

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

**Санкт-Петербургский университет
Государственной противопожарной службы МЧС России**

**Российская академия наук.
Санкт-Петербургский научный центр**

Российская академия ракетных и артиллерийских наук



**Балтийский государственный технический университет
«ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова**

Международный институт горения (The Combustion Institute)

Комплексная безопасность и физическая защита

Труды

**VI Мемориального семинара
профессора Б.Е. Гельфанда**

XIII Международной научно-практической конференции

**Санкт-Петербург
2017**

Комплексная безопасность и физическая защита. Труды VI Мемориального семинара профессора Бориса Ефимовича Гельфанда и XIII Международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 24–26 октября 2017 года
/ Сост.: А.С. Алешин, А.М. Сазыкин, А.В. Зыков. — СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2017. — 344 с.

ОРГКОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

Сопредседатели:

генерал-лейтенант внутренней службы ЧИЖИКОВ Эдуард Николаевич — начальник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

СИЛЬНИКОВ Михаил Владимирович — Генеральный директор ЗАО «НПО СМ», профессор Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, член-корреспондент РАН, академик РАН, Заслуженный деятель науки РФ, директор Северо-Западного отделения Российской секции Международного института горения.

Заместители председателя:

МУСИЕНКО Тамара Викторовна — заместитель начальника Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России по научной работе, доктор политических наук, кандидат исторических наук;

ЧЕРНЫШОВ Михаил Викторович — профессор кафедры «Плазмогазодинамика и теплотехника» факультета ракетно-космической техники и заместитель проректора Балтийского государственного технического университета «Военмех» им. Д.Ф. Устинова по научной работе и инновационно-коммуникационным технологиям, доктор технических наук, доцент.

Члены оргкомитета:

АДУШКИН Виталий Васильевич — главный научный сотрудник Института динамики геосфер РАН (г. Москва), заведующий кафедрой «Теоретическая и экспериментальная физика геосистем» Московского физико-технического института, академик РАН, доктор физико-математических наук, профессор;

МОРОЗОВ Никита Федорович — заведующий кафедрой «Теории упругости» математико-механического факультета Санкт-Петербургского государственного университета, ведущий научный сотрудник Института проблем машиноведения РАН, академик РАН, председатель Научного совета РАН по механике деформируемого твердого тела, доктор физико-математических наук, профессор;

СОН Эдуард Евгеньевич — заместитель директора Объединённого института высоких температур РАН (г. Москва), академик РАН, доктор физико-математических наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ;

ПЕТРОВ Юрий Викторович — директор НИЦ «Динамика» математико-механического факультета Санкт-Петербургского государственного университета, заведующий отделом «Экстремальные состояния материалов и конструкций» Института проблем машиноведения РАН, член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук, профессор, председатель Северо-Западного отделения Научного совета РАН по горению и взрыву;

СМИРНОВ Николай Николаевич — председатель Российской секции Международного института горения, профессор кафедры газовой и волновой динамики, заместитель декана механико-математического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, доктор физико-математических наук, профессор;

генерал-майор внутренней службы ИВАНОВ Петр Яковлевич — заместитель начальника Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

ПЕТРОВ Виктор Алексеевич — главный научный сотрудник ОАО «НПП “Радар ММС”», академик РАН, доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации;

ПЕНЯЗЬКОВ Олег Глебович — директор Института тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова Национальной академии наук Беларуси (г. Минск), действительный член НАН Беларуси, доктор физико-математических наук, профессор;

МАТВЕЕВ Станислав Алексеевич — проректор Балтийского государственного технического университета «Военмех» им. Д.Ф. Устинова по научной работе и инновационно-коммуникационным технологиям, заведующий кафедрой «Систем управления и компьютерных технологий» факультета «Информационные и управляющие системы» БГТУ «Военмех» им. Д.Ф. Устинова, кандидат технических наук;

ЖАНТАСОВ Курманбек Тажмаханбетович — профессор кафедр «Химическая технология неорганических веществ» и «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды» Южно-Казахстанского государственного университета им. М. Ауэзова (г. Шымкент, Республика Казахстан), доктор технических наук, профессор;

