

СОДЕРЖАНИЕ

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

Папырин В.В., Сидорова В.К. Радиосвязь в Арктике: история и современность.

Сараев И.В., Бубнов А.Г. Ранжирование предпочтительности выбора различного пожарно-технического оборудования для оснащения подразделений МЧС России на основе комплексного критерия относительной общей пользы

БЕЗОПАСНОСТЬ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

Королева Л.А., Головин С.А., Свидзинская Г.Б. Сравнительный анализ пожарных рисков при железнодорожных перевозках нефтепродуктов в Российской Федерации и Европейском Союзе.

Федоров А.В., Фаргиев М.А., Ловчиков В.А. Возможные причины возникновения чрезвычайных ситуаций на площадке нефтегазового комплекса.

ПОЖАРНАЯ ТАКТИКА, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ

Крутолапов А.С., Коробейникова Е.Г. Анализ отечественных патентов на изобретения 1994–2016 гг. в области создания огнезащитных покрытий.

Чешко И.Д., Мокряк А.Ю., Мокряк А.В. Эволюция методики определения первичности-вторичности короткого замыкания.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫХ ПРОЦЕССОВ

Лабинский А.Ю. Использование нечеткой логики в решении задач классификации.

Бершадский И.А., Згарбул А.В., Халявинская Н.М. Математическая модель зажигания горючих веществ частицами металла, образующимися при коротком замыкании в электропроводке.

Таранцев А.А., Шидловский А.Л., Марасанова К.Н. Об определении помехоустойчивости логических схем систем управления.

Воднев С.А., Матвеев А.В. Многокритериальная система оценки эффективности управления техническим обеспечением аварийно-спасательных служб.

Буйневич М.В., Покусов В.В., Израйлов К.Е. Способ визуализации модулей системы обеспечения информационной безопасности.

Десницкий В.А., Котенко И.В., Рудавин Н.Н. Подход к обеспечению доступности в беспроводных сетях управления в чрезвычайных ситуациях.

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

Латышев О.М., Троянов О.М., Рева Ю.В. Основные направления оптимизации процесса обучения в высшей школе.

Пихконен Л.В., Балобанов А.А., Заступов Д.Е. Формирование психологической устойчивости обучающихся при проведении практической подготовки на полигонах и учебных шахтах.

Лукьянова Е.Л., Меткин М.В., Козлова Ю.В. Специфика использования метафорической куклы-модели в профессиональной подготовке курсантов Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России.

Медведева Л.В., Евдокимов А.С., Константинова А.С. Модель командира младшего начальствующего состава вуза МЧС России

Осипчук И.В., Скрипник И.Л., Воронин С.В. Роль института безопасности жизнедеятельности и научно-педагогического состава кафедры в организации работы с выпускниками

Сведения об авторах

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

РАДИОСВЯЗЬ В АРКТИКЕ: ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОСТЬ

В.В. Папырин, кандидат юридических наук;

В.К. Сидоров.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Работа имеет познавательное значение, в ней представлены интересные данные о советском периоде освоения Арктики и, в частности, создании и использовании государственной системы коротковолновой связи. Интересны факты о становлении и развитии научной школы, оказавшей влияние на развитие отечественной радиопромышленности. Рассматривается состояние системы связи в настоящее время и перспективы развития современной телекоммуникационной инфраструктуры в Арктической зоне Российской Федерации.

Ключевые слова: радиосвязь, Арктика, короткие волны, средние волны, спутниковая связь, прохождение радиоволн, ионосфера

RADIO COMMUNICATION IN THE ARCTIC: HISTORY AND MODERNITY

V.V. Papyrin; V.K. Sidorov.

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

The presented work has cognitive significance, it contains interesting data on the Soviet period of the development of the Arctic and in particular, the creation and use of the state system of HF communication. Interesting facts about the formation and development of a scientific school that has influenced the development of the domestic radio industry. The current state of the communication system and prospects for the development of modern telecommunications infrastructure in the Arctic zone of the Russian Federation are considered.

Keywords: radio communication, Arctic, short waves, medium waves, satellite communication, radio wave propagation, ionosphere

Освоение и развитие Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ) является сегодня одной из стратегической задач развития страны. При этом роль МЧС России, согласно принятой Правительством России Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации [1], заключается в создании комплексной системы природно-техногенной безопасности населения и территорий в АЗРФ. Для этого создаются 10 арктических комплексных аварийно-спасательных центров (АКАСЦ), пять из которых уже функционируют: Мурманский, Архангельский, Воркутинский, Нарьян-Марский и Дудинский АКАСЦ (рис. 1).

В соответствии с решением Коллегии МЧС России 2013 года утверждено, что сеть АКАСЦ представляет собой 10 арктических комплексных аварийно-спасательных центров МЧС России, расположенных на материковой части от Архангельска до поселка Провидения Чукотского автономного округа Арктической зоны Российской Федерации.



Рис. 1. Схема размещения арктических комплексных аварийно-спасательных центров МЧС России

Функции АКАСЦ заключаются в предупреждении и ликвидации последствий возможных чрезвычайных ситуаций (ЧС), оказании помощи при несчастных случаях при дорожно-транспортных происшествиях, в местах охоты и рыбной ловли, спасении туристов и т.д. В связи с особенностями климата и географии, масштабностью и труднодоступностью территорий, для обеспечения эффективности деятельности спасательных формирований МЧС России важнейшим условием является надежная радиосвязь различных видов.

Постоянное повышение активности деятельности человека в арктическом регионе подтверждает особенности обеспечения его безопасности на этой территории. Суровые условия климатических особенностей региона, большие расстояния, отсутствие развитой инфраструктуры налагают на подразделения спасателей особые требования к их профессиональной подготовке и обеспечению современными средствами связи.

При всей масштабности АЗРФ инфраструктура развита точно и слабо заселена, что особенно заметно в восточных областях Российской Федерации, где на многие сотни километров нет населенных пунктов. Это еще раз подтверждает жизненную необходимость отлаженной надежной связи.

Планомерное развитие радиосвязи в Арктике было начато в 30-х гг. прошлого столетия. Важность и необходимость радиосвязи в условиях почти полного отсутствия других видов связи была понята широкой общественностью Советского Союза достаточно четко и ясно. Ряд событий, за которыми следил весь мир, кампания по спасению челюскинцев, успешные экспедиционные рейсы ледоколов «Красин» и «Литке» и других судов, перелеты полярных летчиков, работа первого полярного радиоузла на острове Диксон, – убедительно доказали значительность именно коротковолнового вида связи.

К началу 1935 г. на 43 полярных станциях Советской Арктики было установлено оборудование коротковолновой (КВ) радиосвязи. К концу 1935 г. было открыто еще 14 новых полярных станций, а к концу второй пятилетки (1937 г.) количество полярных станций, обеспечивающих ледовые наблюдения и выполнение научно-исследовательских работ, было доведено до 89. Основной задачей всех полярных станций было обслуживание трассы Северного морского пути и особенно участков Новая Земля – остров Диксон, мыс Челюскин – бухта Нордвик, мыс Шмидта – мыс Уэлен и мыс Дежнева – мыс Наварин. Все станции были связаны между собой сетью КВ-радиосвязи.

Кроме полярных станций, расположенных непосредственно на побережье Северного Ледовитого океана и в прилегающих зонах, были организованы пункты связи в бассейнах рек Печора, Обь, Енисей. Они обслуживали в основном хозяйственные предприятия, оленеводческие совхозы, административно-хозяйственные центры и авиатрассы. Таким образом, к концу 30-х гг., вся сеть неподвижных КВ-радиостанций в Советской Арктике насчитывала более 200 пунктов. Также необходимо учитывать использование подвижных объектов связи (судовых, авиационных и экспедиционных), количество которых, например, в период навигации 1935 г. доходило до 100.

Обмен информацией в радиосетях тех лет рос также очень высокими темпами. И ежегодно увеличивался в 1,5–2 раза. Тогда он оценивался количеством переданных и принятых слов, что сегодня уже неактуально. Тем не менее объем обмена информацией увеличивался быстро вместе с ростом количества радиостанций и пунктов связи. В связи с этим назревала организация системы радиосвязи, которая должна была предотвратить образование «пробок» в продвижении корреспонденции.

До 1934 г. организация радиосвязи в радиосети строилась по схеме, когда каждый мог работать с каждым (рис. 2). Схема была достаточно сложной и, при увеличении количества радиостанций, должна была рано или поздно привести к перегрузкам. Поэтому радиослужба Главсевморпути уже в 1934 г., по директиве О.Ю. Шмидта (начальника Главсевморпути), стала применять узловой принцип построения радиосети (рис. 3). Были сформированы радиостанции третьего разряда (самые маломощные), которые группировались и прикреплялись по радиообмену к радиостанциям второго разряда. В свою очередь, радиостанции второго разряда работали друг с другом и прикреплялись к радиоузлам, откуда получали всю основную информацию.

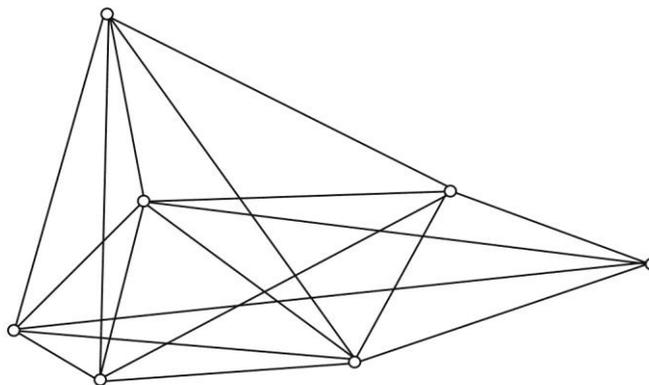


Рис. 2. Схема связи при работе в радиосети до 1934 г.

Радиоузлы обычно имели самые мощные радиостанции и располагались в крупных хозяйственных центрах.

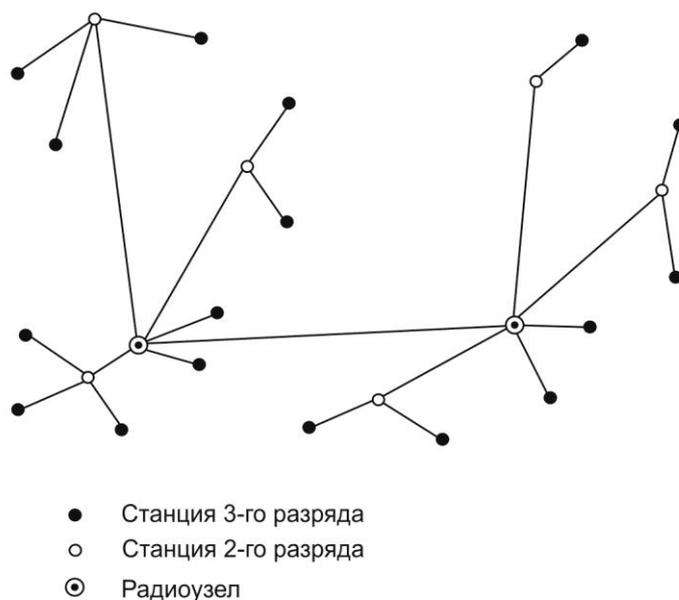


Рис. 3. Узловая схема связи при работе в радиосети

В результате проведения вышеуказанных мероприятий, а также, исходя из перспектив развития Северного морского пути и хозяйственных нужд Советской Арктики, были организованы 12 районов радиосвязи (табл.).

В Москве и г. Якутске были сформированы два мощных радиоцентра с целью объединения всех районов с центральным руководящим органом в Москве. Якутский радиоцентр обеспечивал информацией станции восточных радиоузлов – Челюскин, Тикси, Колыма, Анадырь и Охотско-Колымский район, а также г. Владивосток как основную базу организации экспедиций и отправки судов в Арктику по западному направлению. Московский радиоцентр связал западные радиоузлы – Архангельск, Юшар, Диксон, Игарка, Красноярск, Омск, а также Мурманск как основную базу организации экспедиций и отправки судов в Арктику по восточному направлению. Эти два радиоцентра имели между собой телефонно-телеграфную радиосвязь и могли организовывать трансляцию радиоузлов в режиме реального времени. Таким образом, появилась возможность, например, иметь телефонную связь Москвы с Анадырем (через г. Якутск) или даже г. Мурманска (через Москву) с Владивостоком (через г. Якутск). И даже третьеразрядная радиостанция, например находящаяся на острове Врангеля, могла говорить с Москвой в обе стороны. Для середины 30-х гг. XX столетия это было большим достижением [2].

Основным поставщиком коротковолнового радиопередающего оборудования в то время был завод им. Коминтерна. В 1911 г. по инициативе Морского ведомства Российской империи на базе Кронштадтской мастерской изобретателя радио А.С. Попова было создано Радиотелеграфное депо Морского ведомства – первое российское государственное предприятие в области радиотехники. Оно было призвано, по словам И.К. Григоровича, занимавшего в то время пост морского министра, «совершенствовать и развивать наше русское изобретение». Первые годы деятельности Радиотелеграфного депо тесно связаны с именами выдающихся русских радиоинженеров: А.А. Петровского, В.П. Вологодина, М.В. Шулейкина, Н.Н. Циклинского и многих других. Благодаря их трудам Военно-Морской флот и армия России вступили в Первую мировую войну, будучи оснащенными современными средствами связи российского производства.

Таблица. Районы радиосвязи Главсевморпути

Наименование района	Год создания	Местоположение главного радиопузла	Территория района
Анадырский	1935	г. Анадырь	Восточнее меридиана, лежащего между мысом Шелагским и мысом Шмидта, до Берингова пролива и южнее
Колымский	1936	устье р. Колыма	Восточнее острова Большой Ляховский, а южной границей 68 градус с.ш.
Тиксинский	1935	г. Тикси	Восточнее 115 градуса в.д., а на юге – 70,5 градус с.ш.
Якутский	1936	г. Якутск	Материковая сеть Главсевморпути, примерно в границах Якутской республики
Челюскинский	1936	мыс Челюскин	Восточнее 90 градуса в.д., а на юге – 70,5 градус с.ш. В него вошли полуостров Таймыр с Хатангским нефтяным районом, острова Северной Земли и восточной части Карского моря
Диксонский	1934	о. Диксон	Восточнее 68 градуса в.д., а на юге – 70,5 градус с.ш., но с присоединением к этому району северной половины северной части Новой Земли
Игарский	1936	п. Игарка	Между 68 и 110 градусами в.д., а на юге – 65 градус с.ш.
Юшарский	1936	п. Амдерма	Объединил радиостанции Новой Земли и промышленных пунктов Вайгачского комбината
Красноярский	1936	г. Красноярск	Объединил радиостанции Красноярского территориального управления и Енисейской авиалинии
Омский	1935	г. Омск	Объединил радиостанции Омского территориального управления и Омской авиалинии
Архангельский	1935	г. Архангельск	Объединил радиостанции оленеводческих совхозов Кольского полуострова и Печорского бассейна, а также Радиостанций островов Земли Франца-Иосифа и Шпицбергена
Охотско-Колымский	1937		Объединил участки побережья Охотского моря (авиатрассы) и Южной Колымы

За годы существования на предприятии сформировалась авторитетная научная школа, оказавшая существенное влияние на развитие отечественной радиопромышленности. Здесь работали лучшие технические специалисты своего времени, в том числе М.М. Бонч-Бруевич, А.А. Расплетин, Ю.А. Нефедьев, Н.Н. Пальмов, А.Л. Минц, Б.В. Брауде, А.И. Лебедев-Карманов и др. В советский период предприятие как головной институт НПО им. Коминтерна было одним из основных разработчиков и изготовителей аппаратуры связи для армии, флота, других силовых ведомств и правительственных заказчиков.

Перед заводом им. Коминтерна ставились задачи по разработке и внедрению в сжатые сроки технологий надежной радиосвязи для работы в условиях Крайнего Севера, отвечающих мировым стандартам. Эти задачи были выполнены: к 1930 г. были разработаны, произведены и установлены 50 береговых и более 250 судовых радиостанций; началось использование коротких волн для связи с судами на больших расстояниях. Начиная с 1933 г. все советские суда дальнего плавания оснащались КВ-радиостанциями производства завода им. Коминтерна.

На архипелаге Шпицберген в 1933 г. была смонтирована мощная 100 кВт КВ-радиостанция для связи с Большой землей Государственного предприятия «Арктикуголь» – первая в Арктике радиостанция такой мощности.

Тогда же была поставлена весьма ответственная задача разработки радиоаппаратуры для единой системы перевооружения флота («Блокада-1»). За три года была создана совершенно новая радиоаппаратура (семь типов передатчиков и пять типов приемников для кораблей различного класса), находившаяся на очень высоком для своего времени техническом уровне. Создание систем радиовооружения кораблей «Блокада-1» и «Блокада-2» впоследствии позволило успешно управлять военно-морскими силами во время Великой Отечественной войны, в том числе на Северном флоте и при проводке полярных конвоев с грузами по ленд-лизу.

Усилиями многих отечественных предприятий и научных институтов, включая ОАО «РИМР», в СССР (с конца 30-х гг. и к середине 70-х гг.) была создана разветвленная сеть КВ-радиосвязи по всей стране, включая Советское Заполярье. На Крайнем Севере работали мощные КВ-передатчики производства НПО им. Коминтерна, обеспечивавшие надежную связь Арктики с Большой землей. Все гидрометеорологические станции Заполярья имели свои КВ-передатчики, существовала отлаженная система КВ-радиосвязи, обеспечивавшая проход судов по Северному морскому пути. КВ-радиосвязью поддерживалась безопасность и нормальная работа многочисленных геологических и полярных экспедиций.

Таким образом, сложилась и успешно функционировала государственная система КВ-радиосвязи, и Советский Союз тратил немалые средства на поддержание ее в рабочем состоянии, на ее планомерную модернизацию и техническое переоснащение.

В настоящее время сохранилась и используется ведомственная КВ-радиосвязь Министерства обороны, пограничной службы и других силовых ведомств, МЧС России, РЖД, ФГУП «ОрВД», Росгидромета и пр. При этом каждое ведомство, объективно заинтересованное в развитии надежных средств радиосвязи, вынуждено самостоятельно создавать и поддерживать собственные КВ-сети, которые не являются сетями общего пользования и не скоординированы между собой. В то же время почти 70 % территории России составляют удаленные труднодоступные и малонаселенные районы, нуждающиеся в современной телекоммуникационной инфраструктуре.

В сложившихся современных условиях самым надежным видом связи, безусловно, является спутниковая связь. На сегодняшний день услуги спутниковой связи, в том числе в арктическом регионе, предоставляют провайдеры «Иридиум» и INMARSAT. Однако высокая стоимость предоставляемых услуг связи не позволяет использовать их повсеместно и в больших объемах. Второй серьезной причиной отказа от глобального использования услуг спутниковой связи западных провайдеров является сложившаяся в настоящее время мировая геополитическая обстановка. Политика санкций западных государств в адрес Российской Федерации может помешать планомерному развитию АЗРФ в ближайшей перспективе.

Волоконно-оптические линии с учетом специфики Арктики: сурового климата, огромных расстояний, малой плотности населения и очагового характера хозяйственной деятельности – не могут применяться повсеместно.

В лучшем случае – это вариант оснащения потребителей волоконно-оптическими линиями внутри поселков и городов.

Между тем существуют регионы (в Арктике, на севере Сибири и в Якутии, на Дальнем Востоке), где множество населенных пунктов сегодня не имеют никакой связи, кроме фельдъегерской.

Востребованность КВ-радиосвязи с учетом поставленных задач освоения арктического региона очевидна. Так складывается, что России, спустя 80 лет после начала масштабного освоения Арктики, приходится «развивать и осваивать» ее заново.

Понадобилось более 20 лет на осознание значения единой государственной сети КВ-радиосвязи для решения национальных стратегических задач на Крайнем Севере.

Современная цифровая КВ-радиосвязь в условиях Крайнего Севера отличается такими достоинствами, как надежность и устойчивость, высокая защищенность информации и высокая пропускная способность, мобильность и доступность. Качество связи (передачи речи, графической и текстовой информации) хорошее. Нельзя не отметить и очевидную экономическую эффективность построения сети КВ-радиосвязи в сравнении с другими видами связи, где требуются значительные затраты на создание инфраструктуры.

Развитию этого вида связи в России сегодня уделяется незаслуженно мало внимания, в то время как, например, в США существует национальная сеть КВ-радиосвязи, в которую входят более 1 000 приемных и передающих радиостанций гражданских и силовых ведомств на территории страны. Кроме того, действует Глобальная КВ-система связи США (High Frequency Global Communication System), обеспечивающая управление всеми структурами вооруженных сил США в любом районе мира [3].

КВ-радиосвязь в настоящее время используется в качестве резервной в системе мирового гражданского морского флота, однако в Вооруженных Силах Российской Федерации является одним из основных видов связи. При всех ее преимуществах, она обеспечивает обмен информацией на средних, длинных и сверхдлинных трассах от нескольких сотен до нескольких тысяч километров. Однако на ближних расстояниях КВ-радиосвязь не может быть использована по причине наличия так называемых «мертвых зон», участков, которые «перепрыгивает» ионосферная волна и, уже, не достает земная. Обычно это расстояния от 50 до 200–300 км.

Ультракоротковолновая радиосвязь (УКВ) обеспечивает обмен информацией на ближних расстояниях, дальность ее сильно зависит от рельефа местности. Обычно это не более 25–30 км.

Еще одной серьезной проблемой арктического региона с точки зрения обеспечения устойчивой радиосвязи является близость электромагнитной шапки Земли или, другими словами, – северного и южного полюсов Земли. Именно они больше всего подвержены влиянию магнитных возмущений на Солнце. Магнитные бури вызывают более сильную ионизацию ионосферы в приполярных регионах, чем в средних широтах. В такие периоды времени отражающие слои ионосферы уже будут не отражать, а поглощать радиоволны. В связи с этим радиосвязь на КВ-диапазонах может отсутствовать от нескольких дней до недели.

Средние волны гораздо меньше подвержены зависимости от влияния магнитных бурь на атмосферу Земли. Именно эта их особенность позволяет, в перспективе, использовать средневолновую радиосвязь в Арктике.

В настоящее время средние волны используются в речной и морской радиосвязи для обеспечения безопасности, в авиации для привода воздушных судов, а также в индустрии радиовещания. Опыт использования средневолнового оборудования для организации радиосвязи с мобильными объектами отсутствует по причине отсутствия самого оборудования средневолновой радиосвязи малой мощности (до 100 ватт).

В марте–апреле 2016 г., под руководством почетного полярника России В.А. Чукова, состоялась полярная экспедиция-автопробег «Великий Северный путь 2016», в которой принимал участие спасатель Арктического спасательного научно-учебного центра «Вытегра» И.В. Кокин. Постоянные эксперименты с разными видами радиосвязи в ходе проведения экспедиции подтвердили надежность УКВ-радиосвязи на ближних расстояниях и КВ-радиосвязи на дальних и частично средних расстояниях. Проблемной была зона радиосвязи на участках протяженностью от 20 до 300 км. Кроме этого, серьезную проблему представляла близость полярной магнитной шапки Земли, которая в периоды ее магнитных возмущений, связанных с активной деятельностью Солнца, очень часто полностью блокировала возможность проведения радиосвязи на КВ-диапазонах [4].

В тяжелых климато-географических условиях жизнедеятельности населения в арктическом регионе радиосвязь диапазона средних волн может стать одним из возможных каналов обмена информацией как на ближних, так и на средних расстояниях до 200–300 км [5].

Создаваемым в арктическом регионе АКАСЦ требуется надёжная и постоянная связь для выполнения поставленных задач по обеспечению поисково- и аварийно-спасательных работ. Зоны ответственности арктических спасательных центров очень часто не совпадают с административным делением, да и в самих административных субъектах существуют свои спасательные подразделения. Поэтому, с целью предотвращения дублирования, для АКАСЦ выделяются территории в соответствии с физической оперативной возможностью обеспечения на них режима безопасности жизнедеятельности населения. Однако именно на таких удаленных территориях, как указывалось выше, обычно отсутствует любая связь, за исключением спутниковой. Именно там могут происходить такие ситуации, когда спасти будет необходимо уже самих спасателей. И здесь востребованность связи возрастает в разы.

Литература

1. Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года. URL: <http://government.ru/info/18360/> (дата обращения: 23.04.2018).
2. Воробьев А.В. Организация радиосвязи в Арктике // Советская Арктика. 1935. № 3 (октябрь). С. 37–41.
3. Кильдишева О.Э. ОАО «РИМР»: опыт и инновации на службу государству. URL: <http://www.computer-museum.ru/articles/predpriyatiya-i-firmy/227/> (дата обращения: 23.04.2018).
4. Великий Северный путь 2016: Отчет о НИР (заключительный) / рук. С.Г. Рекунов. СПб., 2016. 49 с.
5. Протокол натурных испытаний дальности радиосвязи в средневолновом диапазоне частот на реальной радиотрассе. Воркута, 2017.

References

1. Strategiya razvitiya Arkticheskoy zony Rossijskoj Federacii i obespecheniya nacional'noj bezopasnosti na period do 2020 goda. URL: <http://government.ru/info/18360/> (data obrashcheniya: 23.04.2018).
2. Vorob'ev A.V. Organizaciya radiosvyazi v Arktike // Sovetskaya Arktika. 1935. № 3 (oktyabr'). S. 37–41.
3. Kil'disheva O.Eh. OAO «RIMR»: opyt i innovacii na sluzhbu gosudarstvu. URL: <http://www.computer-museum.ru/articles/predpriyatiya-i-firmy/227/> (data obrashcheniya: 23.04.2018).
4. Velikij Severnyj put' 2016: Otchet o NIR (zaklyuchitel'nyj) / ruk. S.G. Rekunov. SPb., 2016. 49 s.
5. Protokol naturnyh ispytaniy dal'nosti radiosvyazi v srednevolnovom diapazone chastot na real'noj radiotrasse. Vorkuta, 2017.

РАНЖИРОВАНИЕ ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНОСТИ ВЫБОРА РАЗЛИЧНОГО ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОСНАЩЕНИЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ МЧС РОССИИ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО КРИТЕРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ОБЩЕЙ ПОЛЬЗЫ

И.В. Сараев;

А.Г. Бубнов, доктор химических наук, доцент.

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Рассматривается покомпонентный анализ комплексного критерия относительной общей пользы с подробным разбором алгоритма ранжирования пожарно-технического вооружения. Представлена общая схема реализации алгоритма выбора предпочтительного оборудования с целью дальнейшего оснащения (переоснащения) пожарно-спасательных подразделений МЧС России.

Ключевые слова: выбор, общая польза, средства индивидуальной защиты органов дыхания, вероятность отказа, надёжность

RANKING OF PREFERENCE OF THE SELECTION OF VARIOUS FIRE-TECHNICAL EQUIPMENT FOR THE DEPARTMENTS OF EMERCOM OF RUSSIA ON THE BASIS OF COMPLEX CRITERIA OF RELATIVE GENERAL BENEFIT

I.V. Saraev; A.G. Bubnov.

Ivanovo fire and rescue academy of State fire service of EMERCOM of Russia

The article explores the componentwise analysis of a complex criteria of relative general benefit with detailed analysis of the algorithm for ranking of fire-technical equipment. The general scheme of selection the preferred fire fighting equipment is presented with the purpose of technical equipment (re-equipment) of the departments of EMERCOM of Russia.

Keywords: choice, general benefit, personal respiratory protective equipment, probability of failure, reliability

Государственная политика общественной безопасности в Российской Федерации, утверждённая Президентом Российской Федерации 14 ноября 2013 г. № Пр-2685, определяет необходимость обеспечения безопасности граждан на объектах транспорта. Результативность действий по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС) напрямую зависит от оперативности реагирования соответствующих подразделений МЧС России. Наряду с этим, федеральная целевая программа «Повышение безопасности дорожного движения в 2013–2020 годах» [1] и «Стратегия развития системы МЧС России на период до 2030 года» [2], предусматривают необходимость обеспечения подразделений МЧС России современными образцами пожарной техники, а также другим имуществом. Что обеспечит надлежащее выполнение задач по направлениям деятельности, в том числе и для ликвидации последствий ЧС на объектах транспорта. В данной статье под техническим оснащением (переоснащением) будем понимать комплекс мероприятий по анализу обстановки с материально-техническим обеспечением подразделений МЧС России (пожарно-спасательных подразделений (ПСП) средствами индивидуальной защиты органов дыхания и зрения пожарных (СИЗОД) с учётом условий их эксплуатации, а также технического состояния.

Вопросу выбора и/или определения предпочтительности различных технических изделий и систем посвящено множество научных работ отечественных и зарубежных исследователей [3–10], где в качестве критериев предлагается использовать различные показатели от времени выполнения базовых операций до расчёта коэффициента оперативной готовности. Причём при заданных тем или иным способом параметрах для обоснования рациональных действий чаще всего для лица, принимающего решение (ЛПР), рекомендуется применение одного из следующих критериев [11]: максиминного (критерий Вальда), минимаксного (критерий Сэвиджа), пессимизма-оптимизма (критерий Гурвица) или критерия Байеса-Лапласа.

Задача выбора предпочтительного СИЗОД для оснащения (переоснащения) подразделений МЧС России может быть решена путём использования обобщённой (или адаптивной), изложенной ранее в работе [12], методики. Ключевым элементом методики является процедура ранжирования СИЗОД в порядке предпочтительности для оснащения (переоснащения). Отметим, что в настоящей работе для формализованного описания предпочтительности выбора того или иного СИЗОД использовался комплексный критерий относительной общей пользы, основанный на модификации критерия Вальда. Ранее, в работах [13, 14], было показано, что подобная модификация, когда критериями оптимальности являются:

$$W = \frac{V}{G + B}; \quad (1)$$

$$W \rightarrow \max; (G + B) \rightarrow \min, \quad (2)$$

где W – относительная общая польза (оправданность деятельности), приносимая объектом исследования; V – общая польза, приносимая объектом (социально-экономический показатель); G – затраты, идущие на снижение уровня риска (экономический показатель); B – уровень риска (надёжностно-социальный показатель, представленный в экономической форме), позволяет ЛПР выбрать то или иное оборудование/метод для удаления поллютанта из очищаемой среды.

Отметим, что формула (1) является видоизменённой версией предложенного в работе [15] критерия «чистой пользы» ($W^* = V - (G + B) > 0$), поскольку, как правило [13, 14], в таком представлении величина «чистая польза» (W^*) получается отрицательной (V часто меньше суммы G и B), что не позволяет осуществлять успешное ранжирование. Поэтому определение предпочтительности выбора СИЗОД осуществлялось именно на основе комплексного критерия относительной общей пользы W (формулы (1, 2), когда в рамках данной задачи под предпочтительностью выбора понимался выбор СИЗОД из имеющихся вариантов (двух или более) по одному или нескольким критериям.

Предполагается, что имеющееся множество вариантов (альтернатив) подчиняется условию:

$$\begin{aligned} x_i &\in X \\ i &= 2, 3, \dots, n, n \geq 2 \end{aligned}$$

В свою очередь, множество критериев представлялось как:

$$\begin{aligned} k_i &\in K \\ i &= 1, 2, 3, \dots, m, m \geq 1 \end{aligned}$$

Ранжирование вариантов (альтернатив) выбора СИЗОД осуществлялось в соответствии с условием:

$$R(X) \subset \max_{x \in X} K(X) \quad (3)$$

где $K(X)$ рассчитывался по формуле (1) ($K(X)=W(X)$).

Таким образом, для определения предпочтительности выбора СИЗОД на основе комплексного критерия относительной общей пользы и реализации условия (3) следует найти значения надёжностных, экономических и социальных показателей, наиболее полно его характеризующих.

За величину предотвращённого ущерба V от потери работоспособности СИЗОД может быть принят показатель статистической стоимости жизни (ССЖ). Ввиду того, что за V принимается такое деструктивное событие, в результате которого может последовать гибель пострадавшего, а также и газодымозащитника. Критерий ССЖ впервые был предложен Научно-исследовательским институтом экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина [13]:

$$V = ССЖ = ВВП \cdot \frac{T_{cp}}{N}$$

где $ВВП$ – валовый внутренний продукт, руб. (для субъектов Российской Федерации это валовый региональный продукт – $ВРП$); T_{cp} – средняя по субъекту Российской Федерации продолжительность жизни населения; N – общее число граждан, проживающих в рассматриваемом субъекте Российской Федерации.

В качестве уровня издержек, идущих на снижение и предотвращение риска G , рассматривалась полная стоимость проведения ремонта и технического обслуживания рассматриваемого СИЗОД, а также стоимость приобретения нового оборудования.

Количественно значение B , может быть представлено как статистически ожидаемый ущерб от негативного события [11, 15] и представляться как:

$$B = Q \cdot V$$

По статистическим данным эксплуатации СИЗОД, вероятность отказа Q рассчитывается по формуле [17, 18]:

$$Q = 1 - \frac{N_0 - n(t)}{N_0}$$

где N_0 – количество работоспособных объектов (СИЗОД) в начале исследуемого периода; $n(t)$ – количество отказавших объектов (СИЗОД) за исследуемый период.

Смоделируем и разберём ситуацию, в которой ЛПР необходимо выбрать из всей полноты представленного на современном рынке аварийно-спасательных средств СИЗОД, отвечающие всем требованиям ГОСТ Р [18–21] и имеющие сертификат соответствия (Раздел VII [22]). Помимо этого, ЛПР зачастую предъявляет дополнительные требования, такие как условия эксплуатации, системы ТО и ремонта и др.

При этом ЛПР может основываться на собственном опыте (то есть воспользоваться эвристическим методом [11]) или использовать предлагаемый методический подход, общая схема реализации которого представлена на рис. 1. Данный подход способен по объективным показателям (статистические данные, характеризующие СИЗОД) наглядно представить эффективность (пользу) того или иного СИЗОД к эксплуатации в конкретном субъекте Российской Федерации.



Рис. 1. Общая схема выбора предпочтительного СИЗОД

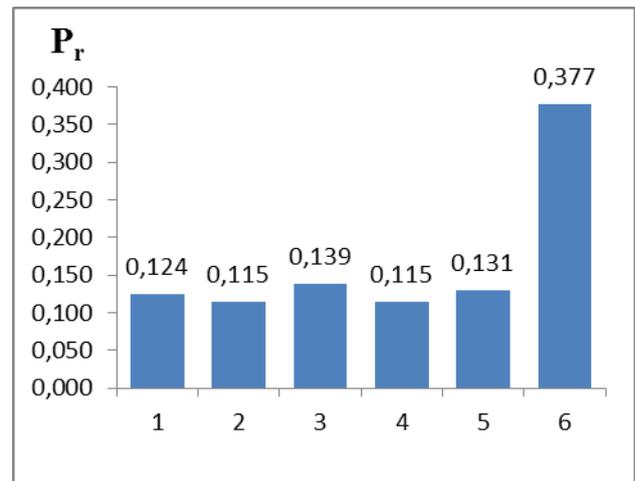
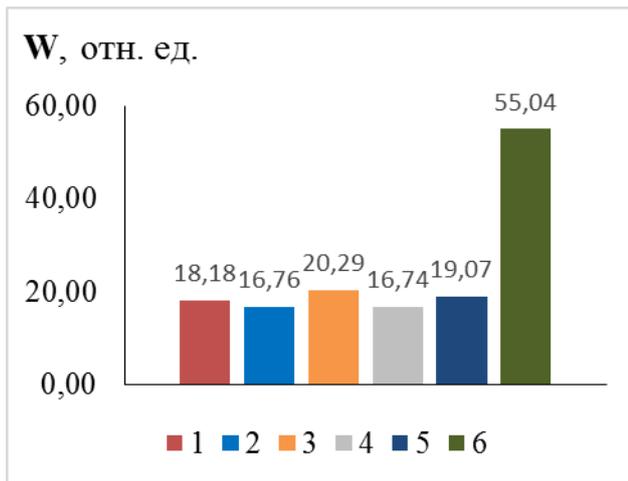
При данном подходе на первом этапе проводится сбор статистических данных об оснащении, а также об отказах в работе рассматриваемых видов (моделей) СИЗОД, применяемых в ПСП МЧС России. На втором этапе осуществляется обработка и анализ полученных данных, а также оценка их полноты. В случае недостаточности исходных данных необходимо повторно выполнить первый этап, в случае достаточности – перейти к следующему. На третьем этапе выполняется расчёт комплексного критерия относительной общей пользы (пример представления результатов представлен на рис. 2), учитывающего надёжностные, экономические и социальные характеристики эксплуатации СИЗОД. На четвёртом этапе осуществляется ранжирование полученных результатов показателя относительной общей пользы (как показано на рис. 3) в зависимости от условия (3). На завершающем пятом этапе и выдаётся рекомендация для ЛПП в соответствии с результатом ранжирования, которую можно использовать в качестве обоснования предпочтительности для технического оснащения подразделений МЧС России.

Полученные при помощи предлагаемого комплексного критерия результаты можно представить в нормализованной весовой (ранговой) шкале, которая задаётся множеством предпочтительности P_r :

$$P_r = \{p_{r1}; p_{r2}; p_{rn}\} \rightarrow \sum_{i=1}^n p_{ri} = 1$$

И нормализуется по формуле:

$$x_i = \frac{P_{ri}}{\sum_{i=1}^n P_{ri}} \quad (4)$$



а)

б)

Рис. 2. Результаты расчёта комплексного критерия относительной общей пользы применения различных СИЗОД в ПСП МЧС России Нижегородской области представленные в: а) в расчётном виде (по формуле (1)); б) в весовой (ранговой) шкале (расчёты по формуле (4))
 1 – ПТС «Профи-М»; 2 – ПТС «Профи»; 3 – ПТС «Базис»; 4 – АП «Омега»;
 5 – АП-2000; 6 – «MSA AirGo»

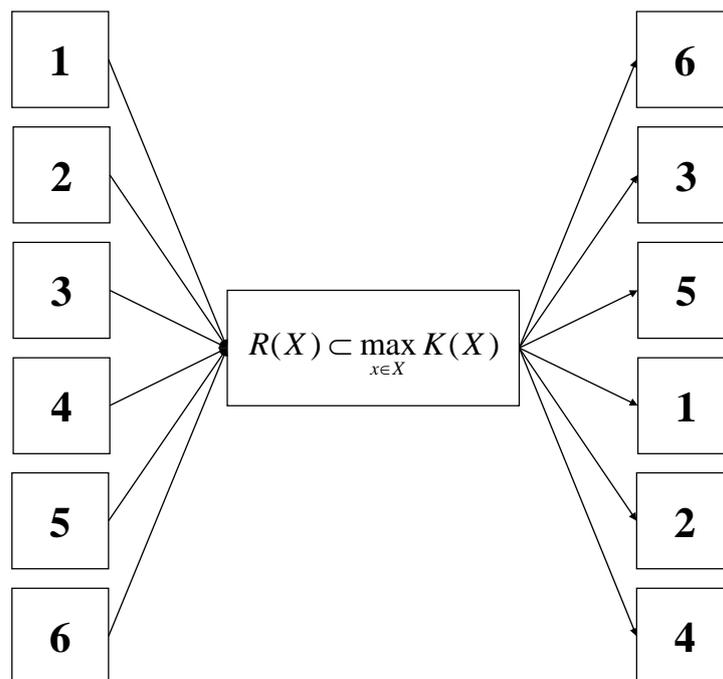


Рис. 3. Процедура ранжирования полученных значений относительной общей пользы

Таким образом, представленные на рис. 2 и 3 данные могут быть использованы в процессе выбора (определения предпочтительного) ЛПР при планировании технического оснащения (переоснащения) ПСП, так как они наглядно демонстрируют предпочтительность выбора и адаптивность рассматриваемых вариантов СИЗОД к условиям эксплуатации в конкретном субъекте Российской Федерации.

Наравне с этим произведённый покомпонентный анализ комплексного критерия относительной общей пользы эксплуатации СИЗОД позволяет реализовать процедуру ранжирования вариантов (альтернатив) выбора других видов пожарно-технического вооружения/оборудования.

Отметим, что рассматриваемый в статье комплексный критерий опирается на реальные статистические данные эксплуатации СИЗОД с учётом конкретных сведений по его безотказности в том или ином субъекте Российской Федерации. Таким образом, на основе реальных данных по эксплуатационным затратам, а также значениям показателей надёжности СИЗОД, можно довольно быстро подобрать наиболее предпочтительный вариант с учётом особенностей эксплуатации в любом субъекте Российской Федерации.

Литература

1. О федеральной целевой программе «Повышение безопасности дорожного движения в 2013–2020 годах»: постановление Правительства Рос. Федерации от 3 окт. 2013 г. № 864 (с изм. от 13 дек. 2017 г.). Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».
2. Об утверждении Стратегии развития гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечения пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах на период до 2030 года: проект Указа Президента Рос. Федерации (подготовлен МЧС России 20 апр. 2018 г.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
3. Ingargiola G.P., Korsh J.F. Reduction algorithm for zero-one single knapsack problems // *Management Science*. 1973. Vol. 20. pp. 460–463.
4. Psarros G., Skjong R., Eide M.S. The acceptability of maritime security risk // *Journal of Transportation Security*. 2009. Vol. 2. Issue 4. pp. 149–163.
5. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий: пер. с англ. Р.Г. Вачнадзе. М.: Радио и связь, 1993. 278 с.
6. Ранжирование вариантов переоснащения парка основных пожарных автомобилей на основе критерия оперативной готовности / В.В. Роечко [и др.] // *Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация*. 2018. № 2. С. 49–54.
7. Роечко В.В., Тараканов Д.В., Шкунов С.А. Методика оценки уровня переоснащения подразделений МЧС России на примере субъектов Северо-Кавказского регионального центра МЧС России // *Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация*. 2015. № 3. С. 31–36.
8. Одинцов Л.Г., Тодосейчук С.П., Парамонов В.В. Сравнительная оценка эффективности ГАСИ // *Противопожарные и аварийно-спасательные средства*. 2005. № 3.
9. Филановский А.М., Иванов А.Н., Поляков А.С. Сужение неопределенностей экспертных оценок эффективности гидравлического аварийно-спасательного инструмента // *Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России»*. 2013. № 2. С. 29–35.
10. Малыгин И.Г. Методы принятия решений при разработке сложных пожарно-технических систем: монография. СПб.: С.-Петербур. ун-т ГПС МЧС России, 2007. 288 с.
11. Белов П.Г. Управление рисками, системный анализ и моделирование. в 3-х т. Т. 1: Учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры. М.: Изд-во Юрайт, 2015. 460 с.
12. Сараев И.В., Бубнов А.Г. Методика обоснования выбора и совершенствования технического оснащения подразделений МЧС России для ликвидации чрезвычайных ситуаций на транспорте // *Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России»*. 2017. № 2. С. 15–20.
13. Методология выбора способа очистки воды от органических соединений с использованием параметров экологического риска / А.Г. Бубнов [и др.] // *Известия высших учебных заведений. Сер.: Химия и химическая технология*. 2007. № 8. С. 89–93.
14. Применение критериев риска для выбора методов очистки воздуха от формальдегида / А.Г. Бубнов [и др.] // *Надёжность и долговечность машин и механизмов: сб. материалов III Межвуз. науч.-практ. семинара*. Иваново: ИВИ ГПС МЧС России, 2012. С. 61–66.
15. Измалков В.И. Методика системного анализа источников радиационной опасности, прогнозирования и оценки радиационной обстановки и уровней риска. СПб.: РАН, С.-Петербур. науч.-иссл. центр экол. безопасн., 1994. 78 с.

16. Леликов О.П. Основы расчёта и проектирования деталей и узлов машин. Конспект лекций по курсу «Детали машин». М.: Машиностроение, 2007. 464 с.
17. ГОСТ 27.301–95. Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения. Межгосударственный стандарт. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. 13 с.
18. ГОСТ Р 53255–2009. Техника пожарная. Аппараты дыхательные со сжатым воздухом с открытым циклом дыхания. Общие технические требования. Методы испытаний. Национальный стандарт Рос. Федерации. М.: Стандартинформ, 2009. 42 с.
19. ГОСТ Р 53256–2009. Техника пожарная. Аппараты дыхательные со сжатым кислородом с замкнутым циклом дыхания. Общие технические требования. Методы испытаний. Национальный стандарт Рос. Федерации. М.: Стандартинформ, 2009. 40 с.
20. ГОСТ Р 53257–2009. Техника пожарная. Лицевые части средств индивидуальной защиты органов дыхания. Методы испытаний. Национальный стандарт Рос. Федерации. М.: Стандартинформ, 2009. 20 с.
21. ГОСТ Р 53258–2009. Техника пожарная. Баллоны малолитражные для аппаратов дыхательных и самоспасателей со сжатым воздухом. Общие технические требования. Методы испытаний. Национальный стандарт Рос. Федерации. М.: Стандартинформ, 2009. 16 с.
22. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».

References

1. О federal'noj celevoj programme «Povyshenie bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v 2013-2020 godah»: postanovlenie Pravitel'stva Ros. Federacii ot 3 okt. 2013 g. № 864 (s izm. ot 13 dek. 2017 g.). Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Garant».
2. Ob utverzhdenii Strategii razvitiya grazhdanskoj oborony, zashchity naseleniya i territorij ot chrezvychajnyh situacij, obespecheniya pozharnoj bezopasnosti i bezopasnosti lyudej na vodnyh ob"ektah na period do 2030 goda: proekt Ukaza Prezidenta Ros. Federacii (podgotovlen MCHS Rossii 20 apr. 2018 g.). Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
3. Ingargiola G.P., Korsh J.F. Reduction algorithm for zero-one single knapsack problems // Management Science. 1973. Vol. 20. pp. 460–463.
4. Psarros G., Skjong R., Eide M.S. The acceptability of maritime security risk // Journal of Transportation Security. 2009. Vol. 2. Issue 4. pp. 149–163.
5. Saati T. Prinyatie reshenij. Metod analiza ierarhij: per. s angl. R.G. Vachnadze. M.: Radio i svyaz', 1993. 278 s.
6. Ranzhирование вариантов pereosnashcheniya parka osnovnyh pozharnyh avtomobilej na osnove kriteriya operativnoj gotovnosti / V.V. Roenko [i dr.] // Pozhary i chrezvychajnye situacii: predotvrashchenie, likvidaciya. 2018. № 2. S. 49–54.
7. Roenko V.V., Tarakanov D.V., Shkunov S.A. Metodika ocenki urovnya pereosnashcheniya podrazdelenij MCHS Rossii na primere sub"ektov Severo-Kavkazskogo regional'nogo centra MCHS Rossii // Pozhary i chrezvychajnye situacii: predotvrashchenie, likvidaciya. 2015. № 3. S. 31–36.
8. Odincov L.G., Todosejchuk S.P., Paramonov V.V. Sravnitel'naya ocenka ehffektivnosti GASI // Protivopozharnye i avarijno-spasatel'nye sredstva. 2005. № 3.
9. Filanovskij A.M., Ivanov A.N., Polyakov A.S. Suzhenie neopredelennostej ehkspertnyh ocenok ehffektivnosti gidravlicheskogo avarijno-spasatel'nogo instrumenta // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2013. № 2. S. 29–35.
10. Malygin I.G. Metody prinyatiya reshenij pri razrabotke slozhnyh pozharo-tekhnicheskikh sistem: monografiya. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2007. 288 s.
11. Belov P.G. Upravlenie riskami, sistemnyj analiz i modelirovanie. v 3-h t. T. 1: Uchebnik i praktikum dlya bakalavriata i magistratury. M.: Izd-vo Yurajt. 2015. 460 s.
12. Saraev I.V., Bubnov A.G. Metodika obosnovaniya vybora i sovershenstvovaniya tekhnicheskogo osnashcheniya podrazdelenij MCHS Rossii dlya likvidacii chrezvychajnyh situacij

na transporte // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2017. № 2. S. 15–20.

13. Metodologiya vybora sposoba ochistki vody ot organicheskikh soedinenij s ispol'zovaniem parametrov ehkologicheskogo riska / A.G. Bubnov [i dr.] // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Ser.: Himiya i himicheskaya tekhnologiya. 2007. № 8. S. 89–93.

14. Primenenie kriteriev riska dlya vybora metodov ochistki vozduha ot formal'degida / A.G. Bubnov [i dr.] // Nadyozhnost' i dolgovechnost' mashin i mekhanizmov: sb. materialov III Mezhvuz. nauch.-prakt. seminar. Ivanovo: IvI GPS MCHS Rossii. 2012. S. 61–66.

15. Izmalkov V.I. Metodika sistemnogo analiza istochnikov radiacionnoj opasnosti, prognozirovaniya i ocenki radiacionnoj obstanovki i urovnej riska. SPb.: RAN, S.-Peterb. nauch.-issl. centr ehkol. bezopasn., 1994. 78 s.

16. Lelikov O.P. Osnovy raschyota i proektirovaniya detalej i uzlov mashin. Konspekt lekcij po kursu «Detali mashin». M.: Mashinostroenie, 2007. 464 s.

17. GOST 27.301–95. Nadezhnost' v tekhnike. Raschet nadezhnosti. Osnovnye polozheniya. Mezhgosudarstvennyj standart. M.: IPK Izd-vo standartov, 2002. 13 s.

18. GOST R 53255–2009. Tekhnika pozharnaya. Apparaty dyhatel'nye so szhatym vozduhom s otkrytym ciklom dyhaniya. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya. Metody ispytanij. Nacional'nyj standart Ros. Federacii. M.: Standartinform, 2009. 42 s.

19. GOST R 53256–2009. Tekhnika pozharnaya. Apparaty dyhatel'nye so szhatym kislородом s zamknutym ciklom dyhaniya. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya. Metody ispytanij. Nacional'nyj standart Ros. Federacii. M.: Standartinform, 2009. 40 s.

