессовые воздействия, влияющие на развитие синдрома эмоционального выгорания, а также произвести их ранжирование по степени влияния на испытуемых.

Анализ зависимости влияния психотравмирующих факторов и показателя эмоционального выгорания сотрудников МЧС России позволил выделить четыре значимых воздействия. Это – хроническое психоэмоциональное напряжение (коэффициент корреляции равен 0,85), высокий уровень риска и опасности ($r=0,92$), высокая степень ответственности ($r=0,82$), а также степень непосредственного участия сотрудника в ликвидации ЧС, его профессиональная функция – роль ($r=0,86$).

Таким образом, выдвинутые предположения об особенностях возникновения эмоционального выгорания сотрудников МЧС России нашли свое подтверждение

по результатам практического исследования. Можно сделать вывод о том, что эмоциональное выгорание сотрудников МЧС России, непосредственно участвующих в ликвидации ЧС, вызвано спецификой профессиональной деятельности, и показатель его развития зависит от личностных особенностей пожарных.

Полученные по результатам проведенного исследования данные имеют большое практическое значение как для профессионального психологического отбора кандидатов на прохождение службы в структуре МЧС России, так и для психологического сопровождения действующих сотрудников, своевременного принятия коррекционных психолого-педагогических мер, что, в свою очередь, обеспечивает эффективную профессиональную деятельность пожарных.

Таким образом, эмоциональное выгорание представляет собой самостоятельное психическое явление, приобретаемое в ходе профессиональной деятельности. Данный феномен является выработанным личностью механизмом психологической защиты в форме устранения эмоций полностью или частично.

Содержание понятия синдрома эмоционального выгорания обуславливает его ключевые признаки: истощение, личностная отстраненность и ощущение потери эффективности своих профессиональных действий или спад самооценки в рамках выгорания. Эмоциональное выгорание имеет определенную симптоматику, выражающуюся в физиологических, психологических и поведенческих проявлениях. В целом можно сказать, что главной причиной эмоционального выгорания является недостаточность ресурсов человека по отношению к предъявляемым к нему требованиям со стороны себя, когда действительность не соотносится с желаемым, требованиям, предъявляемым коллегами, руководством, на кого направлена профессиональная деятельность; а также сама профессиональная деятельность с её особенностями осуществления и стресс факторами.

По эмоциональному выгоранию возможно контролировать оставшиеся ресурсы организма в сфере профессиональной и социальной деятельности. Своевременно проводя анализ эмоционального реагирования, возможно вовремя менять либо профессиональную деятельность вообще, либо отношение к отдельным её проявлениям с целью сохранения целостности организма, не допуская развития соматического заболевания.

Выгорание представляет собой целостное, динамическое, психическое образование в единстве и взаимодействии эмоциональных, когнитивных, мотивационных и поведенческих элементов, количественный и качественный состав которых определяется спецификой профессиональной деятельности.

Профессия сотрудника МЧС России, протекающая в условиях профессиональных стрессовых воздействий, ухудшает эмоциональное состояние человека, что может навредить личности самого специалиста, а также его профессиональной деятельности и окружающим.

В таких случаях становится очевидным и необходимым предъявление особых требований к специфической стрессоустойчивости пожарного (его адаптационного потенциала), что обеспечивает сохранение его здоровья, защищает от развития профессиональных заболеваний и эмоционального выгорания. Немаловажными также являются личностные характеристики пожарных, позволяющие им эффективно реализовать свои задачи по спасению людей. Показатели личностных особенностей определяют то, как на конкретного пожарного воздействует стрессовая ситуация, как он с ней справляется и насколько способен эффективно решать профессиональные задачи.

Так результаты практического исследования позволяют сформировать следующие выводы:

1. Средний показатель синдрома эмоционального выгорания у испытуемых пожарных находится на уровне эмоционально-адаптивного состояния. При этом наиболее значимое выражение получили симптомы «эмоционально-нравственной дезориентации» и «неадекватного избирательного эмоционального реагирования в ответ на хронические психотравмирующие воздействия». Важно отметить, что данные симптомы проявляются у большей части испытуемых по сравнению с другими симптомами.

2. Выявлено влияние уровня тревожности сотрудника МЧС России на формирование эмоционального выгорания. Корреляция составила $r=0,76$ и $r=0,66$ для уровня реактивной и личностной тревожности соответственно, что характеризует наличие прямой сильной и средней связи уровней тревожности с показателем эмоционального выгорания.

3. На показатель эмоционального выгорания сотрудников МЧС России влияют: уровень нейротизма, нервно-психическая устойчивость сотрудника, а также уровень эмоциональной регуляции в стрессе (корреляция для всех указанных характеристик составила более 0,7). Более высокому значению эмоционального выгорания испытуемого соответствует более высокий уровень его нейротизма. Чем лучше нервно-психическая устойчивость, выше уровень эмоциональной регуляции в стрессовых ситуациях, тем менее сотрудник подвержен развитию синдрома эмоционального выгорания.