УЛЫБИН Вячеслав Борисович — профессор кафедры химической энергетики Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета), заместитель председателя Северо-Западного отделения Научного совета РАН по горению и взрыву, доктор технических наук, профессор;

ГАЙДЕЙ Тарас Петрович — главный научный сотрудник ФГУП «РНЦ “Прикладная химия”», ученый секретарь Северо-Западного отделения Научного совета РАН по горению и взрыву, доктор технических наук, старший научный сотрудник;

МЕДВЕДЕВ Сергей Павлович — заведующий лабораторией гетерогенного горения Института химической физики им. Н.Н. Семёнова РАН, доктор физико-математических наук;

генерал-полковник ЗАЙЦЕВ Анатолий Иннокентьевич — заместитель директора Высшей школы техносферной безопасности Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого по учебно-воспитательной работе;

МИХАЙЛИН Андрей Иванович — заместитель Генерального директора ЗАО «НПО СМ» по науке и развитию, член-корреспондент РАН, доктор технических наук, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники;

ЕМЕЛЬЯНОВ Владислав Николаевич — заведующий кафедрой «Плазмогазодинамика и теплотехника» факультета ракетно-космической техники Балтийского государственного технического университета «Военмех» им. Д.Ф. Устинова, доктор технических наук, профессор;

ЗАХМАТОВ Владимир Дмитриевич — профессор Академии экологической безопасности Министерства экологии Украины (г. Киев), профессор-консультант компании Jilin Sino-Ukraine Fire Extinguishing System Co., Ltd. (г. Чанчунь, Китайская Народная Республика), доктор технических наук, профессор;

полковник внутренней службы ПЕЛЕХ Михаил Теодозиевич — заместитель начальника Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России по учебной работе, кандидат технических наук, доцент;

полковник внутренней службы ГРЕШНЫХ Антонина Адольфовна — начальник факультета подготовки кадров высшей квалификации Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, доктор педагогических наук, кандидат юридических наук, профессор;

САЗЫКИН Андрей Михайлович — начальник Научно-методического центра ЗАО «НПО СМ», кандидат технических наук, доцент.

Ученый секретарь:

полковник внутренней службы МАМЕДОВ Назим Магомед Оглы — начальник центра организации научных исследований Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, кандидат педагогических наук, доцент.

ПРИМЕНЕНИЕ ЗДОРОВЬЕСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ КАК ФАКТОР, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЙ СОЦИАЛЬНУЮ СРЕДУ В СИСТЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ БУДУЩИХ РАБОТНИКОВ ОСОБО ОПАСНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Ф.А. Абдулалиев, З.А. Мурзаева

*Санкт-Петербургский университет
Государственной противопожарной службы МЧС России*

В классической модели представления последовательности событий, приводящих к авариям или происшествиям, предложенной в 1931 году пионером американской промышленной безопасности Гербертом Хейнрихом, особое внимание уделяется социальной среде, в которой будущий работник воспитывался. В основу этих предположений легла теория или эффект «Домино» (рисунок).

Модель определяет пять причинных факторов и событий, которые, как предполагается, присутствуют в большинстве происшествий:

1. Социальная среда связана с тем, где и как человек воспитывался.
2. Вина (ошибка) человека или халатность, которая создается социальной средой.
3. Небезопасное действие или состояние, которое вызвано безответственными людьми, или плохо спроектированное или неправильно эксплуатируемое оборудование.
4. Авария (происшествие), вызванная небезопасным действием или опасными условиями на рабочем месте.
5. Травма, полученная в результате аварии.

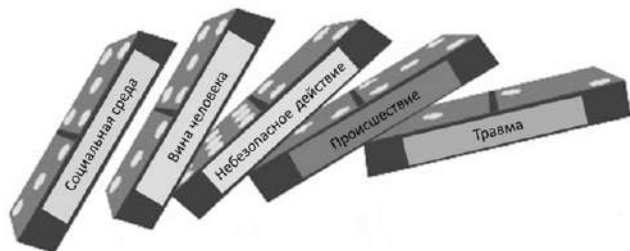


Рис. Модель «Домино»

Строго говоря, модель домино является концептуальным представлением о том, что приведет к травме. В качестве основных причин аварий Хейнрих сосредоточивается на людях, а не на техническом оборудовании.