20. GOST R 53257–2009. Tekhnika pozharnaya. Licevye chasti sredstv individual'noj zashchity organov dyhaniya. Metody ispytanij. Nacional'nyj standart Ros. Federacii. M.: Standartinform, 2009. 20 s.

21. GOST R 53258–2009. Tekhnika pozharnaya. Ballony malolitrazhnye dlya apparatov dyhatel'nyh i samospasatelej so szhatym vozduhom. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya. Metody ispytanij. Nacional'nyj standart Ros. Federacii. M.: Standartinform, 2009. 16 s.

22. Tekhnicheskij reglament o trebovaniyah pozharnoj bezopasnosti: Feder. zakon ot 22 iyulya 2008 g. № 123-FZ. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Garant».

БЕЗОПАСНОСТЬ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОЖАРНЫХ РИСКОВ ПРИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕВОЗКАХ НЕФТЕПРОДУКТОВ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И ЕВРОПЕЙСКОМ СОЮЗЕ

**Л.А. Королева, кандидат технических наук, доцент;
С.А. Головин;
Г.Б. Свидзинская, кандидат химических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрена роль железнодорожного транспорта при доставке нефтепродуктов. Представлена структура перевозок. Проведен сравнительный анализ пожарных рисков при обращении нефтепродуктов в Российской Федерации и странах Европейского Союза. Обоснована необходимость взаимодействия между странами в области обеспечения пожарной безопасности при транспортировке нефтепродуктов железнодорожным транспортом.

Ключевые слова: нефть, нефтепродукты, железнодорожный транспорт, пожар, взрыв, пожарный риск, таксономический анализ

COMPARATIVE ANALYSIS OF FIRE RISKS IN RAIL TRANSPORT OF PETROLEUM PRODUCTS IN THE RUSSIAN FEDERATION AND THE EUROPEAN UNION

L.A. Koroleva; S.A. Golovin; G.B. Svidzinskaya.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The role of railway transport in the delivery of petroleum products is considered. The structure of transportation is presented. The comparative analysis of fire risks at the transformation of petroleum products in the Russian Federation and the countries of the European Union is carried out. The necessity of interaction between the countries in the field of fire safety during transportation of petroleum products by rail is justified.

Keywords: oil, petroleum products, railway transport, fire, explosion, fire risk, taxonomy analysis

Неотъемлемой частью современного мира является нефть и нефтепродукты, которые применяются в различных отраслях промышленности и на транспорте. Актуальными остаются вопросы, связанные с доставкой таких грузов.

Одним из основных видов транспорта при перемещении нефти и нефтепродуктов остается железнодорожный, что обеспечивается его всесезонностью, достаточной скоростью, широкой географией доставки и возможностью перевозки значительных количеств.

С вводом в действие ряда нефтепроводов и ограничением объемов добычи связано снижение перевозок нефти железнодорожным транспортом в 2010–2016 гг. [1]. Однако в 2017 г. ОАО «РЖД» за счет активных тарифных мер и работы с грузоотправителями удалось минимизировать сокращение погрузки нефтеналивных грузов [2].

Доля нефтяных грузов в структуре перевозки и доходов на сети ОАО «РЖД» представлена на рис. 1.

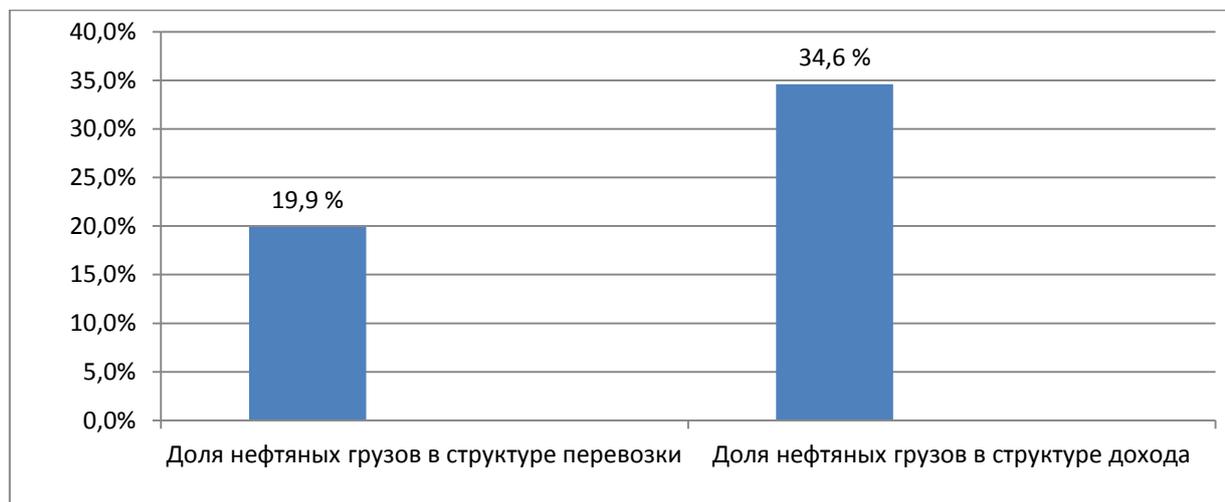


Рис. 1. Доля нефтяных грузов в структуре перевозки и доходов ОАО «РЖД» [1]

Структура перевозки нефти и нефтепродуктов ОАО «РЖД» представлена на рис. 2.

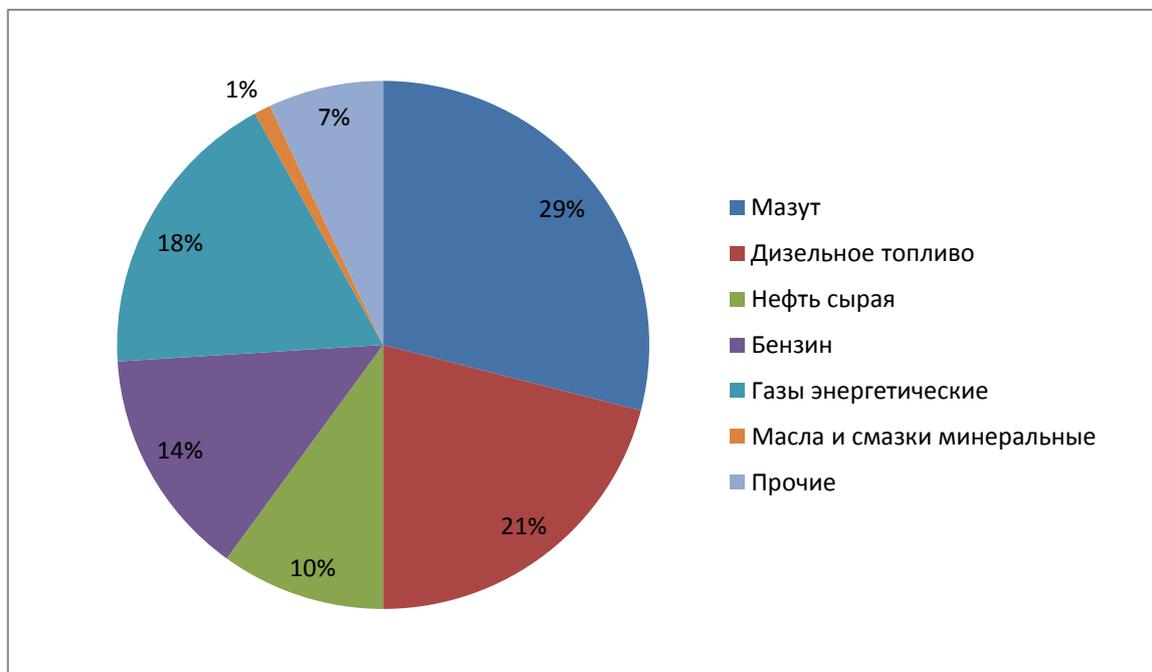


Рис. 2. Структура перевозки нефти и нефтепродуктов ОАО «РЖД» [1]

По технологии собственных поездных формирований (СПФ) доля нефтяных грузов составляет более 14,5 % от общего объема перевозок железнодорожным транспортом [3]. Основной объем перевозок по технологии СПФ производится на экспорт.

С перевозкой нефтепродуктов связаны риски. Обеспечение безопасности функционирования железнодорожного транспорта рассматривается как одна из основных задач его развития [4]. Нефтяные грузы включены в перечень опасных грузов, транспортируемых по железной дороге.

Из представленной на рис. 3 диаграммы видно, что в последние годы наблюдается уменьшение количества пожаров в ОАО «РЖД», однако этот показатель все еще остается высоким. Необходима разработка и осуществление мер, направленных на управление пожарным риском, в том числе и при транспортировке нефти и нефтепродуктов.

Статистика пожаров, предложенная ОАО «РЖД», не включает пожары по перевозкам СПФ [5].

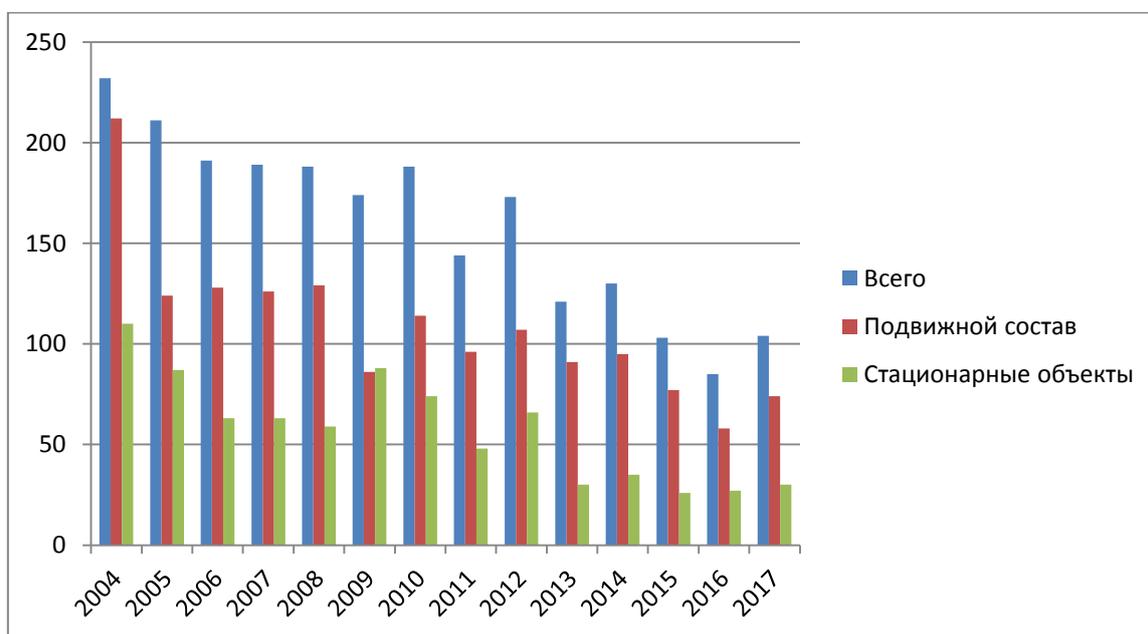


Рис. 3. Динамика пожаров на ОАО «РЖД» за 2004–2017 гг.

Пожарный риск при обращении нефтепродуктов был рассмотрен в следующем аспекте. Из анализа статистических данных было выявлено, как часто, где, когда, по каким причинам возникают пожары при обращении нефти и нефтепродуктов, проведено сравнение указанных показателей между Россией и странами Европейского Союза (ЕС). Были проанализированы объекты нефтегазовой отрасли и определено количество возникновения пожаров и взрывов на железнодорожном транспорте.

Оценка пожарного риска была начата с определения уровня пожарной опасности объектов (таксономический анализ). Цели такого анализа представлены на рис. 4.

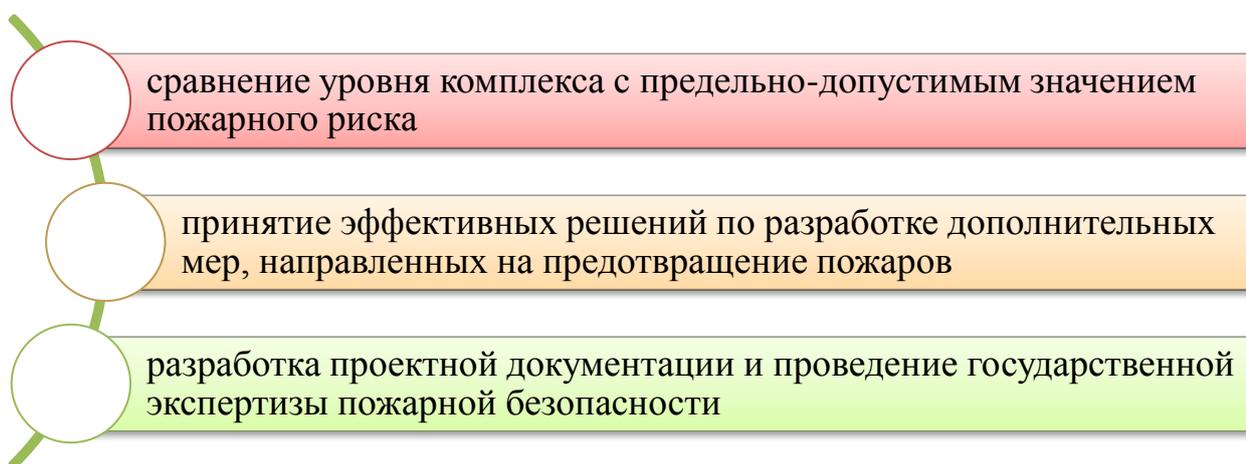


Рис. 4. Цели таксономического анализа пожаров и взрывов

Исходя из имеющихся статистических данных, определены сценарии развития проанализированных пожаров и взрывов в процентном соотношении (рис. 5). С помощью метода таксономии сгруппированы техногенные риски от пожаров и взрывов при обращении нефтепродуктов по сценарию развития.

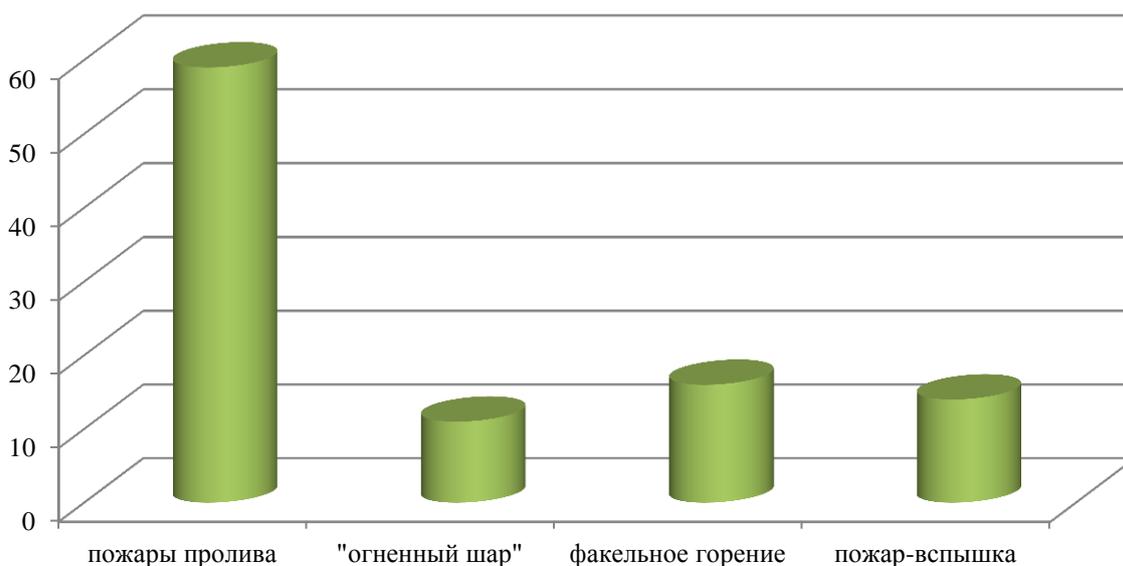


Рис. 5. Процентное соотношение сценариев развития пожаров и взрывов при обращении нефтепродуктов в России в период с 2006 по 2017 гг.

Первое место в процентном соотношении занимают пожары, связанные с проливом нефти и нефтепродуктов, что происходит на магистральных трубопроводах, при перекачке на производственных предприятиях, вследствие течи груза из железнодорожных цистерн.

Второе место среди сценариев принадлежит факельному горению струи нефти или газа, что характерно для газовых и газонефтяных возгораний, возникающих на нефтяных платформах и предприятиях по добыче и переработке газа. Эти пожары связаны со значительным материальным ущербом ввиду разветвленности сетей коммуникаций, а также с большим количеством объектов и установок, расположенных на прилегающей территории.

Менее распространенными сценариями развития пожаров, при обращении нефтепродуктов, являются «огненный шар» и «пожар-вспышка».

Первый представляет собой крупномасштабное диффузионное пламя сгорающей массы распыленного жидкого топлива или парового облака, поднимающегося над поверхностью земли, а «пожар-вспышка» характеризуется сгоранием облака предварительно перемешанной газо-паровоздушной смеси без возникновения волн давления, опасных для людей и окружающих объектов.

Для каждого конкретного объекта проводится более подробный таксономический анализ, при этом учитывается специфика его деятельности, технологические параметры, состояние производственного оборудования, температура окружающей среды и т.д.

Анализируя пожарную опасность при обращении нефтепродуктов, и учитывая специфику процессов, важно отметить, что пожары, происходящие на таких объектах, являются наиболее сложными и часто перерастают в чрезвычайные ситуации.

Взрывопожарная опасность при обращении нефтепродуктов обусловлена рядом факторов (рис. 6).



Рис. 6. Факторы, обуславливающие взрывопожарную опасность при обращении нефтепродуктов

В научной литературе отмечается, что существующие факторы опасности усугубляются вследствие неудовлетворительного состояния основных производственных фондов и степени изношенности оборудования, подвижного состава.

В рамках настоящего исследования установлено, что ключевыми объектами взрывов и пожаров на объектах обращения нефтепродуктов являются:

- нефтебазы;
- резервуары для хранения нефтепродуктов, расположенные на территории нефтеперерабатывающих заводов;
- резервуары для хранения нефтепродуктов, расположенные на территории промышленных предприятий;
- нефтепроводы;
- автомобильные и железнодорожные цистерны для перевозки нефтепродуктов;
- сливо-наливные эстакады для налива;
- склады горюче-смазочных материалов;

– автозаправочные станции.

Выявлено процентное соотношение взрывов и пожаров по объектам возникновения при обращении нефти и нефтепродуктов в Российской Федерации (рис. 7) и странах ЕС (рис. 8).



Рис. 7. Процентное соотношение взрывов и аварий при обращении нефтепродуктов в Российской Федерации (обобщенные данные за 2010–2017 гг.)

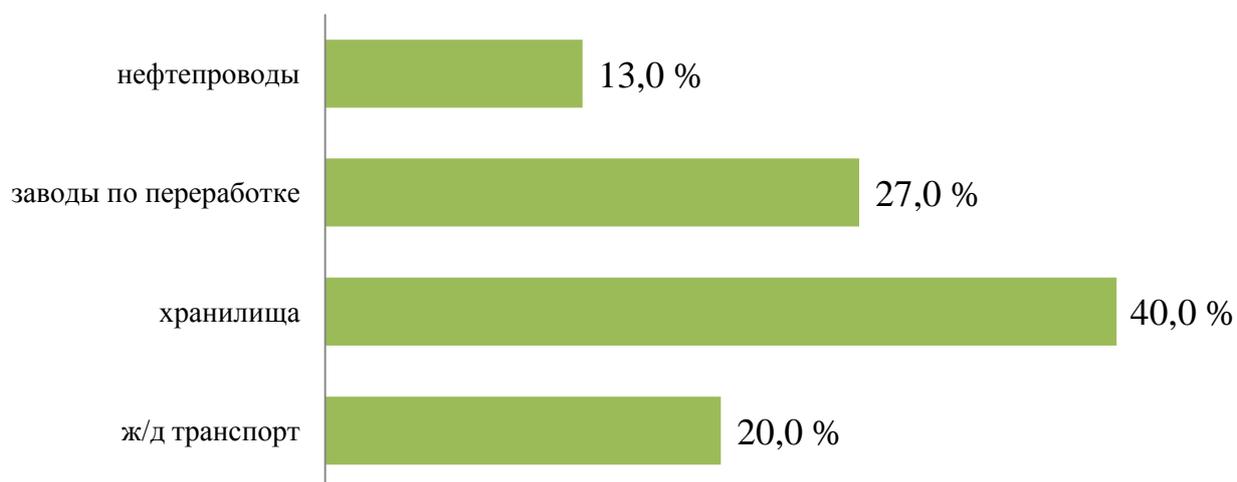


Рис. 8. Процентное соотношение объектов возникновения пожаров и взрывов при обращении нефтепродуктов в странах ЕС

Основными объектами возникновения пожаров при обращении нефтепродуктов в Российской Федерации являются резервуары нефтебаз (34 % от общего объема), наименьшая доля пожаров происходит на объектах железнодорожного транспорта

(3 % от общего объема). В странах ЕС наблюдается аналогичная динамика в отношении нефтебаз, однако на втором месте по объектам возникновения пожаров стоят объекты железнодорожного транспорта, что соответствует специфике развития нефтяной отрасли стран.

Такая динамика обусловлена небольшим количеством собственных мощностей по переработке нефти в большинстве стран ЕС, местом ЕС в нефтяной промышленности (в большинстве случаев ЕС выступает как импортер нефтепродуктов) и спецификой доставки нефтепродуктов для конечного потребителя (в большинстве случаев из морских стран в страны Центральной Европы железнодорожным транспортом).

Анализ взрывопожарной обстановки при обращении нефтепродуктов определяет необходимость выявления и ранжирования причин взрывов и пожаров. В Российской Федерации 67 % причин связано с воспламенением смеси паров нефтепродуктов с воздухом от источника зажигания; проведение ремонтных работ составляет 14 %; ошибки людей – 10 %, самовозгорание пиррофорных отложений – 4 %; самовоспламенение паровоздушной смеси – 2 %; прочие причины – 1 %. Взрывопожарная ситуация при обороте нефтепродуктов в Российской Федерации осложняется несоблюдением требований в отношении обеспечения определенного расстояния между соседними наземными резервуарами или железнодорожными цистернами, а также непринятием своевременных мер, направленных на защиту от прогрева и выброса горячей нефти из резервуаров и цистерн.

Основные источники зажигания при обращении нефтепродуктов представлены на рис. 9.



Рис. 9. Процентное соотношение взрывов и пожаров при обращении нефтепродуктов в зависимости от источников зажигания

Наиболее часто в качестве источников зажигания выступают разряды статического электричества, а также фрикционные и электрические искры и пирофорные отложения. Большая часть источников зажигания связана с осуществлением технического обслуживания или ремонтных работ (резервуаров, цистерн и пр.). Так, например, фрикционные искры, как правило, связаны с ремонтными работами, а возгорание пирофорных отложений осуществляется при контакте с кислородом воздуха при подготовке емкостей перед ремонтом.

Причины взрывов и пожаров при обращении нефтепродуктов в странах ЕС представлены на рис. 10.



Рис. 10. Причины взрывов и пожаров при обращении нефтепродуктов в ЕС

В ЕС наиболее частой причиной возгорания и взрывов является возгорание паров, стихийные природные явления и человеческий фактор.

По результатам анализа взрывопожарной обстановки при обращении нефтепродуктов в Российской Федерации и ЕС важно отметить, что выявленные в Российской Федерации основные объекты возникновения взрывов и пожаров, а также причины их возникновения несколько отличаются от европейских. В современных условиях глобализации экономики это определяет необходимость развития взаимодействия между странами, направленного на обеспечение пожарной безопасности и гармонизацию законодательства, что в полной мере относится к транспортировке нефтепродуктов железнодорожным транспортом.

Литература

1. Савчук В.Б. Возможные направления привлечения грузов и повышения конкурентоспособности ЖД перевозок // Железнодорожные перевозки продукции нефте- и газопереработки: тр. VII Прак. конф. М., 2016. URL: http://www.ipem.ru/files/files/other/savchuk_neft_15_06_2016_g_bs.pdf (дата обращения: 30.04.2018).

2. Транспортная отрасль России: Предварительные итоги 2017 года. Перспективы развития в 2018–2020 годах. URL: <http://infoline.spb.ru/upload/iblock/c90/c906ceed93eed2d25d86e6f4ccc60675.pdf> (дата обращения: 03.05.2018).

3. Перспективы перевозок нефтеналивных грузов железнодорожным транспортом: риски и перспективы. URL: <http://www.logistika-prim.ru/press-releases/perspektivy-perevozok-neftenalivnyh-gruzov-zheleznodorozhnym-transportom-riski-i> (дата обращения: 15.04.2018).

4. Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года: Распоряжение Правительства Рос. Федерации от 17 июня 2008 г. № 877-р. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902111037> (дата обращения: 24.04.2018).

5. Анализ состояния пожарной безопасности на объектах и подвижном составе ОАО «РЖД» в 2017 году. М.: ОАО «РЖД», 2017. 18 с.

References

1. Savchuk V.B. Vozmozhnye napravlenija privlechenija gruzov i povyshenija konkurentosposobnosti ZhD perevozok // Zheleznodorozhnye perevozki produktсии nefte-i gazopererabotki: tr. VII prak. konf. M., 2016. URL: http://www.ipem.ru/files/files/other/savchuk_neft_15_06_2016_g__bs.pdf (дата обращения: 30.04.2018).

2. Transportnaja otrasl' Rossii: Predvaritel'nye itogi 2017 goda. Perspektivy razvitija v 2018–2020 godah. URL: <http://infoline.spb.ru/upload/iblock/c90/c906ceed93eed2d25d86e6f4ccc60675.pdf> (дата обращения: 03.05.2018).

3. Perspektivy perevozok neftenalivnyh gruzov zheleznodorozhnym transportom: riski i perspektivy. URL: <http://www.logistika-prim.ru/press-releases/perspektivy-perevozok-neftenalivnyh-gruzov-zheleznodorozhnym-transportom-riski-i> (дата обращения: 15.04.2018).

4. Strategija razvitija zheleznodorozhnogo transporta v Rossijskoj Federatsii do 2030 goda: Raspor. Pr-va RF ot 17.06.2008 g. № 877-р. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902111037> (дата обращения: 24.04.2018).

5. Analiz sostojanija pozharnoj bezopasnosti na ob"ektah i podvizhnom sostave ОАО «RZhD» v 2017 godu. М.: ОАО «RZhD», 2017. 18 s.

ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ПЛОЩАДКЕ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

А.В. Федоров, доктор технических наук.

**Санкт-Петербургский научно-исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики.**

М.А. Фаргиев, кандидат технических наук.

Главное управление МЧС России по Республике Ингушетия.

В.А. Ловчиков, доктор химических наук, профессор.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Проведен анализ возможных технических причин аварий на площадках нефтегазового комплекса на примере установки электрообессоливания нефти. Изложен перечень требований к автоматической системе управления технологическими процессами для обеспечения безопасности технологического процесса на установках ЭЛОУ-АВТ. Предложены мероприятия для снижения риска возникновения аварийных ситуаций.

Ключевые слова: авария, чрезвычайная ситуация, нефтегазовый комплекс, нефть, электрообессоливающая установка, поражающие факторы

POSSIBLE CAUSES OF EMERGENCY SITUATIONS IN THE SITE OF OIL AND GAS COMPLEX

A.V. Fedorov. Saint-Petersburg university of information technologies, mechanics and optics.

M.A. Fargiev. Main Directorate of EMERCOM of Russia for Republic of Ingushetia.

V.A. Lovchikov. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

In the article is presented the analysis of possible technical accidents causes at the sites of the oil and gas complex. The analysis is based on the example of an electro-desalting of oil unit. The list of requirements for automatic process control system is provided to ensure process safety at the ELOU-AVT units. Measures are proposed to reduce the risk of emergencies.

Keywords: accident, emergency situation, oil and gas complex, oil, electro-desalting plant, damaging factors

Авария – это разрушение сооружений и (или) технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, неконтролируемые взрыв и (или) выброс опасных веществ.

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – это сложившаяся на определенной территории обстановка, сформировавшаяся из-за опасных явлений (техногенных аварий) [1].

По ежегодным данным Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору систематизированы аварии на объектах нефтегазового комплекса за период 2004–2016 гг. Из года в год число аварий и материальный ущерб от них возрастает. Основными причинами производственных аварий являются [2]:

- несоблюдение правил по технике безопасности;
- нарушение эксплуатации опасных объектов;
- нарушение норм технологического процесса;
- нарушение производственной дисциплины и неверные (несанкционированные) действия исполнителей работ;
- неудовлетворительная подготовка специалистов.

Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 116–ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» определяет правовые, экономические и социальные основы обеспечения безопасной эксплуатации опасных производственных объектов и направлен на предупреждение аварий на опасных производственных объектах и обеспечение готовности эксплуатирующих опасные производственные объекты юридических лиц и индивидуальных предпринимателей к локализации и ликвидации последствий указанных аварий [3, 4].

При анализе предельных значений параметров поражающих факторов, возникающих в случае возникновения ЧС на нефтеперерабатывающем предприятии, установлены потенциально опасные зоны, к числу которых относятся установки ЭЛОУ-АВТ.

Рассмотрим вероятные причины аварий на установке ЭЛОУ-АВТ нефтеперерабатывающего комплекса. Установка ЭЛОУ-АВТ – это электрообессоливающая установка, сырьем которой служат необессоленные нефти и их смеси с газовыми конденсатами. В состав установки входит атмосферно-вакуумная трубчатка, предназначенная для разделения нефти на фракции. Основным оборудованием установки служат электродегидраторы, применяемые для вымывания солей из нефти (рис. 1). В электродегидраторах происходит разделение эмульсии нефти и воды за счет электрического поля высокого напряжения, создаваемого электродами.

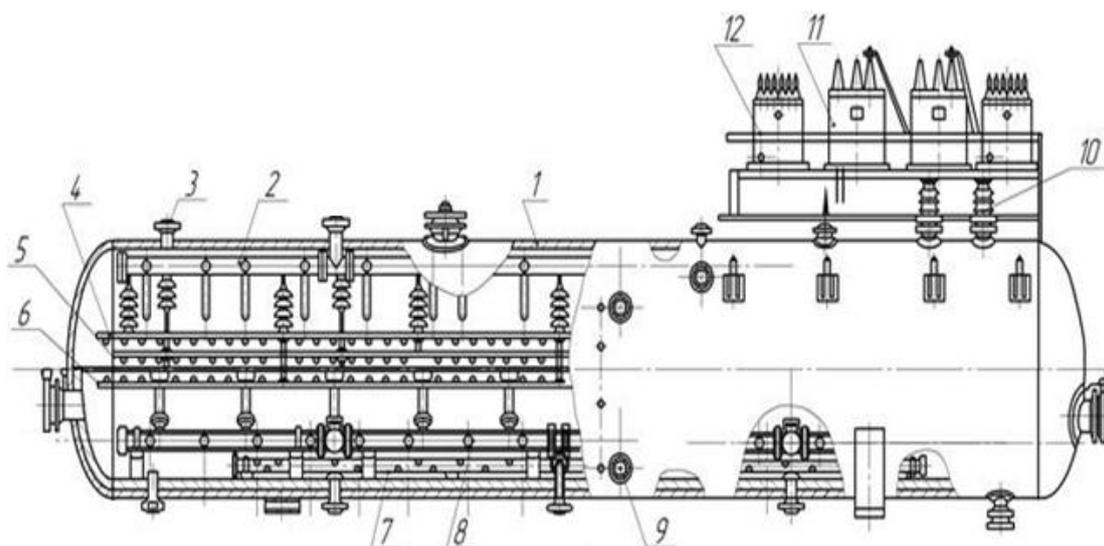


Рис. 1. Схема электродегидратора ЭДГ-2/2:

1 – корпус; 2 – сборник обессоленной нефти; 3 – штуцер; 4–6 – плоские горизонтальные электроды; 7 – дренажный коллектор; 8 – распределитель сырья; 9 – штуцер; 10 – проходной изолятор; 11 – трансформатор; 12 – реактивные катушки

В центральной части электродегидратора на подвесках расположены плоские горизонтальные электроды друг над другом на расстоянии от 25 см до 40 см.

Нижний и верхний электроды подвешены на общих изоляторах и питаются от двух общих трансформаторов. Средний электрод имеет свою систему поддерживающих изоляторов и трансформаторов. Напряжение подается через проходные изоляторы. Трансформаторы подключают к питающей сети через реактивные катушки, которые обеспечивают снижение напряжения при чрезмерном возрастании силы тока.

Изоляторы состоят из фторопластового корпуса, имеющего сквозное отверстие для пропуска токоведущего стержня, фланца и крышки (рис. 2).

Герметичность зазора между корпусом и токоведущим стержнем обеспечивается в нижней части корпуса специальным уплотнительным кольцом, а в верхней части – сальником с набивкой из фторлона. Поджатие сальника и компенсация разницы

температурных удлинений токоведущего стержня и фторопластового корпуса обеспечивается пружиной, находящейся между специальной гайкой и нажимной втулкой. Герметичность между фторопластовым корпусом изолятора и фланцем обеспечивается специальной втулкой за счет поджатия корпуса к фланцу.

Верхняя часть фторопластового корпуса защищена от атмосферных осадков фарфоровой крышкой, устанавливаемой на прокладке, и крышкой, закрепляемой нажимной гайкой.

Через токоведущий стержень электроэнергия подается от наружной сети внутрь электродегидратора.

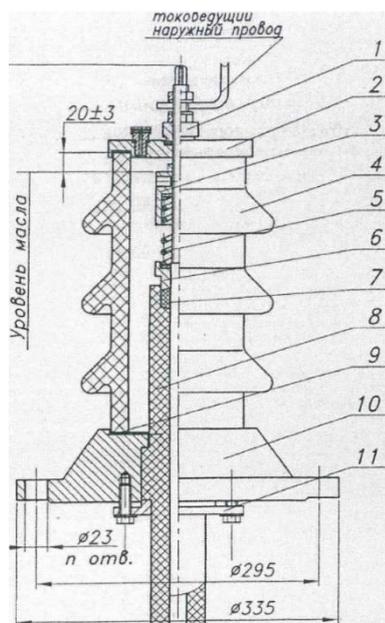


Рис. 2. Фторопластовый изолятор проходной, модернизированный типа ИПФМ:
1 – нажимная гайка; 2 – крышка; 3 – специальная гайка; 4 – крышка; 5 – пружина;
6 – нажимная втулка; 7 – сальник; 8 – корпус; 9 – прокладка; 10 – фланец;
11 – специальная втулка

Питание электродов осуществляется от двух однофазных трансформаторов, с первичной стороны (низкое напряжение) которых включена однофазная катушка (реактор). Катушки служат для ограничения тока и для плавной подачи энергии на электроды.

Со стороны вторичной обмотки (высокое напряжение) каждый трансформатор подключается следующим образом: один полюс высоковольтного устройства подключается к заземленному кожуху обессоливателя, другой – через проходной изолятор к соответствующему электроду.

С первичной стороны (низкое напряжение) трансформаторы подключаются к сети таким образом, что между электродами получается сумма обоих напряжений.

Включение схемы питания должно производиться только по месту с поста управления и с подстанции.

Отключение схемы питания должно производиться по месту с поста управления, с подстанции, дистанционно (АРМ оператора), по технологическим защитам (АСУ ТП), по электрическим защитам.

При подаче питания на электродегидратор должна быть предусмотрена световая сигнализация по месту.

При открытии дверцы на площадку обслуживания должна быть предусмотрена блокировка, действующая на отключение схемы питания электродегидратора.

В схеме электродегидратора для трансформаторов предусмотрены следующие типы защит:

1) Защита от перегруза, с действием на сигнал. Реализация выполнена через систему АСУ ТП. Защита предназначена для предупреждения технологического персонала о перегрузе трансформатора, сигнал отображается на АРМ оператора.

2) Максимальная токовая защита, с действием на отключение без выдержки времени. Реализация выполнена через релейно-контактную схему. Устанавливается вставка, при которой срабатывает защита. Защита предназначена – для отключения от токов перегрузки, от повреждений на выводах трансформатора, внутренних повреждений.

Дополнительно, в общей цепи питания трансформаторов, должны быть предусмотрены предохранители.

Изоляторы проходные не относятся к взрывопожароопасному электрооборудованию.

Сырье (нефть) вводится в аппарат через горизонтальный маточник. Сначала нефть попадает в слой воды, далее опускается в зону под электродами, в межэлектродное пространство, и, наконец, в зону над электродами. В верхней части электродегидратора располагаются выкидные коллекторы обработанной нефти. Нижняя половина аппарата изнутри защищена от коррозии слоем торкрет-бетона. Для увеличения эффективности обезвоживания и обессоливания нефти на установке используются различные деэмульгаторы.

Одной из возможных причин возникновения аварий на установке ЭЛОУ-АВТ-6 может служить нарушение работ электрической части электродегидраторов, а именно:

– потеря изоляционных свойств фторопластовой изоляции погружной части проходного изолятора (может возникнуть при заводском браке, истечении срока годности изолятора, при ненадлежащем обслуживании изоляторов и т.д.);

– пробой фторопластовой изоляции корпуса погружной части проходного изолятора с коротким замыканием цепи на заземленный патрубок штуцера установки изолятора, возникновение электрической дуги с последующим оплавлением фторопластовой изоляции, оплавлением токоведущего стержня при температуре свыше 1 000 °С и нарушением герметичности между корпусом фторопластового изолятора и специальным фланцем с выходом паров нефти через штуцер установки изолятора и воспламенением снаружи корпуса электродегидратора.

Для подтверждения появления электрической дуги необходимо провести исследование металла разрушенных токопроводящих стержней изоляторов на предмет:

– характера разрушения токопроводящих стержней;

– наличия оплавления металла;

– изменения характера макроструктуры участков в зоне, прилегающей к разрушению;

– изменения характера микроструктуры, которое может свидетельствовать о перегреве металла концов стержней выше температуры плавления и может наблюдаться полная перекристаллизация стержней изоляторов и рост границ зерен, что происходит при температуре выше 1 000 °С (электрическая дуга).

Также необходим анализ данных журналов событий и трендов автоматической системы управления технологическими процессами, чтобы исключить (или подтвердить) нарушение ведения технологического процесса (все системы защиты до момента аварии должны находиться в исправном состоянии).

Последствиями аварии на электродегидраторах в следствие нарушения работы электрической части аппарата являются [5]:

– разрушение корпусов проходных фторопластовых изоляторов, сколы на корпусах проходных фторопластовых изоляторов;

– разрушенные электроды проходных изоляторов;

– обгоревшие корпуса трансформаторов электродегидратора, разрушение трансформаторов;

– разрушение распаячных коробок;

- обгорание и разрушение корпуса электродегидратора;
- разрушение металлоконструкций электродегидратора;
- разливы нефти с последующим возгоранием;
- полное разрушение установки.

Для снижения риска возникновения аварий на электрообессоливающих установках необходимо соблюдение требований пожаро- и взрывоопасной безопасности, проведение в строгом соответствии с графиками текущих, средних и капитальных ремонтов электрической части оборудования в полном соответствии с действующими правилами промышленной безопасности.

Литература

1. Порядок проведения технического расследования причин аварий, инцидентов и случаев утраты взрывчатых материалов промышленного назначения на объектах, поднадзорных Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору (утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору) от 19 авг. 2011 г. № 480 (с изм. на 15 авг. 2017 г.). Доступ из справ.-правового портала «Гарант».

2. Информация об авариях, произошедших на предприятиях, подконтрольных территориальным органам Федеральной службы по экологическому, технологическому, атомному надзору // Ростехнадзор. URL: http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/ (дата обращения: 20.07.2018).

3. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федер. закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ. Доступ из справ.-правового портала «Гарант».

4. Методика анализа риска аварий на опасных производственных объектах морского нефтегазового комплекса: Руководство по безопасности // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/420302831> (дата обращения: 20.07.2018).

5. Фаргиев М.А., Галишев М.А., Бельшина Ю.Н. Регрессивная модель перераспределения нефтяного загрязнения между гранулометрическими фракциями почвы // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2015. № 2. С. 57–64.

References

1. Poryadok provedeniya tekhnicheskogo rassledovaniya prichin avarij, incidentov i sluchaev utraty vzryvchatyh materialov promyshlennogo naznacheniya na ob"ektah, podnadzornyh Federal'noj sluzhbe po ehkologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru (utv. prikazom Federal'noj sluzhby po ehkologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru) ot 19 avg. 2011 g. № 480 (s izm. na 15 avg. 2017 g.). Dostup iz sprav.-pravovogo portala «Garant».

2. Informaciya ob avariayah, proizoshedshih na predpriyatiyah, podkontrol'nyh territorial'nyh organam Federal'noj sluzhby po ehkologicheskomu, tekhnologicheskomu, atomnomu nadzoru // Rostekhnadzor. URL: http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/ (data obrashcheniya: 20.07.2018).

3. O promyshlennoj bezopasnosti opasnyh proizvodstvennyh ob"ektov: Feder. zakon ot 21 iyulya 1997 g. № 116-FZ. Dostup iz sprav.-pravovogo portala «Garant».

4. Metodika analiza riska avarij na opasnyh proizvodstvennyh ob"ektah morskogo neftegazovogo kompleksa: Rukovodstvo po bezopasnosti // Ehlektronnyj fond pravovoj i normativno-tekhnicheskoy dokumentacii. URL: <http://docs.cntd.ru/document/420302831> (data obrashcheniya: 20.07.2018).

5. Fargiev M.A., Galishev M.A., Bel'shina Yu.N. Regressivnaya model' pereraspredeleniya neftyanogo zagryazneniya mezhdru granulometricheskimi frakciyami pochvy // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2015. № 2. S. 57–64.

ПОЖАРНАЯ ТАКТИКА, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ

АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПАТЕНТОВ НА ИЗОБРЕТЕНИЯ (1994–2016 гг.) В ОБЛАСТИ СОЗДАНИЯ ОГНЕЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

**А.С. Крутолапов, доктор технических наук, доцент;
Е.Г. Коробейникова, кандидат химических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Проведен анализ 123 отечественных патентов на изобретения в области создания огнезащитных составов и покрытий. Они составили 23,9 % от общего количества изобретений в сфере физико-химических основ развития и прекращения горения. В структуре изобретений огнезащитные и теплозащитные составы для тканей составили 20,7 %, строительных материалов – 11,9 %, древесины – 14,9 %, металлических конструкций – 9,9 %. Выявлены тенденции роста патентных заявок на новые составы пенообразующих огнезащитных покрытий.

Ключевые слова: огнезащитные покрытия, вспучивающиеся огнезащитные покрытия, изобретения, патенты, Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам России (Роспатент)

ANALYSIS OF DOMESTIC PATENTS FOR INVENTIONS (1994–2016) IN THE FIELD OF CREATION OF FIRE-PROTECTIVE COATINGS

A.S. Krutolapov; E.G. Korobejnikova.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The research contains analysis of 123 patents for fire retardant, thermal barrier coatings and compositions for their production. They represent 23,9 % of the total number of inventions in the sphere of physical and chemical bases of development of combustion and flameout. The flame retardant and heat retardant coatings for fabrics and compounds for their production represent 20,7 % of all inventions, the construction materials with low fire risk – 19,8 %, wood protection – 14,9 %, protection of metal structures – 9,9 %. Increasing trends in patent applications for new compositions of foaming fire-retardant coatings are revealed.

Keywords: fire-protective coatings, foaming fire-retardant coatings, inventions, patents, Federal service for intellectual property, patents and trademarks of Russia (Rospatent)

Огнезащитные покрытия – слой огнезащитного состава, полученный в результате обработки поверхности объекта огнезащиты [1]. Применение таких покрытий обеспечивает пожаробезопасность материалов и конструкций, позволяет полностью устранить или уменьшить опасность распространения огня на ранних стадиях пожара. Разработка и производство огнезащитных составов, способов их нанесения, исследование особенностей поведения при высоких температурах – важнейшее направление развития пассивной защиты от огня [2].

Проведенные исследования показали, что, по данным Федерального института промышленной собственности (ФИПС), Роспатентом в 1994–2016 гг. было выдано 515 патентов на изобретения в сфере физико-химических основ развития и прекращения горения, в том числе 123 (23,9 %) – разработке огнезащитных покрытий [3].

Наблюдается тенденция увеличения выдачи патентов на огнезащитные составы в рассматриваемый период (рис. 1).

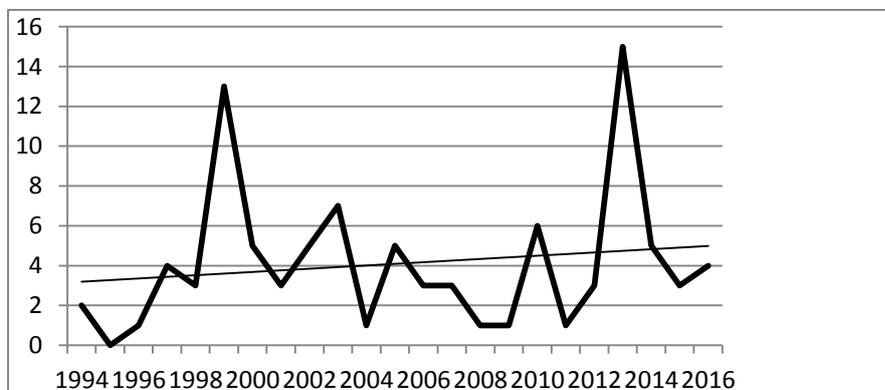


Рис. 1. Динамика количества патентов на изобретения огнезащитных составов и покрытий

Вопросы повышения эффективности огнетушащих (огнегасящих) составов и огнезащитных покрытий находят отражение в отечественных [4–6] и зарубежных [7–13] публикациях.

Цель исследования – анализ изобретений, зарегистрированных Роспатентом в 1994–2016 гг., по огнезащитным составам и покрытиям.

Объект исследования составил справочно-информационный ресурс «Информационно-поисковая система» (<http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS>) ФИПС Роспатента. Поисковыми условиями явились: сокращенные поисковые слова – «пожар* OR огнео*», соединенные оператором присоединения, позволяющим находить их в названии изобретения или реферате отдельно, или вместе, период времени – 1994–2016 гг. Подробный алгоритм поиска изобретений раскрыт в публикации [3].

Патенты на изобретения огнезащитных составов и покрытий рутинным способом классифицировали по различным признакам:

- по характеру защищаемых материалов;
- по природе огнезащитных составов;
- по компонентному составу;
- класс интумесцентных покрытий.

При необходимости посредством ресурса «Открытые реестры» (<http://www1.fips.ru/wps/portal/Registers/>) открывали полный текст патента и изучали его.

Библиографические записи и рефераты патентов на российские изобретения за 1994–2016 гг. по физико-химическим основам развития и прекращения горения, в том числе огнезащитных покрытий, представлены в библиографическом указателе [14].

По характеру защищаемых материалов рассмотренные патенты на изобретения могут быть разделены на девять основных групп. Большая часть разработок посвящена огне- и теплозащите строительных конструкций (бетон, кирпич, оштукатуренные поверхности) – 19,8 %, древесины – 14,9 %, металлических конструкций – 9,9 %. Повышение огнезащитных свойств тканых материалов и спецодежды предложено в 20,7 % работ. Небольшое число изобретений в области защиты стеклопластика, бумаги, а также создание покрытий, обладающих наряду с огнезащитными особыми свойствами – антифрикционными, звукопоглощающими, с эффектом памяти, для работы в невесомости, для хранения и транспортировки взрывчатых веществ и др. (рис. 2).

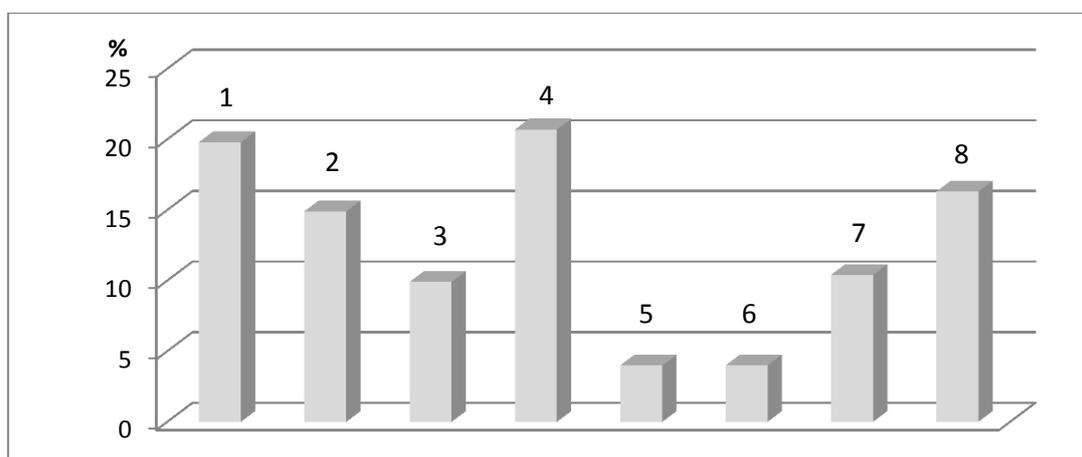


Рис. 2. Структура патентов на изобретения по характеру защищаемых материалов: 1 – строительные конструкции; 2 – древесина; 3 – металлические конструкции; 4 – ткани и одежда; 5 – бумага; 6 – стеклопластик; 7 – различные материалы; 8 – прочие

По химической природе огнезащитные составы, разработанные в патентах на изобретения, являются неорганическими, органическими и составами смешанной природы. Преобладают последние две группы из перечисленных (рис. 3).