4. Трудовой стаж сотрудников напрямую не влияет на развитие эмоционального выгорания сотрудников МЧС России, непосредственно участвующих в ликвидации последствий ЧС, то есть нельзя сказать, что чем больше сотрудник МЧС России занят данной профессиональной деятельностью, тем выше у него показатель эмоционального выгорания. При этом выявлена специфика для лиц с разным профессиональным стажем, выражающаяся в доминировании отдельных симптомов, сформированности фаз эмоционального выгорания.

5. Ранжирование профессиональных стрессовых воздействий позволило выделить ведущие психотравмирующие факторы – высокий уровень риска, высокая степень ответственности, хроническая эмоциональная напряженность.

По результатам корреляционного анализа установлено, что указанные факторы, а также роль сотрудника в ликвидации ЧС (непосредственность участия), напрямую влияют на показатель развития у пожарного синдрома эмоционального выгорания. Коэффициенты корреляции составили более 0,7 для всех указанных факторов.

В целом эмоциональное выгорание оказывает негативное влияние на самих сотрудников, на их профессиональную деятельность, а также на окружающих (в частности на лиц, нуждающихся в их помощи). Поэтому немаловажным является психологическое сопровождение сотрудников МЧС России для принятия своевременных мер по психологической коррекции их поведения, минимизации негативных последствий синдрома эмоционального выгорания и снижения нервного напряжения. Также результаты исследования носят практическую значимость для организации работы по профессиональному отбору, позволяя минимизировать риски развития эмоционального выгорания при прохождении службы, обеспечить эффективную профессиональную деятельность сотрудников МЧС России в целом.

Литература

1. Орел В.Е. Синдром психического выгорания. Мифы и реальность. М.: Гуманитарный центр, 2014. 296 с.
2. Водопьянова Н.Е., Старченкова Е.С. Синдром выгорания: диагностика и профилактика. 3-е изд. СПб.: Питер, 2011. 336 с.
3. Водопьянова Н.Е. Профилактика и коррекция синдрома выгорания. СПб.: СПбГУ, 2011. 160 с.
4. Павлова Е.В. Специфика факторов развития эмоционального выгорания пожарных-спасателей // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. М.: ИНФРА-М., 2014. V. 2. I. 1. С. 70–79.
5. Бойко В.В. Синдром эмоционального выгорания в профессиональном общении. СПб., 2009. 278 с.
6. Бойко В.В. Энергия эмоций в общении: взгляд на себя и на других. М.: Наука, 2010. 154 с.

References

1. Orel V.E. Sindrom psihicheskogo vygoraniya. Mify i real'nost'. M.: Gumanitarnyj centr, 2014. 296 s.
2. Vodop'yanova N.E., Starchenkova E.S. Sindrom vygoraniya: diagnostika i profilaktika. 3-e izd. SPb.: Piter, 2011. 336 s.
3. Vodop'yanova N.E. Profilaktika i korrekciya sindroma vygoraniya. SPb.: SPbGU, 2011. 160 s.
4. Pavlova E.V. Specifika faktorov razvitiya emocional'nogo vygoraniya pozharnyh-spasatelej // Aktual'nye napravleniya nauchnyh issledovanij XXI veka: teoriya i praktika. M.: INFRA-M., 2014. V. 2. I. 1. S. 70–79.
5. Bojko V.V. Sindrom emocional'nogo vygoraniya v professional'nom obshchenii. SPb., 2009. 278 s.
6. Bojko V.V. Energiya emocij v obshchenii: vzglyad na sebya i na drugih. M.: Nauka, 2010. 154 s.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ОБРАЗА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОГО ГОСУДАРСТВА – ПОЛИТИКО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

К.В. Рождественская.

Санкт-Петербургский государственный университет.

В.Н. Лукин, доктор политических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Исследуются психологические предпосылки формирования конкурентоспособности государства, определяются факторы, влияющие на формирование образа конкурентоспособного государства среди граждан Российской Федерации. Анализируются отдельные положения теорий В. Вундта, З. Фрейда, К. Юнга, Л.Н. Гумилева в контексте исследуемой проблемы. Представлен краткий сравнительный анализ понимания идеального образа конкурентоспособного государства российской и китайской молодежью. Отмечена роль и влияние МЧС России на укрепление экономики и конкурентоспособности государства.

Ключевые слова: конкуренция, конкурентоспособное государство, психология народов, психоанализ, МЧС России, защита населения и территорий, чрезвычайные ситуации, психологическая устойчивость, чувство долга

FEATURES OF FORMATION OF THE IMAGE OF COMPETITIVE STATE – THE POLITICAL-PSYCHOLOGICAL ASPECTS

K.V. Rozdestvenskaya. Saint-Petersburg state university.