Социальная среда зависит от многих факторов, таких как: высокая загруженность родителей, неблагоприятная психологическая обстановка, влияние сверстников на употребление вредных привычек, отсутствие представлений о правильном питании, трудности в занятии спортом, а также не соблюдение режима дня. Вынесением вопроса сохранения здоровья в число наиважнейших задач социального развития определяет важность теоретического и практического решения данной проблемы, обозначая потребность разработки методических и организационных путей к сбережению здоровья, его формированию и росту. Отсюда представляется потребность воспитания сущности здорового образа жизни у человека. Без важного, целенаправленного решения вопроса формирования культуры здоровья обучающихся школа не сможет выполнять свою задачу по сбережению их здоровья. Школьник, не заботящийся о своем здоровье, немотивированный на его сохранение, укрепление и принятие здорового образа жизни, не сможет оставаться здоровым при всем старании педагогов.

В настоящее время существует ряд программ по формированию культуры здорового образа жизни школьников. Сама программа по формированию культуры здорового образа жизни является системой, направленной на соблюдение условий для сохранения, укрепления и развития духовного, эмоционального, интеллектуального, личностного и физического здоровья школьников.

Базой в процессе формирования культуры здорового образа жизни учащихся являются здоровьесберегающие технологии. В основе здоровьесберегающих технологий лежит принцип системности процессов обучения и воспитания. Основными компонентами являются диагностика, коррекция и развитие, соблюдение санитарных норм и правил, выполнение мероприятий по укреплению и сохранению здоровья, формирующих культуру здорового образа жизни у всех учащихся в учебно-воспитательном процессе детей. Важно, что только системность этих видов деятельности, будет направлена на активизацию здоровьесберегающих технологий, способствовать укреплению здоровья, а также повышению эффективности воспитательной работы.

Таким образом, оздоровительное воспитание должно стать частью социальной среды в системе обеспечения безопасности будущих работников особо опасных предприятий.

Литература

1. Heinrich H.W. Industrial accident prevention: a scientific approach. New York: McGraw-Hill, 1931.

К ВОПРОСУ О СИСТЕМЕ ОПОВЕЩЕНИЯ НА ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ

В.Н. Аксенов, Ю.В. Иванов

*Военный учебно-научный центр
Военно-Морского Флота «Военно-морская академия»
им. Н.Г. Кузнецова,
Центр управления в кризисных ситуациях
Главного управления МЧС России
по Ставропольскому краю», г. Ставрополь*

Защита населения от последствий аварий на потенциально опасных объектах (ПОО) представляет собой комплекс организационно-технических мероприятий, проводимых с целью исключения или максимального снижения числа пострадавших в чрезвычайных ситуациях на ПОО. Это, прежде всего, мероприятия по предупреждению и раннему обнаружению аварии, способствующие своевременному проведению локализации и ликвидации аварии, а также принятию защитных мер.

Комплекс систем раннего обнаружения угрозы возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) состоит из следующих основных частей:

1. Система раннего обнаружения угрозы возникновения ЧС;
2. Система обнаружения ЧС;
3. Система оповещения руководящего состава и работающего персонала ПОО об угрозе или возникновении ЧС;
4. Система оповещения ответственных лиц территориальных органов МЧС России, органов исполнительной власти;
5. Пульты централизованного мониторинга;
6. Пульты централизованного наблюдения;
7. Система оповещения населения, которое проживает или находится в прогнозируемых зонах поражения опасными факторами ПОО.

Задача обнаружения аварии, оценка и прогнозирование возлагается на автоматизированные системы контроля аварий и оповещение потенциально опасных объектов (СКАО).

Работы по созданию систем СКАО в последние годы были сведены к нулю и не пользовались спросом у руководителей предприятий, так как ассоциировались со временами «холодной войны» и в основном предназначались для оповещения населения и специаль-

ных служб на случай военных действий. Однако в настоящее время вновь возник вопрос, связанный с оповещением населения, взаимодействием служб различного назначения на базе прежних систем.