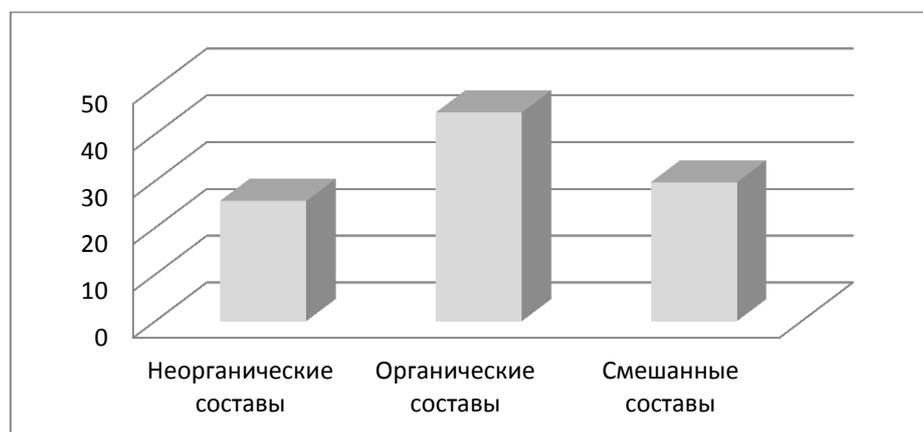


Рис. 3. Структура патентов на изобретения по природе огнезащитных составов и покрытий

Неорганические составы представлены в виде пропиток (11,5 % работ) и огнезащитных красок. Главными составляющими пропиток для древесины были соли аммония, главным образом фосфаты аммония, бура, хлориды кальция и магния.

Основные компоненты неорганических огнезащитных красок – наполнители, пигменты и связующее вещество, смешанные в определенных соотношениях. Наполнители обеспечивают негорючие свойства, пигменты позволяют варьировать цвет покрытия, а равномерную пленку краски при высыхании образует связующий компонент.

В 65 % рассмотренных работ в качестве связующего вещества использовался силикат натрия (жидкое стекло).

Важными действующими веществами всех огнезащитных составов являются антипирены – вещества и смеси, которые предохраняют органические материалы от воспламенения и последующего горения. Основными негорючими компонентами были минералы с высокой огнестойкостью – вспученный вермикулит, перлит и каолин.

Кроме основных составляющих огнезащитные краски содержат добавки, например карбоната кальция, гидроксида алюминия, буры и др. (рис. 4).

Чаще всего использовались смеси перечисленных веществ в различном соотношении.

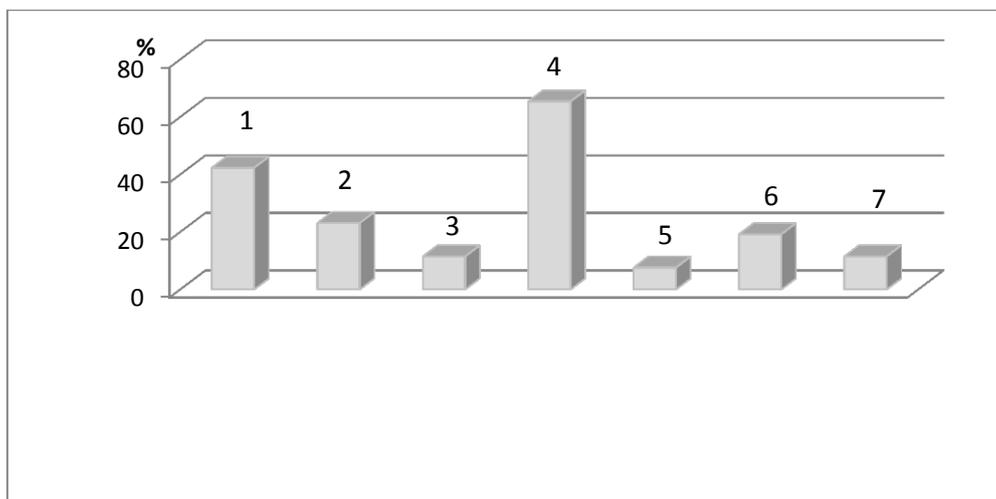


Рис. 4. Основные компоненты неорганических огнезащитных красок (по данным патентов 1994–2016 гг.): 1 – вермикулит; 2 – перлит; 3 – каолин; 4 – жидкое стекло; 5 – гидроксид алюминия; 6 – карбонат кальция (известь); 7 – борная кислота, бора

Большая часть разработанных огнезащитных покрытий – это органические составы и составы смешанной природы.

Несмотря на то, что лишь 26 изобретений в названии используют слова «вспучивающиеся или вспенивающиеся» составы, подробное рассмотрение патентов показало, что большинство разработанных составов могут быть отнесены к интумесцентным. К последним относят вещества и смеси, которые при действии тепла и пламени расширяются, увеличивают свой объем и образуют твердую вспененную массу. Интумесцентные добавки, входящие в состав таких смесей, прекращают горение на его ранней стадии – стадии термического распада, сопровождающегося выделением горючих газов и паров. Механизм интумесцентного процесса состоит в сочетании вспучивания поверхности нагреваемого полимерного материала и превращении его в кокс. Вспененный слой кокса в течение некоторого времени защищает поверхность материала или нижележащие слои от термического воздействия пламени и теплового потока [15].

Эффективность действия данного вида покрытий может быть достигнута только при наличии в их составе специальных компонентов в определенном соотношении.

Обычно такие системы включают следующие компоненты:

- карбонизирующиеся соединения;
- вспенивающие агенты;
- компоненты, повышающие огнестойкость;
- пленкообразователи;
- активаторы коксообразования, реакции дегидратации;
- диспергаторы.

Среди рассмотренных патентов наиболее распространенными источниками коксообразующего каркаса пены являлись представители многоатомных спиртов – пентаэритрит (65 % всех работ), сорбит и ксилит (рис. 5). В работе [16] в качестве карбонизирующего соединения были использованы соли полиоксикарбоновых кислот, полученных окислением поли- и дисахаридов. В этом случае полисахарид крахмал был применен и как стабилизатор пенококса.

Вспенивающие агенты (газообразователи или порофоры) в подавляющем большинстве представлены азотсодержащими соединениями. Наиболее распространенными веществами такого типа являлись мочевины, меламин, полиэтиленполиамин, дициандиамид [17]. Следует отметить применение в качестве вспенивающего агента аллотропных модификаций углерода: интеркалированный (или расширенный) графит, углеродные нанотрубки и фуллерен (рис. 6) [18].

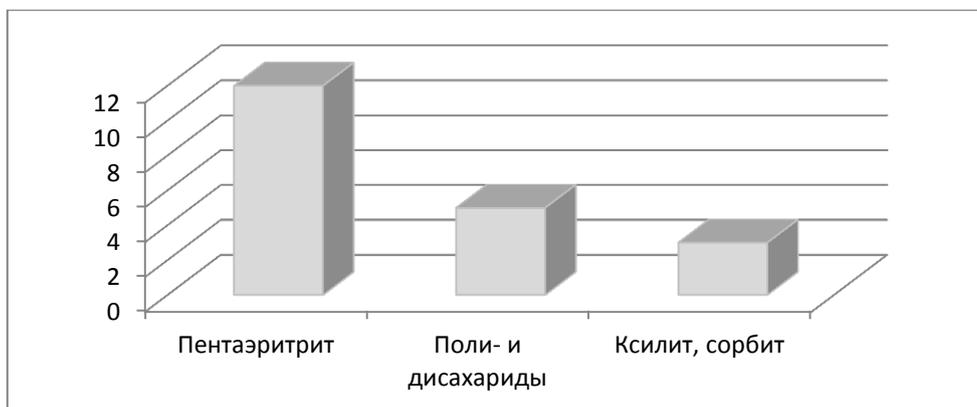


Рис. 5. Карбонизирующие соединения в органических огнезащитных составах (по данным патентов 1994–2016 гг.)

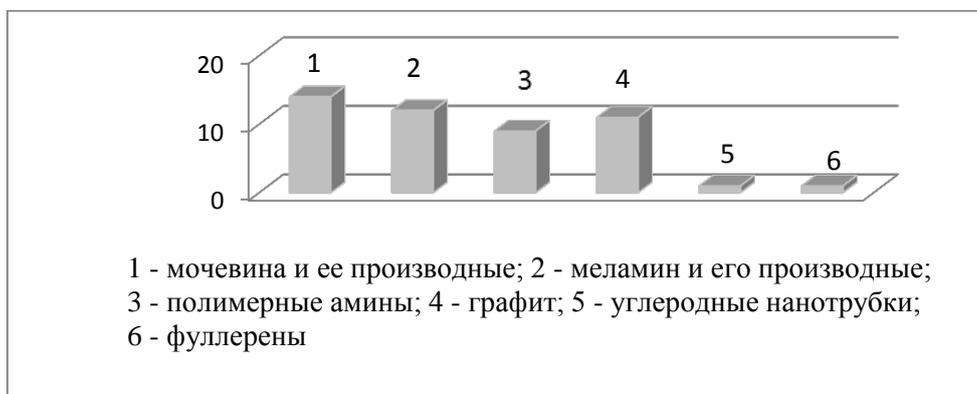


Рис. 6. Основные компоненты – газообразователи (порофоры) органических огнезащитных составов (по данным патентов 1994–2016 гг.)

Компонентами, повышающими огнестойкость, являются, главным образом, неорганические вещества. Бесспорным лидером здесь является полифосфат аммония – 50 % от всех работ, и другие фосфаты – гидрофосфат и дигидрофосфат аммония, фосфат мочевины, ортофосфорная кислота (рис. 7).

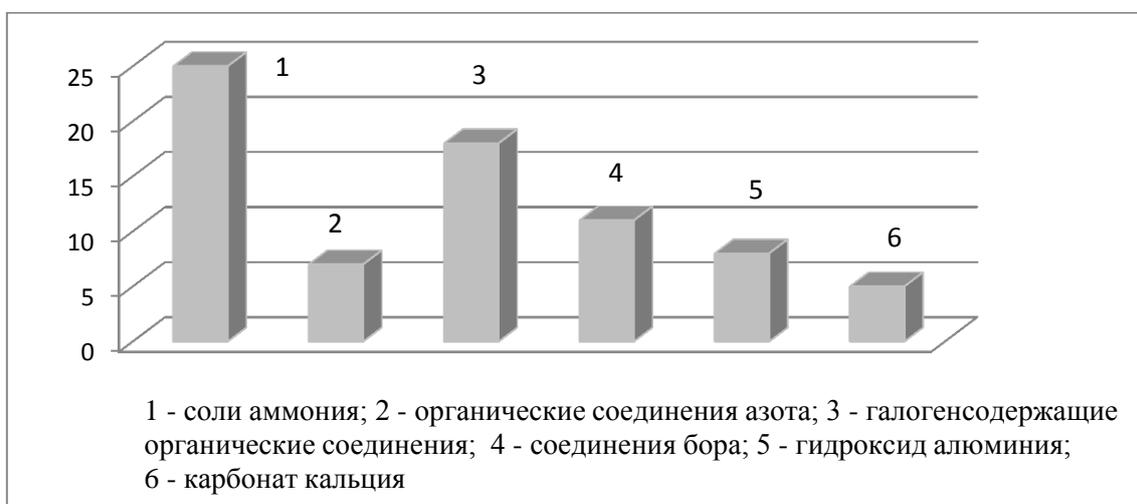


Рис. 7. Основные компоненты – антипирены органических огнезащитных составов (по данным патентов 1994–2016 гг.)

Еще одна группа веществ – антипиренов – неорганических веществ, которые содержат в своей структуре сорбированную или кристаллизационную воду: гидроксид алюминия, борат цинка, бура, цеолит и их смеси. Определенное положительное действие на огнезащитную эффективность вспучивающихся покрытий оказывают соединения, способные разлагаться при высокой температуре с выделением газов, например карбонат кальция.

В качестве катализатора пенообразования в составе огнезащитных вспучивающихся покрытий используют сернокислые соли марганца, меди и магния.

Основой органических лакокрасочных вспучивающихся покрытий – пленкообразователями – являются полимерные материалы: параформ и мочевиноформальдегидные смолы (60 %), фталевые, эпоксидные смолы. Эти компоненты являются и связующими, и одновременно коксообразующими веществами. Ряд составов включают каучуки – бутадиеновый, полиуретановый, силоксановый (рис. 8).

Для защиты древесины и других поверхностей предложены композиции на основе водно-дисперсионных покрытий – акриловые и ПВА-дисперсии [19]. Достоинством таких красок является их экологичность, поскольку в их составе отсутствуют органические растворители. Авторы изобретений отмечают и другие положительные свойства: малый расход, высокая степень адгезии, отсутствие запаха.

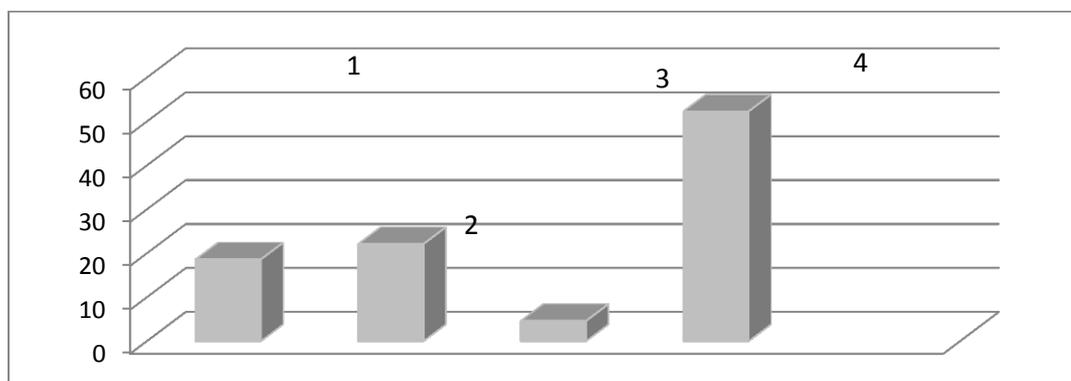


Рис. 8. Основные компоненты – пленкообразователи органических огнезащитных составов (по данным патентов 1994–2016 гг.): 1 – эпоксидные смолы; 2 – фенол-формальдегидные смолы; 3 – каучуки; 4 – акриловые и ПВА-дисперсии

Наиболее распространенными диспергаторами лакокрасочных интумесцентных составов являются аэросил и диоксид титана.

Огнезащитные покрытия широко применяются для повышения огнестойкости металлических, деревянных, бетонных и кирпичных строительных конструкций, воздуховодов, кабелей, кровли и других изделий. Их преимущества и достоинства несомненны.

Анализ изобретений позволяет выделить основные направления развития данной отрасли знаний:

1. Очевидна тенденция преобладания составов на основе органических соединений и смешанных (органических с добавками неорганических веществ) – 74,3 % от общего числа.
2. Разработка интумесцентных (вспучивающихся) составов различной природы.
3. Создание экологически безопасных составов полимерных нанокомпозитов с включением слоистых силикатов и углеродных нанотрубок и эко-антипиренов на основе возобновляемого природного сырья (лигнина) и природных полисахаридов (крахмала).

Литература

1. ГОСТ 12.1.033–81. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Термины и определения. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2001.

2. Camino G., Lomakin S. Fire retardant materials/ Ed. by Horrocks A. and Price D. Cambridge: CRC Press and Woodhead Publishing Ltd, 2001. P. 318–336.
3. Евдокимов В.И., Поташев Д.А., Коробейникова Е.Г. Структура изобретений по физико-химическим основам развития и прекращения горения в России (1994–2016 гг.) // Пожаровзрывобезопасность. 2017. Т. 26. № 3. С. 5–11.
4. Evdokimov V.I., Potashev D.A. Analiz otechestvennykh patentov na izobreneniya v sfere pozharnoi bezopasnosti (2014) [Analysis of domestic patents for inventions in the sphere of fire safety (2014)] // Pozharovzryvobezopasnost' [Fire and Explosion Safety]. 2015. Vol. 24. № 10. pp. 5–12. Doi: 10.18322/PVB.2015.24.10.5-12.
5. Варфоломеев С., Ломакин С., Сахаров П. Антипирены: российский период // The Chemical journal. 2010. Вып 1–2. С. 42–45.
6. Табароский Л.Ю., Дмитриева Ю.Н. Огнебиозащита второго поколения // Промышленные покрытия. 2013. № 5–6. С. 60–61.
7. Ненахов С.А., Пименова В.П. Физико-химия вспенивающихся огнезащитных покрытий на основе полифосфата аммония // Пожаровзрывобезопасность. 2010. № 8. С. 11–58.
8. Bebawy M. Effective fire protection measures for field deployment of FRP strengthened concrete beams: A Dissertation Submitted to the Faculty of Graduate Studies through Civil and Environmental Engineering in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy at the University of Windsor. Windsor, Ontario, Canada, 2011. 258 p. (ProQuest Dissertations Publishing; NR61928).
9. Challener C. Fire safety with specialty coatings (Review) // JCT CoatingsTech. 2007. Vol. 4. issue 9. pp. 78–84.
10. Fire stability of glass-fibre sandwich panels: The influence of core materials and flame retardants / A. Hörold [et al.]. Composite Structures. 2017. Vol. 160. pp. 1310–1318. Doi: 10.1016/j.compstruct.2016.11.027.
11. Khobragade P.S., Hansora D.P., Naik J.B., Chatterjee A. Flame retarding performance of elastomeric nanocomposites: A review // Polymer Degradation and Stability. 2016. Vol. 130. pp. 194–244. Doi: 10.1016/j.polymdegradstab.2016.06.001.
12. Weil E.D. Fire-protective and flame-retardant coatings – A state-of-the-art review // Journal of Fire Sciences. 2011. Vol. 29. issue 3. pp. 259–296. Doi: 10.1177/0734904110395469.
13. Flame-retardant electrical conductive nanopolymers based on bisphenol F epoxy resin reinforced with nano polyanilines / X. Zhang [et al.] // ACS Applied Materials and Interfaces. 2013. Vol. 5. issue 3. pp. 898–910. Doi: 10.1021/am302563w.
14. Евдокимов В.И., Поташев Д.А., Коробейникова Е.Г. Физико-химические основы развития и прекращения горения: аннотированный указатель отечественных патентов на изобретения (1994–2015 гг.). СПб.: Политехника сервис, 2016. 189 с.
15. Огнезащитные вспучивающиеся покрытия / А.В. Павлович [и др.] // Лакокрасочная промышленность. 2012. № 5. С. 22–27.
16. Скибида И.П., Асеева Р.М., Сахаров А.М. Интумесцентный коксообразующий антипирен, способ его получения, способ огнезащитной обработки горючего субстрата и способ тушения очага горения: пат. 2204547 Рос. Федерация. № 2001119199/04.
17. Гибов К.М., Малинин В.Р., Крутолапов А.С. Огнезащитная вспенивающаяся композиция для покрытия металлических конструкций: пат. 2199564 Рос. Федерация. № 2001125902/04.
18. Пониматкин В.П., Чернова Н.С., Мнацаканов С.С. Способ получения огнезащитной вспучивающейся композиции: пат. 24922000 Рос. Федерация. № 2011113428/05.
19. Гайдук А.А., Десятков Д.В. Энергосберегающее антикоррозионное покрытие с пониженной пожарной опасностью и способ его получения: пат. 2551363 Рос. Федерация. № 2013139424/04.

References

1. GOST 12.1.033–81. Sistema standartov bezopasnosti truda. Pozharnaya bezopasnost'. Terminy i opredeleniya. M.: IPK Izd-vo standartov, 2001.
2. Camino G., Lomakin S. Fire retardant materials/ Ed. by Horrocks A. and Price D. Cambridge: CRC Press and Woodhead Publishing Ltd, 2001. P. 318–336.
3. Evdokimov V.I., Potashev D.A., Korobejnikova E.G. Struktura izobretenij po fiziko-himicheskim osnovam razvitiya i prekrashcheniya goreniya v Rossii (1994–2016 gg.) // Pozharovzryvobezopasnost'. 2017. T. 26. № 3. S. 5–11.
4. Evdokimov V.I., Potashev D.A. Analiz otechestvennykh patentov na izobreteniya v sfere pozharnoi bezopasnosti (2014) [Analysis of domestic patents for inventions in the sphere of fire safety (2014)] // Pozharovzryvobezopasnost' [Fire and Explosion Safety]. 2015. Vol. 24. № 10. pp. 5–12. Doi: 10.18322/PVB.2015.24.10.5-12.
5. Varfolomeev S., Lomakin S., Saharov P. Antipireny: rossijskij period // The Chemical journal. 2010. Vyp 1–2. S. 42–45.
6. Tabaraskij L.Yu., Dmitrieva Yu.N. Ognebiozashchita vtorogo pokoleniya // Promyshlennye pokrytiya. 2013. № 5–6. S. 60–61.
7. Nenahov S.A., Pimenova V.P. Fiziko-himiya vspenivayushchihysya ognezashchitnykh pokrytij na osnove polifosfata ammoniya // Pozharovzryvobezopasnost'. 2010. № 8. S. 11–58.
8. Bebawy M. Effective fire protection measures for field deployment of FRP strengthened concrete beams: A Dissertation Submitted to the Faculty of Graduate Studies through Civil and Environmental Engineering in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy at the University of Windsor. Windsor, Ontario, Canada, 2011. 258 p. (ProQuest Dissertations Publishing; NR61928).
9. Challener C. Fire safety with specialty coatings (Review) // JCT CoatingsTech. 2007. Vol. 4. issue 9. pp. 78–84.
10. Fire stability of glass-fibre sandwich panels: The influence of core materials and flame retardants / A. Hörold [et al.]. Composite Structures. 2017. Vol. 160. pp. 1310–1318. Doi: 10.1016/j.compstruct.2016.11.027.
11. Khobragade P.S., Hansora D.P., Naik J.B., Chatterjee A. Flame retarding performance of elastomeric nanocomposites: A review // Polymer Degradation and Stability. 2016. Vol. 130. pp. 194–244. Doi: 10.1016/j.polymdegradstab.2016.06.001.
12. Weil E.D. Fire-protective and flame-retardant coatings – A state-of-the-art review // Journal of Fire Sciences. 2011. Vol. 29. issue 3. pp. 259–296. Doi: 10.1177/0734904110395469.
13. Flame-retardant electrical conductive nanopolymers based on bisphenol F epoxy resin reinforced with nano polyanilines / X. Zhang [et al.] // ACS Applied Materials and Interfaces. 2013. Vol. 5. issue 3. pp. 898–910. Doi: 10.1021/am302563w.
14. Evdokimov V.I., Potashev D.A., Korobejnikova E.G. Fiziko-himicheskie osnovy razvitiya i prekrashcheniya goreniya: annotirovannyj ukazatel' otechestvennykh patentov na izobreteniya (1994–2015 gg.). SPb.: Politehnika servis, 2016. 189 s.
15. Ognezashchitnye vspuchivayushchiesya pokrytiya / A.V. Pavlovich [i dr.] // Lakokrasochnaya promyshlennost'. 2012. № 5. S. 22–27.
16. Skibida I.P., Aseeva R.M., Saharov A.M. Intumescentnyj koksoobrazuyushchij antipiren, sposob ego polucheniya, sposob ognezashchitnoj obrabotki goryuchego substrata i sposob tusheniya ochaga goreniya: pat. 2204547 Ros. Federaciya. № 2001119199/04.
17. Gibov K.M., Malinin V.R., Krutolapov A.S. Ognezashchitnaya vspenivayushchayasya kompoziciya dlya pokrytiya metallicheskih konstrukcij: pat. 2199564 Ros. Federaciya. № 2001125902/04.
18. Ponimatkin V.P., Chernova N.S., Mnacakanov S.S. Sposob polucheniya ognezashchitnoj vspuchivayushchejsya kompozici: pat. 24922000 Ros. Federaciya. № 2011113428/05.
19. Gajduk A.A., Desyatkov D.V. Ehnergoberegayushchee antikorrozionnoe pokrytie s ponizhennoj pozharnoj opasnost'yu i sposob ego polucheniya: pat. 2551363 Ros. Federaciya. № 2013139424/04.

ЭВОЛЮЦИЯ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРВИЧНОСТИ-ВТОРИЧНОСТИ ОПЛАВЛЕНИЙ МЕДНЫХ ПРОВОДНИКОВ, ВЫЗВАННЫХ КОРОТКИМ ЗАМЫКАНИЕМ

**И.Д. Чешко, доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки Российской Федерации;
А.Ю. Мокряк;
А.В. Мокряк.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрено развитие методики экспертного исследования после пожара оплавлений медных проводников и определения «первичности-вторичности» короткого замыкания. Приведены примеры того, как современная методика предполагает использование двух методов – рентгенофазового анализа и металлографии.

Ключевые слова: судебная пожарно-техническая экспертиза, первичное короткое замыкание, вторичное короткое замыкание, медный проводник

EVOLUTION OF THE METHODOLOGY OF DISTINGUISHING «VICTIM» FROM «CAUSE» BEADS OF COPPER CONDUCTORS BY SHORT CIRCUIT

I.D. Cheshko; A.Yu. Mokryak; A.V. Mokryak.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The development of the expert examination technique after the fire of melting copper conductors and the determination of the «victim» from «cause» short circuit are considered. Examples are given of how a modern technique involves the use of two methods – X-ray phase analysis and metallography.

Keywords: judicial fire-technical expertise, «victim» bead short circuit, «cause» bead short circuit, copper conductor

В судебной пожарно-технической экспертизе методика установления «первичности-вторичности» короткого замыкания (КЗ) относится, наряду с методикой обнаружения остатков интенсификаторов горения (средств поджога), к наиболее востребованным. Причина этого очевидна – так называемая «электротехническая» версия возникновения пожара рассматривается практически на каждом электрифицированном объекте. К тому же это одна из первых инструментальных методик, разработка которой резко поменяла ситуацию с технической вооруженностью пожарно-технического эксперта; до этого единственным его инструментом были собственные глаза, бумага и ручка.

С развитием современной техники развивалась и совершенствовалась методика. В то же время ее многолетнее практическое использование, вполне естественно, привело к накоплению у экспертов, применяющих методику как мелких, так и серьезных претензий к ней.

В данной статье авторы прослеживают эволюцию методики от 50-х гг. прошлого столетия до наших дней.

В первых отечественных публикациях профессор Г.И. Смелков с соавторами предложили различать «первичное» КЗ (ПКЗ), то есть КЗ, произошедшее до пожара, и возможную причину пожара, и «вторичное» КЗ (ВКЗ) – это КЗ, произошедшее во время

пожара, его следствие [1]. Автором также был введен термин «момент КЗ», объединяющий два указанных понятия.

Учитывая то, что, исследуя проводник с оплавлениями, устанавливали момент КЗ не напрямую, а по косвенным признакам, указывающим на условия (температуру, атмосферу, наличие градиента температур по проводнику, наличие оксидов меди и т.д.), при которых проходил процесс, кроме указанных терминов стали употреблять более корректные (по мнению некоторых авторов) термины «условия до пожара» и «условия пожара».

Со временем наличие признаков ПКЗ часто стали трактовать как однозначное свидетельство причастности КЗ к возникновению пожара. Хотя это не так – с самого начала разработчики методики указывали, что окончательный вывод такого рода можно делать только на основании анализа всей совокупности данных по пожару [1].

Специалисты предупреждали о некорректности ситуации, когда вывод о причине пожара делает эксперт-физик исключительно на основе исследования представленного ему вещественного доказательства – оплавленного провода. Предлагались сложные схемы комплексного исследования по установлению причинно-следственной связи аварийных процессов в электросети с возникновением пожара [2].

Разработчики методики, в свою очередь, также периодически пытались уйти от терминов ПКЗ-ВКЗ или, по крайней мере, их конкретизировать, приближая к непосредственному описанию физических параметров окружающей среды, которые, собственно, и отражаются на структуре металла, а затем выявляются методами рентгеноструктурного анализа (РСА), металлографии и др. В методических рекомендациях ВНИИ МВД СССР 1986 г. [3] указывается, что под ПКЗ следует понимать КЗ, которое происходит в отсутствие воздействия на проводник опасных факторов пожара, при нормальной (комнатной) температуре окружающей среды и нормальном составе атмосферы (21 % кислорода, 79 % азота). Под ВКЗ понимается КЗ, которое происходит «... в процессе развития пожара при повышенной температуре окружающей среды (200 °С и выше), достаточной для начала интенсивного термического разложения изоляции, и в атмосфере, насыщенной газообразными продуктами разложения горючих веществ (СО, СО₂ и др.) при пониженном содержании кислорода». В последних публикациях [4, 5] авторы вообще стараются обходить термин «первичное» и «вторичное» КЗ, употребляя понятия «КЗ, предшествующее пожару» «КЗ, возникшее в процессе пожара», или «КЗ до пожара» и «КЗ во время пожара».

Последние два термина, наряду с «историческими» ПКЗ и ВКЗ, используются и в более поздних публикациях на данную тему.

Физические принципы, заложенные в основу методики, весьма любопытны. Они заключаются в выявлении различными инструментальными методами структуры, состава и свойств оплавленного электрического провода, прямо или косвенно указывающих на условия, при которых он образовался.

Первые публикации, указывающие на возможность решения задачи установления момента КЗ, появились в 50-х гг. прошлого века. Шонтаг А. (Герм.) предложил различать «первичное» и «вторичное» КЗ по содержанию в структуре проводника, оплавленного током КЗ, оксидов меди – оксида меди (II) и оксида меди (I) (по старой номенклатуре химических соединений – окиси и закиси меди). Идея базировалась на способности меди активно взаимодействовать при нагревании с кислородом воздуха. До пожара в чистой, незадымленной атмосфере (ПКЗ) в результате такого взаимодействия окисление идет активно с образованием большого количества оксидов, преимущественно CuO [6].

При ВКЗ, возникающих в ходе развития пожара, задымленная воздушная среда помещения бедна кислородом, процесс окисления происходит менее интенсивно, оксидов образуется меньше.

Исследования в данном направлении проводились также Хагемайером (ГДР). Для обнаружения оксидов меди в оплавлениях авторы использовали металлографию [7, 8]. При этом количественных критериев дифференциации авторы не предлагали.

Профессор Г.И. Смелков в своей книге [1] отмечает, что в 1969 г. во ВНИИПО с его участием проводились исследования по оценке возможности применения металлографического метода для дифференциации «первичного» и «вторичного» КЗ. Результат оказался отрицательный. Медь «...настолько активно взаимодействовала с кислородом даже в сильно задымленной атмосфере, что чувствительности металлографического метода не хватало для дифференциации момента возникновения КЗ. И, самое главное, полная неопределенность, связанная с выбором места на шлифе, которое подлежит исследованию: на одном и том же шлифе объектив микроскопа может найти сколько угодно мест, которые на 100 % подтверждают первичность КЗ, а чуть передвинув шлиф, с неменьшей точностью можно найти все признаки вторичного КЗ» [9].

Неудача с использованием металлографического метода подвигла отечественных разработчиков к использованию для исследования оплавленных дугой КЗ медных проводов рентгеноструктурного анализа [1].

Первая отечественная методика [1] была разработана во ВНИИПО в 1970–1974 гг. и предназначена для определения причастности к возникновению пожара КЗ в открыто проложенных проводках с медными жилами независимо от их сечения и числа проволок в жиле, подвергавшихся при пожаре воздействию температуры не более 900 °С. Методика не распространялась на кабели и электропроводки, проложенные в трубах. Основным критерием «первичности-вторичности» КЗ методом РСА было различие в структуре и степени окисления отдельных участков проводов. Для съемки от изъятых проводов вырезали два образца – первый (образец 1), длиной 10 мм с места оплавления и второй (образец 2) длиной 15 мм на удалении 50–100 мм от первого. Съемку рекомендовалось проводить, используя любые рентгеновские установки с фотографической регистрацией в камерах Дебая-Шеррера. Применялся асимметричный метод съемки без вращения образца для оценки зернистости и с вращением для оценки интенсивности. Интенсивность линий на рентгенограммах оценивалась визуально по десятибалльной шкале либо с помощью микрофотометра [1]. В качестве признаков ПКЗ рассматривались:

- меньшие размеры дифракционных пятен, составляющих линии меди, на рентгенограммах образца 1 по сравнению с образцом 2;
- более высокая интенсивность линий оксида меди (I) образца 1 по сравнению с образцом 2;
- более высокая интенсивность линий оксида меди (II) образца 1 по сравнению с образцом 2.

Обратные соотношения предлагалось трактовать как признаки ВКЗ.

Признаком, свидетельствующим об оплавлении провода под действием температуры пожара, рассматривалась идентичность рентгенограмм образцов 1 и 2.

Уже тогда было замечено и отмечалось в тексте методики непрочность слоя CuO и возможность его потери при отборе и транспортировке образца.

Развитие рентгеновской техники позволило в дальнейшем перейти от длительных, трудоемких исследований фотометодом к использованию рентгеновских дифрактометров. Кроме всего прочего, это позволило проводить более точный количественный анализ. Дифрактометрия как метод анализа была задействована в новой методике, разработанной во ВНИИ МВД СССР в 1986 г. В ней для исследования применялся комплекс аналитических методов, включая электронную микроскопию и металлографию [3].

Дифрактометрический метод также был основан на сравнительном исследовании двух участков провода – непосредственно примыкающего к оплавлению и удаленного на расстояние 30 мм от места оплавления. На том и на другом определялась интегральная интенсивность линии оксида меди (I) относительно линии металлической меди. Оксид меди (II) предварительно удалялся с провода протиранием этиловым спиртом. Возможность дифференциации ПКЗ-ВКЗ, то есть физическая суть методики, заключалась в следующем. При ПКЗ провод еще относительно холодный, греется только в зоне, непосредственно

примыкающей к зоне действия электрической дуги, где и происходит активное окисление. Поэтому относительная интенсивность линии Cu_2O здесь оказывается выше, чем на удаленном «участке сравнения». При ВКЗ такой картины не наблюдается – КЗ возникает уже на прогревом теплом пожара проводе. Чтобы исключить возможные погрешности, авторы методики заложили требование двухкратного различия концентрации оксида меди (I) на двух анализируемых участках (табл.). При ПКЗ интегральная интенсивность оксида меди рядом с оплавлением должна быть выше в два и более раза, чем на указанном удалении от него; при ВКЗ – соотношение обратное. Промежуточные значения считаются неинформативными, и для решения задачи рекомендуется применять металлографический метод анализа [3].

Металлографический метод в своей основе опирается на феномен наличия или отсутствия градиента температур в проводе при его охлаждении после действия электрической дуги КЗ. В случае ПКЗ при остывании расплавленного электрической дугой металла происходит интенсивный направленный теплоотвод по металлу медной жилы. За счет этого формируется структура быстрой кристаллизации – столбчатые дендриты (при содержании кислорода в оплавлении не более 0,39 %). При ВКЗ в месте оплавления направленного теплоотвода не наблюдается и формируется равноосная литая структура. Существуют различия в наличии или отсутствии по границам зерен эвтектики $\text{Cu} - \text{Cu}_2\text{O}$ и массовой доли кислорода в меди – при ПКЗ она в пределах от 0,06 до 0,39 %, при ВКЗ не превышает 0,06 % [4, 5].

При морфологическом исследовании поверхности оплавленных участков методом электронной микроскопии ведется поиск специфических структур в виде искривлённых и закруглённых кристаллов, которые образуются, соответственно, при ПКЗ и ВКЗ [4].

Со временем прояснилась и причина отрицательной оценки аналитических возможностей металлографии как метода экспертного исследования. Дело оказалось не в методе анализа, а в способе моделирования КЗ, применяемом немецкими специалистами. Смелков Г.И. пишет, что установка, которую использовал В. Хагемайер, представляла собой небольшой стеклянный сосуд, в котором располагались тонкие диаметром около 1 мм проводники. В сосуде по мере необходимости создавалась либо чистая, либо задымленная среда. Пережигание проводников осуществлялось небольшим током, поэтому длительность КЗ составляла несколько секунд. За столь большое время все процессы окисления успевали пройти и оксидные фазы равномерно откладывались по всему небольшому сечению пережигаемых токами КЗ проводников. Поэтому на шлифах была видна единая картина ВКЗ или ПКЗ. В реальности (в том числе на экспериментальной установке ВНИИПО) длительность КЗ составляла десятые и сотые доли секунды, в течение которых оксидная фаза не могла сформироваться в необходимых количествах.

В настоящее время современное оборудование и технологии металлографического исследования позволяют в ряде случаев исследовать и следы таких краткосрочных процессов. Тем не менее длительность электродугового процесса остается фактором, существенно влияющим на возможности и результат металлографического исследования.

Рассмотренные выше варианты методики имели серьезную теоретическую основу и активно применялись на практике. Однако обратной стороной многолетнего практического использования явилось накопление проблемных вопросов, с ними связанных. На практике в ряде случаев известные признаки ПКЗ обнаруживались сразу у нескольких проводов. В том числе вне установленного очага пожара. Имели место ситуации, когда результаты, полученные различными методами, противоречили друг другу, а также фактическим данным по пожару. Указанные проблемы вполне естественны. Процессы, протекающие на реальных пожарах, сложны, часто многостадийны и трудно моделируемы. Соответственно, существующие методики не универсальны и требуют развития и совершенствования. Очень важно, как показывает приведенный выше пример с немецкой методикой, максимально возможное приближение лабораторных экспериментов по моделированию КЗ к реально существующим аварийным процессам. По сути, это условие было выдержано только

на стадии разработки методики во ВНИИПО (установочные провода сечением 2,5 и 4 мм², напряжение 220 В переменного тока), а также на экспериментальной установке ИЦЭП. В первом случае, однако, не было аналитического оборудования с современными возможностями.

Методика, сформированная по результатам исследований, проведенных на установке, разработанной в ИЦЭП, включает в себя морфологические исследования (визуально и с помощью метода сканирующей электронной микроскопии), рентгенофазовый анализ и металлографические исследования [10].

Предварительным этапом дифференциации ПКЗ-ВКЗ является установление по полученным данным электродуговой природы оплавления. Это существенно, поскольку, как показали исследования [11], похожие морфологические признаки могут формироваться, в частности, при перегрузке.

В случае электродуговой природы для дифференциации используются данные рентгенофазового анализа – критерии дифференциации те же, что и в методике [5] (табл.).

Существенное различие с методикой [5] существует в трактовке металлографических данных. Проведенные исследования [12] показали, что содержание кислорода не может выступать в качестве надежного критерия определения ПКЗ-ВКЗ, поскольку на этот параметр оказывает влияние не только газовый состав окружающей атмосферы, но и, в частности, длительность электродугового процесса. Само по себе наличие дендритных структур также не коррелирует, судя по проведенным экспериментам, с условиями, характерными для ПКЗ.

Металлографический метод исследования электродуговых оплавлений, предлагаемый ИЦЭП, базируется на различии в скорости кристаллизации металла при ПКЗ и ВКЗ. В качестве квалификационного признака ПКЗ предлагается рассматривать не просто наличие кристаллов дендритной формы, а присутствие в зоне оплавления мелких, вытянутых столбчатых или дендритных зерен меди со средним поперечным размером до 10 мкм. При этом обратная ситуация – поперечный размер зерен больше 10 мкм – не свидетельствует в пользу ВКЗ. Признаком ВКЗ является наличие равноосных зерен меди при обязательном наличии прямой границы между проводником и оплавлением (табл.).

Из приведенного выше видно, что одна из ключевых инструментальных экспертных методик, используемых в пожарно-технической экспертизе, развивается, усложняется и это объективная реальность – следствие более глубокого постижения физической сути протекающих при пожаре процессов и их последствий. Трактовка полученных данных – это наиболее сложная часть экспертного исследования, требующая профессиональной подготовки эксперта и его умения творчески мыслить.

Отметим также, что, несмотря на явно увеличивающиеся возможности аналитических приборов и оборудования в получении криминалистически значимой информации, справедливым остается требование первых разработчиков методики: «Заключение о причастности (непричастности) к пожару КЗ может быть составлено в процессе выполнения общей электротехнической экспертизы и на основании результатов экспертизы вещественных доказательств по данной методике с обязательным учетом материалов уголовного дела по расследованию причин возникновения пожара.

В случае предоставления для экспертизы только одних вещественных доказательств без материалов уголовного дела по расследованию причин возникновения пожара экспертом может быть дано лишь вероятностное заключение о первичности (вторичности) КЗ» [1].

**Таблица. Дифференцирующие признаки ПКЗ–ВКЗ в различных методиках
судебной пожарно-технической экспертизы**

Метод анализа	Объект	Дифференцирующий признак ПКЗ-ВКЗ	ВНИИПО	ЭКЦ	ИЦЭП
Визуальный	Изоляция	Обугливание изнутри	+	+	+
	Оплавленный участок	Вытянут вдоль оси проводника и локализован	+	+	–
	Поверхность оплавления	Гладкая, без газовых пор и вырывов / могут быть поры и вырывы наплывы меди вдоль проводника по длине		+	–
СЭМ	Поверхность оплавления (1 000–1 500 ^x)	Морфология поверхности: вид сетки с искривленными кристаллами при толщине окисной пленки 5–20 мкм/прямые и закругленные кристаллы	–	+	+
РСА	Проводник с оплавлением	Фотометод: количественное соотношение оксидов меди	+	+	–
		Дифрактометрия: количественное соотношение оксидов меди	–	+	+
Металло-графия	Оплавление (100–500 ^x)	Форма зерна меди: дендритная или равноосная	–	+	–
		Содержание кислорода в меди: 0,06 % или более 0,06 %	–	+	–
		Пористость	–	+	–
		Мелкие вытянутые столбчатые или дендритные зерна меди при среднем поперечном размере зерен до 10 мкм	–	–	+
		Равноосные зерна меди при наличии прямой границы между проводником и оплавлением	–	–	+

Примечание: «+» – признак используется; «–» – признак не используется

Литература

1. Смелков Г.И., Александров А.А., Пехотиков В.А. Методы определения причастности к пожарам аварийных режимов в электротехнических устройствах. М.: Стройиздат, 1980. 58 с.
2. Маковкин А.В., Кабанов В.Н., Струков В.М. Проведение экспертных исследований по установлению причинно-следственной связи аварийных процессов в электросети с возникновением пожара. М.: ВНКЦ МВД СССР, 1990. 64 с.
3. Митричев Л.С., Колмаков А.И., Степанов Б.В. Исследование медных и алюминиевых проводников в зонах короткого замыкания и термического воздействия: метод. рекомендации. М.: ВНИИ МВД СССР, 1986. 43 с.
4. Диагностика причин разрушения металлических проводников, изъятых с места пожара / А.И. Колмаков [и др.]. М.: ВНКЦ МВД СССР, 1991.
5. Экспертное исследование металлических изделий (по делам о пожарах): учеб. пособие / под ред. А.И. Колмакова. М.: ЭКЦ МВД России, 1993. 104 с.

6. Schontag A. Archiv fur Kriminologie, 115 Bd., Munchen, 1956. S. 66.
7. Hagemuer W. Die metallographische Untersuchung von Kupferleitern als Method zur Untercheidung zwischen primaren und sekundaren Kurzschlussen // Schriftenreihe der Deutsch Volkspolizei. 1963. № 7–12. S. 1 160–1 170.
8. Ettlign B.V. Electrical wiring in Builing Fires // Fire Technology. 1978. 14. № 4. P. 317–325.
9. Смелков Г.И. Пожарная безопасность электропроводок. М.: ООО «КАБЕЛЬ», 2009. 328 с.
10. Экспертное исследование после пожара медных проводников: метод. пособие / А.Ю. Мокряк [и др.]. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2016. 145 с.
11. Мокряк А.Ю., Чешко И.Д., Пеньков В.В. Морфологический анализ медных проводников, подвергшихся воздействию токовой перегрузки, при экспертизе пожаров // Проблемы управления рисками в техносфере. 2014. № 4 (32). С. 41–49.
12. Мокряк А.Ю., Чешко И.Д. Металлографический анализ медных проводников, подвергшихся воздействию токовой перегрузки, при экспертизе пожаров // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербург. ун-та ГПС МЧС России». 2014. № 4. С. 51–58.

References

1. Smelkov G.I., Aleksandrov A.A., Pekhotikov V.A. Metody opredeleniya prichastnosti k pozharam avarijnyh rezhimov v ehlektrotekhnicheskikh ustrojstvah. M.: Strojizdat, 1980. 58 s.
2. Makovkin A.V., Kabanov V.N., Strukov V.M. Provedenie ehkspertnyh issledovanij po ustanovleniyu prichinno-sledstvennoj svyazi avarijnyh processov v ehlektroseti s vzniknoveniem pozhara. M.: VNKC MVD SSSR, 1990. 64 s.
3. Mitrichev L.S., Kolmakov A.I., Stepanov B.V. Issledovanie mednyh i alyuminiyevyh provodnikov v zonah korotkogo замыкания i termicheskogo vozdejstviya: metod. rekomendacii. M.: VNII MVD SSSR, 1986. 43 s.
4. Diagnostika prichin razrusheniya metallicheskih provodnikov, iz"yatyh s mesta pozhara / A.I. Kolmakov [i dr.]. M.: VNKC MVD SSSR, 1991.
5. EHkspertnoe issledovanie metallicheskih izdelij (po delam o pozharah): ucheb. posobie / pod red. A.I. Kolmakova. M.: EHKC MVD Rossii, 1993. 104 s.
6. Schontag A. Archiv fur Kriminologie, 115 Bd., Munchen, 1956. S. 66.
7. Hagemuer W. Die metallographische Untersuchung von Kupferleitern als Method zur Untercheidung zwischen primaren und sekundaren Kurzschlussen // Schriftenreihe der Deutsch Volkspolizei. 1963. № 7–12. S. 1 160–1 170.
8. Ettlign B.V. Electrical wiring in Builing Fires // Fire Technology. 1978. 14. № 4. P. 317–325.
9. Smelkov G.I. Pozharnaya bezopasnost' ehlektroprovodok. M.: ООО «КАБЕЛЬ», 2009. 328 с.
10. Ehkspertnoe issledovanie после пожара медных проводников: метод. пособие / А.Ю. Мокряк [и др.]. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2016. 145 с.
11. Мокряк А.Ю., Чешко И.Д., Пен'ков В.В. Морфологический анализ медных проводников, подвергшихся воздействию токовой перегрузки, при экспертизе пожаров // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2014. № 4 (32). S. 41–49.
12. Мокряк А.Ю., Чешко И.Д. Metallograficheskij analiz mednyh provodnikov, podvergshihsvya vozdejstviyu tokovoj peregruzki, pri ehkspertize pozharov // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2014. № 4. S. 51–58.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫХ ПРОЦЕССОВ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ КЛАССИФИКАЦИИ

**А.Ю. Лабинский, кандидат технических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрены особенности решения задач классификации с использованием нечеткой логики. Классификация выполнялась с использованием системы нечеткого вывода с четкими функциями принадлежности. Рассмотрена классификация 6 и 16 объектов, в результате которой объекты объединены в два и три кластера разной конфигурации.

Ключевые слова: нечеткая кластеризация, система нечеткого вывода, компьютерная программа, математическая модель

THE PROBLEM OF USE THE FUZZY LOGIC FOR CLASSIFICATION THE OBJECTS

A.Yu. Labinskiy. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

This article presents the problem of using the fuzzy logic for classification the objects. The reliability calculation work with use fuzzy output system with membership functions. The mathematical model use the fuzzy control.

Keywords: fuzzy classifier, fuzzy output system, computing program, mathematical model

В настоящее время активно развиваются исследования в области разработки компьютерных моделей сложных процессов и систем, основанных на перспективных направлениях моделирования в рамках научного направления «природные вычисления», объединяющего нечеткие системы, нейронные сети, генетические алгоритмы и методы самоорганизации [1, 2].

Под кластеризацией понимается объединение объектов в группы (кластеры) на основе отличий признаков между группами и схожести признаков для объектов одной группы [3]. Алгоритмы кластеризации могут использоваться в условиях полного отсутствия информации о законах распределения исходных данных. Исходной информацией для кластеризации объектов с количественными (числовыми) признаками является матрица наблюдений: $X = [(x_{11} \ x_{12} \dots \ x_{1n}) \dots \dots \dots (x_{m1} \ x_{m2} \dots \ x_{mn})]$. В матрице наблюдений X каждая строка представляет собой значения n признаков одного из m объектов кластеризации.

Под задачей кластеризации понимается разбиение объектов на несколько подмножеств (кластеров), в которых объекты более схожи между собой и менее схожи с объектами из других кластеров [3]. Множество методов кластеризации можно условно разделить на четкие и нечеткие. Четкие методы кластеризации разделяют исходное множество объектов на несколько непересекающихся подмножеств. В четких методах кластеризации любой объект из исходного множества принадлежит только одному кластеру.

Нечеткие методы кластеризации позволяют одному и тому же объекту принадлежать одновременно нескольким кластерам с различной степенью принадлежности.

В зависимости от того, определено ли количество кластеров до начала кластеризации или нет, методы кластеризации делятся на две группы. Если количество кластеров не известно, то оно определяется в ходе выполнения алгоритма кластеризации. В случае, когда множество объектов может быть сгруппировано в кластеры, каждый из которых отделим от других, кластеризация выполняется с помощью алгоритма четких с-средних [4].

Четкая кластеризация алгоритмом четких с-средних

При кластеризации алгоритмом четких с-средних исходное множество X разбивается на подмножества A_j , со следующими свойствами:

$$\cup A_j = X; \quad (1)$$

$$A_j \cap A_i = \emptyset; \quad (2)$$

$$\emptyset \in A_j \in X, \quad (3)$$

где $j=1, \dots, C$; C – число кластеров.

Свойство (1) показывает, что все объекты должны быть распределены по кластерам. Свойство (2) показывает, что каждый объект должен принадлежать только одному кластеру. Свойство (3) показывает, что ни один из кластеров не может быть пустым или содержать все объекты. Количество кластеров обычно задается до начала работы алгоритма.