V.N. Lukin. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Psychological prerequisites of formation of competitiveness of the state are investigated, the factors influencing formation of an image of the competitive state among the Russian youth are defined. Separate provisions of the theory of V. Wundt, Z. Freud, K. Jung, L.N. Gumilev in the context of the studied problem are analyzed. A brief comparative analysis of the understanding of the ideal image of a competitive state by Russian and Chinese youth is presented. The role and influence of EMERCOM of Russia on strengthening of economy and competitiveness of the state is emphasized.

Keywords: competition, competitive state, psychology, psychoanalysis, EMERCOM of Russia, protection of population and territories, emergencies, psychological stability, sense of duty

Проблема конкурентоспособности актуализирована современным геополитическим и геоэкономическим противостоянием акторов глобальной политики. Особую остроту для Российской Федерации проблема приобрела, как отмечал В.В. Путин еще пять лет назад, с момента введения санкций против нашего государства в 2014 г. [1]. На конкурентоспособность государства оказывает влияние и способность государственных институтов эффективно противостоять вызовам, угрозам и рискам безопасности жизнедеятельности. Одним из основных институтов в этом ряду является Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России), в составе которого 85 главных управлений в субъектах Российской Федерации, восемь головных главных управлений (в федеральных округах) и 288, 6 тыс. чел., работающих по всей России [2].

В 2020 г. завершается реализация восьмилетней государственной программы Российской Федерации «Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечение пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах», цель которой – минимизация социального, экономического и экологического ущерба, наносимого населению, экономике и природной среде от ведения и вследствие ведения военных действий, совершения террористических акций, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, пожаров и происшествий на водных объектах [3].

Минимизация ущерба также должна способствовать повышению конкурентоспособности нашей страны на всем современном геополитическом пространстве и формированию образа конкурентоспособного государства.

К настоящему времени степень конкурентоспособности в экономике является определяющей в получении преимуществ в международном распределении труда и прибыли с практически полным забвением норм и правил, установленных в свое время Всемирной торговой организацией. Так, Соединенные Штаты Америки вводят санкции даже против своих партнеров-сателлитов.

Экономические санкции все больше приобретают политический характер, а все вместе это превращается в инструменты глобальной гибридной войны «все против всех».

Одним из основополагающих элементов такой войны является информационно-психологическая война. Устойчивость в таком противостоянии во многом зависит от понимания гражданами государства, и, прежде всего, его молодежной частью, возможностей успешной конкуренции с другими странами.

На взгляд авторов, такое понимание может включать ряд психологических аспектов восприятия проблемы:

- может ли быть конкурентоспособным государство, граждане которого не считают его таковым, а граждане других государств считают его конкурентоспособным;
- каков идеальный образ конкурентоспособного государства в сознании современной российской молодежи;
- как формируется идеальный образ конкурентоспособного государства.

В ряду зарубежных и отечественных исследователей проблемы и авторы настоящей статьи [4–13].

Исследования взаимосвязи между политическими и экономическими моделями разных стран, особенностями их менталитета, культурного многообразия, образовательной системы и другими социально-культурными чертами и конкурентоспособностью страны подтверждают необходимость междисциплинарного подхода, в том числе в сравнительных исследованиях политико-психологических феноменов народов разных государств.

Формирование поведенческой экономики [14] во многом способствовало повышению интереса к исследованию экономических понятий с позиций психологии и с применением психологического инструментария [15].

В исследованиях конкурентоспособности государства, на взгляд авторов, уделяется недостаточное внимание психологическим аспектам проблемы, их влиянию на конкурентоспособность государства.

Отражение в человеческом сознании того или иного явления носит многосторонний характер и зависит от большого числа факторов, в том числе от ценностей, стереотипов, установок. Кроме того, в формировании образа какого-либо явления – в данном случае, конкурентоспособного государства – важную роль играет культурная составляющая – традиции, обычаи, религия и философия того общества, в котором человек воспитывается. Элементы культуры воспринимаются и впитываются в самом раннем возрасте, благодаря семье как первому социуму, в который человек попадает, а затем усиливаются и в процессе его взросления. Таким образом, начинает формироваться этническая идентичность, впоследствии становящаяся основной базой репрезентации политико-психологических явлений.

Проблема этнической идентичности предстает перед современным обществом в масштабах, каких оно не знало до сих пор. Общие глобализационные процессы, экономические и политические блоки и содружества, транснациональные корпорации – все это формирует современное общество, порождает новые проблемы. Вызывает необходимость понимание того, на какой базе формируется восприятие окружающей действительности.