Данный вид оповещения выделяется в свой особый класс, так как строится на своих принципах и специфическом виде оборудования, которое предназначено для использования в районах размещения ПОО (объекты с категорией по гражданской обороне (ГО), опасные производственные объекты по классам химической опасности и другие).

Рассмотрим более детально каждый этап:

Система раннего обнаружения угрозы возникновения ЧС и система обнаружения ЧС состоит из технологических датчиков, сигнализаторов и других технических средств, которые способны контролировать опасные параметры оборудования и окружающей среды, а также приемно-контрольных приборов.

Это могут быть автоматические датчики:

- системы контроля предельно-допустимых концентраций химически взрывоопасных смесей (газоанализаторы);
- системы контроля предельно-допустимых концентраций химически опасных газоподобных веществ (хлор, аммиак и т.д.);
- системы контроля предельно-допустимых уровней легковоспламеняющихся жидкостей в резервуарах, аппаратах и т.д.;
- системы контроля предельно-допустимого давления жидкости и газоподобных смесей в трубопроводах, аппаратах и т.д.;
- системы контроля предельно-допустимых температур жидкости, веществ и газоподобных смесей в аппаратах и т.д.;
- системы контроля предельно-допустимых уровней радиации.

Выбор типа датчика зависит от конкретных условий на объекте. В особых случаях для защиты конкретных аппаратов, оборудования, помещений используются комбинации датчиков разных принципов действия, рис. 1.

В местах, где необходимо контролировать наличие людей в опасных зонах, устанавливаются видеокамеры, соединенные с системой видеонаблюдения.

Система оповещения руководящего состава и работающего персонала об угрозе или возникновении ЧС состоит из приборов, которые выдают специальные звуковые сигналы, голосовых извещателей и световых указателей, базовой аппаратуры автоматического включения оповещения.



Рис. 1. Применение контрольно-приемного датчика

Непосредственно на ПОО на случай возникновения ЧС создаются объектовые и локальные системы оповещения.

Создание локальных систем оповещения — составная часть комплекса мероприятий по защите персонала объектов экономики, а также жителей населенных пунктов, расположенных в районах размещения потенциально опасных объектов.

Локальные системы оповещения представляют собой организационно-техническое объединение дежурной службы потенциально опасного объекта, специальных технических средств оповещения, сетей вещания и линий связи (рис. 2).

Создание систем оповещения по сигналам ГО и ЧС начинается с предписания МЧС России по субъекту Российской Федерации, которые выдаются руководителям организаций на основании Федерального закона № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21 июля 1997 г. Далее работы ведутся в такой же последовательности, как и для других систем безопасности: техническое задание — проект — монтаж — пуско-наладка — сдача системы в эксплуатацию.

Системы могут строиться по различным алгоритмам работы с оповещением руководителей организаций, руководителей городов и районов, населения близлежащих территорий к опасным объектам, персонала самих работников опасных производственных объектов, а также могут являться приоритетными по сравнению с другими системами локального оповещения (пожарная сигнализация отдельных помещений и цехов, селекторной связи предприятий и др.). Ло-