Для формулировки задачи кластеризации часто используют характеристическую функцию. Характеристическая функция может принимать два значения: 0 – если элемент не принадлежит кластеру, 1 – если элемент принадлежит кластеру. С помощью характеристической функции и матрицы разбиения U кластеры можно описать следующим образом:

$$U = |U_{ki}|,$$

где $U_{ki} \in \{0, 1\}$, $k=1 \dots M$; $i=1 \dots C$; M – количество объектов; C – количество кластеров. Свойства матрицы разбиения U :

$$\sum_{i=1}^C U_{ki} = 1; \quad (4)$$

$$0 < \sum_{k=1}^M U_{ki} < M. \quad (5)$$

Для оценки качества разбиения можно использовать критерий разброса, который равен сумме расстояний от объектов V_k до центра V_i кластера, объединяющего данные объекты. В кластерном анализе обычно используют различные меры близости (метрики) сравниваемых объектов [3]. Для меры близости Евклида критерий разброса можно вычислить по формуле [3]:

$$\sum_{i=1}^C \sum_{k=1}^M \|V_i - V_k\|^2, \quad (6)$$

где центр кластера $V_i = (1/|S_i|) * \sum_{k=1}^M X_k$; $S_i = |X_k|$.

Кластеризацию объектов часто формулируют как задачу оптимизации. В этой задаче нужно найти такую матрицу разбиения $U = |U_{ki}|$ объектов на группы, при которой критерий разброса (6) достигает минимума. Так как целевая функция в задаче оптимизации не всегда бывает гладкой, дискретный характер четкого разбиения часто приводит к трудностям нахождения оптимальной кластеризации.

Нечеткая кластеризация алгоритмом нечетких с-средних

FCM-алгоритм (Fuzzy Classifier Means, Fuzzy C-Means) кластеризации часто называют алгоритмом нечеткой кластеризации нечетких с-средних [5]. FCM-алгоритм кластеризации обычно предполагает, что объекты принадлежат всем кластерам с определенной функцией принадлежности. Нечеткие кластеры могут быть описаны следующей матрицей нечеткого разбиения:

$$F = |\mu_{ki}|.$$

В нечеткой матрице F k -строка содержит степени принадлежности μ_{ki} k объекта к i кластерам. Нечеткая матрица F от четкой матрицы U отличается только тем, что при нечетком разбиении степень принадлежности объекта к кластеру принимает значения из интервала $[0, 1]$, а при четком разбиении степень принадлежности объекта к кластеру принимает значения из множества $\{0, 1\}$. Условия для матрицы нечеткого разбиения, аналогичные условиям (4) и (5) для матрицы четкого разбиения, записываются так:

$$\sum_{i=1}^C \mu_{ki} = 1; \quad (7)$$

$$0 < \sum_{k=1}^M \mu_{ki} < M. \quad (8)$$

Решить проблему объектов, расположенных на границе двух кластеров, нечеткое разбиение позволяет путем назначения степени принадлежности, равной 0,5. При работе с объектами, удаленными от центров всех кластеров, проявляется недостаток нечеткого разбиения, для устранения которого можно использовать вероятностное разбиение, требующее принадлежности произвольного объекта из U хотя бы одному кластеру. Для получения вероятностного разбиения достаточно ослабления условия (7): $\sum_{i=1}^C \mu_{ki} \approx 1$.

С целью оценки качества нечеткого разбиения используется следующий критерий разброса:

$$\sum_{i=1}^C \sum_{k=1}^M [(\mu_{ki})^m \|V_i - V_k\|^2]. \quad (9)$$

Центры нечетких кластеров V_i могут быть определены по формуле:

$$V_i = [1 / \sum_{k=1}^M (\mu_{ki})^m] * \sum_{k=1}^M [(\mu_{ki})^m X_k]. \quad (10)$$

В формулах (9) и (10) показатель степени m , определяющий нечеткость кластеров, обычно равен 2.

Алгоритм нечеткой кластеризации нечетких с-средних может быть описан следующим образом [5]:

1. Установить параметры алгоритма: C – количество кластеров; m – показатель степени; E – параметр останова (точность) алгоритма.
2. С помощью датчика случайных чисел создать матрицу нечеткого разбиения F , удовлетворяющую условиям (7) и (8).
3. Рассчитать центры нечетких кластеров по формуле (10).
4. Рассчитать расстояния между объектами и центрами кластеров:

$$D_{ki} = \sqrt{\|X_k - V_i\|^2},$$

где количество объектов $k=1 \dots M$; количество кластеров $i=1 \dots C$.

5. Пересчитать элементы матрицы нечеткого разбиения:

$$\text{Если } D_{ki} > 0: \mu_{ki} = 1 / [D_{ki}^2 \sum_{j=1}^C (1 / D_{kj}^2)]^A,$$

где показатель степени $A = 1/(m-1)$.

$$\text{Если } D_{ki} = 0: \mu_{ki} = 1 \text{ при } j=i \text{ и } \mu_{ki} = 0 \text{ при } j \neq i.$$

6. Проверить условие $\|F-F^*\|<E$, где F^* – матрица нечеткого разбиения на предыдущей итерации алгоритма. Если условие выполняется, то выход из алгоритма, иначе перейти к пункту 3.

В приведенном алгоритме нечеткой кластеризации нечетких с-средних нужно задать количество кластеров C , для чего необходимо иметь априорную информацию о распределении значений свойств исследуемых объектов. При отсутствии такой информации для определения количества кластеров обычно используются два способа [5].

Первый способ определения количества кластеров основан на критерии компактности и делимости полученных кластеров. Существует несколько критериев оценки компактности кластеров. Однако для произвольного набора данных формально и достоверно определить правильность выбора количества кластеров для предлагаемых критериев затруднительно.

Второй способ рекомендует начинать кластеризацию при достаточно большом числе кластеров, а затем продолжать последовательно объединять смежные кластеры, используя различные формальные критерии схожести кластеров, подлежащих объединению.

Вторым параметром алгоритма кластеризации является показатель степени m , часто называемый экспоненциальным весом. Чем больше m , тем конечная матрица нечеткого разбиения становится более «размытой», и при $m \rightarrow \infty$ с одной и той же степенью принадлежности все объекты принадлежат ко всем кластерам. В настоящее время не существует теоретически обоснованного правила выбора значения показателя степени (экспоненциального веса) m . Обычно устанавливают значение $m=2$.

Классический метод кластерного анализа

В классическом методе кластерного анализа используют понятие расстояния между группами (кластерами) объектов [3]. Наиболее часто используемыми расстояниями между группами (кластерами) объектов являются следующие:

– расстояние, измеряемое по принципу «ближайшего соседа» и определяемое по формуле:

$$\rho_{\min}(S_k, S_m) = \min \rho(x_i, x_j),$$

где S_i – i группа (кластер), состоящий из N объектов, $x_i \in S_k, x_j \in S_m$;

– расстояние, измеряемое по принципу «дальнего соседа» и определяемое по формуле:

$$\rho_{\max}(S_k, S_m) = \max \rho(x_i, x_j);$$

– расстояние между группами (кластерами) объектов S_k и $S_{m,q}$, являющимися объединением двух других классов S_m и S_q , которое можно определить по формуле:

$$\rho_{k,(m,q)} = 0,5 * \rho_{km} + 0,5 * \rho_{kq} - 0,5 * |\rho_{km} - \rho_{kq}|. \quad (11)$$

В ходе реализации на ЭВМ процесса классификации часто используются иерархические процедуры, выполняющие последовательное объединение сначала самых близких групп объектов, а затем все более отдаленных друг от друга групп объектов.

Рассмотрим пример классификации шести объектов с использованием иерархической процедуры. Каждый объект, подлежащий иерархической процедуре классификации, характеризуется двумя признаками X_{i1} и X_{i2} , значения которых представлены в табл. 1.

Таблица 1

№ объекта	1	2	3	4	5	6
X_{i1}	5	6	5	10	11	10
X_{i2}	10	12	13	9	9	7

Расположение объектов в виде точек на плоскости показано на рис. 1.

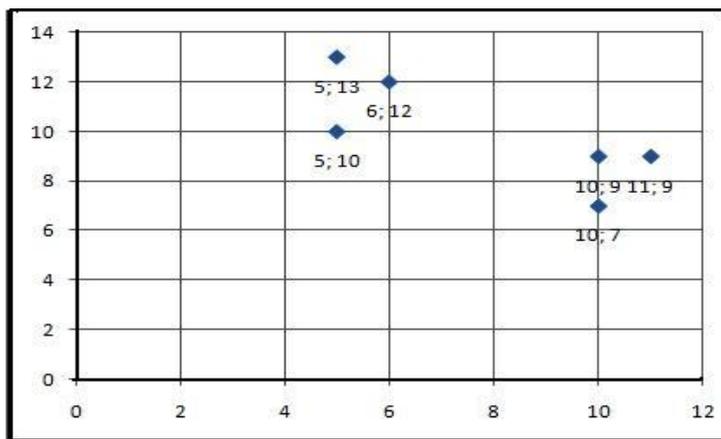


Рис. 1. Расположение на плоскости шести объектов классификации

Для классификации объектов будем использовать иерархическую процедуру, в которой в качестве расстояния между объектами используем обычное расстояние Евклида:

$$\rho(X_1, X_2) = \sqrt{\sum_{i=1}^k (x_{i1} - x_{i2})^2}. \quad (12)$$

Вычислив расстояния между всеми шестью объектами, получим матрицу расстояний, значения которой представлены в табл. 2.

Таблица 2

0	2,24	3,00	5,10	6,08	5,83
2,24	0	1,41	5,00	5,83	6,40
3,00	1,41	0	6,40	7,21	7,81
5,10	5,00	6,40	0	1,00	2,00
6,08	5,83	7,21	1,00	0	2,24
5,83	6,40	7,81	2,00	2,24	0

Из матрицы расстояний следует, что четвертый и пятый объекты наиболее близки, так как $\rho_{45}=1,00$ и могут быть объединены в один кластер. Продолжая иерархическую процедуру классификации, последовательно объединяем объекты и пересчитываем матрицу расстояний, используя формулы для расчета расстояний между кластерами (11) и расстояний между объектами (12).

В результате получим три кластера: $S_{(1)}$, $S_{(2,3)}$ и $S_{(4,5,6)}$. Матрица расстояний будет иметь следующий вид, представленный в табл. 3.

Таблица 3

0	2,24	5,10
2,24	0	5,00
5,10	5,00	0

В результате объединения кластеров $S_{(1)}$ и $S_{(2,3)}$, расстояние между которыми равно $\rho_{1(2,3)}=2,24$, получим два кластера $S_{(1,2,3)}$ и $S_{(4,5,6)}$, расстояние между которыми, найденное по принципу «ближайшего соседа», равно 5,0.

Компьютерная модель нечеткой классификации

Компьютерная модель нечеткой классификации была реализована в виде программы для ЭВМ, интерфейс которой представлен на рис. 2.

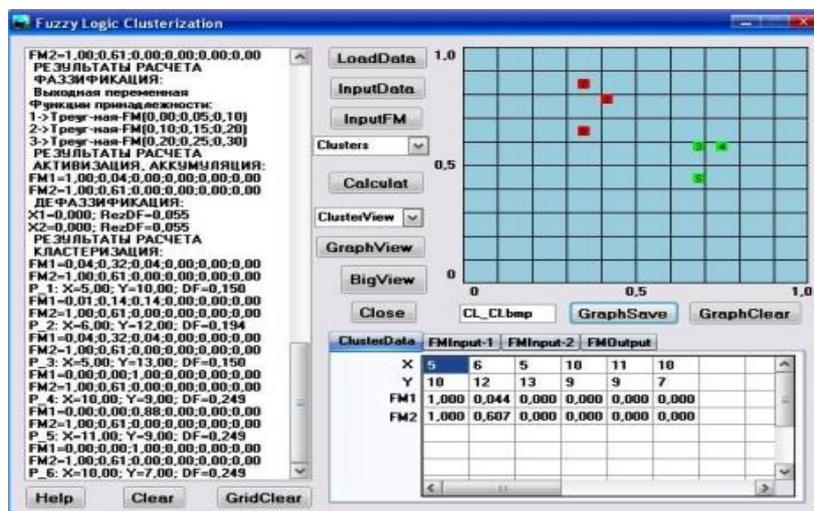


Рис. 2. Интерфейс программы нечеткой классификации

В данной компьютерной модели применяется система нечеткого вывода, использующая нечеткую модель Мамдани-Заде [6].

База нечетких продукционных правил в виде нечетких высказываний-термов, которым поставлены в соответствие функции принадлежности, для случая группировки объектов в два кластера может иметь следующий вид:

Если X_1 =«низкий» И X_2 =«низкий», то «кластер 1»;

Если X_1 =«высокий» И X_2 =«высокий», то «кластер 2».

Фаззификация входных переменных осуществлялась с помощью функций принадлежности $\mu(x)$ типа кривой Гаусса: $\mu(x)=\exp[-(x-c)^2/(2*\sigma^2)]$.

Фаззификация выходной переменной осуществлялась с помощью функции принадлежности $\mu(x)$ треугольного типа. Вид функций принадлежности представлен на рис. 3.

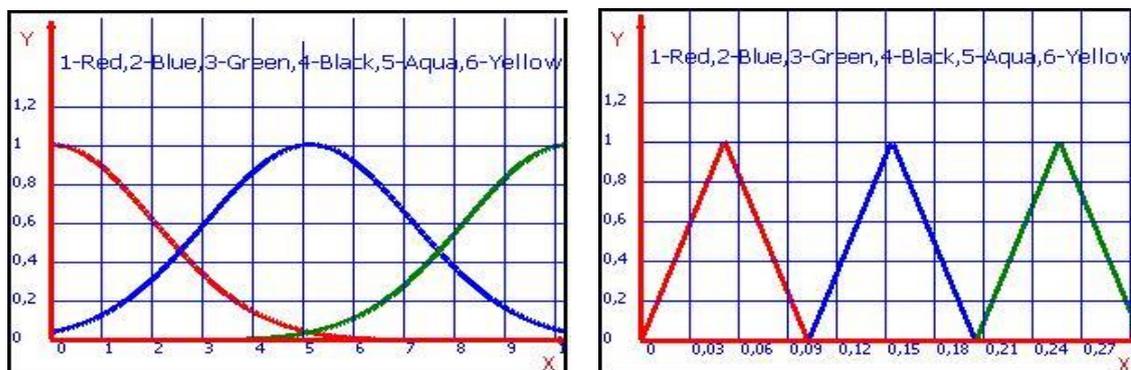


Рис. 3. Функции принадлежности входной и выходной переменных

Результаты кластеризации представлены на рис. 4 (шесть объектов из рассмотренного выше примера) и 5 (16 объектов). На рис. 4 слева представлены шесть исходных объектов, каждый из которых имеет свой цвет; справа – объекты объединены в два кластера с объектами красного и зеленого цветов.

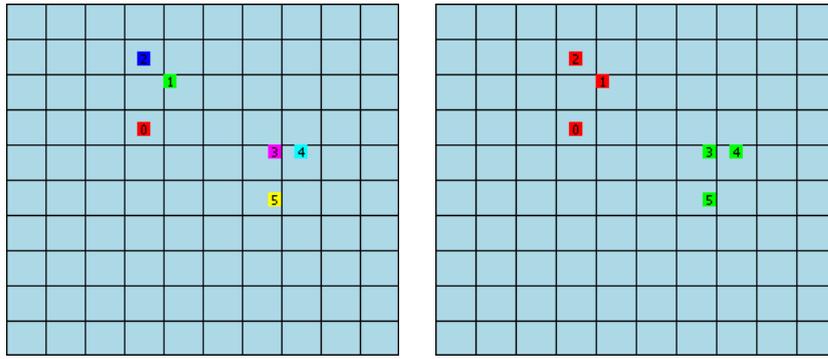


Рис. 4. Кластеризация 6 объектов

На рис. 5 слева представлены 16 исходных объектов, каждый из которых имеет один из шести цветов. На рис. 5 справа объекты объединены в два кластера с объектами красного и зеленого цветов.

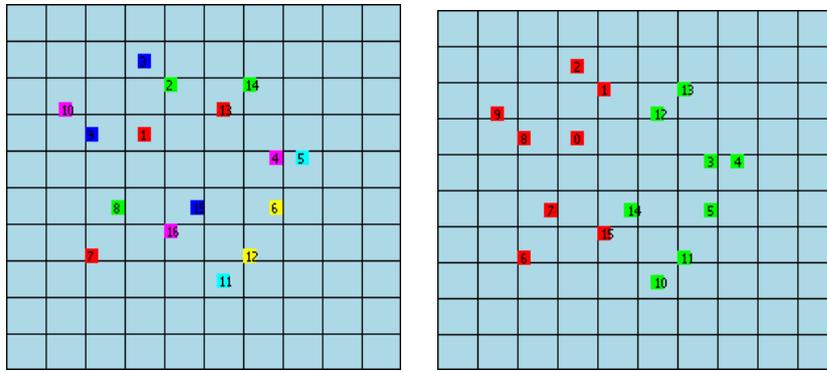


Рис. 5. Кластеризация 16 объектов

Для случая группировки объектов в три кластера различной конфигурации база нечетких продукционных правил может иметь следующий вид:

- Если X_1 =«низкий» И X_2 =«низкий», то «кластер 1»;
- Если X_1 =«средний» И X_2 =«средний», то «кластер 2»;
- Если X_1 =«высокий» И X_2 =«высокий», то «кластер 3».

Результаты кластеризации объектов представлены на рис. 6.

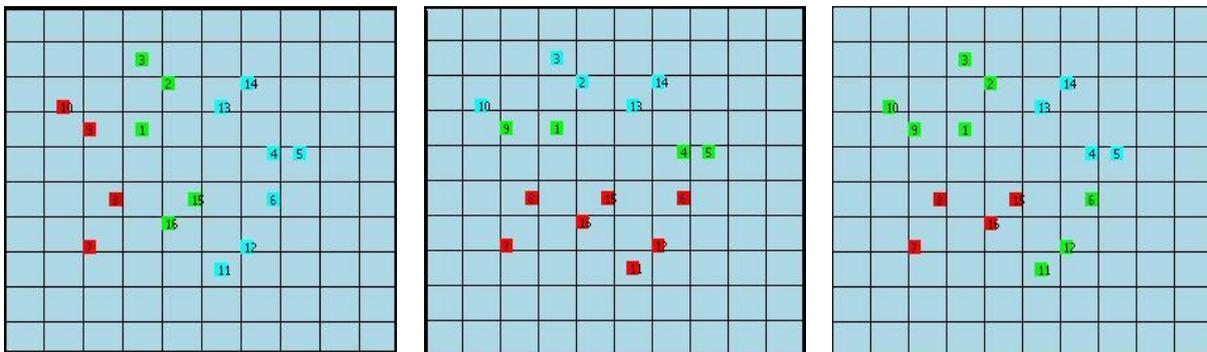


Рис. 6. Кластеризация 16 объектов в три кластера разной конфигурации

Здесь на рис. 6 слева объекты объединены в три кластера по признаку X_1 (по оси абсцисс), на рисунке в центре – по признаку X_2 (по оси ординат) и на рисунке справа по признакам X_1 и X_2 .

Созданная компьютерная модель, использующая систему нечеткого вывода и реализованная в виде программы для ЭВМ, способна обеспечить классификацию объектов

путем разбиения их на кластеры различной конфигурации и представлять результаты классификации в наглядном графическом виде.

Литература

1. Лабинский А.Ю. Использование нечеткой логики в оценке вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2017. № 1. С. 67–73.
2. Лабинский А.Ю. Методы построения функций принадлежности // Проблемы управления рисками в техносфере. 2017. № 1 (41). С. 93–101.
3. Дубров А.М., Мхитарян В.С., Трошин Л.И. Многомерные статистические методы. М.: Финансы и статистика, 2000.
4. Пегат А. Нечеткие моделирование и управление. М.: БИНОМ, 2013.
5. Зак Ю.А. Принятие решений в условиях нечетких и размытых данных: Fuzzy-технологии. М.: ЛИБРОКОМ, 2013.
6. Лабинский А.Ю. Моделирование системы нечеткого вывода // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2016. № 2 (18). С. 5–10.

References

1. Labinskij A.Yu. Ispol'zovanie nechetkoj logiki v ocenke veroyatnosti vzniknoveniya chrezvychajnyh situacij // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2017. № 1. S. 67–73.
2. Labinskij A.Yu. Metody postroeniya funkcion prikladzhnosti // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2017. № 1 (41). S. 93–101.
3. Dubrov A.M., Mhitaryan V.S., Troshin L.I. Mnogomernye statisticheskie metody. M.: Finansy i statistika, 2000.
4. Pegat A. Nechetkie modelirovanie i upravlenie. M.: BINOM, 2013.
5. Zak Yu.A. Prinyatie reshenij v usloviyah nechetkih i razmytyh dannyh: Fuzzy-tekhnologii. M.: LIBROKOM, 2013.
6. Labinskij A.Yu. Modelirovanie sistemy nechetkogo vyvoda // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty). 2016. № 2 (18). S. 5–10.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗАЖИГАНИЯ ГОРЮЧИХ ВЕЩЕСТВ ЧАСТИЦАМИ МЕТАЛЛА, ОБРАЗУЮЩИМИСЯ ПРИ КОРОТКОМ ЗАМЫКАНИИ В ЭЛЕКТРОПРОВОДКЕ

И.А. Бершадский, доктор технических наук;

А.В. Згарбул;

Н.М. Халявинская.

Донецкий национальный технический университет

Выполнено численное моделирование твердофазного зажигания пожароопасного материала и выделена область инициирования его устойчивого горения одиночной, нагретой до высокой температуры металлической частицей в форме диска малого размера. Полученные зависимости расширяют перечень критериев определения факта зажигания при аварийных режимах в электропроводках.

Ключевые слова: электроустановки, короткое замыкание, пожар, провод, тепловой источник зажигания, критерий воспламенения

MATHEMATICAL MODEL OF IGNITION OF COMBUSTIBLE SUBSTANCES BY METAL PARTICLES OBTAINED AT SHORT CIRCUIT IN ELECTRIC WIRING

I.A. Bershadsky; A.V. Zgarbul; N.M. Khalyavinskaya.
Donetsk national technical university

Numerical modeling of solid-phase ignition of a fire-hazardous material was performed and the region of initiation of its steady burning by a single, heated to high temperature metal particle in the form of a disk of small size was identified. Obtained dependencies expand the list of criteria for determining the ignition in emergency modes in electrical wiring.

Keywords: electrical devices, short circuit, fire, wire, thermal ignition source, ignition criterion

В России в настоящее время каждый третий пожар связан с электроустановками. По данным статистики [1], в 2017 г. от всех видов электроизделий произошло 40 390 пожаров или 30,5 % к общему числу пожаров в стране. Эти пожары принесли 3,3 млрд руб. (73,5 %) прямого ущерба и 46,8 % гибели людей на пожарах.

Одним из наиболее актуальных и сложных вопросов, связанных с обеспечением пожарной безопасности электроустановок, является защита от пожаров кабельных линий и электропроводок. Имеющиеся статистические данные показывают, что сегодня наблюдается устойчивая тенденция роста числа пожаров электроустановок. По данным статьи [2], число таких пожаров составляет приблизительно 17 % к общему числу пожаров в стране или 66 % к числу пожаров от всех видов электрических изделий.

Ежегодно наибольшее количество пожаров от кабельных изделий происходит в жилом секторе (в общественных, административных и бытовых зданиях, торговых центрах), там же зафиксировано и наибольшее количество погибших людей. Чаще всего пожары возникают в групповых, распределительных и питающих линиях, выполненных низковольтными (до 1 000 В) кабельными изделиями (электропроводки).

При этом, как показал анализ нормативной документации, причиной пожара от электричества может стать короткое замыкание (КЗ), то есть замыкание между двумя проводами электропроводки или между проводом и землей. В этом случае сила тока увеличивается в сотни раз, выделяется большое количество тепла, способное воспламенить

изоляцию и расплавить металлические проводники электропроводов, капли которых, то есть частицы металла, разлетаясь на значительное расстояние (более 6–9 м), воспламеняют любой горючий материал. Эти частицы могут вылетать из зоны КЗ значительно раньше, чем срабатывает защитный аппарат.

В ГОСТе 12.1.004–91 [3] приводятся неполные данные о зоне разлета алюминиевых частиц при КЗ, которая зависит от высоты расположения провода, начальной скорости, угла вылета частиц и носит вероятностный характер. Затем рассчитывается количество теплоты, которое капля способна отдать горючей среде при остывании до температуры самовоспламенения. Однако этой информации недостаточно для определения критерия воспламенения, так как он зависит также от типов горючего материала и частицы, размеров.

Если для проводов, выполненных алюминиевыми жилами, экспериментально изучалось воздействие горящих частиц на возникновение пожара при их попадании в область горючего материала, то влияние раскаленных частиц после кристаллизации не рассматривалось в известных методиках определения причастности к пожарам аварийных режимов в электротехнических устройствах [4]. Аналогичный вывод можно сделать и для медных проводников, которые распространены в жилых и административных объектах.

Чтобы установить обоснованность критерия воспламенения частицами металла горючих материалов и времени задержки зажигания в зависимости от вида, теплофизических характеристик горючего материала и нагретого тела, размеров, первоначальной температуры частицы металла, необходимо раскрыть механизм нагрева и воспламенения твердого вещества от локального источника энергии [5].

Принимаем, что тело (частица) в форме диска помещено на поверхность реагирующего вещества и конвективным теплообменом можно пренебречь. Распределение температуры внутри тела и теплофизические характеристики системы постоянны.

Кинетические параметры реагентов и размеры частиц определялись экспериментально [6]. Схема области решения представлена на рис. 1.

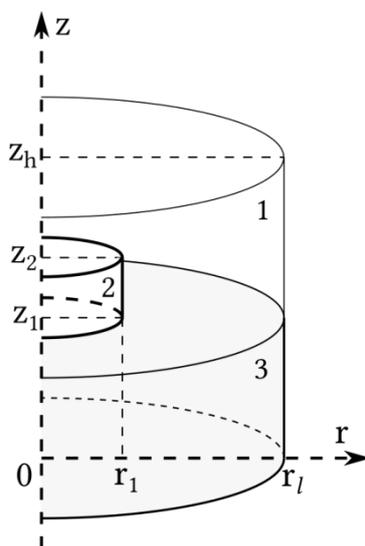


Рис. 1. Схема области решения задачи зажигания:
1 – воздух; 2 – горячая частица; 3 – пожароопасный материал

Уравнение теплового баланса в очаге зажигания в цилиндрической системе с учетом выделения тепла имеет вид:

$$c\rho \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \cdot \left[\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial T}{\partial t} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right] + Q \cdot W, \quad (1)$$

где t – время, с; r, z – координаты цилиндрической системы, м; φ – угловая координата цилиндрической системы, рад; c – удельная теплоемкость, Дж/(кг·К); ρ – плотность, кг/м³; λ – теплопроводность, Вт/(м·К); T – температура, К; Q – тепловой эффект экзотермической реакции в прогретой области приповерхностного слоя пожароопасного материала, Дж/кг; r_l, z_h – размеры области решения, м; r_p, z_p – размеры источника нагрева ($r_p = r_l, z_p = z_2 - z_1$), м; W – массовая скорость экзотермической реакции в прогретой области по закону Аррениуса:

$$W = \rho \cdot k^0 \cdot e^{\frac{-E}{R_t T}},$$

где k^0 – предэкспоненциальный множитель, с⁻¹; E – энергия активации, Дж/моль; R_t – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К).

В силу симметрии задачи принимаем $\frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2} = 0$, получим:

$$c\rho \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \cdot \left[\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial T}{\partial t} \right) + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right] + Q \cdot W.$$

В дальнейших выражениях индекс 1 соответствует воздуху, 2 – горячей частице, 3 – горючему материалу.

Уравнение теплопроводности для воздуха ($r_l < r < r_l, z_1 < z < z_2; 0 < r < r_l, z_2 < z < z_h$):

$$c_1 \rho_1 \frac{\partial T_1}{\partial t} = \lambda \cdot \left[\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial T_1}{\partial t} \right) + \frac{\partial^2 T_1}{\partial z^2} \right];$$

Уравнение теплопроводности для горячей частицы ($0 < r < r_l, z_1 < z < z_2$):

$$c_2 \rho_2 \frac{\partial T_2}{\partial t} = \lambda \cdot \left[\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial T_2}{\partial t} \right) + \frac{\partial^2 T_2}{\partial z^2} \right];$$

Уравнение теплопроводности для пожароопасного материала ($0 < r < r_l, 0 < z < z_1$):

$$c_3 \rho_3 \frac{\partial T_3}{\partial t} = \lambda \cdot \left[\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial T_3}{\partial t} \right) + \frac{\partial^2 T_3}{\partial z^2} \right] + Q_3 W_3,$$

Для аппроксимации частных производных используем неявную четырехточечную разностную схему.

Введем пространственно-временную сетку:

$$t_n = n \cdot \tau, \tau = \frac{t_d}{N_t},$$

где n – номер временного интервала; t_d – время задержки зажигания, с; N_t – количество интервалов времени.

В случае постоянного шага сетки по координатам r и z :

$$r_i = i \cdot h_r, i = 0, \dots, N_r - 1, h_r = \frac{r_l}{N_r - 1};$$

$$z_j = j \cdot h_z, j = 0, \dots, N_z - 1, h_z = \frac{z_h}{N_z - 1}.$$

где i, j – номера слоев по осям r, z ; N_r, N_z – количество точек сетки; h_r, h_z – шаг сетки по осям r, z .

Для уменьшения объема матриц сетки при сохранении точности расчета критериев воспламенения пожароопасного материала от горячей частицы в областях изменения характеристик λ, ρ, c (границы раздела сред) проводим сгущение сетки в три раза.

Вместо постоянного шага h_r, h_z в каждой точке сетки введем предшаг и постшаг h_{r+} и h_{r-} для координаты r и h_{z+} и h_{z-} для координаты z соответственно. Обозначим $h_r = \frac{h_{r-} + h_{r+}}{2}$ и $h_z = \frac{h_{z-} + h_{z+}}{2}$.

Дискретизацию уравнения (1) будем проводить на основе локально одномерной схемы А.А. Самарского. Разделяем шаг по времени на две составляющие. На первом полушаге от n до $n + \frac{1}{2}$ проводим дискретизацию двумерного уравнения (1) только в направлении оси r и получаем одномерное уравнение (2). В этом уравнении учитываем источник тепла в виде термического разложения. После его решения снова проводим дискретизацию уравнения (1) в направлении оси z (второй полушаг от $n + \frac{1}{2}$ до $n + 1$) и получаем одномерное уравнение (3). После его решения определяем поле температур на шаге по времени $n + 1$.

$$\rho \cdot c \cdot \frac{T_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} - T_{i,j}^n}{\tau} = \frac{\lambda}{r_i} \cdot \frac{1}{h_r \cdot h_{r+} \cdot h_{r-}} \cdot \left[(r_i + \frac{h_{r-}}{2}) \cdot h_{r-} \cdot T_{i+1,j}^{n+\frac{1}{2}} - (2 \cdot r_i + h_{r-} - h_{r+}) \cdot h_r \cdot T_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} + (r_i - \frac{h_{r+}}{2}) \cdot h_{r+} \cdot T_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}} \right] + Qk^0 \rho \cdot e^{-\frac{E}{R_i T_{i,j}^n}}; \quad (2)$$

$$\rho \cdot c \cdot \frac{T_{i,j}^{n+1} - T_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}}{\tau} = \frac{1}{h_z \cdot h_{z+}} \cdot T_{i,j+1}^{n+\frac{1}{2}} - \frac{2}{h_{z+} \cdot h_{z-}} \cdot T_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} + \frac{1}{h_z \cdot h_{z-}} T_{i,j-1}^{n+\frac{1}{2}}. \quad (3)$$

Приводим уравнения (2, 3) к виду соответственно:

$$A_r T_{i+1,j}^{n+\frac{1}{2}} - B_r T_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} + C_r T_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}} = F_r;$$

$$A_z T_{i,j+1}^{n+1} - B_z T_{i,j}^{n+1} + C_z T_{i,j-1}^{n+1} = F_z.$$

где

$$A_r = \frac{2 \cdot r_i + h_{r-}}{2 \cdot r_i} \cdot \frac{\lambda}{h_r \cdot h_{r+}}; C_r = \frac{2 \cdot r_i - h_{r+}}{2 \cdot r_i} \cdot \frac{\lambda}{h_r \cdot h_{r-}}; B_r = A_r + C_r + \frac{\rho \cdot c}{\tau}.$$

$$A_z = \frac{\lambda}{h_z \cdot h_{z+}}; C_z = \frac{\lambda}{h_z \cdot h_{z-}}; B_z = A_z + C_z + \frac{\rho \cdot c}{\tau} = \frac{2 \cdot \lambda}{h_{z+} \cdot h_{z-}} + \frac{\rho \cdot c}{\tau}.$$

Если $h_{r+} = h_{r-}$ и $h_{z+} = h_{z-}$, то есть имеем постоянный шаг сетки, получаем:

$$A_r = \frac{2 \cdot r_i + h_r}{2 \cdot r_i} \cdot \frac{\lambda}{h_r^2}; C_r = \frac{2 \cdot r_i - h_r}{2 \cdot r_i} \cdot \frac{\lambda}{h_r^2}; B_r = A_r + C_r + \frac{\rho \cdot c}{\tau};$$

$$A_z = C_z = \frac{\lambda}{h_z^2}; B_z = A_z + C_z + \frac{\rho \cdot c}{\tau}.$$

Начальные условия ($t = 0$):

$$T = T_0 : 0 < r < r_1, 0 < z < z_1; r_1 < r < r_l, z_1 < z < z_2; 0 < r < r_l; z_2 < z < z_h;$$

$$T = T_p : 0 < r < r_1, z_1 < z < z_2,$$

где T_p – начальная температура частицы в момент ее попадания в область горючего материала; T_0 – начальная температура воздуха и горючего материала.

Граничные условия на границах области решения $0 < t < t_d$:

$$z = 0, 0 < r < r_1 : \frac{\partial T_3}{\partial z} = 0;$$

$$z = z_h, 0 < r < r_l : \frac{\partial T_1}{\partial z} = 0;$$

$$r = 0, r = r_l, 0 < z < z_1 : \frac{\partial T_3}{\partial r} = 0;$$

$$r = 0, z_1 < z < z_2 : \frac{\partial T_2}{\partial r} = 0;$$

$$r = 0, z_2 < z < z_h : \frac{\partial T_1}{\partial r} = 0;$$

$$r = r_l, z_1 < z < z_h : \frac{\partial T_1}{\partial r} = 0.$$

Левое граничное условие $z = 0$:

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha_1 = \frac{2 \cdot a \cdot \tau}{h^2 + 2 \cdot a \cdot \tau}; \\ \beta_1 = \frac{h^2}{h^2 + 2 \cdot a \cdot \tau} \cdot T_1^n + \frac{2 \cdot a \cdot \tau \cdot h \cdot q_1}{\lambda \cdot (h^2 + 2 \cdot a \cdot \tau)}. \end{array} \right.$$

Правое граничное условие $z = z_h$:

$$T_N^{n+1} = \frac{2 \cdot a \cdot \tau \cdot \lambda \cdot \beta_{N-1} - 2 \cdot a \cdot \tau \cdot h \cdot q_2 + h^2 \cdot \lambda \cdot T_N^n}{\lambda \cdot h^2 + 2 \cdot a \cdot \tau \cdot \lambda \cdot (1 - \alpha_{N-1})}$$

Примем тепловые потоки $q_1 = q_2 = 0$.

Граничные условия на границах раздела сред:

$$z = z_1, 0 < r < r_1 : \lambda_3 \frac{\partial T_3}{\partial z} = \lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial z}, T_3 = T_2;$$

$$z = z_1, r_1 < r < r_l : \lambda_3 \frac{\partial T_3}{\partial z} = \lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial z}, T_3 = T_1;$$

$$z = z_2, 0 < r < r_1 : \lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial z} = \lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial z}, T_2 = T_1;$$

$$r = r_1, z_1 < z < z_h : \lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial z} = \lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial z}, T_2 = T_1;$$

$$\alpha_{i^*} = \frac{A}{B - C \cdot \alpha_{i-1}}, \quad \beta_{i^*} = \frac{C \cdot \beta_{i-1} + F}{B - C \cdot \alpha_{i-1}},$$

$$A = \frac{\lambda_2}{h^2}, C = \frac{\lambda_1}{h^2}, B = A + C + \frac{\rho_1 \cdot c_1 + \rho_2 \cdot c_2}{2 \cdot \tau}, F = \frac{-\rho_1 \cdot c_1 + \rho_2 \cdot c_2}{2 \cdot \tau} \cdot T_{i^*}^n$$

Критерии зажигания твердого горючего материала при взаимодействии с источником ограниченной энергоемкости малых размеров принимаем с учетом исследований А.Г. Мержанова и Г.В. Кузнецова:

1. Температура горючего материала в области реакции окисления 3 (рис. 1) выше начальной температуры источника зажигания:

$$T_{3,i,j} > T_p$$

2. Скорость теплоприхода в области 3 за счет экзотермической реакции превышает скорость изменения теплосодержания горячей частицы во времени:

$$dQ_3 > dQ_k;$$

$$dQ_k = 2 \frac{\pi \cdot c_2 \rho_2}{\tau} \cdot \int_0^{\eta} \int_{z_1}^{z_2} (T^n(r, z) - T^{n+1}(r, z)) \cdot r \cdot dr \cdot dz;$$

$$dQ_3 = 2\pi \cdot Q_3 \cdot \rho_3 \cdot k_3^0 \cdot \int_0^{\eta} \int_0^{z_1} e^{\frac{-E_3}{R_i T^n(r, z)}} \cdot r \cdot dr \cdot dz$$

Особенности моделирования зажигания горючего материала локальным источником энергии в виде цилиндрического тела показаны на примере табл. 1. Характеристики материалов и среды заданы в табл. 1.

Таблица 1. Справочные данные о материалах, используемых в модели

Материал	Коэф. теплопроводности λ , Вт/(м·К)	Плотность ρ , кг/м ³	Удельная теплоемкость c , Дж/(кг·К)	Энергия активации E , Дж/моль	Теплота реакции окисления Q , Дж/моль	Предэкспоненциальный множитель k^0
Воздух	0,03	1140	1006	—	—	—
Медь	401	8920	385	—	—	—
Алюминий	220	2700	8800	—	—	—
Сталь	49	7831	470	—	—	—
Хлопок	0,042	80	1505	132473	17501000	$6,32 \cdot 10^8$

Задача решалась в двух постановках:

1. Задана начальная температура частицы T_p . Определяется факт и время задежки зажигания t_d .

2. Для заданных материалов и размеров горячей частицы r_p и z_p определялась критическая температура $T_{кр}$ этой частицы, при превышении которой происходит воспламенение пожароопасного материала (табл. 2).

Математическое моделирование осуществлялось путем программирования в среде Anaconda (язык Python 3) и Rust для наиболее ресурсоемких вычислительных операций. Исходные данные и результаты хранятся в базе данных SQLite3.

Таблица 2. Критическая температура частиц $T_{кр}$ в зависимости от материалов и размеров

Материал частицы	r_p/z_p	0,5				1				1,5			
	r_p , мм	0,15	06	0,9	1,5	0,15	06	0,9	1,5	0,15	06	0,9	1,5
	V , мм ³	0,02	1,36	4,58	21,2	0,01	0,68	2,29	10,6	0,01	0,45	1,53	7,07
Алюминий		1025	859	825	781	1050	878	839	794	1069	896	853	806
Медь		992	839	802	759	1010	853	815	773	1030	868	825	781
Сталь		987	834	794	754	1006	848	806	768	1025	859	825	781

В качестве примера рассматривается задача с такими исходными данными:

$T_p = 807$ К, $T_0 = 293$ К, $r_p = 1,5$ мм, $z_p = 3$ мм, $r_l = 4,5$ мм, $z_h = 24$ мм,
 $\tau = 5 \cdot 10^{-4}$ с, размер сетки $N_r \times N_z = 501 \times 801$.

Материал частицы – алюминий, горючий материал – хлопок, окружающая среда – воздух.

На рис. 2 показано расчетное поле температур в момент выполнения одного из критериев зажигания. Время задержки зажигания составило 0,249 с.

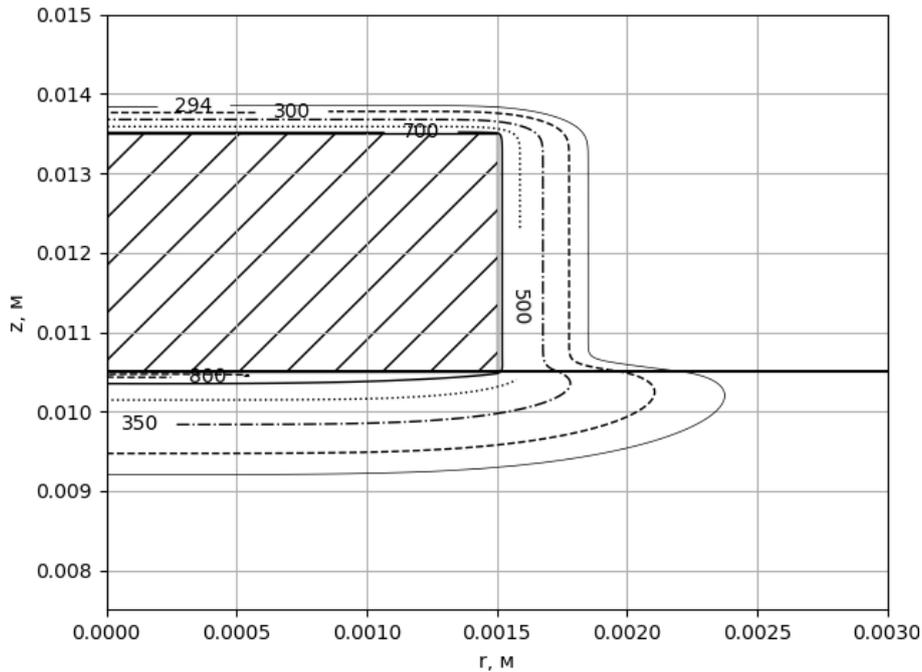


Рис. 2. Распределение температур в момент регистрации зажигания

Варьирование размеров горячей частицы r_p и z_p , их соотношения r_p/z_p приводятся в табл. 2. Анализируя зависимость $T_{кр}$ от объема частицы $V_p = \pi r_p^2 z_p$ (рис. 3), можно сделать вывод, что ее степенной характер сохраняется для всех соотношений r_p/z_p .

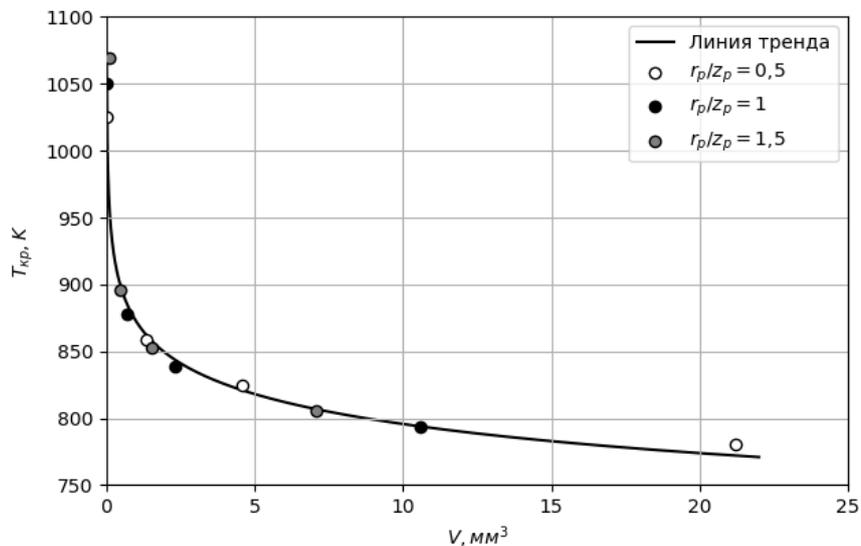


Рис. 3. Зависимость $T_{кр}$ от объема алюминиевой частицы

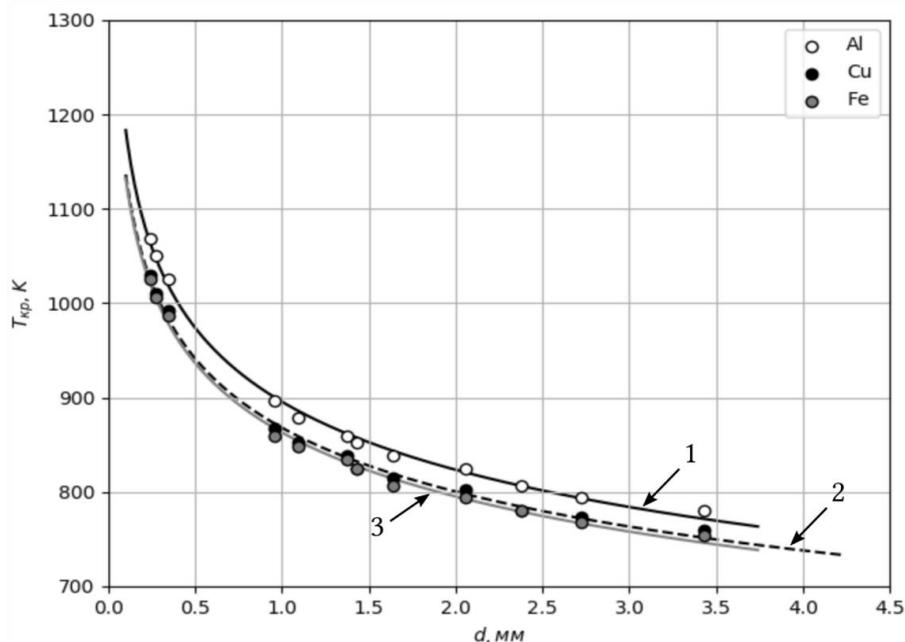


Рис. 4. Зависимость $T_{кр}$ от эквивалентного диаметра $d_{ш}$ шарообразной частицы

В дальнейших исследованиях дальности полета частиц удобнее принимать сферическую форму тела. Поэтому пересчитываем эквивалентный диаметр горячей частицы

$d_{ш} = \frac{\sqrt[3]{6 \cdot V_p}}{\pi}$. Зависимость $T_{кр}$ от $d_{ш}$ для алюминия, меди, стали и горючего материала-хлопка представлена на рис. 4. Линии тренда приведены в табл. 3.

Таблица 3. Линии тренда для зависимости $T_{кр} = f(d_p)$

Материал частицы	Горючий материал	$T_{кр} = f(d_{ш})$
Алюминий	Хлопок	$895,6 \cdot d_{ш}^{-0,121}$
Медь	Хлопок	$868 \cdot d_{ш}^{-0,117}$
Сталь	Хлопок	$863 \cdot d_{ш}^{-0,118}$

Примечание: единицы измерения: $d_{ш}$ – мм; $T_{кр}$ – К

С использованием метода, рассмотренного выше, проводилось тестирование адекватности модели на примере смесового твердого топлива и горячей частицы с заданными характеристиками [7]. Верификация численного моделирования с экспериментальными данными [8] показала, что погрешность определения времени задержки зажигания t_d в зависимости от начальной температуры источника энергии составила: при $T_p=900$ К · 10,2 %.

Выводы:

1. Численно установлено, что нагретые металлические частицы малого размера, вылетающие из зоны КЗ, являются источниками устойчивого зажигания хлопка в случае, если температура превышает определенное значение: $T_{кр}$ от 754 до 1 069 К.

2. Установлено, что $T_{кр}$ практически не зависит от формы горячей частицы при

соотношении r_p/z_p от 0,5 до 1,5 и может быть представлена в виде зависимости от эквивалентного диаметра шара $d_{ш}$.

3. Полученные линии тренда зависимости $T_{кр} = f(d_{ш})$ для алюминиевых, медных, стальных нагретых частиц расширяют перечень критериев определения факта зажигания при аварийных режимах в электропроводах и могут быть использованы для совершенствования методики определения причастности к пожарам аварийных режимов в электротехнических устройствах [4, 9], а также ГОСТ 12.1.004–91.

Литература

1. Статистика пожаров в Российской Федерации за 2017 г. URL: <http://wiki-fire.org/Статистика-пожаров-РФ-2017.ashx>. (дата обращения: 11.05.2018).
2. Смелков Г.И., Рябиков А.И., Дмитриева Т. Нормирование требований пожарной безопасности электропроводок // КАБЕЛЬ-news – 2013. Т. 1.
3. ГОСТ 12.1.004–91. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования. М.: Стандартинформ, 1991.
4. Смелков Г.И., Александров А.А., Пехотиков В.А. Методы определения причастности к пожарам аварийных режимов в электротехнических устройствах. М.: Стройиздат, 1980. 58 с.
5. Смелков Г.И. Пожарная безопасность электропроводок. М.: ООО «Кабель», 2009. 328 с.
6. Греков С.П., Пашковский П.С., Орликова В.П. Реакционная активность органических материалов и их пожароопасность // Науковий вісник УкрНДІПБ. 2015. Т. 2. № 32. С. 26–31.
7. Глушков Д.О., Кузнецов Г.В., Стрижак П.А. Об устойчивости зажигания смесового твердого топлива локальным источником ограниченной энергоемкости // Физика горения и взрыва. 2014. С. 54–60.
8. Зажигание модельных смесевых топливных композиций одиночной, нагретой до высоких температур частицей / А.В. Захаревич [и др.] // Физика горения и взрыва. 2008. Т. 44. № 5. С. 54–57.
9. Згарбул А.В., Бершадский И.А., Ковалёв А.П. Пожарная опасность раскаленных частиц алюминиевых токопроводящих жил при коротких замыканиях в электропроводах // Вестник Института гражданской защиты Донбасса. 2016. № 2 (6). С. 21–30.