В исследованиях этнической психологии кроме методов лингвистики, этнографии, антропологии все чаще требуется использование методов политических и экономических наук.

На протяжении столетий различия в государственном устройстве народов, языке, религии, культуре в целом остаются предметом научных исследований [16].

В рамках психологической науки одним из первых исследователей в этом направлении является Вильгельм Вундт (Wilhelm Vundt).

Объектами изучения в психологии народа Вундта служат язык, мифы и религиозные верования, а также обычаи, которые в понимании ученого тесно переплетены с понятием морали. Язык – эта та форма, в которой проявляются представления духа народа, а также законы их связи. Мифы несут в себе изначальное содержание данных представлений и окрашены уже чувствами и влечениями, а обычаи предполагают сформированные из этих представлений и влечений «общие направления воли» [17].

Особое внимание ученый предлагал уделить исследованию мифов, обычаев и верований, подчеркивая, что именно в них можно наиболее ярко увидеть проявление народного духа, понять его особенности и идентичность народа. Категория «миф» включала все первичные формы мирозерцания, а под словом «обычаи» – все первичные представления о порядке. Но в такой трактовке фактически нивелировалась роль личности, так как у мифов, обычаев и культов, как правило, не бывает автора, но они могут иллюстрировать особенности народного духа.

В современном для Вундта мире, по его мнению, народный дух проявлялся особенно ярко в национальном самосознании. Исследованию национального самосознания как такового, а также посредством изучения его носителей, он уделил достаточно внимания в своем фундаментальном труде «Психология народов». Здесь личность уже играла определенную роль, взаимодействуя с национальным самосознанием, вбирая его в себя и, в свою очередь, воздействуя на него, внося в него что-то свое. Вундт отмечал, что «психология народов во многих отношениях, в особенности при анализе сложных душевных процессов, может оказывать влияние на объяснение индивидуальных состояний сознания» [17].

Особое место в работах Вундта занимает психология религии как составная часть психологии народов. Религиозные верования в его представлении возникают на основе эмоций в первую очередь таких, как страх и надежда. Примечателен рассматриваемый Вундтом процесс формирования религиозных воззрений из дорелигиозных культов, мифов, верований [17].

Вундту не удалось дать четкое определение тому самому «народному духу», исследованию которого он посвятил столько времени и сил, исследовать в полной мере закономерности его формирования. Однако он сумел разграничить исследования индивидуальной и коллективной психологии, а проделанный им труд по описанию основных проявлений «народного духа» – языка, мифов и обычаев – продолжает играть свою роль в последующем изучении этнических и национальных особенностей.

К проблеме психологии религии обращались Б. Спилка (Spilka B.), Р.В. Ходд (Hood R.W), Горсуч Р.Л. (Gorsuch R.L.) [10–13].

Важный вклад в изучение этнопсихологии внесли представители психоанализа. Зигмунд Фрейд в своей культурологической теории проводил параллели между развитием общества и развитием индивида, полагая, что для обоих процессов характерны примерно одни и те же стадии. Подобный концепт не принадлежит Фрейду – идею единства фило-

и онтогенеза сформулировал Эрнст Геккель (Ernst Haeckel) [18]. Согласно данной концепции, в детстве человек проходит те же стадии, что на протяжении веков проходило общество, только в несколько сокращенном виде. Однако Фрейд существенно расширил и развил данную идею в таких своих работах как «Тотем и табу», «Я и Оно», «Навязчивые действия и религиозные обряды» и др.

Фрейд провел аналогию между отдельными этапами развития первобытного общества и развитием невротических состояний у индивида. Ученый развил идею Чарльза Дарвина и его последователей о том, что в докультурном обществе существовала семья (в качестве сообщества), состоявшая из самца, самки и детенышей. Повзрослевших самцов безжалостно изгоняли, и только после смерти или старческой болезни главного самца один из молодых мог занять его место. Это продолжалось до того момента, когда изгнанные самцы, объединившись, убили и съели отца.

Последующее чувство раскаяния вывело общество на новый уровень развития – чтобы не допустить повторения драмы, была устранена сама породившая ее система. Были наложены запреты на кровнородственные объединения, то есть на брачно-половые отношения между родственниками. Также был наложен запрет на убийство отца. С течением времени и вытеснением неприятного события запрет был перенесен на тотем, который также нельзя убивать. Однако этот запрет нарушался во время религиозных праздников, когда жертвенное животное убивали, оплакивали и съедали. А воспоминание об убийстве отца и вине детей трансформировалось в образ Бога и вины людей, в мифы и легенды со сходными сюжетами [19].

В этой концепции усматриваются отсылки к таким ключевым для Фрейда понятиям, как возникновение Эдипова комплекса, тайное желание смерти отца, кризисы, преодолеваемые индивидом на разных этапах развития, первичный травматический опыт, а также замена деструктивных влечений разрешенными и приемлемыми. Однако больший интерес, применительно к данному исследованию, представляет связь описанной теории с концепцией сильного государства.

Согласно Фрейду, потребность индивидов в сильном лидере, мощном государстве, объединяющей идее уходит корнями именно в древние, докультурные времена и непосредственно связана с изложенной выше теорией. Эта потребность важна для реализации ряда процессов, таких, например, как идентификация – с сильной страной, влиятельным лидером, особенной нацией. С этой же потребностью Фрейд связывает возникновение массового чувства или чувства общности.

Также он указывает на явление, которое лежит в основе конкуренции – чувство первоначальной зависти. Важно отметить, что, согласно Фрейду, из этого чувства появляется не только соперничество, но и его прямая противоположность – сплочение, корпоративный дух. «Никто не должен посягать на выдвижение, каждый должен быть равен другому и равно обладать имуществом. Социальная справедливость означает, что самому себе во многом отказываешь, чтобы и другим надо было себе в этом отказывать или, что то же самое, они бы не могли предъявить на это прав. Это требование равенства есть корень социальной совести и «чувства долга» [19].

Однако больший интерес для Фрейда все же представляла индивидуальная психология и он лишь наметил основные вопросы о взаимосвязях между культурой, личностью и решениями, которые человек принимает.

Ученым, который развил свою собственную культурологическую теорию в рамках аналитической психологии, был Карл Густав Юнг.

Он разделил бессознательное на два пласта – личностный и коллективный. Коллективное бессознательное, существенно более глубокое образование, идентично у всех людей, в независимости от места проживания, национальности, культурно-исторического развития. К его формам Юнг отнес архетипы – устойчивые первичные столпы, на которых впоследствии возникли культура, религия, творчество [20].

В отличие от Фрейда, который видел в культурном разнообразии способы справиться с запретными влечениями и выпустить их в приемлемое русло, и именно поэтому включал культуру в структуру Супер-Эго. Юнг выделял как сознательные, так и бессознательные источники культуры. Как и Фрейд, он отмечал важную роль культурной идентификации, выводя ее, однако, из других побуждений, а также из противопоставления себя другим. В этом же ключе Юнг развивал концепцию социальных (вместо частных, единичных) неврозов, которые, имея под собой архетипический фундамент, могли обуславливать любые, самые невероятные, на первый взгляд, политические ситуации. В работах Юнга это касается в первую очередь поддержки населением нацистского режима, однако распространяется и на другие политические феномены [20].

В исследованиях противопоставления своей нации другим, следует отметить концепцию Льва Николаевича Гумилева и разработанную на ее основе теорию Анатолия Михайловича Зимичева. Важность понимания собственной принадлежности к той или иной группе, прежде всего, обуславливает необходимость в точке опоры. Одиночество не свойственно человеку, ему нужно воспринимать себя как часть некой группы. В повседневной жизни это могут быть политические партии, разнообразные клубы, кружки по интересам, профессиональные образования и пр. Принадлежность к подобным группам зависит от многих обстоятельств, в том числе и от уровня, к которому человек относится или причисляет себя [21].

Но присутствие в подобной группе, в силу ее «хрупкости», не всегда полностью удовлетворяет потребность в психологической стабильности. Что же касается этнической общности, то она практически идеальна для удовлетворения психологических потребностей в стабильности, ориентации и пр. Собственно, это то, о чем писал Л.Н. Гумилев, определяя этнос как естественно сложившийся на основе оригинального стереотипа поведения коллектив людей, существующий как системная целостность (структура), противопоставляющая себя всем другим коллективам, исходя из ощущения комплиментарности, и формирующая общую для всех своих представителей этническую традицию [22].

Зимичев А.М. предложил несколько иное объяснение понятия этноса. Согласно ему, этнос – это «любое объединение людей, которые сознают свою общность, то есть могут сказать о себе «МЫ» [23]. Таким образом, под понятие этноса здесь уже попадает не только народ или некая этническая общность, как в случае пассионарной теории этногенеза, но и любые образования людей, начиная от политических партий или официальных содружеств и заканчивая фан-клубами или кружками по интересам. Конкуренция ведется с другими сообществами на основании их отличия.

Стоит отметить, что если в вышеупомянутых теориях за основу для выстраивания образа нации или государства брались реальные ситуации или психологические образования, сформированные в процессе развития общества или индивида, то сегодня ситуация меняется. Образы выстраиваются на основании информации, которая не всегда является достоверной. Конкуренция также часто ведется не на основании реального положения дел, а на основании информации о них. Так, некоторые американские политические эксперты активно продвигали версию, что Китай вовсе не преуспевает по экономическим показателям, а лишь завывает их. В то же самое время, Китай указывал на отсутствие доказательств для подобных выводов. Стоит отметить, что эти заявления звучали на фоне так называемой торговой войны между двумя странами. Таких примеров в мировой политике достаточно много, и, как отмечает Дмитрий Фёдорович Мезенцев, часто даже экспертам сложно отличить информацию от «информационного фантома» [24].