References

1. Statistika pozharov v Rossijskoj Federacii za 2017 g. URL: <http://wiki-fire.org/Statistika-pozharov-RF-2017.ashx>. (data obrashcheniya: 11.05.2018).
2. Smelkov G.I., Ryabikov A.I., Dmitrieva T. Normirovanie trebovaniĭ pozharnoj bezopasnosti ehlektroprovodok // KABEL'-news – 2013. T. 1.
3. GOST 12.1.004–91. Sistema standartov bezopasnosti truda. Pozharnaya bezopasnost'. Obshchie trebovaniya. M.: Standartinform, 1991.
4. Smelkov G.I., Aleksandrov A.A., Pekhotikov V.A. Metody opredeleniya prichastnosti k pozharam avarijnyh rezhimov v ehlektrotekhnicheskikh ustrojstvah. M.: Strojizdat, 1980. 58 s.
5. Smelkov G.I. Pozharnaya bezopasnost' ehlektroprovodok. M.: ООО «Kabel'», 2009. 328 s.
6. Grekov S.P., Pashkovskij P.S., Orlikova V.P. Reakcionnaya aktivnost' organicheskikh materialov i ih pozharoopasnost' // Naukovij visnik UkrNDIPB. 2015. T. 2. № 32. S. 26–31.
7. Glushkov D.O., Kuznecov G.V., Strizhak P.A. Ob ustojchivosti zazhiganiya smesevogo tverdogo topliva lokal'nym istochnikom ogranichennoj ehnergoemkosti // Fizika gorenija i vzryva. 2014. S. 54–60.
8. Zazhiganie model'nyh smesevyh toplivnyh kompozicij odinochnoj, nagretoj

do vysokih temperatur chasticej / A.V. Zaharevich [i dr.] // Fizika gorenija i vzryva. 2008. T. 44. № 5. S. 54–57.

9. Zgarbul A.V., Bershadskij I.A., Kovalyov A.P. Pozharnaya opasnost' raskalennyh chastic alyuminievyh tokoprovodyashchih zhil pri korotkih zamykaniyah v ehlektroprovodkah // Vestnik Instituta grazhdanskoj zashchity Donbassa. 2016. № 2 (6). S. 21–30.

ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

А.А. Таранцев, доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации;

А.Л. Шидловский, кандидат технических наук, доцент;

К.Н. Марасанова.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены вопросы построения математических моделей функций помехоустойчивости логических схем на двоичной логике по результатам их тестирования. Показано, что математические модели функций помехоустойчивости могут быть построены по алгебраическим моделям логических схем.

Приведено полиномиальное выражение для оценки вероятности правильности (помехоустойчивости) выходного сигнала схемы на двоичной логике при возможной неправильности задания или зашумлённости входных сигналов.

Сформулирована и доказана теорема о единичности суммы коэффициентов в полиномиальном выражении, связывающем вероятность правильности выходного сигнала логической схемы с вероятностями правильности (незашумлённости) входных сигналов.

Приведены соответствующие математические выражения и примеры применительно к двух- и трёхвходовым логическим схемам.

Ключевые слова: системы управления, логические схемы, математические модели, помехоустойчивость, регрессионный анализ

ON THE DEFINITION OF NOISE IMMUNITY LOGIC CONTROL SYSTEM

A.A. Tarantsev; A.L. Shidlovskiy; K.N. Marasanova.

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

The problems of constructing mathematical models of noise immunity functions of logic circuits on binary logic based on the results of their testing are considered. It is shown that mathematical models of noise immunity functions can be built on algebraic models of logic circuits.

A polynomial expression is given to estimate the probability of correctness (noise immunity) of the output signal of the scheme on binary logic with possible wrong task or noise of the input signals.

Formulated and proved the theorem on the oneness of the sum of coefficients in polynomial expression relating the probability of correctness of the output signal of the logical framework with the probability of correctness input signals.

The corresponding mathematical expressions and examples applied to two - and three-input logic circuits are given.

Keywords: control systems, logic circuits, mathematical models, noise immunity, regression analysis

В системах управления [1] мобильными и иными объектами, в том числе в системах пожарной автоматики [2], широкое распространение получили логические схемы (ЛС) [3], на вход которых подаются m сигналов (воздействующих факторов – ВФ) $x_1 \div x_m$, а на выходе в зависимости от сочетаний ВФ формируются значения выходного параметра (ВП) y в виде двоичного вида «0-1».

В работе [4] показана возможность построения математических моделей (ММ) $y=f(x_1, \dots, x_m)$ ЛС тремя способами – алгебраическим [3], с использованием нейросетевых

технологий [5] и регрессионного анализа [6]. Показано, что алгебраический способ позволяет построить ММ в полиномиальном виде:

$$y = a_0 + \sum_{j=1}^m a_j x_j + a_{m+1} x_1 x_2 + \dots + a_{m+C_m^2} x_{m-1} x_m + S_x(x_1, \dots, x_m), \quad (1)$$

где $a_k, k=0, \dots, 2^m-1$ – коэффициенты n -мерного ($n=2^m$) вектора $A^T=[a_0, \dots, a_{n-1}]$, подлежащие определению по результатам тестирования ЛС; $S_x(x_1, \dots, x_m)$ – сумма членов, представляющих собой произведения из 3-х, 4-х и более ВФ (очевидно, $S_x=0$ при $m=2$).

Вектор коэффициентов A находится из решения матрично-векторного уравнения:

$$A=Z^{-1}Y, \quad (2)$$

где Z – квадратная матрица $n \times n$, включающая в себя стандартную матрицу тестирования ВФ X (m столбцов на n строк) и $n-1$ подматриц с сочетаниями ВФ, причём первый столбец матрицы Z единичный, а правая верхняя часть над диагональю – нулевая; Y – n -мерный вектор ВП.

В работе [4] приведены выражения для определения вектора A на основе решений уравнения (2). В качестве примера для некоторых двухвходовых ($m=2$) ЛС вектор A приведен в четвертом столбце табл. 1, для трёхвходовых ($m=3$) – в третьем столбце табл. 2. Для справки: число вариантов ЛС:

$$N_m = \sum_{j=0}^n C_n^j = n! \sum_{j=0}^n [j!(n-j)!]^{-1}.$$

Например, $N_2=16, N_3=816$ и т.д.

Таблица 1. Двухвходовые ЛС ($m=2$)

№	Элемент/операция	Y^T	A^T	P	B^T
1	Конъюнкция (К)	0 0 0 1	0 0 0 1	$\frac{1 + p_1 p_2}{2}$	0,5 0 0 0,5
2	Дизъюнкция (Д)	0 1 1 1	0 1 1 -1		
3	Импликация (И)	1 0 1 1	1 -1 0 1		
4	Эквивалентность (Э)	1 0 0 1	1 -1 -1 2	$1 - p_1 - p_2 + 2p_1 p_2$	1 -1 -1 2
5	Тождественный 0	0 0 0 0	0 0 0 0	1	1 0 0 0
6	Тождественная 1	1 1 1 1	1 0 0 0		

Одной из проблем при исследовании ЛС является оценка их помехоустойчивости, то есть определение вероятности P того, что ВП y будет иметь правильное значение при различных вероятностях $\{p_1, \dots, p_m\}$ правильности задания ВФ $x_1 \div x_m$, когда величины $\{p_1, \dots, p_m\}$ могут быть <1 из-за зашумлённости или ошибочности ввода значений ВФ. В работе [7] был приведен подход к решению данной проблемы.

Порядок оценки помехоустойчивости ЛС

Вероятность P по аналогии с (1) также может быть найдена из полиномиального выражения:

$$P = b_0 + \sum_{j=1}^m b_j p_j + b_{m+1} p_1 p_2 + \dots + b_{m+C_m^2} p_{m-1} p_m + S_p(p_1, \dots, p_m), \quad (3)$$

где $b_k, k=0, \dots, n-1$ – коэффициенты n -мерного вектора $B^T=[b_0, \dots, b_{n-1}]$, подлежащие определению по результатам тестирования ЛС; $S_p(p_1, \dots, p_m)$ – сумма членов, представляющих собой произведения из трех, четырех и более вероятностей $\{p\}$ (очевидно, $S_p=0$ при $m=2$).

Таблица 2. Трёхходовые ЛС ($m=3$)

№	Y^T	A^T	Q, B	Примечание
1	0 1 0 0 1 0 1 1	0 1 0 1 -1 -2 0 2	$Q^T = [1 \ 0 \ 0,5 \ 0,5 \ 0,5 \ 0,5 \ 0,5 \ 0,5]$ $B^T = [0,5 \ 0 \ 0 \ 0 -0,5 \ 0 \ 0 \ 1]$	КЭ
2	1 1 1 0 0 0 0 1	1 0 0 -1 -1 0 0 2		ИЭ
3	1 0 0 0 0 1 1 1	1 -1 -1 -1 1 2 2 -2		ДЭ
4	1 0 0 0 0 0 0 0	1 -1 -1 -1 1 1 1 -1	$Q^T = [1 \ 3/4 \ 3/4 \ 3/4 \ 3/4 \ 3/4 \ 3/4 \ 3/4]$	
5	0 1 0 0 0 0 0 0	0 1 0 0 -1 -1 0 1		
6	0 0 1 0 0 0 0 0	0 0 1 0 -1 0 -1 1		
7	0 0 0 1 0 0 0 0	0 0 0 0 1 0 0 -1		
8	0 0 0 0 1 0 0 0	0 0 0 1 0 -1 -1 1		
9	0 0 0 0 0 1 0 0	0 0 0 0 0 1 0 -1		
10	0 0 0 0 0 0 1 0	0 0 0 0 0 0 1 -1		
11	0 0 0 0 0 0 0 1	0 0 0 0 0 0 0 1		КК
12	0 1 1 1 1 1 1 1	0 1 1 1 -1 -1 -1 1		ДД
13	1 1 1 0 1 1 1 1	1 0 0 0 -1 0 0 1		КИ
14	1 1 0 1 1 1 1 1	1 0 -1 0 1 0 1 -1		
15	1 0 1 1 1 1 1 1	1 -1 0 0 1 1 0 -1		
16	1 1 1 1 0 1 1 1	1 0 0 -1 0 0 1 -1		
17	1 1 1 1 1 0 1 1	1 0 0 0 0 -1 0 1		
18	1 1 1 1 1 1 0 1	1 0 0 0 0 0 -1 1		
19	1 1 1 1 1 1 1 0	1 0 0 0 0 0 0 -1		
20	0 0 0 1 1 1 1 1	0 0 0 1 1 0 0 -1	$Q^T = [1 \ 1/4 \ 3/4 \ 3/4 \ 1/4 \ 1/4 \ 3/4 \ 1/4]$ $B^T = [1/4 \ 0 \ 0 \ 0,5 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1/4]$	КД
21	1 0 0 0 1 1 1 1	1 -1 -1 0 1 1 1 -1		ДИ
22	0 1 0 0 1 1 1 1	0 1 0 1 -1 -1 0 1		ИИ
23	0 1 1 0 1 0 0 1	0 1 1 1 -2 -2 -2 4	$Q^T = [1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0]$ $B^T = [0 \ 1 \ 1 \ 1 -2 -2 -2 \ 4]$	ЭЭ
24	1 0 1 1 0 0 1 0	1 -1 0 -1 1 1 1 -2	$Q^T = [1 \ 0,5 \ 0,5 \ 0,5 \ 0,5 \ 0,5 \ 0,5 \ 0,5]$ $B^T = [0 -0,5 -0,5 -0,5 \ 0,5 \ 0,5 \ 0,5 \ 1]$	
25	1 1 1 0 1 0 0 0	1 0 0 0 -1 -1 -1 2		
26	1 1 1 1 0 0 0 1	1 0 0 -1 0 0 0 1	$Q^T = [1 \ 1/4 \ 1 \ 1 \ 1/4 \ 1/4 \ 1 \ 1/4]$ $B^T = [1/4 \ 0 \ 0 \ 3/4 \ 0 \ 0 \ 0]$	
27	1 1 1 0 0 0 0 1	1 0 0 -1 -1 0 0 2	$Q^T = [1 \ 0 \ 0,5 \ 0,5 \ 0,5 \ 0,5 \ 0,5 \ 0,5]$ $B^T = [0,5 \ 0 \ 0 \ 0 -0,5 \ 0 \ 0 \ 1]$	
28	1 0 0 0 0 0 0 1	1 -1 -1 -1 1 1 1 0	$Q^T = [1 \ 0,5 \ 0,5 \ 0,5 \ 0,5 \ 0,5 \ 0,5 \ 1]$ $B^T = [1 \ 0,5 \ 0,5 \ 0,5 -0,5 -0,5 -0,5 \ 0]$	
29	0 1 1 1 1 1 1 0	0 1 1 1 -1 -1 -1 0		
30	0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0	$Q^T = [1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1]$ $B^T = [1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]$	Тождественный 0
31	1 1 1 1 1 1 1 1	1 0 0 0 0 0 0 0		Тождественная 1

Вектор коэффициентов B находится из решения матрично-векторного уравнения:

$$B = U^{-1}Q, \quad (4)$$

где U – квадратная матрица $n \times n$, включающая в себя вероятности $\{p_1, \dots, p_m\}$ и их сочетания, причём первый столбец матрицы U единичный, а правая верхняя часть над диагональю – нулевая; $Q = [q_1, \dots, q_m]$ – n -мерный вектор вероятностей $\{q\}$ правильности значений ВП y .

Для двухходовых ($m=2$) ЛС справедливы следующие выражения: $b_0 = q_4$; $b_1 = q_2 - q_4$; $b_2 = q_3 - q_4$; $b_3 = q_1 - q_2 - q_3 + q_4$ (табл. 1). Для трёхходовых ($m=3$): $b_0 = q_8$; $b_1 = q_5 - q_8$; $b_2 = q_6 - q_8$; $b_3 = q_7 - q_8$; $b_4 = q_2 - q_5 - q_6 + q_8$; $b_5 = q_3 - q_5 - q_7 + q_8$; $b_6 = q_4 - q_6 - q_7 + q_8$; $b_7 = q_1 - q_2 - q_3 - q_4 + q_5 + q_6 + q_7 - q_8$ (табл. 2). При $m > 3$ выражения для B имеют более сложный вид и могут быть найдены из решения уравнения (4).

Примеры

1. Для двухходовой ($m=2$) ЛС, реализующей операцию эквивалентности ВФ x_1 и x_2 , возможны три случая, когда хотя бы один ВФ задан неверно (табл. 3). Тогда:

$$U = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}; Q = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}; B = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ -1 \\ 2 \end{bmatrix}; P = 1 - p_1 - p_2 + 2p_1p_2.$$

Таблица 3. Возможные сочетания правильного и ошибочных сочетаний ВФ и соответствующих значений ВП для операции эквивалентности $y=x_1 \sim x_2$

x_1	x_2	y	x_1	x_2	y	x_1	x_2	y	x_1	x_2	y
0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1
1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0
0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1
$p_1 = p_2 = q_1 = 1$			$p_1 = 1; p_2 = 0; q_2 = 0$			$p_1 = 0; p_2 = 1; q_3 = 0$			$p_1 = p_2 = 0; q_4 = 1$		

2. Для двухвходовой ($m=2$) ЛС, реализующей операцию конъюнкции ВФ x_1 и x_2 , также возможны три случая, когда хотя бы один ВФ задан неверно (табл. 4). Тогда матрица U такая, как и в предыдущем случае, а векторы Q и B имеют вид:

$$Q^T = [1; 0,5; 0,5; 0,5]; B^T = [0,5; 0; 0; 0,5].$$

Для простоты сочетания ВФ x_1 и x_2 в табл. 4 не показаны, поскольку они такие же, как и в табл. 3.

Интересно отметить, что для операций дизъюнкции $y=x_1 \vee x_2$ и импликации $y=x_1 \downarrow x_2$ значения Q и B такие же, как и для конъюнкции $y=x_1 \& x_2$ (табл. 4).

Таблица 4. Возможные сочетания правильных и ошибочных значений ВП для операций конъюнкции, дизъюнкции и импликации

Конъюнкция $y=x_1 \& x_2$				Дизъюнкция $y=x_1 \vee x_2$				Импликация $y=x_1 \downarrow x_2$			
0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1
0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1
0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0
1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1
$p_1 = 1$	$p_1 = 1$	$p_1 = 0$	$p_1 = 0$	$p_1 = 1$	$p_1 = 1$	$p_1 = 0$	$p_1 = 0$	$p_1 = 1$	$p_1 = 1$	$p_1 = 0$	$p_1 = 0$
$p_2 = 1$	$p_2 = 0$	$p_2 = 1$	$p_2 = 0$	$p_2 = 1$	$p_2 = 0$	$p_2 = 1$	$p_2 = 0$	$p_2 = 1$	$p_2 = 0$	$p_2 = 1$	$p_2 = 0$
$q_1 = 1$	$q_2 = 0,5$	$q_3 = 0,5$	$q_4 = 0,5$	$q_1 = 1$	$q_2 = 0,5$	$q_3 = 0,5$	$q_4 = 0,5$	$q_1 = 1$	$q_2 = 0,5$	$q_3 = 0,5$	$q_4 = 0,5$

3. Для трёхвходовой ($m=3$) ЛС, реализующей операции конъюнкции и эквивалентности (КЭ) $y=(x_1 \& x_2) \sim x_3$, возможны семь случаев, когда хотя бы один ВФ задан неверно (табл. 5). Правильные значения ВП y выделены жирным шрифтом. Тогда:

$$Q^T = [1 \ 0 \ 0,5 \ 0,5 \ 0,5 \ 0,5 \ 0,5 \ 0,5]; B^T = [0,5 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0,5 \ 0 \ 0 \ 1].$$

Для данной ЛС вектор ВП y и векторы A , Q , B приведены в табл. 2.

Таблица 5. Возможные сочетания правильного и ошибочных значений ВФ и соответствующих им значений ВП для операций конъюнкции-эквивалентности

x_1	x_2	x_3	y	x_1	x_2	x_3	y	x_1	x_2	x_3	y	x_1	x_2	x_3	y
0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1
1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1
0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1
0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0
1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0
0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0
$p_1 = p_2 = p_3; q_1 = 1$				$p_1 = p_2 = 1; p_3 = 0; q_2 = 0$				$p_1 = 1; p_2 = 0; p_3 = 1; q_3 = 0,5$				$p_1 = 0; p_2 = p_3 = 1; q_4 = 0,5$			
0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1
1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0
0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0
1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0
0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1
0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1
1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
$p_1 = 1; p_2 = p_3 = 0; q_5 = 0,5$				$p_1 = 0; p_2 = 1; p_3 = 0; q_6 = 0,5$				$p_1 = p_2 = 0; p_3 = 1; q_7 = 0,5$				$p_1 = 1; p_2 = p_3 = 0; q_8 = 0,5$			

4. Для трёхвходовых ($m=3$) ЛС, реализующих операции дизъюнкции-эквивалентности (ДЭ) $y=(x_1 \vee x_2) \sim x_3$, и импликации-эквивалентности (ИЭ) $y=(x_1 \downarrow x_2) \sim x_3$, также возможны семь случаев, когда хотя бы один ВФ задан неверно. В табл. 6 приведены значения ВП y (величины ВФ x_1, x_2 и x_3 не приведены, так как они такие же, как в табл. 5) и вероятности p_1, p_2, p_3 и $\{q\}$. Правильные значения ВП y , как и в табл. 5, выделены жирным шрифтом. Нетрудно видеть, что векторы Q и B такие же, как и для предыдущего случая, они совместно с Y и A приведены в табл. 2.

Таблица 6. Возможные сочетания правильного и ошибочных значений ВП для операций дизъюнкции-эквивалентности и импликации-эквивалентности

Дизъюнкция-эквивалентность								Импликация-эквивалентность							
1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1
0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1
0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0
0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1
0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0
1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0
1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1
1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0
$p_1 = 1$	$p_1 = 1$	$p_1 = 1$	$p_1 = 1$	$p_1 = 1$	$p_1 = 0$	$p_1 = 0$	$p_1 = 0$	$p_1 = 1$	$p_1 = 1$	$p_1 = 1$	$p_1 = 1$	$p_1 = 1$	$p_1 = 0$	$p_1 = 0$	$p_1 = 0$
$p_2 = 1$	$p_2 = 1$	$p_2 = 0$	$p_2 = 1$	$p_2 = 0$	$p_2 = 1$	$p_2 = 0$	$p_2 = 0$	$p_2 = 1$	$p_2 = 1$	$p_2 = 0$	$p_2 = 1$	$p_2 = 0$	$p_2 = 1$	$p_2 = 0$	$p_2 = 0$
$p_3 = 1$	$p_3 = 0$	$p_3 = 1$	$p_3 = 0$	$p_3 = 0$	$p_3 = 1$	$p_3 = 1$	$p_3 = 0$	$p_3 = 1$	$p_3 = 0$	$p_3 = 1$	$p_3 = 0$	$p_3 = 0$	$p_3 = 1$	$p_3 = 1$	$p_3 = 0$
$q_1 = 1$	$q_2 = 0$	$q_3 = q_4 = q_5 = q_6 = q_7 = q_8 = 0,5$						$q_1 = 1$	$q_2 = 0$	$q_3 = q_4 = q_5 = q_6 = q_7 = q_8 = 0,5$					

5. Аналогичным образом были получены векторы Q и B для трёхвходовых ЛС: конъюнкция-конъюнкция (КК), дизъюнкция-дизъюнкция (ДД), конъюнкция-импликация (КИ), конъюнкция-дизъюнкция (КД), дизъюнкция-импликация (ДИ), импликация-импликация (ИИ), эквивалентность-эквивалентность (ЭЭ) и др. ЛС (табл. 2).

Обсуждение результатов

Как следует из результатов, приведенных в табл. 1, 2, для некоторых ЛС выражение (3) для оценки вероятности правильного ВП y при неединичных вероятностях p_1, \dots, p_m правильности задания ВФ может быть одинаковым. Для двухвходовых ЛС это относится к операциям конъюнкции, дизъюнкции и импликации, когда:

$$P=0,5(1+p_1p_2).$$

Например, для трёхвходовых ЛС типа КЭ, ИЭ, ДЭ и для ЛС типа КК, ДД, КИ выражение (3) принимает вид соответственно:

$$P=0,5(1-p_1p_2)+p_1p_2p_3,$$

$$P=0,75+0,25p_1p_2p_3.$$

Существует ещё важная закономерность, которую можно сформулировать как теорему: Сумма значений коэффициентов в выражении (3) для оценки вероятности P правильности выходного сигнала y ЛС при вероятностях p_1, \dots, p_m правильности входных сигналов x_1, \dots, x_m единична:

$$\sum_{j=0}^{n-1} b_j = 1. \quad (5)$$

В справедливости выражения (5) можно убедиться для двухвходовых и трёхвходовых ЛС из табл.1 и 2 соответственно, хотя это распространяется и на случаи $m \geq 4$. На самом деле сумма $b_0+b_1+\dots+b_{n-1}=q_1$, а вероятность q_1 по определению соответствует идеальному случаю, когда все ВФ правильны и $p_1=\dots=p_m=1$. Таким образом, всегда $q_1=1$ – условие (5) выполняется.

Выводы:

1. Приведен метод оценки вероятности правильности выходного сигнала ЛС на двоичной логике при возможной неправильности задания или зашумлённости входных сигналов.
2. Сформулирована и доказана теорема о единичности суммы коэффициентов в полиномиальном выражении, связывающем вероятность P правильности выходного сигнала ЛС с вероятностями $\{p\}$ правильности (незашумлённости) входных сигналов.
3. Приведены соответствующие примеры для двух- и трёхвходовых ЛС.

Литература

1. Спици С., Браун Р., Гудвин Дж. Теория управления. М.: Мир, 1973. 248 с.
2. СП 5 13130.2009. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования (с изменением № 1). Доступ из справ. системы «Кодекс».
3. Коваленко С.И. Решение задач математической логики с использованием элементарной алгебры. М.: Физматлит, 2004. 80 с.
4. Таранцев А.А., Шаталова Н.В., Фахми Ш.С. Принципы математического описания логических схем // Морские интеллектуальные технологии. 2018. № 2 (40). С. 160–167.
5. Комашинский В.И., Смирнов Д.А. Нейронные сети и их применение в системах управления и связи. М.: Горячая линия – Телеком, 2003. 94 с.
6. Таранцев А.А. Регрессионный анализ и планирование испытаний в задачах принятия решений: монография. СПб.: ИПТ РАН, 2017. 174 с.
7. Об оценке помехоустойчивости логических схем / А.А. Таранцев [и др.] // Вестник СПбИ ГПС МЧС России. 2005. № 2 (9).

References

1. Spidi S., Braun R., Gudvin Dzh. Teoriya upravleniya. M.: Mir, 1973. 248 s.
2. SP 5 13130.2009. Sistemy protivopozharnoj zashchity. Ustanovki pozharnoj signalizacii i pozharotusheniya avtomaticheskie. Normy i pravila proektirovaniya (s izmeneniem № 1). Dostup iz sprav. sistemy «Kodeks».
3. Kovalenko S.I. Reshenie zadach matematicheskoy logiki s ispol'zovaniem ehlementarnoj algebry. M.: Fizmatlit, 2004. 80 s.
4. Tarancev A.A., Shatalova N.V., Fahmi Sh.S. Principy matematicheskogo opisaniya logicheskikh skhem // Morskie intellektual'nye tekhnologii. 2018. № 2 (40). S. 160–167.
5. Komashinskij V.I., Smirnov D.A. Nejronnye seti i ih primenenie v sistemah upravleniya i svyazi. M.: Goryachaya liniya – Telekom, 2003. 94 s.
6. Tarancev A.A. Regressionnyj analiz i planirovanie ispytanij v zadachah priyatiya reshenij: monografiya. SPb.: IPT RAN, 2017. 174 s.
7. Ob ocenke pomekhoustojchivosti logicheskikh skhem / A.A. Tarancev [i dr.] // Vestnik SPbI GPS MCHS Rossii. 2005. № 2 (9).

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ СЛУЖБ

С.А. Воднев;

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

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Представлен подход к обоснованию выбора оптимальной программы технического обеспечения аварийно-спасательных служб. Он основан на формировании комплексной оценки эффективности управления техническим обеспечением на основе построения иерархической структуры критериев. Представлен способ многокритериального выбора оптимальной программы технического обеспечения на основе построенной иерархической структуры критериев.

Ключевые слова: аварийно-спасательные средства, комплексная оценка, парето-оптимальность, критерий, показатель, программы технического обеспечения, эффективность

MULTICRITERIAL ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF THE MANAGEMENT TECHNICAL SUPPORT OF THE EMERGENCY SERVICES

S.A. Vodnev; A.V. Matveev.

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

The article presents an approach to the rationale for choosing the optimal program of technical support of emergency services. It is based on the formation of a comprehensive assessment of the effectiveness of technical support management based on the construction of a hierarchical structure of criteria. The method of multi-criteria selection of the optimal program of technical support on the basis of the constructed hierarchical structure of criteria is presented.

Keywords: emergency rescue means, complex assessment, Pareto-optimality, criterion, indicator, technical support programs, efficiency

В настоящее время достаточно актуальными являются вопросы оптимизации финансовых и материальных ресурсов федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации и организаций, направляемых на решение проблем безопасности, получения при этом максимальной эффективности от использования ресурсного потенциала МЧС России [1, 2].

В настоящее время управление развитием системы вооружения подразделений МЧС России осуществляется на плановой основе посредством разработки и реализации программ и планов переоснащения аварийно-спасательных служб (АСС) современными техническими средствами и техникой. Согласно принятой методологии программно-целевое управление развитием переоснащения АСС осуществляется в четыре основных этапа [3]: обоснование, формирование, реализация и контроль хода выполнения соответствующих программ и планов. При этом на этапе обоснования программы переоснащения решаются следующие основные задачи: формирование единой системы исходных данных, оценка технического состояния системы вооружения, генерация множества возможных вариантов и выбор из них рационального, который и будет являться основой для принятия решения [4, 5].

При этом проведенный анализ показывает, что в настоящее время фактически отсутствуют формализованные критерии оценки эффективности системы материально-

технического обеспечения (МТО) МЧС России в целом, а также научно-методические средства для принятия оптимальных управленческих решений в области оснащения и технического обеспечения АСС.

Традиционные подходы к выбору оптимального варианта управленческого решения предполагают использование критерия «эффективность – стоимость» [6–8]. Однако существуют различные подходы к оценке эффективности системы технического обеспечения АСС. Предлагаются следующие возможные критерии для оценки [9]:

– коэффициент обеспеченности аварийно-спасательной техникой $K_{об}$ подразделения МЧС России относительно норм положенности:

$$K_{об} = \frac{N_{общ}}{N_{шт}} ;$$

– коэффициент исправности $K_{ис}$, характеризующий относительное число исправной (работоспособной) аварийно-спасательной техники в подразделении МЧС России:

$$K_{ис} = \frac{N_{исп}}{N_{общ}} ; \quad (1)$$

– коэффициент новизны $K_{нов}$, определяющий долю новой и современной аварийно-спасательной техники в подразделении МЧС России:

$$K_{нов} = \frac{N_{нов}}{N_{общ}} ; \quad (2)$$

– коэффициент готовности K_z , определяющий долю свободной, незанятой на каких-либо происшествиях или ЧС аварийно-спасательной техники, готовой к использованию по ликвидации ЧС на транспорте:

$$K_z = \frac{N_{св}}{N_{общ}} , \quad (3)$$

где $N_{шт}$ – положенная штатная численность той или иной аварийно-спасательной техники в подразделении МЧС России; $N_{общ}$ – общая численность аварийно-спасательной техники (в их числе: работоспособной, находящейся на ремонте и на списании), находящейся в подразделении МЧС России; $N_{исп}$ – число исправной, работоспособной аварийно-спасательной техники в подразделении МЧС России; $N_{нов}$ – число новой и современной аварийно-спасательной техники в подразделении МЧС России; $N_{св}$ – количество свободной, находящейся на дежурстве, аварийно-спасательной техники в подразделении МЧС России.

Желание учесть большое количество факторов в задачах определения состава мероприятий (закупка новой техники, текущий, средний, капитальный ремонт, утилизация) оптимальной программы технического обеспечения аварийно-спасательных средств, где необходимо при минимальных общих затратах денежных средств, выделенных в рамках программ, достичь требуемых значений по показателям: обеспеченность, новизна, готовность и исправность, делает их сложными и многоаспектными. Поэтому поиск оптимального решения с многоцелевыми критериями в таких сложных и многокритериальных задачах, как управление развитием системы МТО, удобнее и эффективнее выполнять с помощью метода последовательного сужения множества Парето [10, 11]. Этот метод позволяет осуществлять многоцелевую выборку из множества альтернатив локального множества парето-оптимальных вариантов программ технического обеспечения АСС.

Однако получая большое количество альтернативных парето-оптимальных вариантов по техническому обеспечению аварийно-спасательных средств подразделений МЧС России,

лицу, принимающему решения (например сотруднику управления МТО МЧС России) сложно выбрать единственный приемлемый вариант, в этом и заключается основной недостаток метода последовательного сужения множества Парето. Поэтому для выбора такого варианта подходит метод выбора оптимального варианта путем генерирования комплексной оценки на основе построения иерархической структуры (дерева) критериев [12].

Принцип данного метода заключается в организации всех введенных показателей (критериев) в определенную иерархическую структуру, где каждый уровень состоит из формализованных и агрегированных оценок показателей нижележащего уровня. Важным преимуществом дерева критериев (рис. 1) является объединение в каждом узле структуры только двух оценок.

Тогда для введенных частных показателей ($K_{об}$, $K_{ис}$, $K_{нов}$, K_2) системы технического обеспечения иерархическая структура примет вид, представленный на рис. 1, состоящая на нижнем уровне из показателей: уровня обеспеченности, новизны, готовности и исправности аварийно-спасательных средств.



Рис. 1. Дерево показателей оценки эффективности технического обеспечения подразделений МЧС России

Переход на следующий уровень осуществляется путем объединения показателей «обеспеченность» и «новизна» аварийно-спасательных средств в агрегированный уровень «обеспеченность новыми» (ОН) аварийно-спасательными средствами, а показателей «готовность» и «исправность» в показатель «готовность исправных» (ГИ) аварийно-спасательных средств. Затем объединенные группы показателей ОН и ГИ формируют комплексную оценку K , которая в целом уже будет отражать эффективности всей системы технического обеспечения и позволять сравнивать варианты программ технического обеспечения АСС. Генерирование приоритетов программ технического обеспечения АСС проводится в первую очередь соответствующими специалистами, которым будет проще сравнивать (оценивать) на каждом уровне дерева лишь два показателя. Такие сопоставления удобнее осуществлять, представляя результаты в виде таблиц или матриц.

Первоначально частные показатели переводятся в четырехбальную дискретную шкалу оценок, вариант которой представлен в табл. 1.

Таблица 1. Соответствие дискретных оценок частных показателей пороговым значениям

Баллы	1	2	3	4
	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично
Обеспеченность (О)	до 60%	80%	90%	100%
Новизна (Н)	до 25%	50%	75%	100%
Готовность (Г)	до 65%	75%	90%	100%
Исправность (И)	до 85%	90%	95%	100%

Таким же образом поступают с объединёнными группами показателей и непосредственно общей комплексной оценкой. На рис. 2, 3 приведены примеры свертки показателей «обеспеченность» с «новизной» и «готовность» с показателем «исправность».

90-100%	4	2	3	4	4
80-90%	3	2	3	3	4
60-80%	2	1	2	2	3
> 60%	1	1	1	1	2
	О / Н	1	2	3	4
		> 25%	25-50%	50-75%	75-100%

Рис. 2. Свертка показателей «обеспеченность» и «новизна»

90-100%	4	2	3	4	4
75-90%	3	2	2	3	4
65-75%	2	1	2	2	3
> 65%	1	1	1	1	2
	Г / И	1	2	3	4
		> 75%	75-85%	85-90%	90-100%

Рис. 3. Свертка показателей «готовность» и «исправность»

Полученные выше матрицы отражают приоритеты направления системы МТО МЧС России. Например, очевидно, что при низких показателях «обеспеченности» или «готовности» обобщенные оценки не будут выше «удовлетворительно», даже если показатели «новизна» или «исправность» будут иметь состояние «отлично». Но с увеличением оценки по показателям «обеспеченность» или «готовность» приоритет перемещается к показателям «новизна» или «исправность», так как состояние «отлично» может быть получено только при состоянии «отлично» или «хорошо» по показателям «новизна» или «исправность».

Полученные оценки по объединенным группам уровней «обеспеченность новыми» и «готовность исправных» АСС позволяют построить матрицу свертки для комплексной оценки технического обеспечения АСС. На рис. 4 можно увидеть изменение системы приоритетов, например: при отличных состояниях укрупненных групп частных показателей системы технического обеспечения АСС важнее является показатель готовности исправных технических средств; в случае кризисного положения в системе технического обеспечения приоритет имеют оба этих показателя.

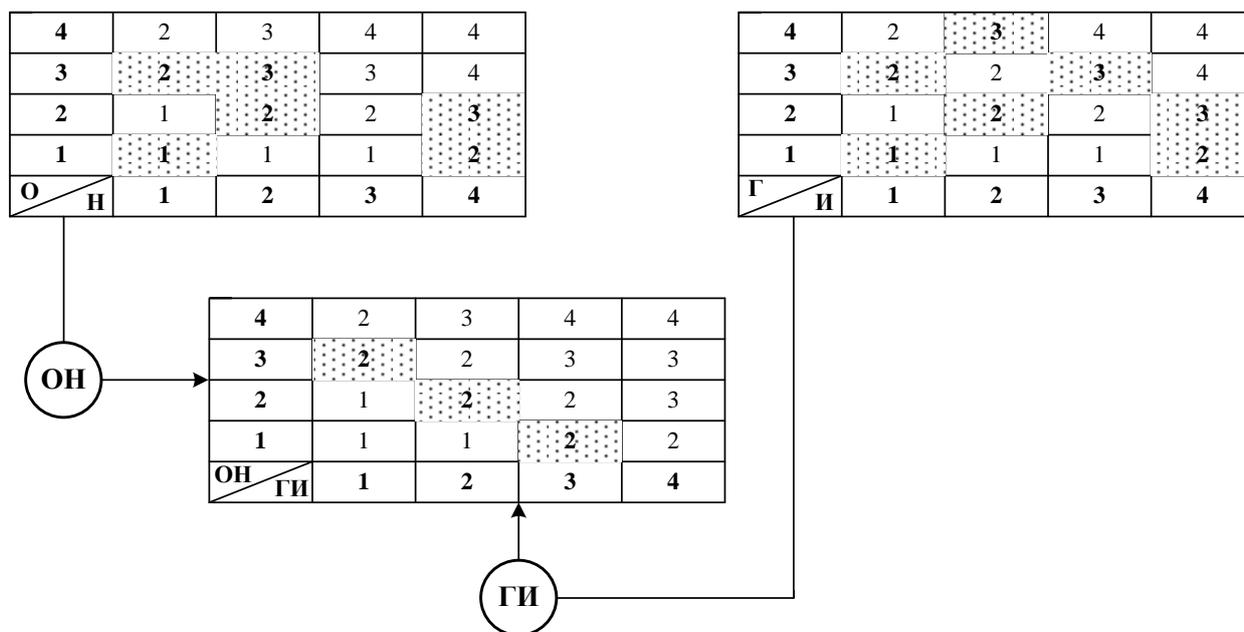


Рис. 4. Схема формирования комплексной оценки системы технического обеспечения АСС

Применяя полученное дерево свертки показателей, становится возможным проводить оценивание любого варианта программы технического обеспечения АСС, выбирая при этом оптимальный вариант.

Далее рассматривается вариант обоснования мероприятий программы технического обеспечения АСС с минимальными экономическими затратами, обеспечивающего значения комплексной оценки «удовлетворительно».

Примем, что для каждого частного показателя k определены необходимые затраты W_m для обеспечения заданного технического состояния m ; существует подпрограмма (система мероприятий), обеспечивающая рост показателей до состояния m , важно, что сами подпрограммы по различным показателям независимы, не влияя на другие цели или направления развития МТО. В таком случае можно воспользоваться методом индексации вершин сети напряженных [12] вариантов снизу вверх.

Помечаем все верхние ячейки прямоугольников согласно индексам W_m . Вершины следующего (более высокого) уровня графа напряженных вариантов укрупненных показателей ОН и ГИ определяются как сумма минимальных из индексов смежных вершин-прямоугольников частных показателей. Затем смежные дуги напряженных вариантов по ОН и ГИ с меньшей стоимостью суммируются, и из них выбирается оптимальный, то есть с минимальными затратами.

Разберем работу данного алгоритма на конкретном примере, введя матрицу затрат (табл. 2) по каждому частному показателю.

Таблица 2. Матрица затрат W_m

$k \backslash m$	1	2	3	4
Обеспеченность (О)	10	30	50	80
Новизна (Н)	8	12	20	35
Готовность (Г)	4	6	25	50
Исправность (И)	2	9	19	40

Результат подстановки стоимостных затрат, на основе представленного выше алгоритма, приведен на рис. 5, где в верхних половинах прямоугольника указаны оптимальные стоимости на каждом этапе. Вариант с выполнением программы

по техническому обеспечению АСС на оценку удовлетворительно с минимальными затратами будет $x_{min}=(2,2,2,2)$ и равен $W_{onm}=57$.

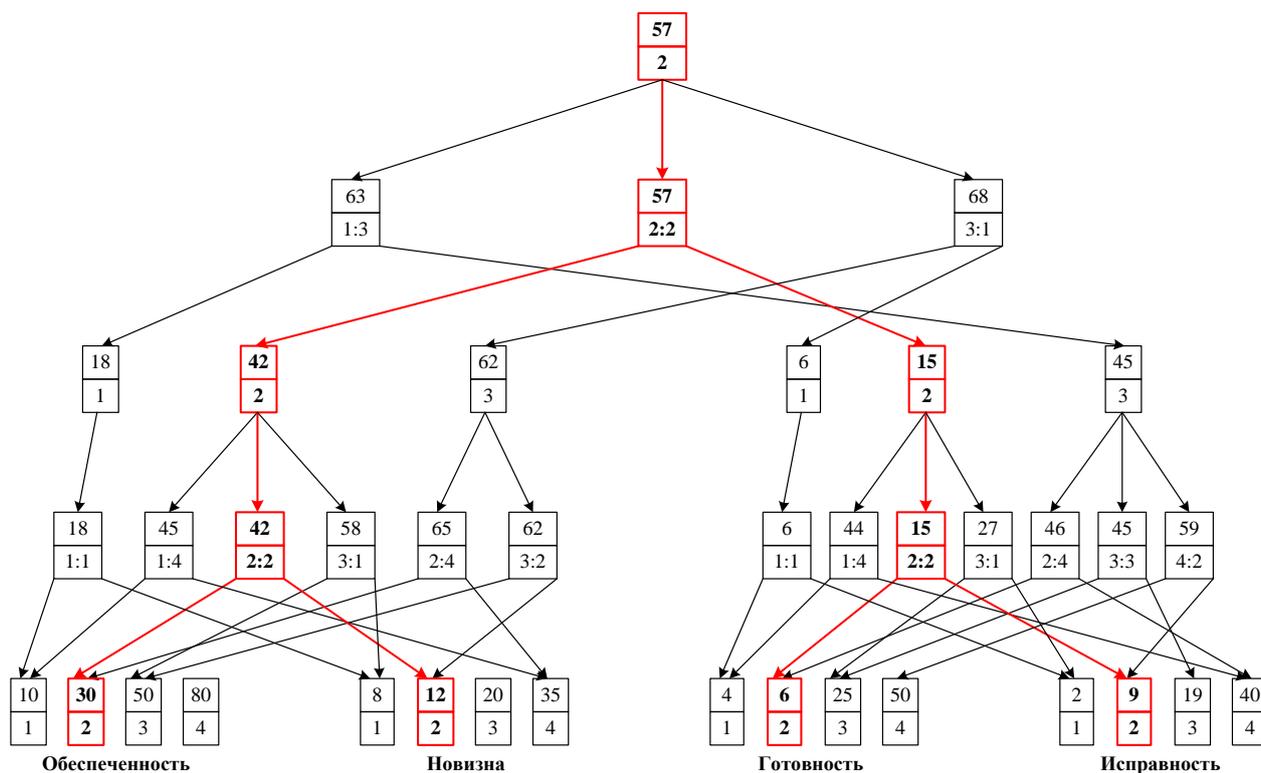


Рис. 5. Граф выбора оптимального варианта технического обеспечения

Однако необходимо учитывать, что существует определенная зависимость между частными показателями «обеспеченность» и «новизна», «готовность» и «исправность». Так, например, при закупке нового аварийно-спасательного средства обеспечивается одновременный рост уровня обеспеченности, исправности, готовности и новизны. Для этого в табл. 3 отображены затраты P_{km} для сети напряженных вариантов, из которой видно, что, допустим, затраты, необходимые для обеспечения состояния техники на оценку «хорошо» по показателю «исправность», растут в зависимости от увеличения уровня обеспеченности в подразделении МЧС России. Это можно объяснить тем, что согласно формулам частных показателей (1–3) рост показателя «обеспеченности» достигается путем увеличения числа технических образцов, находящихся в подразделении. Поэтому логично, что для выполнения заданного уровня показателя исправности при большем количестве технических образцов в подразделении требуется больше мероприятий по ремонту, а, соответственно, и затраты будут больше.

Для каждого из мероприятий программы технического обеспечения исходным является граф напряженных вариантов, но эти подграфы пересекаются только в начальной вершине и некоторых вершинах, которые имеют общие критерии. Если же вершины не имеют общих критериев, то они разбиваются согласно таблице затрат (табл. 3) относительно показателя обеспеченности (рис. 6).

Таблица 3. Таблица затрат, необходимых для обеспечения различных уровней по показателям обеспеченности, новизны, готовности и исправности

	$k \backslash m$	1	2	3	4
		О=1	Новизна (Н)	3	4
	Готовность (Г)	1	2	4	8
	Исправность (И)	2	3	4	5
О=2	Новизна (Н)	4	6	9	13
	Готовность (Г)	3	5	7	10
	Исправность (И)	3	4	6	8
О=3	Новизна (Н)	6	9	12	15
	Готовность (Г)	4	6	9	11
	Исправность (И)	3	5	7	9
О=4	Новизна (Н)	7	10	13	18
	Готовность (Г)	5	7	10	12
	Исправность (И)	4	5	8	11

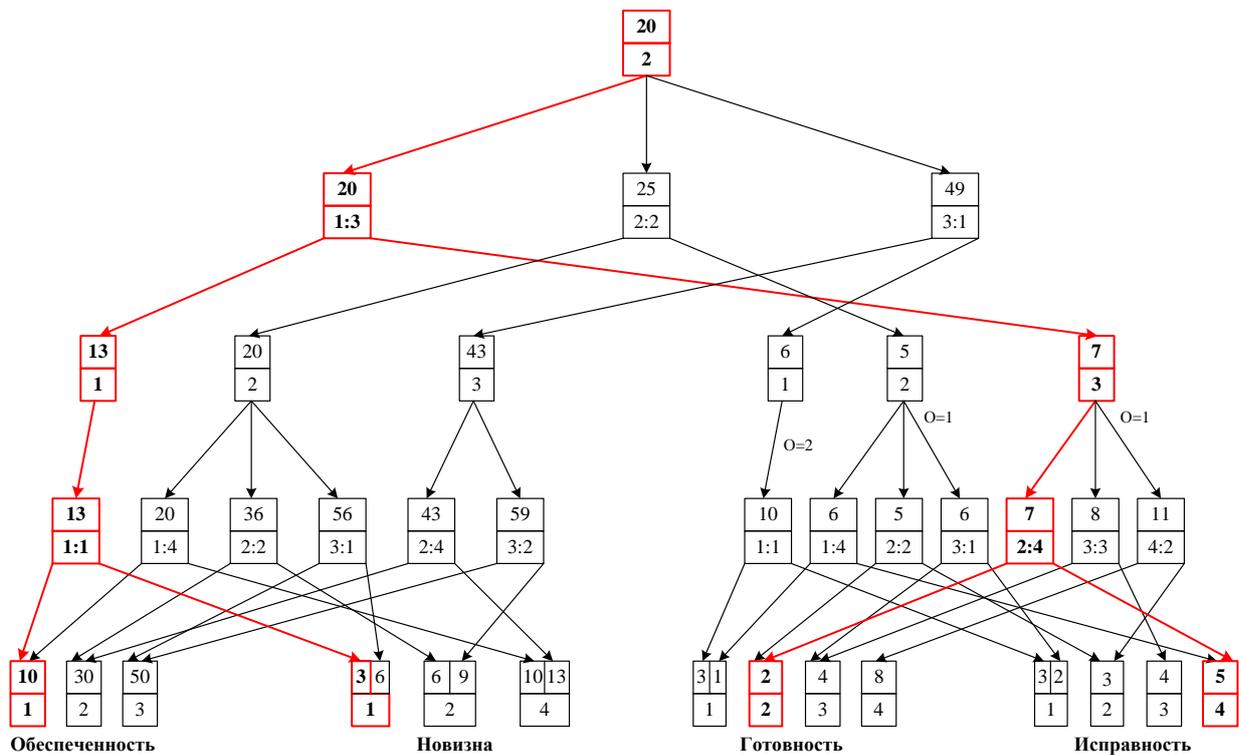


Рис. 6. Граф выбора оптимального варианта программы относительно показателя обеспеченности

Далее, применяя описанный выше алгоритм определения минимальной стоимости, находим оптимальный вариант программы $x_{min}=(1,2,2,4)$ с затратами $W_{opt}=20$, отмеченный красными линиями на рис. 6.

Таким образом, предложенный инструментарий позволяет проводить оценку и определять оптимальные варианты программ технического обеспечения АСС, когда один из частных показателей оценки системы влияет на другой.

Литература

1. Максимов А.В., Матвеев А.В. Ресурсный потенциал и его использование в системе ГПС МЧС России // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2015. № 1. С. 62–68.
2. Matveev A.V., Maximov A.V., Perlin A.M. The resource potential of EMERCOM of Russia: concept and prospects of use // Fire, environment, work environment, integrated risk: proceedings of 4th International scientific conference Safety engineering and 14th International conference on fire and explosion protection. Novi Sad, 2014. P. 242–245.
3. Воднев С.А., Артамонов В.С., Матвеев В.В. Анализ системы управления техническим обеспечением подразделений МЧС России // Проблемы управления рисками в техносфере. 2016. № 4 (40). С. 125–130.
4. 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. Доступ из справ.-правового портала «Гарант».
5. О федеральной целевой программе «Пожарная безопасность в Российской Федерации на период до 2017 года»: постановление Правительства Рос. Федерации от 30 дек. 2012 г. № 1481. Доступ из справ.-правового портала «Гарант».
6. Анализ безопасности информационных систем с использованием критерия «эффективность – стоимость» на основе поэлементных оценок / В.В. Лозовецкий [и др.] // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2016. № 4. С. 88–98.
7. Николаев В.Н., Маслак А.А. Метод оценки и управления экономическими и интеллектуальными ресурсами инфраструктуры предприятия по критерию «эффективность – стоимость» // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2013. Т. 11. № 8. С. 46–49.
8. Matveev A.V. Method for Technical and Economic Assessment of Alternative Integrated Security System Design Considerations for a Potentially Hazardous Facility // Specialty Journal of Accounting and Economics. 2016. Vol. 2 (2). С. 73–76.
9. Воднев С.А., Матвеев А.В., Максимов А.В. Модель комплексной оценки процесса технического обеспечения аварийно-спасательных средств подразделений МЧС России // Проблемы управления рисками в техносфере. 2018. № 2 (46). С. 73–80.
10. Ногин В.Д., Подиновский В.В. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. М.: Физматлит, 2007. 256 с.
11. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. М.: Логос, 2008.
12. Модели и методы оптимизации региональных программ развития / Н.Г. Андронникова [и др.]. М.: ИПУ РАН, 2001. 60 с.