Александр Иванович Юрьев, задаваясь вопросом о том, что такое понимание политических явлений, как производных от психологических феноменов, выделил четыре вида понимания. Первый тип – восстановление разрушенной информации: «Практически вся политическая информация предъявляется обществу разрушенной умышленно или по неспособности информатора с ней справиться. Сообщения о политических явлениях

всегда отрывочны, запутаны и могут быть поняты только при способности восстановить их логический порядок и недостающие части».

Второй тип – это воспроизведение предшествующей информации: все политические события имеют некие предпосылки, без которых понимание актуальной информации затруднительно.

Третий тип – предвосхищение последующей информации. Здесь речь идет о некотором политическом прогнозе, который может быть построен при помощи логики и психологической способности соотносить нужную информацию с актуальными событиями.

И, наконец, четвертый тип, который представляет собой реализацию предъявленной информации. Политическая информация, по сути, несет в себе одну ключевую цель – воздействие на поведение. Любая информация подается для последующего практического поведения человека, который является ее получателем.

По мнению А.И. Юрьева, без вышеописанного психологического подтекста, политическая информация представляет собой лишь пустую форму без содержания. Ученый утверждал, что целостная политическая картина мира недоступна для нас именно в связи с недооценкой и не востребованностью ее психологического подтекста [25].

Однако Д.Ф. Мезенцев в своих работах указывает на частое умышленное искажение политической информации и замену ее информационным фантомом. [14]. В некоторых случаях также имеет место определенное искажение информации через призму восприятия индивида.

Откуда же вообще в сознании людей появляется образ конкурентоспособной страны, благодаря чему возникают ее репрезентации? Безусловно, одна из главных ролей принадлежит средствам массовой информации (СМИ). Мезенцев Д.Ф. отмечает, что значение СМИ как важнейшего фактора политического воздействия и политической борьбы достигло своих грандиозных масштабов относительно недавно. Если раньше население стран узнавало о политических изменениях или решениях как о свершившемся факте, то уже с XX в. «...социальные грани в обществе потеряли прежнюю четкость и непреодолимость, СМИ превратились в большинстве развитых стран в едва ли не важнейший инструмент обеспечения политической стратегии (как власти, так и оппозиции)» [24].

Именно поэтому, несмотря на описанное выше влияние культурных и исторических аспектов на восприятие окружающей действительности, можно утверждать, что благодаря весьма единообразной информации, которая всеобща доступна населению большинства государств, и у российских, и у китайских респондентов сформирован общий базис восприятия понятия конкурентоспособности.

Даже несмотря на введенные в ряде стран ограничения, связанные с доступом к информации в Интернете, население, как правило, не испытывает проблем с доступом к мировым новостям и аналитике. По поводу репрезентаций конкурентоспособного государства следует продолжить исследования их различий.

Деятельность МЧС России как внутри страны, так и на международной арене, способствует повышению конкурентоспособности нашего государства и позволяет сотрудникам и работниками МЧС России на его примере в целом положительно оценивать степень отечественной конкурентоспособности.

География российской гуманитарной помощи охватывает около 140 государств, пострадавших от чрезвычайных ситуаций природного характера и военных конфликтов. В 2011 г. отряд Центроспас прошел аттестацию по методологии ИНСАРАГ, получил квалификацию поисково-спасательного отряда «тяжелого» класса, подтвержденную в 2016 г. В этом же году состоялась международная аттестация Сибирского регионального поисково-спасательного отряда МЧС России по квалификации «среднего класса», а аэромобильный госпиталь отряда Центроспас также был квалифицирован по стандартам Всемирной организации здравоохранения с присвоением высокой второй категории и в числе первых

трех стран включен в Глобальный реестр чрезвычайных медицинских бригад. Также идет подготовка к аттестации Дальневосточного регионального поисково-спасательного отряда по квалификации «среднего класса» [26].

Таким образом, современные глобальные проблемы в области конкуренции государств подтверждают необходимость междисциплинарного подхода, в том числе в сравнительных исследованиях, политико-психологических феноменов народов разных государств.

К психологическим аспектам проблемы обращались В. Вундт, З. Фрейд, К. Юнг, Л.Н. Гумилев и ряд современных исследователей.

Использование психологического воздействия на население и, прежде всего, на молодежь с использованием искаженной информации становится политической практикой и оказывает существенное влияние на восприятие степени конкурентоспособности собственного государства своим населением.