References

1. Maksimov A.V., Matveev A.V. Resursnyj potencial i ego ispol'zovanie v sisteme GPS MCHS Rossii // Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii. 2015. № 1. S. 62–68.
2. Matveev A.V., Maximov A.V., Perlin A.M. The resource potential of EMERCOM of Russia: concept and prospects of use // Fire, environment, work environment, integrated risk: proceedings of 4th International scientific conference Safety engineering and 14th International conference on fire and explosion protection. Novi Sad, 2014. P. 242–245.
3. Vodnev S.A., Artamonov V.S., Matveev V.V. Analiz sistemy upravleniya tekhnicheskim obespecheniem podrazdelenij MCHS Rossii // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2016. № 4 (40). S. 125–130.
4. O gosudarstvennoj programme Rossijskoj Federacii «Zashchita naseleniya i territorij ot chrezvychajnyh situacij, obespechenie pozharnoj bezopasnosti i bezopasnosti lyudej na vodnyh ob"ektah: postanovlenie Pravitel'stva Ros. Federacii ot 15 apr. 2014 g. № 300. Dostup iz sprav.-pravovogo portala «Garant».
5. O federal'noj celevoj programme «Pozharnaya bezopasnost' v Rossijskoj Federacii

na period do 2017 goda»: postanovlenie Pravitel'stva Ros. Federacii ot 30 dek. 2012 g. № 1481. Dostup iz sprav.-pravovogo portala «Garant».

6. Analiz bezopasnosti informacionnyh sistem s ispol'zovaniem kriteriya «ehffektivnost' – stoimost'» na osnove poehlementnyh ocenok / V.V. Lozoveckij [i dr.] // Problemy bezopasnosti i chrezvyhajnyh situacij. 2016. № 4. S. 88–98.

7. Nikolaev V.N., Maslak A.A. Metod ocenki i upravleniya ehkonomicheskimi i intellektual'nymi resursami infrastruktury predpriyatiya po kriteriyu «ehffektivnost' – stoimost'» // Informacionno-izmeritel'nye i upravlyayushchie sistemy. 2013. T. 11. № 8. S. 46–49.

8. Matveev A.V. Method for Technical and Economic Assessment of Alternative Integrated Security System Design Considerations for a Potentially Hazardous Facility // Specialty Journal of Accounting and Economics. 2016. Vol. 2 (2). S. 73–76.

9. Vodnev S.A., Matveev A.V., Maksimov A.V. Model' kompleksnoj ocenki processa tekhnicheskogo obespecheniya avarijno-spasatel'nyh sredstv podrazdelenij MCHS Rossii // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2018. № 2 (46). C. 73–80.

10. Nogin V.D., Podinovskij V.V. Pareto-optimal'nye resheniya mnogokriterial'nyh zadach. M.: Fizmatlit, 2007. 256 s.

11. Larichev O.I. Teoriya i metody prinyatiya reshenij. M.: Logos, 2008.

12. Modeli i metody optimizacii regional'nyh programm razvitiya / N.G. Andronnikova [i dr.]. M.: IPU RAN, 2001. 60 s.

СПОСОБ ВИЗУАЛИЗАЦИИ МОДУЛЕЙ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

М.В. Буйневич, доктор технических наук, профессор;

В.В. Покусов.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

К.Е. Израйлов, кандидат технических наук.

Санкт-Петербургский государственный университет

телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

Рассмотрен вопрос унифицированного представления системы обеспечения информационной безопасности. Предлагается способ ее визуализации с помощью набора модулей, полученных путем категориального анализа; дается интерпретация модулей. Приводятся примеры применения способа как для классических, так и для гипотетической системы на базе универсального протокола. Производится анализ эффективности информационно-технических взаимодействий модулей систем на основании их смоделированных графических представлений.

Ключевые слова: система обеспечения информационной безопасности, способ визуализации, визуальное моделирование, эффективность информационно-технического взаимодействия, протокол взаимодействия

METHOD OF VISUALIZING THE MODULES OF THE INFORMATION SECURITY SYSTEM

M.V. Buinevich; V.V. Pokusov.

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

K.E. Izrailov.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg state university of telecommunications

The issue of unified representation of the information security system is considered. A method for its visualization using a set of modules obtained by categorical analysis is proposed; the interpretation of the modules is given. Examples of the application of the method for both classical and hypothetical systems based on the universal protocol are presented. An analysis is made of the effectiveness of information and technical interactions of system modules on the basis of their simulated graphical are representations.

Keywords: information security system, method of visualization, visual modeling, efficiency of information and technical interaction, protocol of interaction

Информационные системы, ставшие неотъемлемой частью современного мира, подвержены различного рода угрозам, реализация которых может быть критичной для работы любой организации. Системы обеспечения информационной безопасности (системы), создаваемые для противодействия соответствующим угрозам [1], представляют собой сложные комплексы разноцелевых служб, учитывающих специфику каждого класса этих угроз [2]. Как следствие, возникает задача использования общего визуального представления системы такого масштаба как для их проектирования, так и при дальнейшей эксплуатации; в особенности это актуально в случае интеграции в нее новых подсистем. В случае отсутствия унификации

представление системы не сможет быть единообразно интерпретировано модератором или специалистами, находящимися в разных службах или организациях. Одному из способов визуализации системы, продолжающему предыдущие исследования авторов в области методологии и теории защиты информационных систем, и посвящена данная статья.

Визуализация взаимодействия

Задача унификации визуального представления системы не может быть решена без уточнения цели такой визуализации, поскольку от последней будет зависеть используемая графическая нотация: набор символов, способы соединения и их интерпретация. И если уже существуют способы визуализации системы в интересах мониторинга событий информационной безопасности (ИБ) [3], описания поведения внутреннего нарушителя [4], предоставления логических схем реализации угроз [5], анализа и выявления аномалий в больших объемах сетевого трафика [6] и др. [7–9], то вопрос описания непосредственного информационно-технического взаимодействия (взаимодействия) ее информационных модулей (модулей) – элементов, обменивающихся информационными объектами – оставлен практически без внимания.

Отсутствие подходящих инструментов для визуального моделирования обмена данными, связанными с событиями ИБ, приводит к тому, что создание самой системы и ее подсистем производится специалистами с различным пониманием схемы внутренних информационных потоков – поскольку отсутствует единый способ представления; в отличие, например, от моделирования сетей [10–12]. Как результат, типичное для таких систем итерационное развитие сопровождается постоянным комплексированием разнородных подсистем, приводящим к «нагромождению» дополнительных служб, механизмов и протоколов взаимодействия; а также появляются различные синергетические эффекты [13].

Основная причина отсутствия визуализации взаимодействия модулей связана с отсутствием также и единого протокола обмена информационными объектами между ними – специфицированного и введенного в эксплуатацию. Таким образом, поиск способа графического представления взаимодействий в системе позволит частично приблизиться к разрешению не менее сложной и актуальной проблемы – созданию универсального протокола информационно-технического взаимодействия для системы обеспечения информационной безопасности.

Графические объекты

Используя предыдущие наработки авторов [14], применение категориального анализа к системе позволило выделить 8 модулей – согласно комбинации категориальных пар: Данные VS Функция, Человек VS Машина, Анализ VS Синтез. Как следует из выбранных категориальных пар, модуль является достаточно абстрактной сущностью, сочетающей в себе как данные, так и функции, в ряде случаев, относящихся к человеку. Достаточно близкой к существующим системам может стать следующая интерпретация полученных модулей (название каждого модуля состоит из трех букв, соответствующих одному из элементов каждой категориальной пары – $[D|F]$ $[C|M]$ $[A|S]$):

- датчики воздействия (ФМА), детектирующие единичное воздействие на информационную систему;
- сигнатуры атак (ДМА), идентифицирующие единичную атаку на информационную систему;
- служба аналитики (ФЧА), классифицирующая, характеризующая и группирующая возникающие атаки;

- модель атак (ДЧА), описывающая состояние на информационной системе под атаками;
- служба реагирования (ФЧС), разрабатывающая стратегию защитных мер;
- модель защиты (ДЧС), представляющая набор стратегий защиты на информационной системе от атак;
- инструкции по защите (ДМС), описывающие набор правил для нейтрализации атак;
- устройства противодействия (ФМС), нейтрализующие единичные атаки.

Таким образом, взаимодействия в любой системе могут быть представлены с помощью этих модулей (и из связей). Естественно, данное деление не является единственным – оно, по крайней мере, зависит от числа выбранных категориальных пар. Тем не менее как будет показано на примере представления систем далее, выбранные модули можно считать полноценным набором базовых элементов для визуализации. Предлагаемое графическое представление модулей показано на рис. 1.

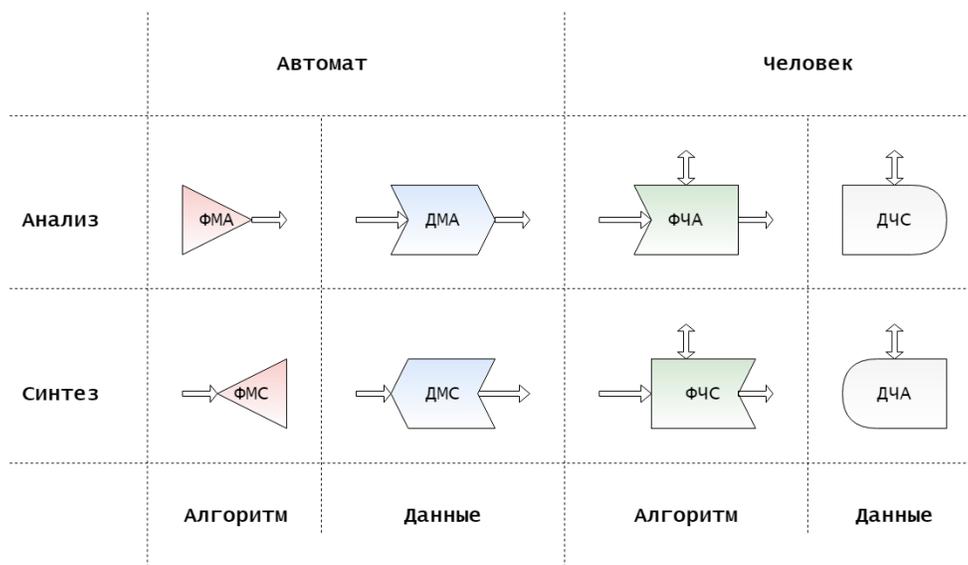


Рис. 1. Графическое представление информационных модулей системы

Изображение графических элементов является интуитивно-понятным по следующим причинам. Во-первых, элементы групп Анализа и Синтеза (верхняя и нижняя строки элементов) обладают симметрией относительно оси ординат. Во-вторых, стрелки у элементов соответствуют информационным взаимодействиям модулей, следующим из их предложенной интерпретации. И, в-третьих, контуры фигур элементов (а именно, их острые и тупые углы) частично отражают логику взаимодействия. Так, возможны следующие связи между элементами: 1) ФМА → ДМА, 2) ДМА → ФЧА, 3) ФЧА → ФЧС, 4) ФЧС → ДМС, 5) ДМС → ФМС, 6) ФЧА ↔ ДЧА, 7) ФЧС ↔ ДЧС.

Наглядное единообразное представление схем систем может использоваться не только специалистом для анализа. Поскольку предложенное представление любой системы будет направленным графом, имеющим смысл взаимосвязей модулей через информационные потоки, то на его базе возможно осуществить имитационное моделирование. Это позволит провести дополнительные исследования и получить количественные результаты, такие как прогнозирование нагрузок на модули в заданных условиях, оценка плотности потока информационного обмена и др. В качестве подходящего для этого инструмента авторами

отмечается программное обеспечение AnyLogic, поддерживающее как дискретно-событийное моделирование (модули обслуживают потоки информационных объектов), так и направление системной динамики (потоки образуют причинно-следственную связь между входными и выходными воздействиями) [15].

Примеры визуализации

Для обоснования применимости такого авторского способа представления взаимодействий в системе произведем визуализацию для следующих типов систем: классических децентрализованной и централизованной (соответствующие аналогичным формам управления организацией [16]), а также гипотетической на базе универсального протокола. Последняя система на данный момент не имеет практической реализации; тем не менее она качественно отличается от существующих классических, может существенно повысить эффективность их работы и поэтому должна быть рассмотрена.

Для упрощения визуализации системы введем следующие ограничения и уточнения. Во-первых, в системе присутствуют только два датчика воздействий (ФМА_1 и ФМА_2) и столько же устройств противодействия (ФМС_1 и ФМС_2). Во-вторых, возможны два типа атак, на которые реагирует каждый из датчиков. В-третьих, все информационное пространство системы (например, имеющее вид базы данных) состоит из используемых машиной – ДМА и ДМС и человеком – ДЧА и ДЧС. И, в-четвертых, участие человека ограничивается работой модулей ФЧА и ФЧС.

В качестве основного сценария работы системы будем считать следующий. Владелец системы (аналогичной типовому предприятию, рассмотренному авторами в работе [17]) подвергается DoS атаке и попытке прохода злоумышленника на территорию по недействительной идентификационной карточке. При этом датчики регистрируют сетевой трафик и факт прохода через турникет подсистемы контроля и управления доступом (СКУД). Система оказывает противодействие атакам с помощью стратегии дублирования сервера [18] (инициировав выполнение инструкций – копирование данных на новый сервер и его запуск) и экстренной защиты критически важных помещений (инициировав выполнение инструкций – повышение уровня доступа в помещения и вызов сотрудников охраны).

Также, используя получаемые визуализации схем, оценим итоговую эффективность (эффективность) самих взаимодействий, происходящих в системах (оценка общей эффективности является задачей иного уровня сложности, поскольку не существует единого мнения даже касательно ее основных критериев). Для базовой оценки эффективности авторами предлагаются следующие ее критерии (и их обозначения):

- К_1. Разнообразие информации, передаваемой между модулями;
- К_2. Адаптированность информации для модулей;
- К_3. Информационная нагрузка на модули;
- К_4. Небезопасность передаваемых между модулями данных.

Повышение эффективности достигается благодаря снижению значений каждого из четырех критериев. Прямое следование всем критериям является взаимопротиворечивым и влияет на эффективности более сложным, чем линейным, образом. Так, например, снижение разнообразия информации при том же ее объеме в конечном итоге приведет к уменьшению количества информационных потоков и повышению информационной нагрузки; попытки же снижения нагрузки на модули путем их дублирования увеличат количество информационных потоков, подверженных атакам злоумышленника.

Классическая децентрализованная система

Дополнительно к исходным условиям децентрализация взаимодействий в системе приводит к тому, что для обработки каждой атаки (выделенной сигнатурами ДМА_1 и ДМА_2) предназначены собственные модули – служба аналитики сетевой безопасности ФЧА_1 (с моделью атак ДЧА_1) и служба контроля доступа ФЧА_2 (с моделью атак ДЧА_2). Для нейтрализации атак соответственно предназначены служба реагирования на инциденты сетевой безопасности ФЧС_1 (с моделью защиты ДЧС_1) и служба управления доступом ФЧС_2 (с моделью защиты ДЧС_2). Здесь и далее в контроле доступа участвуют специалисты СКУД, ответственные за мониторинг событий (например, установление факта неправомерного проникновения), а в управлении – специалисты СКУД, принимающие решения в части противодействия инцидентам (например, экстренная блокировка доступа в помещение). Службы реагирования управляют устройствами противодействия (ФМС_1 и ФМС_2) посредством инструкций по защите (ДМС_1 и ДМС_2) – копирование данных, повышение уровня доступа и др. Визуализация схемы классической децентрализованной системы представлена на рис. 2.

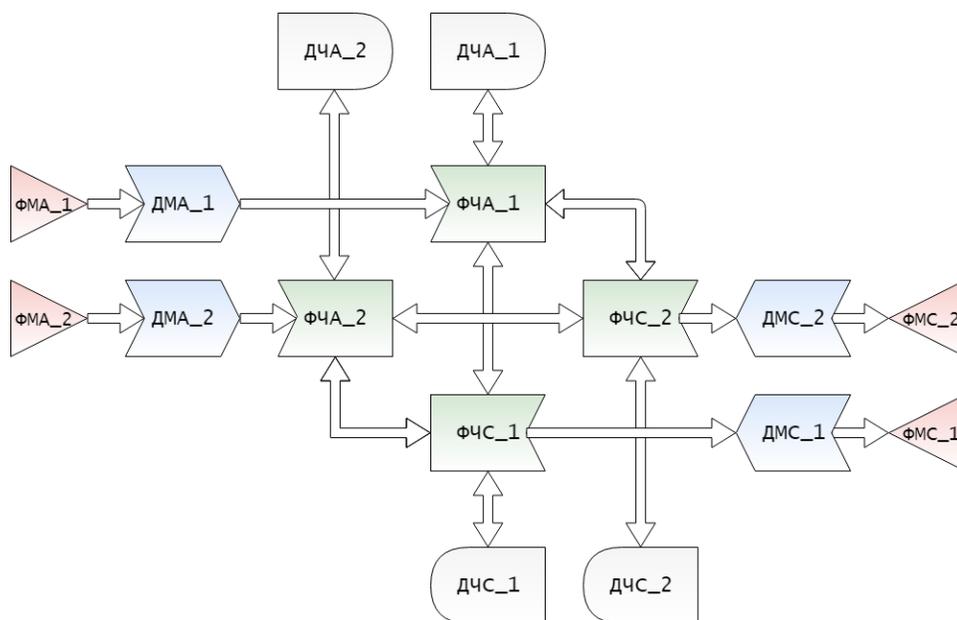


Рис. 2. Визуализация схемы информационных взаимодействий в классической децентрализованной системе

Рассмотрим положительные и отрицательные стороны схемы, влияющие на итоговую эффективность. Важной особенностью топологии схемы является то, что как в рамках работы каждой из служб, так и при их взаимодействии используются специализированные протоколы (сетевые, вербальные и др.).

С одной стороны, каждая из служб аналитики «обслуживает» собственный пул атак на информационные системы (поступающих через обособленные датчики и сигнатуры), а каждая из служб реагирования нейтрализует только эти атаки (осуществляя защиту с помощью инструкций на обособленные устройства противодействия). Поэтому специалисты работают только с необходимым количеством информации, что снижает человеческий фактор и увеличивает тем самым итоговую эффективность (низкое значение критерия К_1).

С другой стороны, необходимость каждой из служб аналитики предоставлять данные всем службам реагирования (в случае комплексных атак), оперируя собственными информационными объектами, существенно увеличивает риск «быть не понятыми» другими специалистами и тратит время на разъяснение ситуации. Это негативно сказывается на итоговой эффективности (высокое значение критерия K_2).

Классическая централизованная система

Отличие централизованной системы от децентрализованной заключается в том, что службы аналитики и реагирования представляют собой единый «симбиоз». И хотя каждая из служб все также продолжает работать с собственным набором устройств, сигнатур, инструкций и моделей, тем не менее, их внутреннее взаимодействие максимально универсализировано. Так, например, служба сетевой безопасности и служба СКУД могут быть отделами одного управления, имеющего единый центр принятия стратегических решений. Визуализация схемы классической централизованной системы представлена на рис. 3.

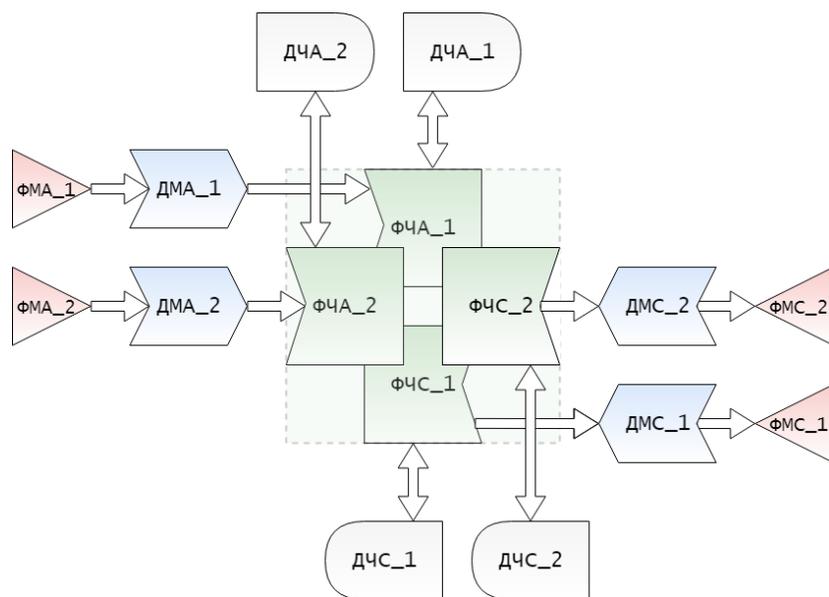


Рис. 3. Визуализация схемы информационных взаимодействий в классической централизованной системе

Очевидно, что с одной стороны централизация служб аналитики и реагирования упрощает их взаимопонимание, что положительно влияет на итоговую эффективность (пониженное значение критерия K_2).

С другой стороны, организация такой совместной работы служб требует дополнительных затрат на их взаимосогласование – как минимум наличие единого центра управления. При этом в остальных частях системы службы все также продолжают использовать собственные информационные объекты (повышенное значение критериев K_2 и K_3).

Гипотетическая система на базе универсального протокола

Особенность разрабатываемой авторами схемы гипотетической системы заключается в том, что все устройства и службы (включая используемые ими информационные объекты) построены на базе единого протокола. Как следствие, в системе достаточно наличия единой службы аналитики ФЧА с собственной моделью атак ДЧА, а также единой службы реагирования ФЧС с собственной моделью защиты ДЧС. Также, все данные с детекторов воздействия (ФМА_1 и ФМА_2) передаются на единое распознавание сигнатур атак (ДМА), а все действия по нейтрализации атак от службы реагирования распределяются между устройствами противодействия (ФМС_1 и ФМС_2) через единое множество инструкций по защите (ДМС). То есть как для информирования о DoS атаках и инцидентах прохода через турникеты, так и для инициирования инструкций противодействия им используется единый набор информационных объектов. Более детально такая схема будет рассмотрена и обоснована авторами в последующих публикациях.

Визуализация схемы гипотетической системы на базе универсального протокола представлена на рис 4.

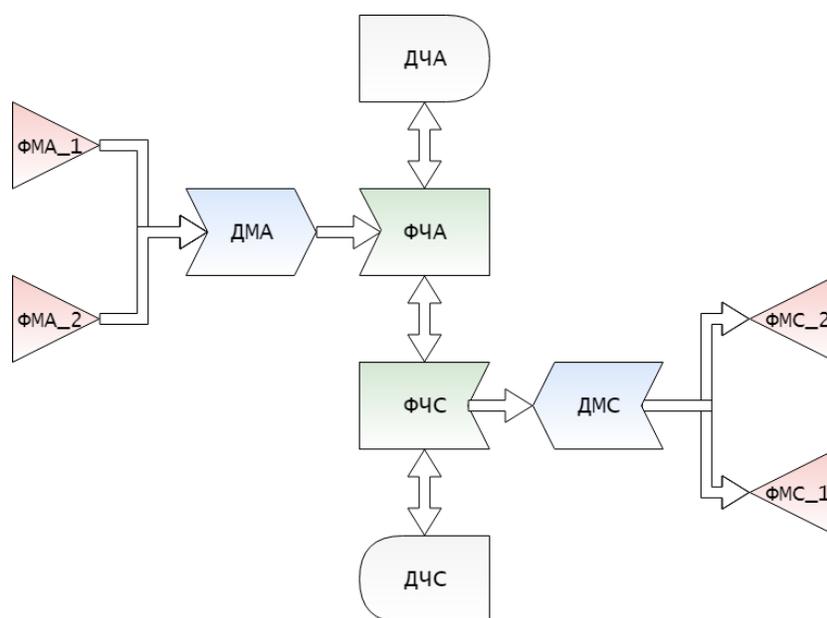


Рис. 4. Визуализация схемы информационных взаимодействий в гипотетической системе на базе универсального протокола

Рассмотрим положительные и отрицательные стороны схемы, влияющие на итоговую эффективность. Важной особенностью топологии является ее визуально наглядная компактность.

С одной стороны, унификация взаимодействий в системе позволяет использовать минимально необходимый набор элементарных информационных объектов [19] при обмене между модулями, упрощая тем самым разработку, интеграцию и эксплуатацию новых подсистем (низкое значение критериев K_1 и K_2).

С другой стороны, повышается сложность работы некоторых модулей (в особенности ФЧА и ФЧС), поскольку им необходимо обрабатывать достаточно большой поток разнородной информации – что приведет к росту рабочего времени и количеству ошибок, что негативно скажется на итоговой эффективности (высокое значение критерия K_3).

Необходимо отметить, что как для системы на базе единого протокола, так и для классических систем с множеством протоколов (между каждой из служб) актуальным остается вопрос безопасности передаваемых по ним данных [20]. Построенный же единый механизм защиты для протокола будет более целостным и очевидно обеспечит большую безопасность (пониженное значение критерия К_4), чем разработка таких механизмов для каждого отдельного случая взаимодействия всех модулей (повышенное значение критерия К_4).

Итоговое сравнение эффективностей взаимодействий для всех типов систем представлено в таблице; в качестве значений критериев эффективности используется следующая балльная шкала: высокое (+2), повышенное (+1), среднее (0), пониженное (-1), низкое (-2).

Таблица. Значения критериев эффективности информационно-технического взаимодействия для трех типов систем

Критерий	Тип системы		
	классическая децентрализованная	классическая централизованная	гипотетическая на базе единого протокола
К_1. Разнообразие информации, передаваемой между модулями	-2	-1	-2
К_2. Адаптированность информации для модулей	+2	+1	-2
К_3. Информационная нагрузка на модули	0	+1	+2
К_4. Безопасность передаваемых между модулями данных	+1	+1	-1
Сумма баллов	+1	+2	-3

Хотя суммирование балльных значений критериев, приведенное в таблице, не является корректным (поскольку не оценены даже взаимные веса критериев в итоговой эффективности), тем не менее первоначальное «прикидочное» сравнение рассматриваемых типов систем позволяет предсказать преимущество гипотетической на базе единого протокола перед классическими (при этом даже без учета несколько специфичного критерия К_4).

Универсальность предложенного способа визуализации информационно-технических взаимодействий подходит для представления как уже действующих, так и еще только создаваемых систем обеспечения ИБ в понятном специалисту виде.

Применение способа для различных систем показало, что, с одной стороны, все их схемы имеют близкую друг к другу топологию, а, с другой стороны, в каждой схеме отражены особенности конкретного типа системы. Таким образом, с точки зрения визуального моделирования создаваемые схемы обладают в некотором смысле необходимым и достаточным уровнем детализации, соответствующим их реальным прототипам.

Анализ схем взаимодействий позволил произвести качественную базовую оценку и сравнение систем на предмет эффективности взаимодействий в них по предложенным критериям. Перевод построенных таким образом моделей в формализованный вид даст возможность более точно и количественно рассчитывать эффективность взаимодействий в системах обеспечения ИБ, а также осуществлять имитационное моделирование различных сценариев их работы.

Литература

1. Буйневич М.В., Васильева И.Н., Воробьев Т.М., Гниденко И.Г., Егорова И.В., Еникеева Л.А., Зельман С.Г., Израйлов К.Е., Ишанханов С.Р., Куватов В.И. и др., Защита информации в компьютерных системах: монография. СПб.: СПГЭУ, 2017. 163 с.
2. Буйневич М.В., Владыко А.Г., Доценко С.М., Симонина О.А. Организационно-техническое обеспечение устойчивости функционирования и безопасности сетей связи общего пользования. СПб.: СПбГУТ, 2013. 144 с.
3. Милославская Н., Толстой А., Бирюков А. Визуализация информации при управлении информационной безопасностью информационной инфраструктуры организации // Научная визуализация. 2014. Т. 6. № 2. С. 74–91.
4. Зайцев А.С., Малюк А.А. Визуализация поведения внутреннего нарушителя информационной безопасности: кража интеллектуальной собственности // Научная визуализация. 2015. Т. 7. № 3. С. 53–68.
5. Бухарин В.В., Карайчев С.Ю. Визуализация угроз в системах информационной безопасности телекоммуникационных сетей связи // Современные инновации в науке и технике: сб. науч. трудов VII Всерос. науч.-техн. конф. с междунар. участием. Курск, 2017. С. 51–54.
6. Котенко И.В., Новикова Е.С. Методики визуального анализа в системах управления информационной безопасностью компьютерных сетей // Вопросы защиты информации. 2013. № 3 (102). С. 33–42.
7. Новикова Е.С., Котенко И.В. Анализ механизмов визуализации для обеспечения защиты информации в компьютерных сетях // Труды СПИИРАН. 2012. № 4 (23). С. 7–29.
8. Жолобова О.И., Жолобов Д.А. Графическая визуализация рисков средствами геоинформационных систем // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2007. № 1. С. 109–115.
9. Богдан С., Жугин Е. Визуализация возможных рисков на объектах ОПО // ТехНадзор. 2015. № 11 (108). С. 569–570.
10. Васильева А.Ю., Израйлов К.Е. Язык описания модели безопасности телекоммуникационной сети // Новые информационные технологии и системы (НИТИС-2012): сб. трудов X Междунар. науч.-техн. конф. Пенза, 2012. С. 272–275.
11. Гойхман В.Ю., Есалов К.Э., Яковлев В.В., Ермаков А.В. Моделирование сетей связи. Визуализация графов // Информация и космос. 2016. № 4. С. 71–74.
12. Буйневич М.В., Израйлов К.Е. Исследование и моделирование угроз безопасности цифровой телекоммуникационной сети: отчет о НИР шифр «Цифровая угроза-2012». СПб.: СПбГУТ, 2012. рег. № 047-12-054. 219 с.
13. Покусов В.В. Синергетические эффекты взаимодействия модулей системы обеспечения информационной безопасности // Информатизация и связь. 2018. № 3. С. 61–67.
14. Буйневич М.В., Покусов В.В., Ярошенко А.Ю., Хорошенко С.В. Категориальный подход в приложении к синтезу архитектуры интегрированной системы обеспечения безопасности информации // Проблемы управления рисками в техносфере. 2017. № 4 (44). С. 95–102.
15. Баран В.И., Баран Е.П. Прогнозирование надежности элементов информационных систем с помощью инструментальных средств AnyLogic 7 // Вестник Российского университета кооперации. 2016. № 1 (23). С. 8–10.
16. Сидорова Н.С., Соколова И.Г., Кудрявцева И.В. Централизованная и децентрализованная формы управления // Аллея науки. 2017. № 7. С. 555–564.
17. Израйлов К.Е., Покусов В.В. Актуальные вопросы взаимодействия элементов комплексных систем защиты информации // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО 2017): сб. науч. статей VI Междунар. науч.-техн. и науч.-метод. конф. 2017. С. 255–260.

18. Антамошкин О.А., Кукарцев В.В. Модели и методы формирования надежных структур информационных систем обработки информации // Информационные технологии и математическое моделирование в экономике, технике, экологии, образовании, педагогике и торговле. 2014. № 7. С. 51–94.

19. Израйлов К.Е., Покусов В.В., Столярова Е.С. Информационные объекты в системе обеспечения информационной безопасности // Теоретические и прикладные вопросы комплексной безопасности: материалы I Междунар. науч.-практ. конф. 2018. С. 166–169.

20. Неволин А.О. Современные информационные системы, использующие открытые протоколы: проблемы безопасности и способы их решения // Известия Института инженерной физики. 2011. Т. 3. № 21. С. 52–57.

References

1. Bujnevich M.V., Vasil'eva I.N., Vorob'ev T.M., Gnidenko I.G., Egorova I.V., Enikeeva L.A., Zel'man S.G., Izrailov K.E., Ishanhanov S.R., Kuvatov V.I. i dr., Zashchita informacii v komp'yuternyh sistemah: monografiya. SPb.: SPGEHU, 2017. 163 s.

2. Bujnevich M.V., Vladyko A.G., Docenko S.M., Simonina O.A. Organizacionno-tekhnicheskoe obespechenie ustojchivosti funkcionirovaniya i bezopasnosti setej svyazi obshchego pol'zovaniya. SPb.: SPbGUT, 2013. 144 s.

3. Miloslavskaya N., Tolstoj A., Biryukov A. Vizualizaciya informacii pri upravlenii informacionnoj bezopasnost'yu informacionnoj infrastruktury organizacii // Nauchnaya vizualizaciya. 2014. Т. 6. № 2. S. 74–91.

4. Zajcev A.S., Malyuk A.A. Vizualizaciya povedeniya vnutrennego narushitelya informacionnoj bezopasnosti: krazha intellektual'noj sobstvennosti // Nauchnaya vizualizaciya. 2015. Т. 7. № 3. S. 53–68.

5. Buharin V.V., Karajchev S.Yu. Vizualizaciya ugroz v sistemah informacionnoj bezopasnosti telekommunikacionnyh setej svyazi // Sovremennye innovacii v nauke i tekhnike: sb. nauch.trudov VII Vseros. nauch.-tekhn. konf. s mezhdunar. uchastiem. Kursk, 2017. S. 51–54.

6. Kotenko I.V., Novikova E.S. Metodiki vizual'nogo analiza v sistemah upravleniya informacionnoj bezopasnost'yu komp'yuternyh setej // Voprosy zashchity informacii. 2013. № 3 (102). S. 33–42.

7. Novikova E.S., Kotenko I.V. Analiz mekhanizmov vizualizacii dlya obespecheniya zashchity informacii v komp'yuternyh setyah // Trudy SPIIRAN. 2012. № 4 (23). S. 7–29.

8. ZHolobova O.I., Zholobov D.A. Graficheskaya vizualizaciya riskov sredstvami geoinformacionnyh sistem // Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2007. № 1. S. 109–115.

9. Bogdan S., Zhugin E. Vizualizaciya vozmozhnyh riskov na ob'ektah OPO // TekhNadzor. 2015. № 11 (108). S. 569–570.

10. Vasil'eva A.Yu., Izrailov K.E. Yazyk opisaniya modeli bezopasnosti telekommunikacionnoj seti // Novye informacionnye tekhnologii i sistemy (NITIS-2012): sb. trudov X Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Penza, 2012. S. 272–275.

11. Gojshman V.Yu., Esalov K.Eh., YAkovlev V.V., Ermakov A.V. Modelirovanie setej svyazi. Vizualizaciya grafov // Informaciya i kosmos. 2016. № 4. S. 71–74.

12. Bujnevich M.V., Izrailov K.E. Issledovanie i modelirovanie ugroz bezopasnosti cifrovoj telekommunikacionnoj seti: otchet o NIR shifr «Cifrovaya ugroza-2012». SPb.: SPbGUT, 2012. reg. № 047-12-054. 219 s.

13. Pokusov V.V. Sinergeticheskie ehffekty vzaimodejstviya modulej sistemy obespecheniya informacionnoj bezopasnosti // Informatizaciya i svyaz'. 2018. № 3. S. 61–67.

14. Bujnevich M.V., Pokusov V.V., Yaroshenko A.Yu., Horoshenko S.V. Kategorial'nyj podhod v prilozhenii k sintezu arhitektury integrirovannoj sistemy obespecheniya bezopasnosti informacii // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2017. № 4 (44). S. 95–102.

15. Baran V.I., Baran E.P. Prognozirovaniye nadezhnosti ehlementov informacionnyh sistem s pomoshch'yu instrumental'nyh sredstv AnyLogic 7 // Vestnik Rossijskogo universiteta kooperacii. 2016. № 1 (23). S. 8–10.

16. Sidorova N.S., Sokolova I.G., Kudryavceva I.V. Centralizovannaya i decentralizovannaya formy upravleniya // Alleya nauki. 2017. № 7. S. 555–564.

17. Izrailov K.E., Pokusov V.V. Aktual'nye voprosy vzaimodejstviya ehlementov kompleksnyh sistem zashchity informacii // Aktual'nye problemy infotelekkommunikacij v nauke i obrazovanii (APINO 2017): sb. nauch. statej VI Mezhdunar. nauch.-tekhn. i nauch.-metod. konf. 2017. S. 255–260.

18. Antamoshkin O.A., Kukarcev V.V. Modeli i metody formirovaniya nadezhnyh struktur informacionnyh sistem obrabotki informacii // Informacionnye tekhnologii i matematicheskoe modelirovanie v ehkonomike, tekhnike, ehkologii, obrazovanii, pedagogike i torgovle. 2014. № 7. S. 51–94.

19. Izrailov K.E., Pokusov V.V., Stolyarova E.S. Informacionnye ob"ekty v sisteme obespecheniya informacionnoj bezopasnosti // Teoreticheskie i prikladnye voprosy kompleksnoj bezopasnosti: materialy I Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. 2018. S. 166–169.

20. Nevolin A.O. Sovremennye informacionnye sistemy, ispol'zuyushchie otkrytye protokoly: problemy bezopasnosti i sposoby ih resheniya // Izvestiya Instituta inzhenernoj fiziki. 2011. T. 3. № 21. S. 52–57.

ПОДХОД К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ДОСТУПНОСТИ В БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЯХ УПРАВЛЕНИЯ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

В.А. Десницкий, кандидат технических наук;

И.В. Котенко, доктор технических наук, профессор;

Н.Н. Рудавин.

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

Предложен подход к обеспечению доступности узлов беспроводных самоорганизующихся сетей антикризисного управления. Подход включает средства автоматического сканирования узлов сети и формирования ее графовой модели, алгоритмы анализа динамически изменяемой графовой модели сети, а также средства принятия решений по автоматизированному пространственному перемещению дронов, снабженных дополнительными узлами-роутерами в места фактических и потенциальных нарушений доступности сети для устранения этих нарушений. Разработан программный прототип компонентов обеспечения доступности, проведен анализ построенных решений, в том числе на предмет их подверженности атакам истощения энергоресурсов.

Ключевые слова: беспроводная самоорганизующаяся сеть, доступность сети, антикризисное управление, дроны, атаки истощения энергоресурсов

AN APPROACH TO ENSURING AVAILABILITY IN WIRELESS NETWORKS FOR CRISIS MANAGEMENT

V.A. Desnitskiy; I.V. Kotenko; N.N. Rudavin.

Saint-Petersburg institute for informatics and automation of Russian academy of sciences

An approach to ensuring availability of wireless mesh networks for crisis management is proposed. The approach comprises, first, means for automatic scanning of the network nodes and formation of its graph model, second, algorithms for analyzing the dynamically changing graph network and, third, decision-making tool for automated spatial movement of drones equipped with additional router nodes to places of real and potential network availability violations to eliminate these violations. A hardware-software prototype of the availability ensuring components has been developed. The constructed solutions, including their subjection to energy resource exhaustion attacks have been analyzed.

Keywords: wireless mesh network, network availability, crisis management, drones, energy resource exhaustion attacks

В настоящее время все большее развитие получают беспроводные сенсорные сети антикризисного управления, используемые для организации работы и согласованного взаимодействия различных служб реагирования, таких как службы противопожарной защиты, службы радиационной защиты, медицинские службы и др.

При этом на узлы-маршрутизаторы накладывается также функция маршрутизации проходящих через данный узел пакетов, предполагающая бесперебойность работы этих узлов на время выполнения поставленных задач [1].

При возникновении чрезвычайной ситуации (ЧС) требуется быстрое разворачивание на местности коммуникационной инфраструктуры для обеспечения потребностей в надежной и защищенной передаче данных между узлами сети и оперативным штабом. Вследствие спонтанного характера выполняемой миссии на данную сеть накладывается требование самоорганизации сети, обуславливаемое возможными слабо предсказуемыми перемещениями в пространстве узлов сети, невозможностью предварительного планирования маршрутов передачи данных и меняющимся уровнем сигнала узлов сети. При этом передача данных базируется, в частности, на использовании принципов ячеистой топологии с динамическим выстраиванием маршрутов [1, 2], что, в свою очередь, может негативно сказываться на вопросах защищенности и, в частности, доступности конкретных узлов в результате очередного ситуативного перестроения сетевой топологии. Нарушение доступности может проявляться как в виде отсутствия сетевой связности как таковой, так и сниженной пропускной способностью коммуникационного канала, недостаточной для выполнения задач.

Нарушение доступности в беспроводных сетях антикризисного управления может приводить к критически важным и даже катастрофическим последствиям. Цель настоящей работы состоит в построении модельно-методического аппарата и прототипов программно-технических решений для обеспечения доступности узлов беспроводной коммуникационной самоорганизующейся сети антикризисного управления в ЧС.

Основной вклад работы включает предложенный подход к обеспечению доступности узлов беспроводной коммуникационной сети в ЧС и прототип программного обеспечения, способный выявлять места нарушения доступности, а также потенциальных участков нарушения – так называемых «узких мест» самоорганизующейся сети. При возникновении таких ситуаций обеспечение доступности сети осуществляется путем автоматизированного пространственного перемещения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для доставки дополнительных узлов в области фактических и потенциальных нарушений связности сети.

В процессе моделирования разработан фрагмент прототипа системы обеспечения доступности узлов беспроводной коммуникационной самоорганизующейся сети антикризисного управления в ЧС с использованием микроконтроллеров платформы Arduino, беспроводных интерфейсов Digi XBee s2, GPS-сенсоров, Parrot AR.Drone 2.0 и других элементов.

Используются следующие элементы:

1) средства автоматического сканирования узлов сети и формирования графовой модели сети;

2) алгоритмическое обеспечение по анализу динамически изменяемой графовой модели беспроводной коммуникационной сети и поступающих от ее узлов данных для решения задачи мониторинга связности сети, выявления нарушений доступности ее узлов сети и выявления потенциальных нарушений доступности;

3) средства принятия решений по автоматизированному пространственному перемещению БПЛА (дронов), снабженных дополнительными узлами-роутерами в места фактических и потенциальных нарушений доступности сети для устранения этих нарушений. При этом возможно как зависание дрона на непродолжительное время в области потери сигнала, так и выгрузка беспроводного модуля в заданной точке для восстановления нарушений в структуре сети, повышения пропускной способности беспроводного канала между конкретными узлами и снижения вероятности нарушений их связности в дальнейшей работе.

На рис. 1 показан сценарий работы сети в случае критической ситуации. В правом нижнем углу показано уничтожение одного из узлов (серый круг), которое влечет за собой потерю другого конечного устройства (красный круг). Слева одно из конечных устройств, закрепленное на подвижном носителе (оранжевый круг) рискует покинуть зону действия сети – потенциальное нарушение доступности. Для решения обеих проблем направлены два БПЛА, выполняющие задачу маршрутизации (синие круги).

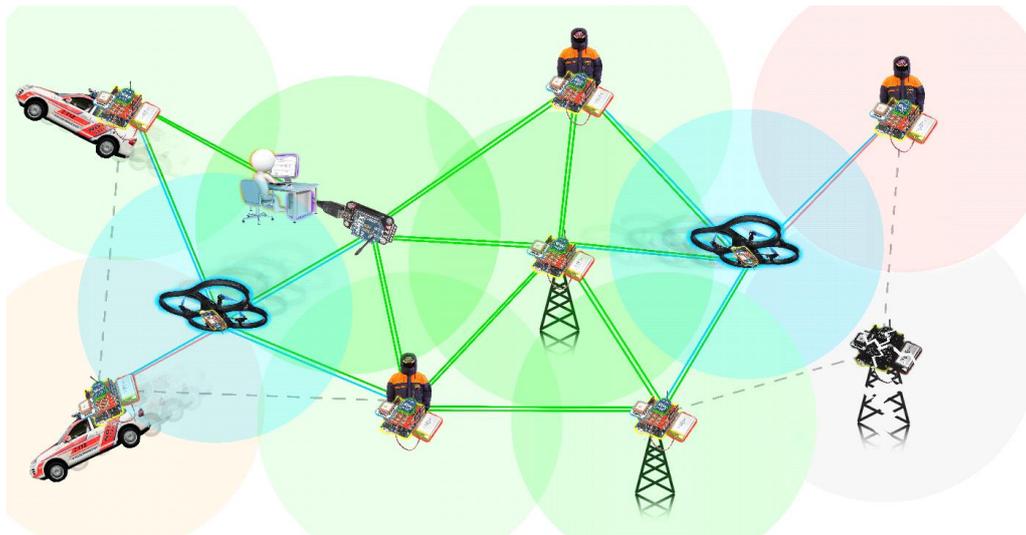


Рис. 1. Сценарий работы сети в случае критической ситуации

Для сбора данных об изменяющейся во времени структуре беспроводной коммуникационной сети антикризисного управления и данных от ее сенсоров построена графовая модель сети. Сканирование сети позволяет получить данные обо всех доступных узлах, их адресах, связях между узлами, мощности передатчиков узлов, качестве сигнала и GPS-данных узла [3]. Модель сети представляет неориентированный граф, вершинами которого являются узлы сети, а ребрами – двунаправленные коммуникационные соединения.

Процедура сканирования беспроводной X-Bee-сети производится с использованием API-пакетов и AT-команд [4]. В рамках работы была смоделирована сеть на базе модулей X-Bee S2, состоящая из координатора и нескольких роутеров.

Построено программное обеспечение, задача которого – оценка состояния сети, определение нарушения доступности, в том числе возможного, а также принятие решения по устранению проблемы [5]. На рис. 2 приведен фрагмент программного интерфейса компонента с функциями управления беспроводной сетью и обеспечения доступности ее узлов.

NR	Name	Address 64-bit	16-bit	Power lvl	Time
1.1	COORDINATOR	0013A2004154B481	0000	04: Highest	18:46:25
1.2	R1	0013A200410408F9	A05A	00: Lowest	18:46:25
1.3	R2 RHEOSTAT	0013A200415B69C7	5C5A	02: Medium	18:46:25
1.4	R3	0013A200414F926F	68FE	04: Highest	18:46:25

X=>	LQI	=> X	Address	Lat.	Lon.	Alt.	Crs	Spd
0013A2004154B481	100.0	0013A200415B69C7	0013A2004154B481	59.842656	30.278199	0.0	0.0	0.0
0013A2004154B481	100.0	0013A200414F926F	0013A200414F926F	33.333333	22.222222	18.11	180.0	4.0
0013A2004154B481	100.0	0013A200410408F9	0013A200415B69C7	33.333333	22.222222	18.11	180.0	4.0
0013A200410408F9	100.0	0013A2004154B481	0013A200410408F9	59.939645	30.268813	5.6	113.28	0.04

Рис. 2. Графический интерфейс программы управления

Путем задания порта координирующего модуля запускается анализ сети, при этом выводятся ключевые параметры узлов, в том числе имя устройства; уникальный 64-битный адрес; 16-битный адрес, используемый в маршрутизации; значение мощности приемо-передающей антенны модуля (от 0 до 4); время обнаружения/повторной проверки устройства. Также отображены топографические характеристики, получаемые от модуля GPS каждого узла в формате NMEA 0183: широта и долгота, высота в метрах, курс (устанавливается при движении узла), скорость.

Процедура оценки доступности узлов сети представляет алгоритм обхода графа сети и вычисление показателей доступности для определения пропавших узлов и нарушенных/ненадежных соединений с учетом значений качества сигнала LQI [6]. Решение о недостаточной доступности узлов сети принимается на основе анализа графа состояний и переходов между ними. При этом состояние представляет собой некоторое сетевое соединение между двумя узлами сети.

При анализе доступности очередного узла, если все маршруты от координатора до него проходят как минимум через одно критическое соединение, то компонент принятия решений выдает данные о необходимости повышения доступности данного узла. Причем в качестве основного выбирается тот маршрут, который оптимизирует значение некоторого показателя – например, выбирается кратчайший маршрут по числу хопов, маршрут с минимальной суммой отрезков физических расстояний по всем его соединениям, маршрут с максимальным значением минимального LQI всех его соединений и др. [7]. В результате после выбора маршрута вычисляются GPS-координаты точки, в которую должен быть направлен дрон, как срединное значение между координатами данного узла и ближайшего к нему узла выбранного маршрута.

Проведен анализ возможных угроз информационной безопасности по отношению к элементам беспроводной сети и дрону. В частности, проанализированы возможные виды атак истощения энергоресурсов на различные элементы сети, а также средства и стартовые возможности нарушителя с использованием частных моделей нарушителя, специфицирующих его по уровню возможностей, типу взаимодействия с атакуемым модулем и другим характеристикам [7].

Таким образом, в работе предложен подход, направленный на решение проблемы потери доступности узлов беспроводной коммуникационной сети, оперативно развертываемой на месте ЧС. Разработан программный прототип, включающий конкретные компоненты сети антикризисного управления. В качестве направлений будущих исследований предполагаются, в частности, моделирование частных видов атак и выработка средств защиты от угроз, актуальных для данного класса сетей.

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

Литература

1. Portmann M., Pirzada A.A. Wireless mesh networks for public safety and crisis management applications // IEEE Engineering Management Review. 2011. Vol. 39. № 4. P. 114–122.
2. Dalmaso I., Galletti I., Giuliano R., Mazzeng, F. WiMAX networks for emergency management based on UAVs // 2012 IEEE First AESS European: conference on Satellite Telecommunications (ESTEL). Rome, 2012. P. 1–6.
3. Padalkar S., Korlekar A., Pacharaney U. Data gathering in wireless sensor network for energy efficiency with and without compressive sensing at sensor node // 2016 International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP). Melmaruvathur, 2016. P. 1 356–1 359.
4. XBee Java Library. URL: <https://www.digi.com/resources/documentation/digidocs/90001438> (дата обращения: 06.07.2018).

5. Десницкий В.А., Котенко И.В. Проектирование защищенных встроенных устройств на основе конфигурирования // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. 2013. № 1. С. 44–54.

6. Dong C., Ding J., Lin J. Segmented polynomial RSSI-LQI ranging modelling for ZigBee-based positioning systems, 2016 35th Chinese Control: conference (CCC). Chengdu, 2016. P. 8 387–8 390.

7. Desnitsky V., Kotenko I. Expert knowledge based design and verification of secure systems with embedded devices // Lecture Notes in Computer Science. 2014. Т. 8 708. P. 194–210.

References

1. Portmann M., Pirzada A.A. Wireless mesh networks for public safety and crisis management applications // IEEE Engineering Management Review. 2011. Vol. 39. № 4. P. 114–122.

2. Dalmaso I., Galletti I., Giuliano R., Mazzeng, F. WiMAX networks for emergency management based on UAVs // 2012 IEEE First AESS European: conference on Satellite Telecommunications (ESTEL). Rome, 2012. P. 1–6.

3. Padalkar S., Korlekar A., Pacharaney U. Data gathering in wireless sensor network for energy efficiency with and without compressive sensing at sensor node // 2016 International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP). Melmaruvathur, 2016. P. 1 356–1 359.

4. XBee Java Library. URL: <https://www.digi.com/resources/documentation/digidocs/90001438> (data obrashcheniya: 06.07.2018).

5. Desnickij V.A., Kotenko I.V. Proektirovanie zashchishchennyh vstroennyh ustrojstv na osnove konfigurirovaniya // Problemy informacionnoj bezopasnosti. Komp'yuternye sistemy. 2013. № 1. S. 44–54.

6. Dong C., Ding J., Lin J. Segmented polynomial RSSI-LQI ranging modelling for ZigBee-based positioning systems, 2016 35th Chinese Control: conference (CCC). Chengdu, 2016. P. 8 387–8 390.

7. Desnitsky V., Kotenko I. Expert knowledge based design and verification of secure systems with embedded devices // Lecture Notes in Computer Science. 2014. Т. 8 708. P. 194–210.

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

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ

О.М. Латышев, кандидат педагогических наук, профессор;

О.М. Троянов, кандидат военных наук, доцент;

Ю.В. Рева, кандидат военных наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрена методика и основные направления оптимизации процесса обучения. Показан процесс обучения как диалектическое единство деятельности педагогов и обучающихся.

Ключевые слова: педагогические технологии, процесс обучения, формы обучения, инновационные подходы, этапы оптимизации

THE MAIN DIRECTIONS OF OPTIMIZATION OF EDUCATIONAL PROCESS IN HIGH SCHOOL

O.M. Latychev; O.M. Trojanov; Yu.V. Reva.

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

Considered method of organizing and conducting classes using interactive forms on the example of the Department of Security Service. Interactive methods based on the interaction of principles of activity of students, relying on group experience, the mandatory feedback enhances the quality of the educational process.

Keywords: pedagogical technologies, learning process, forms of training, innovative approaches, stages of optimization

Термин «оптимальная деятельность» (от лат. *optimus* – наилучший) означает наиболее соответствующий определенным условиям и задачам вариант деятельности. В условиях высшей школы сущность оптимизации обучения состоит в том, что из ряда возможных вариантов организации образовательного процесса осознанно выбирается такой вариант, который в данных условиях обеспечит максимально возможную эффективность решения задач образования при рациональных затратах времени и усилий преподавателя и обучающихся.

В педагогической литературе встречаются разнообразные трактовки сущности оптимизации педагогических систем и процессов. При этом идеи оптимизации процесса обучения часто рассматриваются во взаимосвязи с научной организацией педагогического труда. Однако понятия «педагогический труд» и «процесс обучения» не идентичны.

Процесс обучения отражает диалектическое единство деятельности педагогов и обучающихся. Поэтому параметры, подлежащие оптимизации, являются двухсторонними, требуют диалектического рассмотрения труда педагога в единстве с трудом обучающихся. Следовательно, оптимизация процесса обучения и научная организация труда хотя и тесно взаимосвязаны, но имеют различное предназначение. При этом научная организация труда

преподавателя направляется не просто на повышение его эффективности, а на такое повышение эффективности, при котором обеспечивается достижение поставленной цели при наименьших затратах его сил и энергии.

В педагогической литературе рассматривается ряд методов оптимизации образовательного процесса. Так И.Т. Огородников предложил методику выявления оптимальных сочетаний различных методов обучения, на основе чего педагоги-новаторы оптимизируют сочетание методов устного изложения и объяснения учебного материала преподавателем и методов самостоятельной работы обучающихся.

По мнению И.И. Дьяченко, оптимизация означает управление познавательным процессом обучающегося, закономерности которого наукой полностью не выявлены, но эффективное и оптимальное управление которым является насущной потребностью. Методами оптимизации И.И. Дьяченко называет методы, позволяющие осуществить выбор наиболее эффективной и оптимальной структуры управляемого процесса. Основным средством реализации эффективного управления системой обучения она считает программирование учебного материала.

Ильина Г.А. под оптимизацией понимает степень соответствия организационной стороны системы обучения тем целям, для достижения которых она создана. Она подчеркивает, что оптимальность, достигнутая для одних условий, может не иметь места для других.

Из анализа работ ведущих педагогов следует общее определение оптимизации процесса обучения как такого процесса управления, который организуется на основе всестороннего учета закономерностей, принципов, современных форм и методов обучения, а также особенностей данной системы, ее внутренних и внешних условий с целью достижения наиболее эффективного по заданным критериям процесса ее функционирования. Это определение представляется наиболее емким. В дальнейшем и будем на него опираться.

Оптимизация педагогической деятельности или отдельного её фрагмента призвана помочь преподавателю обосновывать педагогические решения. При этом педагогические задачи обоснования оптимального решения подразделяются на три типа:

- первый тип – выбор наилучшего варианта, обеспечивающего достижение заданного результата при минимальном расходе ресурсов;
- второй тип – выбор наилучшего варианта использования зафиксированных ресурсов для получения максимального результата;
- третий тип – поиск наилучшего варианта без зафиксированных в строгой форме результатов и ресурсов.

Опыт показывает, что в педагогической практике чаще всего задачи оптимизации сводят к первому или второму типу, хотя наиболее сложным является третий тип задач.

Задачи оптимизации решаются, как правило, в следующих ситуациях:

- во-первых, при явно неудовлетворительном результате действующего процесса обучения;
- во-вторых, при изменении компонентов педагогической системы, вызванном внешними условиями (переработка программы вследствие изменений в теории или практике предмета, условий обучения и т.д.);
- в-третьих, при разработке новой (существенно обновляемой) системы обучения.

Оптимизация в первой и второй ситуациях характеризуется анализом действующего процесса, оценкой его показателей и принятием решений на основе имеющегося опыта. В третьей ситуации стоит задача синтеза, при решении которой можно лишь отталкиваться от имеющегося (в вузе, стране, за рубежом) опыта. Поэтому данная ситуация является наиболее сложной, но в условиях реформы военного образования она возникает чаще, чем в прежние годы.

К оптимизации процесса обучения необходимо подходить только при выполнении следующих трех принципов:

1. Системность, предполагающая всестороннее взаимосвязанное развитие всех частей, компонентов учебного процесса.
2. Конкретность, предусматривающая максимальность в достижении поставленных целей не вообще, а для реальных условий.
3. Мера, не допускающая гипертрофированного развития одного компонента за счет других.

Из вышеизложенного следует, что оптимизация возможна лишь по отношению к конкретной задаче управления по конкретно выбранному показателю или их совокупности. Для этого необходимо четко определять, что должно оптимизироваться, какой параметр или набор параметров системы должен достичь оптимального значения. Следовательно, необходимо выработать (определить) показатели и критерии оптимизации, параметры (характеристики) системы обучения, подлежащие оптимизации.

Что такое показатель и что такое критерий? Это достаточно убедительно показано на следующем примере: показатель состояния больного – его температура, а критерий нормальной температуры – температура 36,6 °С. То есть критерий – это мера суждения, правило оценки. Критерии оптимизации чаще всего определяются или нормативными документами, или практикой.

В педагогической литературе термин «критерий» иногда применяется в значении «показатель». Так, например, понятие «степень достижения цели» часто применяют как показатель оптимальности. Выбор или формирование показателя оптимальности – это главный вопрос, который необходимо решить в целях улучшения функционирования образовательного процесса. Поэтому его (показатель) надо избирать с учетом всестороннего изучения педагогической системы и по возможности приближать к главным целям ее функционирования.

В педагогической литературе встречаются различные точки зрения на показатели оптимизации процесса обучения. Одни авторы важнейшими показателями считают время обучения и его рациональное распределение; другие – объем, системность, прочность и действенность знаний; третьи берут отношение числа правильно решенных обучаемыми задач к числу предложенных и называют это степенью усвоения материала (причем за критерий удовлетворительной работы принимают 70 % правильно решенных задач).

В тоже время из-за сложности численной и объективной оценки задачу оптимизации обучения по нескольким показателям многие считают нереальной. Однако именно этот подход в современных условиях наиболее востребован. Так, например, в средней школе показателями оптимизации принято считать эффективность и качество решения учебно-воспитательных задач, а также расходы времени и усилия педагогов и учащихся, затрачиваемые на их решение.

Показатель эффективности процесса обучения раскрывается через критерий воспитанности учеников и результативности их обучения.

Показатель качества обучения – через критерий соответствия результатов обучения требованиям целей и задач образования, а также через критерий соответствия результативности обучения максимальным возможностям обучающихся в определенный период их развития.

Показатель оптимальности расходов времени и усилий педагогов и обучающихся находит своё выражение в критерии соответствия расходов времени и усилий их гигиеническим нормативам.

Для высшей школы критерием оптимальности результатов обучения в заданных условиях можно считать достижение каждым обучаемым реально возможного для него в данный период уровня успеваемости и развития. При этом уровень успеваемости, в соответствии с принятыми нормами оценок, не должен быть ниже удовлетворительного, а оптимальные результаты обучения должны достигаться без перегрузки обучающихся и педагогов. Следовательно, еще одним дополнительным критерием оптимальности может быть критерий соблюдения преподавателями и обучающимися установленных норм

времени, отводимого на учебную работу. Последний критерий рассматривается как дополнительный потому, что он имеет место только при условии выполнения первого критерия. Однако игнорирование или не учет этого дополнительного критерия оптимальности обучения (лишение или сокращение свободного времени преподавателя) приводит к ограничению возможностей преподавателя для профессионального роста и духовного совершенствования. В зависимости от характера решаемых педагогических задач можно вводить и другие критерии, например:

- по затратам средств (критерий минимально необходимых усилий, затрачиваемых участниками образовательного процесса);

- по уровню напряженности (интенсивности) обучения и т.д.

Критерии оптимизации, которые в зависимости от ситуации и типа решаемой задачи выберет педагог для проектирования оптимального процесса обучения, могут быть представлены как многоуровневая критериальная система.

Первый уровень оптимизации включает в себя критерии, описывающие характер целей оптимизации и ожидаемых результатов. На этом уровне критерии оптимизации выбираются:

- для повышения эффективности и качества лишь одной из сторон процесса обучения, например, с целью предупреждения неуспеваемости обучаемых или с целью повышения эффективности обучения наиболее способных;

- для повышения эффективности и качества решения нескольких задач одновременно;

- для повышения эффективности и качества обучения и воспитания.

Второй уровень составляют критерии, конструируемые по характеру и числу показателей, определяющих результативность, как то:

- результативность без учета расходов времени, усилий и средств, затрачиваемых на достижение результатов;

- результативность процесса с учетом расходов сил, средств и времени на достижение определенных целей.

Третий уровень критериев обусловлен тем, какие субъекты вовлекаются в решение задачи оптимизации:

- руководство учебного заведения;

- руководство учебного заведения и педагогический коллектив;

- руководство учебного заведения, педагогический коллектив, обучающиеся.

В последние годы в педагогике стали появляться новые разработки по оптимизации процесса обучения в высшей школе. Одно из таких нововведений, применяемых в одном из вузов столицы, получило название единой методологической системы оптимизации образовательного процесса. Система разработана с учетом следующих принципов:

- ориентация на конечные результаты подготовки специалистов на всех этапах проектирования и осуществления процесса обучения;

- построение образовательного процесса по программно-целевому методу;

- обеспечение на всех этапах проектирования и обучения реализации главной функции современного преподавателя высшей школы – организации управляемой и самоуправляемой учебно-исследовательской работы обучающихся;

- разработка и введение единой системы показателей качества педагогической деятельности и единых общеинститутских и кафедральных требований к лекциям, практическим занятиям и другим компонентам организации обучения.

Авторы концепции единой методологической системы предложили следующую методику оптимизации процесса обучения:

Первый этап оптимизации – построение модели специалиста по каждому профилю подготовки, в которой определяется конечная цель обучения, то есть объем научных и профессиональных знаний, умений и навыков, необходимых высококвалифицированному специалисту. При этом для построения модели необходимо выполнить следующие требования:

– во-первых, модель должна быть доведена до научно обоснованной системы видов теоретической, профессионально-практической и общественной деятельности специалиста;

– во-вторых, отбор содержания обучения должен производиться в соответствии с целевыми видами деятельности, при этом сокращение объема изучаемого материала не должно приводить к сокращению объема информации, необходимой обучающимся для их дальнейшей учебы и работы.

Второй этап оптимизации обучения. На основе модели специалиста для каждого учебного подразделения (факультета, кафедры) определяются конечные цели обучения по каждому профилю подготовки специалиста, на основе которых они должны выполнить следующее:

1. Через виды и способы деятельности, которыми должны овладеть обучающиеся, описать конкретные цели обучения по курсу кафедры. Это описание должно сопровождаться указанием мотивационных и качественных характеристик.

2. Разработать задание на выяснение и коррекцию исходного уровня знаний и умений обучаемых.

3. Разработать логико-дидактические структуры (собственно содержание) курса, темы. В ходе их разработки выделить:

– основные понятия, закономерности, вытекающие из них следствия и их применение, то есть систему содержания курса, темы;

– материал по конкретной методологии курса, то есть знания о предмете и методе данной науки, схемы описания основных понятий;

– учебный материал, имеющий мотивационное значение.

4. Определить оптимальную последовательность изучения тем дисциплины и проведения занятий, а также определить, какое место в системе учебной дисциплины (предмета) занимает каждое занятие, каковы его дидактические цели.

5. Для наилучшего усвоения целевых видов деятельности учебный материал преобразовать в систему указаний и ориентиров (схему ориентировочной основы действий), необходимых для выполнения действий. Схемой ориентировочной основы действий обучаемые пользуются в процессе обучения при решении задач. Это средство запоминания и освоения материала. Она реализуется также в лекциях, учебниках, пособиях.

6. Составить систему задач для обучения целевым видам познавательной и профессиональной деятельности. Эти задачи должны быть близки к реальным и составляться так, чтобы обучающиеся могли опираться на схемы ориентировочной основы действий при их решении.

7. Составить поэтапный план учебной деятельности обучающихся, который включал бы в себя следующие этапы:

– формирование интереса к профессии, к процессу познания;

– уяснение схемы ориентировочной основы действий;

– первоначальное освоение целевых действий на задачах, моделях;

– освоение действий на реальных объектах;

– переход к самостоятельному действию;

– окончательная отработка действий.

При этом определяется также количество и типы задач, решаемых обучающимися на каждом этапе, и в каких условиях этот этап воплощается.

8. Выбрать оптимальные организационные формы проведения лекционных, семинарских, практических занятий. При этом необходимо исходить из того, что для каждого занятия должна быть характерна органическая целостность, единая логика. Форма занятия должна опираться на логику цели и содержания.

9. Разработать комплекс учебно-наглядных и технических средств для каждого занятия или каждой темы.

10. Для выяснения и коррекции компетенций обучающихся разработать контрольные задания, тесты.

11. Разработать комплексную программу учета социальных, психогигиенических факторов, влияющих на продуктивность работы обучающихся. Предусмотреть приемы работы с сильными и слабыми обучающимися, а также разработать приемы профилактики и гашения конфликтов разного рода; приемы стимулирования.

Третий этап оптимизации. На основе выполненных работ в вузе разрабатываются учебно-методические документы: от программы до учебно-методического пособия для обучающихся.

Качество обучения согласно рассматриваемой единой методологической системе оптимизации обучения определяют как степень подготовки обучающегося на каждом этапе обучения к дальнейшей учебной и профессиональной деятельности. При этом знания оцениваются не вообще, а по тому, насколько они функциональны. Именно показатель функциональности знания, обеспеченный необходимыми критериями, дает возможность обоснованно судить о вкладе каждой кафедры, темы и занятия в процесс обучения.

Исследователи предлагают следующую систему показателей и критериев, разделенную на три следующие группы:

Первая группа – организационно-управленческие показатели и критерии. Они направлены на выявление степени подготовленности педагогов и готовности учебно-материальной базы. Эти показатели оцениваются на основе выполнения требований нормативных документов.

Вторая группа – показатели и критерии, определяющие эффективность затрат всех видов ресурсов на обучение, в том числе в стоимостном выражении. Они вычисляются по специальным формулам. При этом критерием оценки служат требования документов, определяющих лимиты времени, расходов денежных и материальных средств.

Третья группа – психолого-педагогические показатели. Они отражают уровень фактических «знаний-умений» обучающихся, прочность усвоения знаний и уровень качества отдельных компонентов процесса обучения.

Для решения частных задач оптимизации учебного процесса в единой методологической системе широко используются следующие показатели:

- процент ошибок, допускаемых обучающимися в процессе освоения целевых видов деятельности;

- время, затрачиваемое на освоение действий;

- степень осознанности выполняемых обучающимися действий при решении практических задач.

Из вышеизложенного материала следует, что оптимизация процесса обучения – это сознательный выбор тех или иных средств, приемов и методов, форм обучения, осуществляемый для достижения наилучших целей в конкретных условиях. При оптимизации процесса обучения целесообразно учитывать передовой педагогический опыт и достижения педагогической науки.

Оптимизация невозможна без систематического изучения личностных особенностей обучающихся. В этом плане преподавателю необходимо владеть рядом важнейших педагогических умений и навыков:

- комплексно планировать задачи обучения и воспитания, развивая способности обучающихся с учетом их реальных возможностей;

- выделять главное и существенное в содержании;

- правильно выбирать средства, методы и формы организации обучения и воспитания;

- осуществлять дифференцированный подход к обучающимся и создавать им необходимые условия для обучения;

- умело применять избранный вариант учебного процесса и оперативно корректировать его при необходимости.

Кроме того, по мнению многих педагогов, на оптимизацию существенное влияние оказывают также личностные особенности самого преподавателя:

- стиль педагогического общения;

- методическая компетентность (мобильность, конкретность и систематичность в выделении главного в изучаемом материале);
- педагогический такт (чувство меры в использовании различных методов преподавания, эмоциональная отзывчивость) и т.д.

Исходя из вышеизложенных положений, рассмотрим основные направления оптимизации процесса обучения в высшей школе. К ним следует отнести:

- оптимизацию целей обучения;
- оптимизацию содержания обучения;
- оптимизацию программы и плана обучения (соотношение различных видов занятий);
- оптимизацию времени, выделяемого на изучение дисциплины (курса);
- оптимизацию познавательной деятельности обучающихся (мотивирование обучающихся, выбор методов и средств обучения, обучение приемам самоучения с помощью активации познавательных процессов: внимания, восприятия, мышления, памяти) [1].

Оптимизация целей обучения заключается в комплексировании целей каждого учебного занятия. В педагогической практике высшей школы принято, что любое занятие должно иметь учебную и воспитательную цель. Учебные цели – это цели обучения, а воспитательные цели – это цели воспитания, развития и психологической подготовки обучающихся. При этом цели развития лежат, как правило, в области, простирающейся от развития интеллекта (например, навыков мышления, умственных операций: анализа, синтеза, сравнения, обобщения, классификации и т.д.) до развития воли, физической выносливости и т.д.

Выделение этой предметной области как воспитательной цели подчеркивает тот факт, что обучение приобретает характер развивающего. Поэтому оно ведется, как правило, на основе принципов, выдвинутых академиком Л.В. Занковым: принцип обучения на высоком уровне трудности, в быстром темпе; принцип ведущей роли теоретических знаний.

Комплексность планирования целей занятия предопределяет органическую взаимосвязь между целями обучения и воспитания. Последние должны реализовываться при подаче основного материала ненавязчиво, незаметно, соотносясь с возрастом и психологией коллектива обучаемых, с учетом дня недели, времени суток и т.д. Но надо четко понимать, что комплексирование целей это средство оптимизации обучения, но комплексность целей еще не означает оптимальность целей.

Рассмотрим укрупненный алгоритм действий педагога при планировании целей занятия.

1. Ознакомление со всем возможным кругом задач обучения и воспитания при изучении данного предмета, раздела, темы. Осуществляется оно путем ознакомления с программой, содержанием учебника и методическими рекомендациями.

2. Конкретизация целей изучения данной темы на основе изучения будущей профессиональной деятельности обучающихся и характеристик группы, составленных ранее другими педагогами, администрацией факультета, а также в ходе личного наблюдения, с учетом специфики учебной группы, ее уровня подготовленности, воспитанности и развитости.

3. Выделение главных задач обучения и воспитания на основе сравнения их значимости и имеющихся на их решение времени и условий.

Приведенный алгоритм не является идеальным, но педагогам с небольшим опытом он может служить ориентиром при планировании целей занятия.

Итак, цели занятия определены, сформулированы и выполнены все рекомендации (полагаем, что они близки к оптимальным). Могут ли они изменяться и кем? Могут! Изменились условия – необходима коррекция целей (например, срыв самоподготовки, поломка техники и т.д.). Это должен сделать педагог, их планировавший или тот, кому

проводить занятие. Иногда дать рекомендации по внесению коррекции в учебный процесс может старший начальник.

Определение и формулирование целей важный, но только первый шаг оптимизации обучения. За ним должен следовать второй, не менее значимый шаг – оптимизация содержания обучения. В практике учебных заведений часто используются следующие критерии оптимизации содержания обучения:

1. Критерий целостности содержания учебной дисциплины, предполагающий отражение требований общества к всестороннему развитию личности и основных направлений современной науки и практики.

2. Критерий научной и практической значимости элементов содержания учебной дисциплины, который обеспечивает вычленение главных, наиболее существенных компонентов.

3. Многофакторный критерий соответствия содержания учебной дисциплины психолого-педагогическим условиям и требованиям. Последний критерий может быть представлен совокупностью дополнительных критериев:

– критерием соответствия содержания учебной дисциплины государственным стандартам и требованиям;

– критерием соответствия содержания учебной дисциплины уровню подготовленности учебной группы;

– критерием соответствия содержания учебной дисциплины времени, отводимому на его изучение;

– критерием соответствия содержания учебной дисциплины возможностям учебно-материальной базы.

Занимаясь оптимизацией содержания учебной дисциплины, не следует полагаться на то, что все давно уже кем-то сделано. Во-первых, жизнь изменяется, появляются новые сведения, факты, промышленные технологии и изделия. Во-вторых, изменяются требования к обучающимся и их состав. И, в-третьих, кому-то приходится первым разрабатывать программы, писать учебники, пособия для новых специальностей (направлений подготовки), дисциплин.

Общие принципы и методология оптимизации учебной дисциплины выражается, прежде всего, в полноте (степени) достижения поставленных целей. А она, как известно, зависит от множества факторов:

– от объема информации, составляющего содержание учебной дисциплины;

– от времени, отводимого на освоение учебной дисциплины в целом, на освоение каждого раздела, темы;

– от рационального соотношения различных видов занятий.

Следовательно, к оптимизируемым параметрам можно также отнести: время на освоение дисциплины и его распределение на разделы, темы; соотношение различных видов занятий.

Время, выделяемое на дисциплину (курс), иногда задается руководящими документами (старшими начальниками) директивно, в ряде случаев оно варьируется в зависимости от умения разработчиков программы грамотно обосновать необходимость изменения количества часов в сторону увеличения или уменьшения. При обосновании времени, необходимого на изучение (освоение) дисциплины, раздела, темы, часто прибегают к экспертным оценкам. В роли экспертов используют педагогов, ученых, имеющих опыт преподавания данной дисциплины. Основой может также служить опыт других учебных заведений.

Оптимизация соотношения видов занятий проводится также по показателю степени достижения целей обучения, воспитания и развития, с учетом дидактических принципов обучения.

Проблема оптимизации учебной деятельности связана с ее активизацией и, прежде всего, с поиском приемов и методов активизации познавательной деятельности обучаемых.

Однако само понимание термина «активизация» до настоящего времени остается дискуссионным. В педагогике существует несколько формулировок данного термина. Приведем одну из них, предложенную профессором Н.Д. Никандровым: «Активизация учебной деятельности есть управление активностью, то есть, её мотивация, вызов, доведение до оптимального уровня и поддержание на этом уровне». В этой формулировке, предусматривающей повышение уровня активности и самостоятельности до оптимального, прослеживается связь между активизацией и оптимизацией обучения. Эта связь не линейна, она выражается в соотношении меры управления обучением и меры усвоения смысловых блоков информации, в соотношении самостоятельности и мотивации обучающихся.

При низкой мотивации: больше мера управления – ниже уровень самостоятельности и больше усвоение смысловых блоков информации, то есть выше развивающий эффект обучения; меньше мера управления – выше уровень самостоятельности и меньше усвоение смысловых блоков информации, то есть меньше развивающий эффект обучения.

При высокой мотивации: больше мера управления – ниже уровень самостоятельности и меньше усвоение смысловых блоков информации, то есть ниже развивающий эффект обучения; меньше мера управления – выше уровень самостоятельности и больше усвоение смысловых блоков информации, то есть больше развивающий эффект обучения [2].

Максимальная активизация не всегда целесообразна, поскольку ниже некоторого предела управления обучающийся начинает испытывать неоправданные трудности, а выше – самостоятельность обучающихся оказывается низкой.

Исходя из вышеизложенного, определим пути оптимизации активизации обучения:

– формирование достаточно высокого уровня мотивации познавательной деятельности обучающихся;

– выбор оптимальной меры управления познавательной деятельностью (управления вниманием, восприятием, мышлением, памятью).

Для формирования высокого уровня мотивации обучающихся необходимо:

На каждое учебное занятие четко определять целевую установку.

Увязывать содержание учебного материала с содержанием других дисциплин и профессиональной деятельностью.

1. Производить отбор содержания обучения в соответствии с познавательными требованиями обучающихся.

2. Обеспечивать профессиональную направленность содержания обучения.

3. Обеспечивать оптимальный уровень требований к обучающимся.

Для выбора оптимальной меры управления познавательной деятельностью необходимо:

1. Учитывать особенности психических и познавательных процессов личности.

2. Для подготовленной (высококвалифицированной) аудитории давать учебную информацию с достаточно высокой избыточностью. Для малоквалифицированной аудитории представлять информацию в жестко структурированном логическом виде, с подкреплением каждого видового фрагмента примерами из практики.

3. Оптимально использовать различные, хорошо оформленные виды наглядности.

4. Совершенствовать педагогическую технику: технику речи, технику невербального общения, технику психологического воздействия, технику нейтрализации негативных эмоций и т.д.

5. Тексты и высказывания подчинять критериям образности, доступности, понятности, простоты, выразительности.

6. Осуществлять разнообразные виды текущего контроля учебной деятельности [3].

В каждом высшем учебном заведении имеются разработанные программы и тематические планы, в которых сформулированы темы занятий, изучаемые вопросы, определены цели обучения.

Рассмотрим порядок действий педагога по оптимизации конкретного учебного занятия.

Прежде чем приступать к оптимизации целей и содержания занятий, преподавателю необходимо изучить содержание программы по своей дисциплине, а также соответствующие требования, предъявляемые к обучающимся. При этом нужно обратить внимание на структуру дисциплины и уяснить место в ней каждой темы занятия. Для лучшего понимания своих задач преподавателю необходимо кратко ознакомиться с содержанием смежных дисциплин и курсов. То есть надо знать, с какой базой знаний и умений приходят к нему обучаемые, на какие их знания и умения можно опираться в процессе изучения своей дисциплины.

Для повышения эффективности занятий целесообразно также ознакомиться с требованиями других кафедр, предъявляемым к обучающимся по областям, смежным с темами дисциплины вашей кафедры. Целесообразно также четко представлять и требования практики, которые отражаются в компетенциях.

Более конкретизированные цели обучения можно найти в ранее разработанных на кафедре текстах лекций, методических пособиях, планах семинаров. Сформулированные в этих документах цели занятий могут стать основой для определения содержания занятия и выбора методов и средств их достижения.

В результате такого анализа преподаватель уясняет, чему он должен научить обучающегося на отдельном занятии, которое должен проводить он сам.

В ряде случаев цели занятий могут уточняться старшими начальниками на заседаниях кафедр и предметно-методических комиссий, а также – в ходе инструкторско-методических занятий.

На основе осмысления всей совокупности требований преподаватель должен конкретизировать и формулировать цели занятий с учетом возможностей обучающихся.

Определение содержания занятий производится на основе сформулированных целей занятия путем изучения материала дисциплины, ознакомления с содержанием смежных дисциплин. При этом основными документами, в которых отражено содержание учебной дисциплины, являются программа, тематический план, учебники, учебные пособия, статьи журналов и других периодических изданий, тексты лекций, методические разработки и пособия.

Определяя содержание учебного занятия, необходимо опираться на принципы, с вытекающими из них правилами, и методики, которые изложены выше. К принципам формирования содержания учебного занятия относятся следующие:

- принцип соответствия содержания целям занятия;
- принцип научности отбираемого содержания (выделения в содержании наиболее существенных положений, фактов, аргументов, проверенных наукой);
- принцип замены устаревших положений и фактов новыми, наиболее соответствующими современным взглядам;
- принцип связи содержания с практикой войск и профессиональной деятельности;
- принцип опосредования содержания личным опытом (если это необходимо для лучшего понимания обучающимися сущности явления и для лучшего запоминания содержания).

В случаях если преподаватель проводит только практические виды занятий, целесообразно проконсультироваться по неясным вопросам у лектора или с его разрешения посетить лекцию, предшествующую данному занятию.

Ознакомившись и изучив содержание занятия, преподаватель должен проанализировать объем материала, время, выделенное на его отработку и предполагаемые способы его подачи (освоения), а также возможности учебно-материальной базы по их реализации и возможности учебной группы по восприятию и освоению учебного материала.

На основе этого анализа проводится оптимизация содержания занятия, которая проводится по следующим направлениям:

- корректура темы занятия (если есть необходимость);

- определение объема учебной информации и его разбиение на учебные вопросы занятия;
- методическая обработка учебной информации.

Методическая обработка учебного материала заключается в таком структурировании отобранной для занятия научной информации, при котором эта информация становится понятной, доступной, наглядной, аргументированной, доказательной для большинства обучающихся.

На современном этапе развития общества выпускники вузов оказываются в условиях, когда нужно проявить способность соперничать с конкурентами, обладать высоким профессионализмом, творческими способностями. Все эти качества они должны приобрести в процессе обучения в вузе [4].

Рассмотрим оптимизацию времени, отводимого на учебное занятие.

Сущностью оптимизации времени является увеличение или уменьшение объема информации в каждом из ранее отобранных смысловых блоков учебной информации. Обязательным неизменным элементом каждого блока будет выступать его сущностное ядро, то есть определения понятия, формулировки законов, перечисление принципов или правил. Изменению или корректуре подлежат, как правило, факты, аргументы, примеры, статистика, подчеркивающие достоверность, убедительность, верифицируемость знания. Общее количество смысловых блоков не изменяется, оно остается таким же, каким его определил преподаватель при оптимизации содержания занятия.

При расчете времени, отводимого для освещения смысловых блоков учебного материала, следует придерживаться общего правила: одна страница печатного текста (60 знаков в строке, 30 строк на странице) в нормальном для усвоения темпе произносится лектором примерно за 2,5–3 мин. Одним из приемов оптимизации времени, отводимого на занятие, является репетиция педагога. Репетиция может проводиться как в полном объеме, так и по отдельным фрагментам. При этом производится хронометрирование и делается вывод о добавлении или сокращении учебной информации. Хорошие результаты дает использование аудио или видеотехники, которая позволяет педагогу лучше увидеть «изъяны» и определить дальнейшие пути оптимизации обучения [5].

Таким образом, оптимальная организация образовательного процесса требует от преподавателя изжития шаблонов и стереотипов в работе, привития самостоятельности и творческого подхода. Она предусматривает систему мер, выполнение которых позволяет преподавателю получать наивысшие для конкретных условий результаты, без перегрузки преподавателя и обучаемого за отведенный срок обучения в соответствии с поставленными целями.

Литература

1. Елисейкин М.М. Технология профессионально-ориентированного обучения. Ч. 1: Основы технологии профессионально-ориентированного обучения. СПб.: ВМА, 2012. С. 177–211.
2. Педагогика и психология высшей школы. Ростов н/Д.: Феникс, 1998. С. 152–211.
3. Подласый И.П. Педагогика. М.: Владос, 2010.
4. Инновационные подходы к подготовке специалистов в высших военных учебных заведениях / В.Л. Пашута [и др.] // Научно-теоретический журнал «Теория и практика физической культуры». 2016. № 2.
5. Чернилевский Д.В. Дидактические технологии в высшей школе. М.: Юнити, 2012.

Referencis

1. Elisejkin M.M. Tekhnologiya professional'no-orientirovannogo obucheniya. Ch. 1: Osnovy tekhnologii professional'no-orientirovannogo obucheniya. SPb.: VMA, 2012. S. 177–211.
2. Pedagogika i psihologiya vysshej shkoly. Rostov n/D.: Feniks, 1998. S. 152–211.
3. Podlasyj I.P. Pedagogika. M.: Vlados, 2010.

4. Innovacionnye podhody k podgotovke specialistov v vysshih voennyh uchebnyh zavedeniyah / V.L. Pashuta [i dr.] // Nauchno-teoreticheskij zhurnal «Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury». 2016. № 2.

5. Chernilevskij D.V. Didakticheskie tekhnologii v vysshej shkole. M.: Yuniti, 2012.

ФОРМИРОВАНИЕ ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПРАКТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ НА ПОЛИГОНАХ И УЧЕБНЫХ ШАХТАХ

Л.В. Пихконен, кандидат технических наук;

А.А. Балобанов;

Д.Е. Заступов.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрен процесс формирования психологической устойчивости обучающихся при проведении тренировок на полигонах и учебных шахтах военизированных горноспасательных частей на примере подготовки студентов специальности «Горное дело» специализации «Технологическая безопасность и горноспасательное дело». Приведены фрагменты тренировочного процесса студентов в учебной шахте учебного центра на базе филиала ФГУП ВГСЧ «ВГСО Печорского бассейна».

Ключевые слова: психологическая устойчивость, стресс, практическая подготовка, тренировка

THE FORMATION OF PSYCHOLOGICAL STABILITY OF STUDENTS IN CONDUCTING THE PRACTICAL TRAINING ON THE RANGES AND TRAINING MINES

L.V. Pikhkonen; A.A. Balobanov; D.E. Zastupov.

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

The process of formation of psychological stability of students in the process of training at the training grounds and mines the paramilitary mine rescue units on the example of training of students majoring in «Mining» specialization «Technological safety and mine rescue». Fragments of the training process of students in the training mine training center on the basis of the branch of FSUE MRB «PMRS Pechora basin».

Keywords: psychological stability, stress, practical training, training

Одной из наиболее важных проблем подготовки спасателей в образовательных организациях помимо теоретических и практических знаний является усиленная физическая и психологическая подготовка, учитывающая профессиональную деятельность будущего специалиста.

Физической подготовке спасателей уделяется достаточно много внимания, например, в образовательных организациях МЧС России физическая подготовка является частью составляющей структуры всей профессиональной подготовки и направлена на выработку необходимых в деятельности спасателя физических качеств. Что касается подготовки спасателей к психологическим нагрузкам, оценки в учебном процессе психологической составляющей профессии, психофизиологического потенциала организма – всё это ещё требует исследований и разработки соответствующих методик [1–4].

Рассмотрим процесс формирования психологической устойчивости обучающихся на примере подготовки студентов специальности «Горное дело» специализации «Технологическая безопасность и горноспасательное дело».

Профессиональную подготовку горноспасателей коллегия МЧС России поручила Санкт-Петербургскому университету Государственной противопожарной службы МЧС России. Университет в настоящее время является единственным учреждением, готовящим специалистов всех направлений спасательных служб от наземных до подземных.

Несмотря на специфику работ под землёй задачи, выполняемые подразделениями ВГСЧ, во-многом аналогичны задачам противопожарной службы и многие психофизиологические аспекты подготовки могут рассматриваться и для других специализаций спасателей [2, 5].

С 2012 г. на подразделения ВГСЧ возложена обязанность тушения наземных пожаров поверхностного комплекса горнодобывающих предприятий и даже ликвидация последствий дорожно-транспортных происшествий. Подготовка горноспасателей во-многом совпадает с подготовкой специалистов пожарной безопасности. Это тоже спасатели, только горные, которые могут работать под землёй в шахтах и рудниках, а также на разрезах и карьерах, а при необходимости работать и как наземные спасатели.

Однако в работе горноспасательных подразделений есть особенности, связанные с повышенной психологической нагрузкой на организм – это ведение работ в стеснённых условиях под землёй, зачастую на большой глубине, отсутствие пригодной для дыхания атмосферы, ограниченное время подземных спасательных работ, обусловленное ёмкостью дыхательного аппарата, поиск и транспортировка пострадавших при отсутствии средств доставки и пр.

Для адаптации к будущей профессиональной деятельности обучающихся университетом совместно с Управлением военизированных горноспасательных частей МЧС России были разработаны программы выездных практик студентов, предусматривающие работу с приборами и оборудованием на полигонах и учебных шахтах при отрядах ВГСЧ. Во время практики обучающиеся знакомятся с новейшим оборудованием в области обеспечения безопасности горных производств и приобретают навыки по выработке и принятию управленческих решений в экстремальных ситуациях.

Поскольку учебная шахта оснащена оборудованием максимально приближённым к условиям действующего предприятия: тепловой и дымовой камерами, тренажёрами, имитирующими горные выработки, узкими проходами и различными видами завалов, то психологическая составляющая профессиональной деятельности, связанная с негативной стороной физиологических реакций организма на чрезвычайные ситуации, сразу проявляется при первых практических занятиях. Регулярные тренировки в таких условиях, анализ ситуаций, привыкание к стеснённым условиям и замкнутому пространству позволяют обучающемуся быстрее адаптироваться к работе в подземных условиях горного предприятия.

На рис. 1, 2 показаны отдельные фрагменты тренировочного процесса студентов в учебной шахте учебного центра на базе филиала ФГУП ВГСЧ «ВГСО Печорского бассейна».

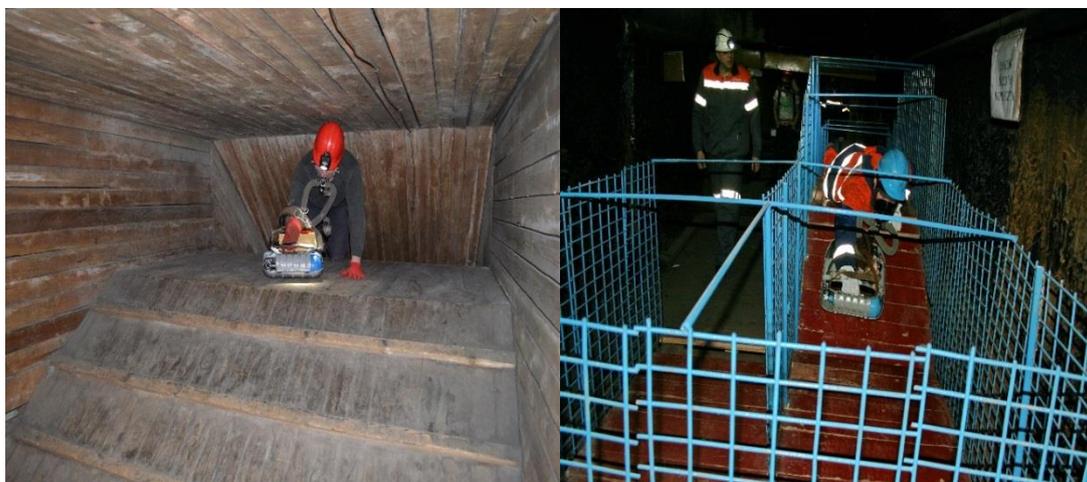


Рис. 1. Учебная шахта. Тренировка в стеснённых условиях



Рис. 2. Учебная шахта. Тренировка в задымленной выработке с имитацией завала и выработка навыков работы с тепловизором для поиска людей в условиях почти нулевой видимости

Все тренировки проводились при максимальном приближении к реальным условиям, с использованием дыхательных аппаратов – респираторов, вспомогательном и спасательном оборудовании. Работа в респираторе необходима горноспасателям при ликвидации аварийных ситуациях в шахте, так как им приходится работать в непригодной для дыхания атмосфере в течение четырех часов, и выключиться из аппарата не представляется возможным.

Одним из обязательных условий тренировок было спасение пострадавших в условиях шахты при имитации аварийной ситуации. Это также была тренировка на повышение психической устойчивости к воздействию сильных эмоциогенных факторов как одного из элементов стрессоустойчивости обучающихся.

Тренировки в таких приближенных к реальности условиях связаны с преодолением трудностей, позволяют выработать психологическую устойчивость к стрессовым ситуациям, (эмоциональную стабильность и волевую регуляцию сотрудника) при определённых режимах профессиональной деятельности в экстремальных условиях с учётом специфики подготовки спасателей. Таким образом, обучающиеся при посещении действующих горных предприятий уже не испытывают потрясений при первых спусках под землю, быстрее приспосабливаются к практической работе на старших курсах.

Опросы студентов показали, что такая практика имеет большое значение для ознакомления с будущей профессией.

Литература

1. Шленков А.В., Зайкин Р.Г. Мониторинг формирования профессионально-важных качеств средствами профессионально-прикладной физической подготовки спасателей в образовательной организации МЧС России // Проблемы управления рисками в техносфере. 2016. № 3 (39). С. 135–142.
2. Церфус Д.Н. Исследование нейродинамических характеристик курсантов Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России

в группах с различной выраженностью когнитивных стилей // Проблемы управления рисками в техносфере. 2017. № 1 (39). С. 143–148.

3. Руденко Г.В., Хохлов С.В. Методика определения психофизиологического потенциала организма: материалы VIII Междунар. горноспасат. конф. СПб.: С.-Петербург. горный ун-т, 2017.

4. Пихконен Л.В., Черечукин В.Г., Мироньчев А.В. Перспективы применения дополнительного профессионального образования для студентов направления подготовки «Горное дело» // Подготовка кадров в системе предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций: сб. трудов Междунар. науч.-практ. конф. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2017. С. 35–41.

5. Лобжа М.Т., Тыщенко Е.Г. Особенности методики поэтапного совершенствования уровня социальной устойчивости курсантов вуза Государственной противопожарной службы МЧС России в процессе физической подготовки // Проблемы управления рисками в техносфере. 2014. № 3 (31). С. 147–155.

Referencis

2. Cerfus D.N. Issledovanie nejrodynamiceskikh harakteristik kursantov Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby MCHS Rossii v gruppah s razlichnoj vyrazhennost'yu kognitivnyh stilej // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2017. № 1 (39). S. 143–148.

3. Rudenko G.V., Hohlov S.V. Metodika opredeleniya psihofiziologicheskogo potenciala organizma: materialy VIII Mezhdunar. gornospasat. konf. SPb.: S.-Peterb. gornyj un-t, 2017.

4. Pihkonen L.V., Cherechukin V.G., Miron'chev A.V. Perspektivy primeneniya dopolnitel'nogo professional'nogo obrazovaniya dlya studentov napravleniya podgotovki «Gornoe delo» // Podgotovka kadrov v sisteme preduprezhdeniya i likvidacii posledstvij chrezvychajnyh situacij: sb. trudov Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2017. S. 35–41.

5. Lobzha M.T., Tyshchenko E.G. Osobennosti metodiki poehtapnogo sovershenstvovaniya urovnya social'noj ustojchivosti kursantov vuza Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby MCHS Rossii v processe fizicheskoy podgotovki // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2014. № 3 (31). S. 147–155.

СПЕЦИФИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТАФОРИЧЕСКОЙ КУКЛЫ-МОДЕЛИ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКЕ КУРСАНТОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ГПС МЧС РОССИИ

Е.Л. Лукьянова, кандидат психологических наук, доцент;

М.В. Меткин, кандидат психологических наук;

Ю.В. Козлова, кандидат психологических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Раскрывается специфика использования метафорической куклы-модели в тренинговой работе с курсантами. Показано, что кукла-модель помогает осознать вытесненные из сознания комплексы, обиды, проблемы, выразить чувства и эмоции, преобразовать их для более успешного формирования профессионально важных качеств, личностного потенциала, управленческих компетенций будущего специалиста экстремального профиля.

Ключевые слова: метафорическая кукла-модель, профессиональная подготовка, профессионально важные качества, курсанты, тренинговые занятия

SPECIFICITY OF USING THE METAPHORICAL DOLL-MODEL IN THE PROFESSIONAL TRAINING OF COURSES SAINT-PETERSBURG UNIVERSITY OF STATE FIRE SERVICE OF EMERCOM OF RUSSIA

E.L. Lukyanova; M.V. Metkin; Yu.V. Kozlova.

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

The article reveals the specifics of using of a metaphorical puppet model in training work with cadets. It is shown that the doll-model helps to realize the complexes, grievances, problems, express feelings and emotions that have been ousted from the consciousness, to transform them for more successful formation of professionally important qualities, personal potential, managerial competencies of the future specialist of extreme profile.

Keywords: metaphoric doll-model, professional training, professionally important qualities, cadets, training sessions

Современные изменения в мировом социально-психологическом пространстве предъявляют новые требования к профессиональной подготовке специалистов экстремального профиля. Профессиональная подготовка включает в себя не только овладение необходимыми компетенциями в области пожаротушения, но также и развитие профессионально важных качеств, которые формируются непосредственно в годы обучения в университете. Согласно исследованиям А.В. Шленкова [1], основными профессионально важными качествами пожарного являются ответственность, самоконтроль, профессиональная самооценка, специфическими – эмоциональная устойчивость, тревожность, отношение к риску, стрессоустойчивость и т.п.

Наряду с использованием традиционных форм обучения, включающих лекции, семинарские, практические и лабораторные занятия, важным дополнением для закрепления профессионально важных качеств у будущих специалистов является использование тренинговых занятий, проводимых специалистами отдела психологического сопровождения учебного процесса университета. Данные занятия позволяют результативно сопровождать учебную работу и осуществлять воспитание необходимых личностных качеств.

При организации данной работы возникает противоречие: каждому курсанту необходимо полноценно включиться в работу, раскрыться, рассказать о том, что он чувствует, о чем переживает, чем недоволен и т.д., но исходя из того, что рядом находятся однокурсники, сделать это совсем не просто. Курсанты недоговаривают о своих сомнениях, приукрашивают действительность, замалчивают собственные переживания, что отражается на эффективности работы.

Основными причинами такого поведения является, с одной стороны, «корпоративная солидарность», которая выражается в ожидании курсантами на подсознательном уровне «некоего наказания» для всей группы за собственный неправильный ответ. С другой стороны, в группе зачастую найдется человек, который будет насмехаться над курсантами, рассказывающими о своих внутриличностных переживаниях. Такие проявления являются закономерными для поведения в малой социальной группе, в которой действует принцип: «Каждый курсант несет ответственность за группу, а группа ответственна за каждого курсанта».

Именно для разрешения данного противоречия была реализована идея о введении в тренинговые занятия некоего третьего лица. Этим «третьим лицом» стала метафорическая кукла-модель курсанта по имени Прохор. Появление самой куклы подсознательно снимает ожидание возможного наказания, поскольку кукла не несет никакой угрозы, а является лишь предметом взаимодействия. А рассказ от имени куклы позволяет участнику почувствовать себя в безопасности и раскрыть какие-то свои проблемы.

Работа с куклой как метод психологической коррекции одним из первых начал использовать М. Райт при лечении неврозов. В нашей стране в конце 20-х гг. XX в. начали разрабатываться методики работы с куклой, направленные, в том числе, и на реабилитацию после сильных стрессов.

Практически невозможно определить время рождения куклы. Обычно исследователи предполагают, что кукла присутствовала на протяжении всей истории человечества, являясь образом и подобием человека. Человек всегда доверял кукле то, чего боялся сам, не хотел, без чего не мог обойтись.

Существует множество определений типов кукол и их классификаций, что показывает разнообразие их применения. По мнению Е.А. Аркина [2], наряду с древностью человеческой игрушки сохраняется ее устойчивость, многообразие ее связей с различными сторонами жизни и быта человека.

Даль В. в XIX в. описывал куклу как созданную из тряпья, кожи, соломы и т.д. фигурку, которая изображает живое существо, например, человека или зверя. Наиболее популярной является классификация кукол, предложенная Ю.М. Лотманом, который разделил кукол на два типа: кукла-игрушка (с этими куклами можно играть) и кукла-модель.

Описывая куклу-модель, Ю.М. Лотман [3] отмечал, что «каждый существенный культурный объект, как правило, выступает в двух обликах: в своей прямой функции, обслуживая определенный круг конкретных общественных потребностей, и в «метафорической», когда признаки его переносятся на широкий круг социальных фактов, моделью которых он становится».

Следовательно, именно метафорическая кукла помогает «одушевить» предмет, объект или явление, перейти с ними на «Ты», что способствует процессу самоактуализации, обретению и становлению собственного «Я».

Метафорическую куклу-модель вполне можно рассматривать не только как средство воспитания и обучения, но и как средство коррекции некоторых психологических состояний и личностных качеств курсантов при подготовке к профессиональным отношениям, профессиональной деятельности, самостоятельности.