Краткий сравнительный анализ понимания идеального образа конкурентоспособного государства российской и китайской молодежью показывает наличие различий, и оно не в пользу российской молодежи.

Деятельность МЧС России подтверждает конкурентоспособный потенциал российского государства и способствует положительному восприятию перспектив конкуренции.

Литература

1. Заседание Государственного совета от 16 сент. 2014 г. URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/46636> (дата обращения: 22.05.2019).
2. МЧС информирует. URL: <https://www.mchs.gov.ru> (дата обращения: 16.06.2019).
3. О государственной программе Российской Федерации «Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечение пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах»: постановление Правительства Рос. Федерации от 15 апр. 2014 г. № 300 (с изм. от 30 марта 2018 г.). URL: <https://www.mchs.gov.ru/dokumenty/postanovleniya-pravitelstva-rf/436> (дата обращения: 28.05.2019).
4. Белик А.А. Культурология: антропологические теории культур. М., 1999. 241 с.
5. Лассуэлл Г.Д. Психопатология и политика: монография; пер. с англ. Т.Н. Самсоновой, Н.В. Коротковой. М.: Изд-во РАГС, 2005. 352 с.
6. Лукин В.Н. Изменение ценностных приоритетов в эпоху цифровой культуры: тенденции политического анализа // Диалог культур и диалог в поликультурном пространстве: консервативные и инновационные ценности в эпоху цифровой культуры: сб. статей X Междунар. науч.-практ. конф. / под. ред. проф. Р.М. Абакаровой и Т.И. Магомедовой. Махачкала, 2018. С. 253–258.
7. Мусиенко Т.В., Лукин В.Н. Концепция глобального управления: новые подходы // Credo new. 2019. № 3 (99). С. 183–193.
8. Рождественская К.В. Перспективы исследования конкурентоспособности государства и ее восприятия гражданами (на примере России и Китая) // Смирновские чтения – 2018: материалы. XVII Междунар. науч.-практ. конф. СПб.: Междунар. банковский ин-т, 2018. С. 214–223.
9. Рождественская К.В. Идеи В. Вундта как основа для психологической работы специалистов силовых структур в процессе регулирования современных национальных конфликтов // Актуальные проблемы психологического обеспечения практической деятельности силовых структур: сб. материалов V Всерос. науч.-практ. конф. специалистов ведомственных психол. и кадровых служб с междунар. участием. СПб.: СЗИУ РАНХиГС, 2016.
10. Hood R.W. The Psychology of Religious Fundamentalism. New York, NY: the Guilford Press. 2005.

11. Lasswell G.D. *Psychopathology and politics*. The University of Chicago Press Chicago and London, 1977. 358 p.
12. *Political Psychology. Contemporary Problems and Issues* / Ed. by M.G. Hermann, S. Francisco; L., 1986. 524 p.
13. Spilka B., Hood R.W., Gorsuch R.L. *The psychology of religion: an empirical approach*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall. 1985.
14. Ариели Дэн. *Поведенческая экономика. Почему люди ведут себя иррационально и как заработать на этом*. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2012. 296 с.
15. Дейнека О.С. Представления о конкурентоспособной стране и конкурентоспособной личности // *Вестник СПбГУ*. 2011. Сер. 12. № 1. С. 49–59.
16. Дейнека О.С. *Психология экономической политики* // *Политическая психология*. СПб., 2012.
17. Вундт В. *Проблемы психологии народов*. М.: Либроком, 2010. 144 с.
18. Геккель Э. *Мировые загадки. Общедоступные очерки монистической философии*. М.: Либроком, 2012. 256 с.
19. Фрейд З. *Тотем и табу*. М.: Азбука, 2012. 256 с.
20. Юнг К.Г. *Структура психики и архетипы*. М., 2009.
21. Гороховатский Л.Ю., Логутова А.В. Субкультурный подход к исследованию дихотомии «обыватель-элитарий» // *Вестник эконом. науч. общества студентов и аспирантов*. 2017. № 48.
22. Гумилев Л.Н. *Этногенез и биосфера Земли*. М.: Айрис-пресс, 2017. 560 с.
23. Зимичев А.М. *Психология политической борьбы*. М., 2010. 160 с.
24. Мезенцев Д.Ф. Психологическое воздействие информационных фантомов // *Вестник политич. психологии*. 2002. № 1 (2). С. 28–31.
25. Юрьев А.И. *Введение в политическую психологию*. СПб., 1992. 227 с.
26. *Международное сотрудничество*. URL: <https://www.mchs.gov.ru/deyatelnost/mezhdunarodnoe-sotrudnichestvo> (дата обращения: 03.07.2019).

References

1. Zasedanie Gosudarstvennogo soveta ot 16 sent. 2014 g. URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/46636> (data obrashcheniya: 22.05.2019).
2. MCHS informiruet. URL: <https://www.mchs.gov.ru> (data obrashcheniya: 16.06.2019).
3. О государственной программе Российской Федерации «Зашита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечение пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах»: постановление Правительства Рос. Федерации от 15 апр. 2014 г. № 300 (с изм. от 30 марта 2018 г.). URL: <https://www.mchs.gov.ru/dokumenty/postanovleniya-pravitelstva-rf/436> (data obrashcheniya: 28.05.2019).
4. Belik A.A. *Kul'turologiya: antropologicheskie teorii kul'tur*. М., 1999. 241 s.
5. Lasswell G.D. *Psihopatologiya i politika: monografiya*; per. s angl. T.N. Samsonovoj, N.V. Korotkovej. М.: Izd-vo RAGS, 2005. 352 s.
6. Lukin V.N. *Izmenenie cennostnyh prioritetov v epohu cifrovoj kul'tury: tendencii politicheskogo analiza* // *Dialog kul'tur i dialog v polikul'turnom prostranstve: konservativnye i innovacionnye cennosti v epohu cifrovoj kul'tury: sb. statej X Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. / pod. red. prof. R.M. Abakarovoï i T.I. Magomedovoï. Mahachkala, 2018. S. 253–258.*
7. Musienko T.V., Lukin V.N. *Koncepciya global'nogo upravleniya: novye podhody* // *Credo new*. 2019. № 3 (99). S. 183–193.
8. Rozhdestvenskaya K.V. *Perspektivy issledovaniya konkurentosposobnosti gosudarstva i ee vospriyatiya grazhdanami (na primere Rossii i Kitaya)* // *Smirnovskie chteniya – 2018: materialy. XVII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. SPb.: Mezhdunar. bankovskij in-t, 2018. S. 214–223.*
9. Rozhdestvenskaya K.V. *Idei V. Vundta kak osnova dlya psihologicheskoy raboty specialistov silovyh struktur v processe regulirovaniya sovremennyh nacional'nyh konfliktov* //

Aktual'nye problemy psihologicheskogo obespecheniya prakticheskoy deyatel'nosti silovyh struktur: sb. materialov V Vseros. nauch.-prakt. konf. specialistov vedomstvennyh psihol. i kadrovyyh sluzhb s mezhdunar. uchastiem. SPb.: SZIU RANHiGS, 2016.

10. Hood R.W. The Psychology of Religious Fundamentalism. New York, NY: the Guilford Press. 2005.

11. Lasswell G.D. Psychopathology and politics. The University of Chicago Press Chicago and London, 1977. 358 p.

12. Political Psychology. Contemporary Problems and Issues / Ed. by M.G. Hermann, S. Francisco; L., 1986. 524 p.

13. Spilka V., Hood R.W., Gorsuch R.L. The psychology of religion: an empirical approach. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall. 1985.

14. Arieli Den. Povedencheskaya ekonomika. Pochemu lyudi vedut sebya irracional'no i kak zarabotat' na etom. M.: Mann, Ivanov i Ferber, 2012. 296 s.

15. Dejneka O.S. Predstavleniya o konkurentosposobnoj strane i konkurentosposobnoj lichnosti // Vestnik SPbGU. 2011. Ser. 12. № 1. S. 49–59.

16. Dejneka O.S. Psihologiya ekonomicheskoy politiki // Politicheskaya psihologiya. SPb., 2012.

17. Vundt V. Problemy psihologii narodov. M.: Librokom, 2010. 144 s.

18. Gekkel' E. Mirovye zagadki. Obshchedostupnye ocherki monisticheskoy filosofii. M.: Librokom, 2012. 256 s.

19. Frejd Z. Totem i tabu. M.: Azbuka, 2012. 256 s.

20. Yung K.G. Struktura psihiki i arhetipy. M., 2009.

21. Gorohovatskij L.Yu., Logutova A.V. Subkul'turnyj podhod k issledovaniyu dihotomii «obyvatel'-elitarij» // Vestnik ekonom. nauch. obshchestva studentov i aspirantov. 2017. № 48.

22. Gumilev L.N. Etnogenez i biosfera Zemli. M.: Ajris-press, 2017. 560 s.

23. Zimichev A.M. Psihologiya politicheskoy bor'by. M., 2010. 160 s.

24. Mezencev D.F. Psihologicheskoe vozdejstvie informacionnyh fantomov // Vestnik politich. psihologii. 2002. № 1 (2). S. 28–31.

25. Yur'ev A.I. Vvedenie v politicheskuyu psihologiyu. SPb., 1992. 227 s.

26. Mezhdunarodnoe sotrudnichestvo. URL: <https://www.mchs.gov.ru/deyatelnost/mezhdunarodnoe-sotrudnichestvo> (data obrashcheniya: 03.07.2019).