В частности, проигрывание будущих профессиональных ролей при помощи куклы-модели помогает курсантам самостоятельно корректировать собственные действия, делая поведение куклы, а, соответственно, и свое поведение более осознанным. Это становится наиболее важным при организации тренинговой работы с курсантами по отработке не только

профессионально важных качеств, но и личностных качеств, их лидерского потенциала, управленческих компетенций.

Имя для метафорической куклы-модели было выбрано неслучайно, также как рост, внешние данные, атрибутика. Все перечисленные параметры соответствуют психологическим законам восприятия модели-партнера по общению (рис. 1).



Рис. 1. Кукла-модель Прохор

Имя «Прохор» имеет греческие корни и в переводе означает «управляющий», обладает чертами лидера, такими как собранность, целеустремленность, честность и справедливость. Рост куклы-модели Прохора – 120 см, она сочетает в себе натуралистичность одежды (настоящая курсантская форма, кепка, берцы) и упрощенные черты лица. Мультипликационное выражение лица Прохора помогает активизировать детские комплексы, снять психологические зажимы.

Как отмечал Ю.М. Лотман: «...кукла несет с собою воспоминания о детском, фольклорном, мифологическом и игровом мире. Это делает куклу не случайным, а необходимым компонентом любой зрелой «взрослой» цивилизации» [3]. Курсантская форма с шевронами облегчает принятие курсантами Прохора как равноправного партнера по общению (рис. 2).

Кукла-модель подвижна, быстро реагирует на все, что происходит вокруг человека, отражая доминанты внутреннего мира, образа собственного «Я» курсантов, также является огромным ресурсом для работы, являясь проводником между сознательным и бессознательным мироощущением и подачей себя социуму. Взаимодействие в процессе тренинга с куклой-моделью помогает психологу «видеть» истинные внутренние проблемы курсанта (скрытые, неосознаваемые проблемы, обиды, комплексы и т.д.), определять на этом основании корректирующие мероприятия, оказывать своевременную психологическую помощь.



Рис. 2

Использование метафорической куклы-модели помогает снять напряженность, психологические зажимы и барьеры у курсантов. На нее курсант переносит (проецирует) собственные трудности, мироощущение, то есть метафорическая кукла становится моделью курсанта, отражая его внутренний мир, так как запускает работу защитного механизма психики – проекции («то, что не нравится в себе, замечаю и критикую у других»).

Защитный механизм «проекция» сравнительно рано развивается в онтогенезе человека для сдерживания чувства неприятия себя из-за неспособности справиться с трудностями. Это неосознаваемое отвержение собственных эмоционально неприемлемых мыслей, установок или желаний и приписывание их другим людям.

По мнению Р.М. Грановской [4], проекция предполагает приписывание источнику трудностей, различных негативных качеств как рациональную основу для его неприятия и самопринятия на этом фоне. Проекция упрощает поведение, исключает необходимость в повседневной жизни всякий раз оценивать свои поступки, является эхом неосознаваемых установок, освобождающих человека от тревоги, чувства вины и приносит облегчение [4].

Проекцией объясняются социальные предрассудки и феномен «козла отпущения», поскольку различные стереотипы представляют собой удобную мишень для приписывания кому-то другому своих негативных личностных характеристик.

С помощью метафорической куклы-модели курсанты в процессе тренинга понимают, что бессознательно переносят неприемлемые собственные чувства, желания и стремления на других, перекаладывая ответственность за то, что происходит внутри «Я», – на окружающий мир. Психолог в ходе работы показывает, что границы собственного «Я» курсантов расширяются для того, чтобы субъект, на который осуществляется перенос, оказался внутри них, и тем самым неприязнь к своим собственным представлениям и состояниям выносится наружу, то есть за себя.

До начала тренинговой работы с использованием метафорической куклы-модели курсанта Прохора у 50 курсантов первого курса (две группы по 25 человек) были измерены доминирующие механизмы психологической защиты. Использовался тест-опросник «Индекс жизненного стиля» (LIFE STYLE INDEX) Р. Плутчика, Г. Келлермана, Х.Р. Конте. Для определения статистической достоверности полученных результатов использовался t-критерий Стьюдента. Полученные значения сравнивались с нормативными. «До» начала тренинговой работы и «после» измерялись копинг-стратегии с помощью методики Дж. Амирхана «Индикатор копинг-стратегий».

Полученные результаты по методике «Индекс жизненного стиля» (LIFE STYLE INDEX) представлены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты методики «Индекс жизненного стиля» (LIFE STYLE INDEX)

Механизм защиты	Курсанты 1 группы	t-критерий Стьюдента	Курсанты 2 группы	t-критерий Стьюдента
Отрицание	7,93	–	4,05	–
Вытеснение	4,2	–	5,88	–
Регрессия	4,23	4,9***	2,81	8,99***
Компенсация	5,15	–	4,01	4,57***
Проекция	8,89	5,5***	6,21	2,47**
Замещение	1,93	–	2,11	–
Интеллектуализация	8,62	–	3,34	–
р. образования	4,44	–	5,92	–

*** p<0,001; ** p<0,01; * p<0,05

У курсантов первого курса доминируют такие механизмы психологической защиты, как регрессия, компенсация, проекция (получены статистически достоверные показатели).

Данные защитные механизмы включаются для сдерживания эмоций: неуверенности в себе, страха неудачи, недостатка, неполноценности.

Таким образом, у курсантов первого курса доминируют те механизмы психологической защиты, которые связаны с неприятием себя, своих чувств, и приписывание их другим людям, что подтверждает правильность решения – использование третьего лица в тренингах, направленных на формирование профессионально важных качеств и личностного потенциала.

«До» и «после» тренинговых занятий, которые проводились в течение целого семестра, результаты, полученные по методике Дж. Амирхана «Индикатор копинг-стратегий», позволили выделить три базисные копинг-стратегии (КС) личности курсантов: разрешение проблем (РП), поиск социальной поддержки (ПСП), избегание проблем (ИП).

Полученные результаты по методике Дж. Амирхана по каждой базисной стратегии были объединены в группы в соответствии с их уровнем – высоким, средним, низким или очень низким. Данные процентной и бальной наполняемости групп размещены в табл. 2.

Таблица 2. Распределение базисных копинг-стратегий

Базисная стратегия	Уровень базисной стратегии	Курсанты 1 курса «До» начала тренинга		Курсанты 1 курса «После» тренинга		Ф критерий Фишера
		баллы	%	баллы	%	
Разрешение проблем (РП)	Высокий	35	68,0	40,5	80,0	
	Средний	28	20,0	27	21,8	
	Низкий	17	12,0	–	–	
	Очень низкий	–	–	–	–	
Поиск социальной поддержки (ПСП)	Высокий	–	–	30,	17,3	
	Средний	23	14,0	27	53,4	3,248**
	Низкий	18,5	20, 2	16	20,3	
	Очень низкий	14	9,1	12	66,7	4,841**
Избегание проблем (ИП)	Высокий	28	10	29,5	26,4	
	Средний	25,5	23	26,5	33	2,577*
	Низкий	22	27	23	30,6	
	Очень низкий	16	40	18	10	

* – $p \leq 0,05$; ** – $p \leq 0,01$

Полученные результаты позволяют прийти к выводу, что наблюдается тенденция увеличения показателей по базисной копинг-стратегии «Разрешение проблем» «до» и «после» проведения тренинга: так уровни «высокий» (80 %) и «средний» (20 %) наблюдаются у курсантов после тренинговых занятий. До проведения тренинга с использованием метафорической куклы-модели у курсантов были выявлены как «высокий» (68 %) и «средний» (20 %), так и «низкий» (12 %) уровень.

Согласно подходу Дж. Амирхана, высокий уровень стратегии РП указывает на высокую готовность и, как правило, способность эффективно разрешать возникающие проблемы, что свидетельствует о неких профессиональных и личностных качествах, позволяющих проявлять ответственность, лидерские качества, справляться с трудностями. Из трех базисных копинг-стратегий стратегия «разрешение проблем» является наиболее конструктивной, так как направлена на целеполагание, поиск возможных когнитивно-поведенческих решений, практических шагов по преодолению трудностей. Статистически значимых различий по данной стратегии выявлено не было.

По использованию стратегии «Поиск социальной поддержки» необходимо отметить, что «до» проведения тренинга у курсантов отсутствует высокий уровень ее использования. Основные показатели распределены по уровням «очень низкий» (66,7 %), «средний» (14,0 %) и «низкий» (23,7 %), что указывает на готовность обследуемых самостоятельно разрешать

возникшие сложности, проблемы, не дожидаясь поддержки извне. «После» проведения тренинговых занятий у курсантов ориентированность на социальную поддержку выражена на среднем уровне (53,4 %). Статистически значимые различия выявлены по уровням «средний» – 3,248 при $p \leq 0,01$ и «очень низкий» – 4,841 при $p \leq 0,01$.

Отмечается тенденция к уменьшению обращений к стратегии «избегание проблем». Средний уровень использования стратегии «Избегание проблем» указывает на то, что курсанты имеют представление об исполнении профессионального долга, связанного с необходимостью разрешать возникшие ситуации, а не избегать их. Статистически значимые различия выявлены по «среднему» уровню использования данной стратегии – 2,577 при $p \leq 0,05$.

Следовательно, использование метафорической куклы-модели в профессиональной подготовке курсантов с использованием метода психологического тренинга не только показывает на эффективность работы, но также ставит новые задачи и открывает новые возможности:

- во-первых, необходимо совершенствовать разработанную программу психологического тренинга, состоящую из трех блоков по девять занятий в каждом. Каждый блок программы решает задачи по формированию профессионально важных качеств, лидерского потенциала и управленческих компетенций;

- во-вторых, использование куклы-модели позволяет использовать элементы сказкотерапии, а также метафорической карты, что возможно усилит эффект проводимой работы;

- в-третьих, практическое использование метафорической куклы-модели курсанта Прохора наглядно показывает на возможность применения нескольких кукол-моделей одновременно на одном занятии, что может повысить активность всех курсантов, выявить и скорректировать более глубокие внутриличностные проблемы.

Таким образом, процесс работы с куклой-моделью меняет и обогащает внутренний мир курсантов, открывает новые жизненные возможности, помогает познакомиться с самим собой, увидеть новые решения многих проблем.

Литература

1. Шленков А.В. Психологическое обеспечение профессиональной подготовки в образовательных учреждениях МЧС России // Вестник С.-Петербург. ин-та ГПС МЧС России. 2005. № 3 (10). С. 109–115.
2. Аркин Е.А. Дошкольный возраст. М., 1948. С. 267–269.
3. Лотман Ю.М. Куклы в системе культуры. Избранные статьи: в 3-х т. Таллин, 1992. Т. I. С. 377–380.
4. Грановская Р.М. Психологическая защита. М., 2007. 480 с.

Referencis

1. Shlenkov A.V. Psychological support of vocational training in educational institutions of the Ministry of Emergency Situations of Russia // Bulletin of the St. Petersburg Institute of the State Fire Service of the Ministry of Emergencies of Russia. - 2005. - No. 3 (10). P. 109–115.
2. Arkin E.A. Preschool age. M., 1948. P. 267–269.
3. Lotman Yu.M. Dolls in the system of culture. Selected articles. In the 3rd ed. Tallin, 1992. T. I. P. 377–380.
4. Granovskaya R.M. Psychological protection. M., 2007. 480 p.

МОДЕЛЬ КОМАНДИРА МЛАДШЕГО НАЧАЛЬСТВУЮЩЕГО СОСТАВА ВУЗА МЧС РОССИИ

**Л.В. Медведева, доктор педагогических наук, профессор,
заслуженный работник высшей школы Российской Федерации;**

А.С. Евдокимов.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

А.С. Константинова.

ФГКУ «8 отряд ФПС по Санкт-Петербургу»

Рассмотрены основные задачи, выполняемые младшим командиром учебной группы вуза МЧС России, а также требования, предъявляемые к кандидату на должность младшего начальствующего состава. Предложена модель командира младшего начальствующего состава, включающая в себя профессионально-важные качества, общекультурные, общепрофессиональные, профессиональные, организационно-управленческие и психолого-педагогические компетенции, согласованные с компетенциями офицера-выпускника вуза по специальности 20.05.01 «Пожарная безопасность».

Ключевые слова: младший начальствующий состав, младшие командиры, модель младшего командира, компетенции, профессионально-важные качества

MODEL OF THE COMMANDER OF THE YOUNGER COMMANDING STRUCTURE OF HIGHER EDUCATION INSTITUTION OF EMERCOM OF RUSSIA

L.V. Medvedeva; A.S. Evdokimov.

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

A.S. Konstantinova.

State-owned federal state institution «8th group of a federal fire service of Saint-Petersburg»

In article the main objectives which are carried out by the junior commander of educational group of higher education institution of EMERCOM of Russia and also requirements imposed to the candidate for a position of the younger commanding structure which performance will provide successful performance of these tasks are considered. The model of the commander of the younger commanding structure including the professional and important qualities, common cultural, the all-professional, professional, organizational and administrative and psychology and pedagogical competences coordinated with competences of the officer-university graduate according to federal state educational standard of specialty 20.05.01 «Fire safety» is offered.

Keywords: younger commanding structure, junior commanders, model of the junior commander, competence, professional and important qualities

Перечень задач, выполняемых в ходе служебной деятельности командирами групп и командирами отделений (младшими командирами) учебных курсантских подразделений вуза МЧС России можно условно разделить на следующие категории:

- организация учебной деятельности подчиненного курсантского подразделения;
- проведение воспитательной работы в подразделении;
- осуществление взаимодействия с руководством вуза – информирование подчиненных, доведение распоряжений и приказов и т.п.;
- организация и контроль служебной деятельности – выполнение поставленных задач, поддержание дисциплины и т.п.;

- привлечение подчиненных к культурно-массовой и спортивной деятельности, обеспечение условий для ее осуществления;
- психологическая работа в подразделении – создание и поддержание благоприятного морального климата в подразделении, предотвращение конфликтных ситуаций и т.д.

Для успешного выполнения данного комплекса задач кандидат должен обладать определенными личными качествами, которые по степени развития можно разделить на три подсистемы [1]:

- качества, присущие кандидату, и достаточно развитые у него до поступления в вуз;
- качества, развитие которых имеет высокую вероятность по причине имеющихся у кандидата личных склонностей, задатков и опыта;
- качества, наличие которых у кандидата маловероятно и работа по развитию этих качеств должна осуществляться в образовательном процессе вуза.

Системные компоненты модели младшего командира младшего начальствующего состава (МНС) и системные компоненты модели офицера-выпускника вуза должны быть согласованы и находиться в гармоничной дополнительности, так как командир группы (отделения) в образовательном процессе вуза является таким же курсантом, как и его подчиненные, и совместно с командирской деятельностью обязан овладеть компетенциями образовательной программы по направлению подготовки (специальности) [2, 3].

Для выявления потенциально успешных управленцев в числе поступающих в вуз в период абитуриентских сборов офицерами факультета проводится наблюдение за поведением абитуриентов. Потенциальным кандидатам в МНС выдают поручения, ставят задачи с целью выявления следующих умений:

- планировать собственную работу и четко следовать намеченной программе действий;
- устанавливать причинно-следственные закономерности событий и явлений, делать правильные выводы из допущенных ошибок;
- выстраивать рациональную последовательность действий для достижения необходимого результата;
- проявлять психологическую устойчивость в стрессовых и проблемных ситуациях;
- принимать самостоятельные решения, осознавая ответственность за их результаты;
- логично и грамотно обосновать свое мнение.

Вместе с тем офицерами-воспитателями отслеживаются следующие личные проявления:

- направленности на максимальное развитие во всех сферах деятельности;
- адаптивности в изменяющейся обстановке;
- обоснованной независимости в поведении, самодостаточности;
- развитой коммуникативности, конфликтоустойчивости, выдержки и т.д.

Перечисленные умения и личные качества кандидата являются базовыми системными компонентами успешной командирской деятельности, одновременно с которой командир группы (отделения) должен в полном объеме овладеть компетенциями образовательной программы подготовки специалиста, предусмотренными федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) пожарно-технического профиля.

Таким образом, модель командира МНС, по существу, является системным образованием, включающим в себя в качестве системных компонентов компетенции выпускника вуза по профилю подготовки (специальности), системы компетенций по категориям деятельности командира МНС и профессионально-важные качества (ПВК), требуемые для успешного решения задач учебной и служебной деятельностью [2–4].

На рисунке представлена разработанная модель командира МНС в вузе МЧС России, которая включает в себя в качестве системных блоков:

- общекультурные компетенции выпускника вуза (ОК-1...ОК-9);
- общекультурные компетенции командира МНС (ОК-10...ОК-13);

- общепрофессиональные компетенции выпускника вуза (ОПК-1...ОПК-3);
- организационно-управленческие компетенции командира МНС (ОУК-1...ОУК-7);
- психолого-педагогические компетенции командира МНС (ППК-1...ППК-7);
- профессиональные компетенции выпускника вуза (ПК-1...ПК-68);
- профессиональные компетенции командира МНС (ПК-69...ПК-73);
- профессионально-специализированные компетенции командира МНС (ПСК-1...ПСК-3);
- профессионально-важные качества командира МНС (ПВК-1...ПВК-16).

Компетенции выпускника вуза (ОК-1...ОК-9; ОПК-1...ОПК-3; ПК-1...ПК-68) перечислены в ФГОС ВО по специальности 20.05.01 «Пожарная безопасность» (специалитет) [5].

ОК командира МНС дополняют стандартные ОК и включают в себя [5, 6]:

- патриотизм, уважительное отношение к традициям русского офицерского корпуса и МЧС России (ОК-10);
- грамотное построение речи (как устной, так и письменной) (ОК-11);
- стремление к совершенствованию своей физической формы, умение грамотно применять методы физической культуры (ОК-12);
- стремление к самосовершенствованию (умственному, профессиональному, морально-нравственному), к развитию в сфере своей специальности, повышению мастерства (ОК-13).

ОК являются образцами деятельности, овладение которыми обуславливает развитие интеллектуальных способностей, креативности, ментальной сферы личности, формирование патриотизма, нравственно-ценностных ориентаций, культуры общения, культуры речи, физической культуры и профессиональной культуры, методологической и профессиональной рефлексии.



Рис. Модель командира МНС в вузе МЧС России

Категория ОУК отражает потенциал исполняющего обязанности МНС к руководящей деятельности: планированию работы подчиненных, грамотному распределению задач между имеющимися людскими ресурсами, мониторингу выполнения поставленных задач, анализу соотношения достигнутых результатов и затраченных ресурсов (временных, трудовых, материальных) и т.д. Данные компетенции подлежат развитию на базе имеющихся у кандидата задатков в процессе практической работы с личным составом [3].

К ОУК командира МНС относятся следующие умения:

- осуществлять планирование своей работы, а также производить анализ и оценку достигнутых результатов (ОУК-1);
- осуществлять планирование работы подчиненной учебной группы (отделения) (ОУК-2);
- грамотно распределять задачи между курсантами подчиненного подразделения, четко и однозначно доводить их до исполнителей, проконтролировать ход исполнения (ОУК-3);
- максимально целесообразно и эффективно распределять имеющиеся ресурсы (временные, трудовые, людские, материальные и т.д.) для достижения цели (ОУК-4);
- оптимальной организации коллективной деятельности группы (отделения) (ОУК-5);
- принять правильное решение в нестандартной ситуации при нехватке времени и информации (ОУК-6).

Вместе с тем значимость приобретают лидерские качества, умение быть требовательным по отношению к личному составу учебной группы (отделения) (ОУК-7).

Работа с людьми требует наличия у кандидата на должность МНС определенных ППК, которые развиваются в процессе работы с подчиненными под руководством офицерского состава. К ППК командира МНС относятся:

- знание основ военной психологии и педагогики и умение реализовывать знания в практической работе (ППК-1);
- умение найти индивидуальный подход к каждому курсанту подразделения, грамотно используя знания о его чертах характера и личных особенностях (ППК-2);
- умение сохранять контроль над проявлением эмоций при работе с подчиненными (ППК-3);
- умение применять изученные методы воспитания в практической работе с личным составом (ППК-4);
- умение развить у курсантов подразделения мотивацию к совершенствованию своих знаний, умений и навыков (ППК-5);
- умение осуществлять мониторинг уровня развития каждого курсанта подразделения (умственного, физического, психологического) (ППК-6);
- способность к саморефлексии собственной психолого-педагогической работы в подразделении (ППК-7).

Более специфической категорией компетенций являются ПК младшего командира вуза МЧС России. Они в подавляющем большинстве случаев подлежат выработке и развитию непосредственно в ходе подготовки МНС – вероятность наличия таких качеств у абитуриентов сравнительно невелика. Эта категория компетенций отражает способность кандидата к выполнению должностных обязанностей командира МНС с соблюдением требований штабной культуры вуза МЧС России. К ПК младшего командира относятся:

- психологическая готовность в полной мере отвечать за действия подчиненного личного состава (ПК-69);
- наличие собственной точки зрения, умение грамотно ее аргументировать, самостоятельность в решениях и ответственность за их последствия (ПК-70);
- умелое сочетание субординации, неукоснительного подчинения командирам и начальникам и проявления собственной инициативы в тех случаях, когда это может способствовать рационализации выполнения задачи (ПК-71);

– умение выделить суть получаемой задачи, понять роль и место своего подразделения в выполнении общей задачи вышестоящим подразделением (курс, факультет, университет), стремление к добросовестному выполнению своей задачи (ПК-72);

– адаптивность, умение в короткие сроки приспосабливаться к складывающейся ситуации и принимать правильные решения при недостатке времени и сведений (ПК-73).

Еще более высокую степень специфичности имеет категория ПСК командира МНС. Они так же должны развиваться непосредственно силами вуза МЧС России. Данные компетенции включают в себя следующие прикладные навыки младшего командира:

– умение использовать нормативно-правовую базу университета и министерства в служебной деятельности (ПСК-1);

– навыки строевой подготовки (выполнение строевых приемов, управление строем) (ПСК-2);

– навыки составления служебных документов (ПСК-3).

Основой для компетенций выступают определенные личностные качества кандидата на должность МНС – черты характера, способствующие успешному выполнению должностного регламента командира МНС (профессионально важные качества или ПВК). Данные качества являются необходимыми для выполнения следующих задач повседневной служебной деятельности младшего командира [3, 4, 7]:

– выполнение приказов вышестоящего руководства как самостоятельно, так и с привлечением подчиненного личного состава – исполнительность, ответственность, инициативность;

– руководство повседневной деятельностью подчиненного личного состава – организованность, дисциплинированность;

– психологическая работа в подразделении, поддержание оптимального морально-психологического климата – справедливость, внимательность;

– индивидуальная работа с подчиненными – коммуникабельность, выдержка;

– воспитательная работа в подразделении, выработка у подчиненных правильных ценностных ориентаций, идеалов, развитие верности традициям МЧС России – патриотизм, требовательность;

– поддержание строгой дисциплины в подразделении – дисциплинированность, требовательность, решительность;

– педагогическая деятельность в пределах подчиненного подразделения, побуждение подчиненных к повышению своего профессионального и общекультурного уровня – требовательность, интеллект;

– саморазвитие в профессиональном, культурном, физическом, нравственном, общеобразовательном плане – целеустремленность, самостоятельность, интеллект.

Повышенная нагрузка на кандидата на должность МНС в период подготовки и дальнейшей учебы в вузе актуализирует как процедуры отбора кандидатов из числа абитуриентов, так и методики их осуществления. Значительный объем учебной и служебной нагрузки младшего командира требует от него высокой работоспособности, стрессоустойчивости и целеустремленности – младший командир должен осознавать важность своей роли в связи между рядовыми курсантами и офицерским составом и стремиться к максимально качественному выполнению возложенных на него задач [2, 7].

В заключении следует отметить, что системные компоненты разработанной модели командира МНС являются, по существу, ожидаемыми результатами подготовки МНС в вузе МЧС России, в достижении которых интегрируется требуемый личный уровень подготовленности кандидата к выполнению задач, предусмотренных должностным регламентом МНС.

Литература

1. Боровых А.С., Чейда И.И. Формирование у курсантов профессионально значимых качеств личности. Иваново: ИПТУ МВД России, 1998.

2. Военная педагогика / под ред. О.Ю. Ефремова. СПб.: Питер, 2008.
3. Евтихов О.В., Жильцов А.В. Профессионально-управленческая компетентность и проблема лидерства младших командиров учебных групп образовательных организаций МВД России // Вестник Сибирского юридического института МВД России. 2017. № 4 (29). С. 87–92.
4. Варламов А.С. Методологические аспекты развития профессиональных компетенций у курсантов военного вуза // Фундаментальная и прикладная наука: сб. конф. Челябинск, 2015. С. 63–66.
5. Кодекс чести сотрудника системы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий: Приказ МЧС России от 6 марта 2006 г. № 136. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
6. Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 20.05.01 «Пожарная безопасность» (уровень специалитета): Приказ Министерства образования и науки Рос. Федерации от 17 авг. 2015 г. № 851. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
7. Солоницын В.А. Компетентностный подход и качество образовательного процесса в вузе // Образовательные ресурсы и технологии. 2013. № 1 (2). С. 12–18.

References

1. Borovyh A.S., Chejda I.I. Formirovanie u kursantov professional'no znachimyh kachestv lichnosti. Ivanovo: IPTU MVD Rossii, 1998.
2. Voennaya pedagogika / pod red. O.Yu. Efremova. SPb.: Piter, 2008.
3. Evtihov O.V., Zhil'cov A.V. Professional'no-upravlencheskaya kompetentnost' i problema liderstva mladshih komandirov uchebnyh grupp obrazovatel'nyh organizacij MVD Rossii // Vestnik Sibirskogo yuridicheskogo instituta MVD Rossii. 2017. № 4 (29). S. 87–92.
4. Varlamov A.S. Metodologicheskie aspekty razvitiya professional'nyh kompetencij u kursantov voennogo vuza // Fundamental'naya i prikladnaya nauka: sb. konf. Chelyabinsk, 2015. S. 63–66.
5. Kodeks chesti sotrudnika sistemy Ministerstva Rossijskoj Federacii po delam grazhdanskoj oborony, chrezvychajnym situacijam i likvidacii posledstvij stihijnyh bedstvij: Prikaz MCHS Rossii ot 6 marta 2006 g. № 136. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
6. Ob utverzhdenii federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo standarta vysshego obrazovaniya po special'nosti 20.05.01 «Pozharnaya bezopasnost'» (uroven' specialiteta): Prikaz Ministerstva obrazovaniya i nauki Ros. Federacii ot 17 avg. 2015 g. № 851. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
7. Solonicyn V.A. Kompetentnostnyj podhod i kachestvo obrazovatel'nogo processa v vuze // Obrazovatel'nye resursy i tekhnologii. 2013. № 1 (2). S. 12–18.

РОЛЬ ИНСТИТУТА БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОГО СОСТАВА КАФЕДРЫ В ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ С ВЫПУСКНИКАМИ

И.В. Осипчук, кандидат психологических наук, доцент;

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

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

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Предлагается оценку эффективности передачи знаний обучающимся проводить с учетом анализа достижений выпускников университета на рабочем месте. Карьерный рост выпускников, их уровень профессиональной готовности к решению сложных производственных задач определяет качество работы института безопасности жизнедеятельности и научно-преподавательского состава кафедры. В рамках реализации взаимодействия преподавателей с выпускниками разработана форма анкеты – отзыва, позволяющая коррелировать образовательный процесс с учетом изменений к профессиональному портрету выпускника.

Ключевые слова: качество преподавательской работы, подготовка специалистов, карьерный рост, анкетирование, отзывы

THE ROLE OF THE INSTITUTE OF SAFETY AND SCIENTIFIC- PEDAGOGICAL STAFF OF THE DEPARTMENT IN ORGANIZING THE WORK WITH ALUMNI

I.V. Osipchuk; I.L. Skrypnyk; S.V. Voronin.

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

The article proposes to assess the effectiveness of knowledge transfer to students taking into account the analysis of the achievements of University graduates in the workplace. Career growth of graduates, their level of professional readiness to solve complex production problems determines the quality of the teaching staff of the departments and institutes of the University. As part of the implementation of the interaction of teachers with graduates, a feedback form has been developed, which allows to correlate the educational process with the changes to the professional portrait of the graduate.

Keywords: quality of teaching, training, career development, questionnaires, reviews

Закончив высшее учебное заведение выпускники, став дипломированными специалистами, получив диплом об образовании, начинают свою трудовую деятельность, реализуя приобретенные знания и навыки в выбранной профессии. Чем больше знаний выпускники получили в результате обучения в университете, тем большую пользу они способны принести стране. Однозначно, возникает вопрос о том, как институту безопасности жизнедеятельности (ИБЖ) и научно-педагогическому составу (НПС) кафедры проводить оценку (самооценку) эффективности передачи знаний обучающимся. Этот процесс можно решать через реализацию обратной связи выпускников, устроившихся на работу в соответствующие структуры разных регионов страны, с воспитательной службой ИБЖ и выпускающими кафедрами на инициативном подходе преподавательских коллективов. Конечно, речь идет о выпускниках университета, которые устраиваются на работу по специальности.

Чтобы инициативный уровень сделать работоспособным, такое взаимодействие носило конструктивный, творческий, взаимовыгодный характер, руководству ИБЖ и кафедры необходимо выделить ответственного за установление и поддержание этих связей.

Например, с выпускниками по направлению подготовки «Техносферная безопасность» можно рекомендовать поддерживать отношения со службами охраны труда (ОТ), государственными инспекциями по всем направлениям деятельности, куда, в основном, они устраиваются на работу.

С выпускниками по специальности «Пожарная безопасность» взаимодействие осуществлять с органами Государственной противопожарной службы регионов, областей, где проходят службу выпускники.

Значительное, важное место в этом процессе занимает ИБЖ, которое является не только структурным подразделением, входящим в состав университета, реализующим подготовку студентов по многим специальностям и направлениям подготовки, но и осуществляющее непрерывное, тесное взаимодействие с НПС кафедр, отделами (службами) университета в вопросах:

- осуществления воспитательной работы со студентами;
- участия в научной деятельности вуза (конкурс на лучшую научную работу, подготовка статей и выступлений на конференциях);
- организация спортивно-массовой работы (соревнования по пожарно-прикладному спорту, футболу и др.);
- проведение культурного досуга (смотр на лучшую песню, посещение выставок, музеев, театров, участие в «круглых столах», обмен опытом с зарубежными коллегами, в том числе пожарных частей за границей, художественной самодеятельности);
- подготовки учебно-методических комплексов: грифованных учебных и учебно-методических пособий (для обучения магистров по специальностям «Техносферная безопасность» (ТБ), «Пожарная безопасность» (ПБ) и «Инженерно-технические экспертизы» выполнено учебное пособие «Безопасность эксплуатации электроустановок» с альбомом схем, имеющее гриф учебно-методического объединения по университетскому политехническому образованию); информационных стендов, презентаций; необходимых методических документов, особенно для системы заочного дистанционного обучения (тестов, лекций, методических рекомендаций и заданий для выполнения курсовых проектов и контрольных работ, самостоятельного изучения дисциплины, выпускных квалификационных работ).

ИБЖ и кафедры на протяжении большого периода налаживают и поддерживают прямую и обратную связи со своими выпускниками, ежегодно организуя встречи с преподавателями на базе университета в дни «Охраны труда», «Пожарной охраны», «Открытых дверей», которые являются уже состоявшимися традициями. Выпускники разных лет обучения имеют возможность встретиться и обсудить свою профессиональную деятельность с коллегами, работающими в службах ОТ предприятий, государственных инспекциях, других учреждениях города и организациях, занимающихся вопросами проектирования и обслуживания систем автоматической пожарной сигнализации, автоматических установок пожаротушения, внедрением комплекса организационно-технических мероприятий, снижающих промышленную (пожарную) опасность и риск возникновения чрезвычайных ситуаций. На таких встречах устанавливаются профессиональные связи, завязываются нужные знакомства и деловые взаимоотношения.

Интересным направлением является анализ карьерного роста выпускников, получение информации о том, выпускники какого университета более востребованы в своей специализации, за изменением потребностей трудового рынка.

Решение этой задачи существенно:

- повысит изменение исходных данных, которые повлияют на эффективность образовательного процесса;

- позволит скорректировать учебно-методические комплексы с учетом особенностей деятельности «на местах» различных подразделений;
- усовершенствует методику и качество проведения занятий, например, применяя активные, интерактивные формы проведения занятий – деловые (ролевые) игры [1], объективные занятия, виртуальные лабораторные работы и др. Разнообразие способов этих форм обучения способствует максимальному усвоению пройденного материала;
- поможет провести детальный, конструктивный, анализ недостатков и упущений обучения с разработкой мероприятий по совершенствованию учебно-воспитательной работы;
- позволит выработать направления совершенствования учебно-материальной базы и использования, рекламирования продукции ведущих компаний, в которых работают выпускники.

Решение данной задачи существенно улучшит верификацию полученных данных, причем целесообразно проводить данную оценку качества подготовки выпускников ежегодно, с накоплением базы данных по годам, корректируя деятельность НПС.

Постоянно действующая обратная связь обеспечит критический анализ достигнутых результатов и наметит пути совершенствования образовательного процесса.

Аксиомой является то, что качественная подготовка молодых кадров, способных реализовать себя в специальности, возможна только при условии сильного высококвалифицированного кадрового состава НПС, способного чутко реагировать на изменяющиеся потребности в каждой специализации.

В то же время взаимодействие с выпускниками поможет провести качественный анализ самооценки деловых качеств НПС кафедры через обратную связь с обучающимися, который можно осуществить с использованием анкет – отзывов. Результаты анкетирования должны быть проанализированы ИБЖ и кафедрой с целью нахождения слабых звеньев в цепи образовательного процесса.

Сложнее решить задачу установления связи с выпускниками, работающими в других регионах страны, но ее можно осуществить через кадровые органы ИБЖ и университета [2].

Мониторинг позволит обеспечить постоянное совершенствование подготовки специалистов за счет наличия самой обратной связи (с соответствующим анализом недостатков обучения и разработкой мероприятий по совершенствованию учебно-воспитательной работы); высокого уровня квалификации НПС и материально-технического обеспечения сопровождения учебного процесса.

Фрагмент анкеты, учитывающей общекультурные, общепрофессиональные и профессиональные компетенции, представленные в федеральном государственном общеобразовательном стандарте по направлению подготовки «Пожарная безопасность» и «Техносферная безопасность» для выпускника показан в таблице. Оценка производится по пятибалльной шкале: «отлично» – 5; «хорошо» – 4; «удовлетворительно» – 3; «неудовлетворительно» – 2.

Данный разработанный опросник-анкета прошел апробацию среди руководящего состава отрядов пожарной охраны и руководителей предприятий, занимающихся вопросами ОТ. К решению задачи по организации опроса-анкетирования было привлечено руководство ИБЖ и НПС кафедры.

Проведенный анализ анкет показал, что:

- выпускники, в целом, высоко оценили деятельность НПС, но высказали пожелание больше внедрять в учебный процесс передовые технологии и активные формы занятий;
- большинство выпускников зарекомендовало себя грамотными, компетентными, обладающими достаточными знаниями и способными их применять в практической деятельности специалистами.

Таблица. Пример рекомендуемого бланка отзыва-анкеты выпускника

Оценочные показатели выпускника	Год выпуска	Занимаемая должность/ звание	Оценка (баллы)			
			5	4	3	2
Специализация выпускника университета (наименование)						
1. Профессиональные качества						
Знание и умение применять на практике требования руководящих и нормативных документов по противопожарной службе /службе ОТ						
Знание и умение анализировать уровень пожарной/техносферной опасности технологических систем при: – проектировании; – строительстве (монтаже); – эксплуатации						
Умение проводить инженерно-технические расчеты с использованием современных методик по обеспечению безопасности технологических систем						
Умение обеспечить проведение профилактических работ при эксплуатации технологических систем						
Умение обеспечить эффективность эксплуатации технических средств и систем по обеспечению ПБ /ТБ объектов						
Умение должным образом разрабатывать и оформлять документы						
Умение анализировать, внедрять передовой опыт по обеспечению ПБ/ТБ технических систем						
Способность оценивать риск пожарной/техносферной опасности технологических систем и обеспечивать приемлемый риск						
Способность организовывать и осуществлять техническое обслуживание, ремонт, консервацию, хранение и контроль состояния средств защиты; принимать решения по срокам замены средств защиты						
Способность в составе коллектива участвовать в инженерных разработках						
Способность пропагандировать цели и задачи обеспечения ПБ/ТБ технологических систем						
Способность измерять уровни опасностей технологических систем, обрабатывать результаты измерений, составлять прогнозы развития аварийных ситуаций						
Способность ориентироваться в общих проблемах ПБ/ТБ технологических систем						
2. Методические и организаторские способности						
Умение обеспечить высокий уровень ПБ/ТБ технологических систем						
Умение организовать обучение правилам ПБ/ТБ на подконтрольных объектах						
Умение планировать профилактическую работу по обеспечению ПБ/ТБ технологических систем						

Оценочные показатели выпускника	Год выпуска	Занимаемая должность/ звание	Оценка (баллы)			
			5	4	3	2
Специализация выпускника университета (наименование)						
Самостоятельность и инициативность при решении вопросов безопасности технологических систем						
Самостоятельность и инициативность при решении вопросов безопасности технологических систем в экстремальных условиях						
Компетентность в вопросах применения показателей ПБ/ТБ						
Стремление к самосовершенствованию по вопросам обеспечения ПБ/ТБ технологических процессов						
Способность делать выводы, давать прогнозы, предложения и рекомендации по повышению ПБ/ТБ технологических процессов						
Способность и потребность к самообучению (самообразованию)						
Владение культурой безопасности и риско-ориентированным мышлением, способность рассматривать вопросы безопасности в качестве важнейших приоритетов жизнедеятельности человека						
Способность к абстрактному и критическому мышлению, исследованию безопасности технологических процессов, к нестандартным решениям						
Способность использовать современные пакеты программ для расчета уровней пожарной/техногенной опасности, в том числе категорий по взрывопожарной и пожарной опасности, индивидуального, потенциального и социального рисков						
Умение использовать глобальные информационные ресурсы, средства телекоммуникаций, информацию из различных источников в решении вопросов безопасности						
Владение организационно-управленческими навыками в своей профессиональной деятельности						
1. Профессиональные качества						
Знание и умение применять на практике требования руководящих и нормативных документов по службам ПБ и ОТ						
Знание и умение анализировать уровень пожарной и техносферной опасности технологических систем при проектировании, строительстве (монтаже), эксплуатации						
Умение проводить инженерно-технические расчеты с использованием современных методик по обеспечению безопасности технологических систем						
Умение обеспечить проведение профилактических работ при эксплуатации технологических систем						
Умение обеспечить эффективность эксплуатации технических средств и систем по обеспечению ПБ и ТБ объектов						
Умение должным образом разрабатывать и оформлять документы						

Оценочные показатели выпускника	Год выпуска	Занимаемая должность/ звание	Оценка (баллы)			
			5	4	3	2
Специализация выпускника университета (наименование)						
2. Методические и организаторские способности						
Умение обеспечить высокий уровень ПБ и ТБ технологических систем						
Умение организовать обучение правилам ПБ и ТБ на подконтрольных объектах						
Умение планировать профилактическую работу по обеспечению ПБ и ТБ технологических систем						
Самостоятельность и инициативность при решении вопросов безопасности технологических систем						
Самостоятельность и инициативность при решении вопросов безопасности технологических систем в экстремальных условиях						
Компетентность в вопросах применения показателей ПБ и ТБ						

Анализ отзывов позволил наметить дальнейшие направления совершенствования процесса обучения [3]:

- повысить уровень подготовки кадров к проблемам и требованиям органов пожарной охраны города и предприятий, занимающихся вопросами ОТ, акцентируя внимание на навыках и умениях в организаторской и управленческой деятельности;
- целесообразно ужесточить требования при изучении специальных дисциплин, формирующих инженеров (специалистов) противопожарной службы и бакалавров ТБ;
- акцентировать внимание на изучении основных нормативных и руководящих документах по противопожарной службе, ОТ и их практическому применению;
- развивать у обучающихся навыки общения с руководителями объектов, предприятий, городских и местных органов власти;
- целесообразно усилить профилактическую работу.

Изучая полученный результат, можно оценить положительно первый опыт работы ИБЖ и НПС кафедры, который позволил предложить к рассмотрению форму отзыва-анкеты выпускника университета. Приняв эту форму за основу, можно вносить в нее по усмотрению каждого НПС дополнительные вопросы, которые позволят в большей мере учитывать специализацию выпускника. В дальнейшем можно изменить оценочные средства, предложить другой способ ранжирования. Но нужно иметь в виду, что при переходе к другой шкале оценок у опрашиваемого могут возникнуть затруднения при отсутствии четкого представления о границах перехода от одной оценочной шкалы к другой. Предложено применять привычную балльную оценку. Оказывает влияние на достоверность опроса также и форма, в которой задаются вопросы. Представляется полезным (после первого же применения данной формы опроса) несколько отойти от формализованной формы к более конкретной, лаконичной. Объем предполагаемого «опросника» не должен быть очень большим, как бы не хотелось получить ответы, охватывающие все предполагаемые компетенции по обучению; смысловое дублирование в поставленных вопросах не идет на пользу. Поэтому в следующем опроснике предполагается несколько сократить число вопросов.

Так как при анализе любых полученных данных важна достоверность результатов, можно предложить привлечь к окончательной разработке отзыва-анкеты коллег, например, с кафедры психологии. При обработке информации можно использовать современные технологии хранения и обработки данных.

В дальнейшем, приняв эту форму анкет за основу, можно вносить в нее по усмотрению каждого НПС дополнительные вопросы, позволяющие в большей мере учитывать специализацию выпускника.

Таким образом, намеченные направления дальнейшего сотрудничества ИБЖ и НПС кафедры с выпускниками поможет намного повысить эффективность образовательного процесса и поддерживать с ними хорошие, доверительные отношения.

Литература

1. Опыт проведения практических занятий в интерактивной форме по направлению «Техносферная безопасность». Промышленная безопасность предприятий минерально-сырьевого комплекса в XXI веке / Т.Т. Каверзнева [и др.]. Т. 1: Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2017. № 4 (5-1). С. 359–364.

2. Воронин С.В., Скрипник И.Л. Организация и поддержание отношений преподавателя с обучающимися // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов IX Всерос. науч.-практ. конф. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пож.-спас. акад. ГПС МЧС России, 2018. С. 439–442.

3. Скрипник И.Л., Воронин С.В., Савенкова А.Е. Основные направления по совершенствованию подготовки специалистов ГПС МЧС России // Психолого-педагогические проблемы безопасности человека и общества. 2017. № 3 (36). С. 56–60.

References

1. Opyt provedeniya prakticheskikh zanyatij v interaktivnoj forme po napravleniyu «Tekhnosfernaya bezopasnost'». Promyshlennaya bezopasnost' predpriyatij mineral'no-syr'evogo kompleksa v XXI veke / T.T. Kaverzneva [i dr.]. T. 1: Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten' (nauchno-tekhnicheskij zhurnal). 2017. № 4 (5-1). S. 359–364.

2. Voronin S.V., Skripnik I.L. Organizaciya i podderzhanie otnoshenij prepodavatelya s obuchayushchimisya // Nadezhnost' i dolgovechnost' mashin i mekhanizmov: sbornik materialov IX Vseros. nach.-prakt. konf. Ivanovo: FGBOU VO Ivanovskaya pozh.-spas. akad. GPS MCHS Rossii, 2018. S. 439–442.

3. Skripnik I.L., Voronin S.V., Savenkova A.E. Osnovnye napravleniya po sovershenstvovaniyu podgotovki specialistov GPS MCHS Rossii // Psihologo-pedagogicheskie problemy bezopasnosti cheloveka i obshchestva. 2017. № 3 (36). S. 56–60.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

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

Бершадский Илья Адольфович – проф. каф. электроснаб. пром. пред. и городов ГОУ ВПО Донецкого нац. техн. ун-та (283001, г. Донецк, 25 лет РККА, д. 1), д-р техн. наук, доц.;

Бубнов Андрей Германович – проф. каф. эксплуатац. пож. техн., средств связи и малой механиз. Учеб.-науч. комплекса «Пожаротушение» Ивановской пож.-спас. акад. ГПС МЧС России (153040, г. Иваново, пр. Строителей, д. 33), д-р хим. наук, доц.;

Буйневич Михаил Викторович – проф. каф. прикл. мат. и информ. технол. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук, проф.;

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

Воронин Сергей Владимирович – ст. инспектор группы контроля кач-ва СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Головин Сергей Алексеевич – адъюнкт каф. пож. безопасн. технол. процессов и пр-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: 9832035@bk.ru;

Десницкий Василий Александрович – ст. науч. сотр. лаб. проблем компл. безопасн. СПб ин-та информ. и автомат. РАН (199178, Санкт-Петербург, 14-я линия В.О., д. 39); доц. каф. защ. систем связи СПб гос. ун-та телекоммуникац. им. проф. М.А. Бонч-Бруевича (193382, Санкт-Петербург, пр. Большевиков, д. 22, к. 1); инж. каф. безопасн. киберфиз. систем СПб нац. исслед. ун-та информ. технол., механики и оптики (197101, Санкт-Петербург, Кронверский пр., д. 49), канд. техн. наук;

Евдокимов Андрей Сергеевич – нач. фак-та инж.-техн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

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

Згарбул Андрей Викторович – аспирант каф. электроснаб. пром. пред. и городов ГОУ ВПО Донецкого нац. техн. ун-та (283001, г. Донецк, 25 лет РККА, д. 1);

Израилов Константин Евгеньевич – доц. каф. защ. систем связи СПб гос. ун-та телекоммуникац. им. проф. М.А. Бонч-Бруевича (193232, Санкт-Петербург, пр. Большевиков, д. 22, к. 1), канд. техн. наук;

Козлова Юлия Владиславовна – нач. отд. психол. обеспеч. учеб. проц. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. психол. наук;

Константинова Алина Станиславовна – ст. инж. отд. МТО ФГКУ «8 отряд ФПС по СПб» (Санкт-Петербург, Большой пр. П.С., д. 11);

Коробейникова Елена Германовна – проф. каф. физ.-хим. основ процессов горения и тушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. хим. наук, доц.;

Королева Людмила Анатольевна – зам. нач. каф. пож., авар.-спас. техн. и авт. хоз-ва СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: lyudamil@mail.ru, канд. техн. наук, доц.;

Котенко Игорь Витальевич – и.о. зав. лаб. проблем компьютер. безопасн. СПб ин-та информ. и автоматиз. РАН (199178, Санкт-Петербург, 14-я линия ВО, д. 39), д-р техн. наук, проф., гл. науч. сотр.;

Крутолапов Александр Сергеевич – зам. нач. ин-та развития по уч.-метод. работе СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук, доц.;

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

Латышев Олег Михайлович – проф. каф. надзор. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. пед. наук, проф.;

Ловчиков Владимир Александрович – проф. каф. криминал. и инж.-техн. эксперт. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук, проф.;

Лукьянова Елена Леонидовна – доц. каф. психол. риска, экстрем. и кризис. ситуаций СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. психол. наук, доц.;

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

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 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;

Меткин Михаил Владимирович – доц. каф. психол. риска, экстрем. и кризис. ситуаций СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. психол. наук;

Мокряк Андрей Юрьевич – нач. отд. инструмент. методов и тех. средств эксперт. пож. Науч.-исслед. ин-та перспектив. исслед. и науч. технол. в области безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук;

Мокряк Анна Васильевна – науч. сотр. отд. инновац. и информ. технол. в экспертизе пожаров Науч.-исслед. ин-та перспектив. исслед. и науч. технол. в области безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Осипчук Игорь Васильевич – зам. нач. ун-та по платной деят. – ректор ин-та безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. психол. наук, доц.;

Папырин Владимир Владимирович – нач. отд. перспектив. разработ. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. Науч.-исслед. ин-та перспектив. исслед. и науч. технол. в области безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. юрид. наук;

Пихконен Леонид Валентинович – зав. каф. горноспас. дела и взрывобезопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук;

Покусов Виктор Владимирович – председатель «Казахстанской Ассоциации информационной безопасности», аспирант каф. прикл. мат. и информ. технол. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

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

Рудавин Николай Николаевич – программист лаб. проблем компьютер. безопасн. СПб ин-та информ. и автоматиз. РАН (199178, Санкт-Петербург, 14-я линия ВО, д. 39);

Сараев Иван Витальевич – адъюнкт Ивановской пож.-спас. акад. ГПС МЧС России (153040, г. Иваново, пр. Строителей, д. 33);

Свидзинская Галина Борисовна – проф. каф. физ.-хим. основ процессов горения и тушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: gns2@mail.ru, канд. хим. наук, доц.;

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

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.;

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 безопасности транспортных 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;

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

Фаргиев Магомед Абусупьянович – гл. спец. отд. мат.-техн. обеспеч. ГУ МЧС России по Республике Ингушетия (386001, Республика Ингушетия, г. Магас, ул. Д. Мальсагова, д. 34), канд. техн. наук;

Федоров Александр Валентинович – СПб нац. исслед. ун-т информ. технол., механики и оптики (197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д. 49), д-р техн. наук;

Халявинская Наталья Михайловна – ст. препод. каф. электроснаб. пром. пред. и городов ГОУ ВПО Донецкого нац. техн. ун-та (283001, г. Донецк, 25 лет РККА, д. 1);

Чешко Илья Данилович – вед. науч. сотр. отд. инструмент. методов и тех. средств эксперт. пож. Науч.-исслед. ин-та перспектив. исслед. и науч. технол. в области безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук, проф., засл. деят. науки РФ;

Шидловский Александр Леонидович – нач. каф. практи. подгот. сотр. пож.-спас. формирований СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн., наук, доц.