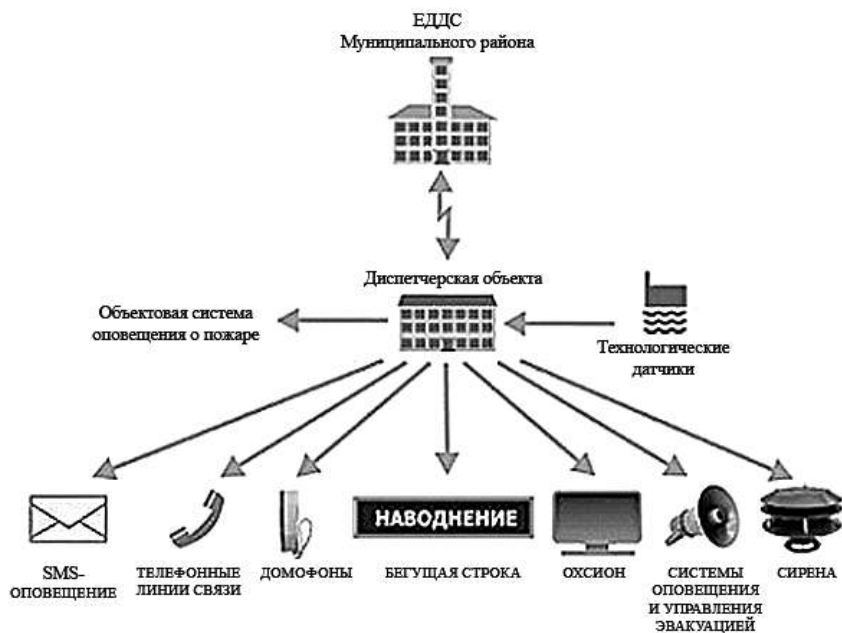


Рис. 2. Локальная система оповещения

кальные системы оповещения по сигналам ГО и ЧС выстраиваются в единую систему оповещения субъектов Российской Федерации и в конечном итоге, представляет собой единую сеть оповещения всей страны.

Автоматизированные системы контроля аварий и оповещения (АСКАО) потенциально опасных объектов является логическим следствием развития локальных систем оповещения и предназначаются для (рис. 3):

- непрерывного измерения концентраций токсичных газов или горючих веществ в рабочей зоне и на промышленной площадке объекта;
- сигнализация о превышении установленных порогов концентраций в местах расположения датчиков — анализаторов;
- выдачи сигналов на включение обменной и аварийной вентиляции, аппаратуры управления отсечными клапанами и остановки работы установок в случае аварии;
- определения уровня аварии: локальная авария на объекте или общая с возможным выходом облака за пределы производственной площадки предприятия;

– передачи информации о факте и уровне аварии, метеоусловиях на момент аварии дежурному по предприятию, а также по модемной связи в территориальное управление МЧС России для оценки и прогнозирования обстановки и принятия решения о мерах локализации и ликвидации аварии;

– оповещения предприятий и населения на прилегающей к объекту территории населенного пункта.

АСКАО реализуется как двухуровневая информационная система.

Первый уровень системы разворачивается на объекте и включает в себя:

– систему газоаналитического контроля контура аварийных утечек и контура контроля периметра промплощадки и управления системами сигнализации, вентиляции и локализации аварии на объекте;

– метеокомплекс для замера текущих метеопараметров, используемых при прогнозировании аварийной обстановки.



Рис. 3. Автоматизированные системы контроля аварий и оповещения

Автоматизированное рабочее место диспетчера для контроля текущей и аварийной обстановки, прогнозирования и передачи в органы управления МЧС России по субъекту РФ по модемной связи данных о работоспособности системы СКАО на объекте, данных об аварийной утечке:

- при повышении пороговой концентрации на датчиках в контуре контроля аварийных утечек формируется и передается сигнал локальной тревоги «Авария на объекте»;

- при одновременном превышении пороговой концентрации в контуре контроля аварийных утечек и в контуре контроля по периметру объекта формируется и передается сигнал «Общая тревога», а также метеопараметры на момент аварии для прогнозирования и оценки ее последствий.

Второй уровень реализуется в органе управления, куда поступает в автоматическом режиме ежедневная информация о работоспособности систем на объекте, информация об аварийных утечках. На втором уровне с использованием компьютерной среды осуществляется оценка и прогноз последствий аварии на объекте, принимается решение об оповещении.

Система централизованного наблюдения — это комплекс технических средств, размещенный в операторском центре диспетчерской службы субъекта МЧС России, предназначенный для приема, обработки и выдачи в заданном виде сообщений о ЧС на объектах или об угрозе возникновения ЧС.

Программное обеспечение пульта предусматривает выполнение следующих функций:

1. Прием и обработку информации от пульта централизованного мониторинга о срабатывании различных систем безопасности на защищенных объектах.

2. Предоставление информации о защищенных объектах (их местонахождение, адрес, номер аварийно-спасательных частей, в районе выезда которых находятся эти объекты, подъездные пути к ним, телефоны дежурного, опасные факторы зданий и сооружений, фамилии и телефоны ответственных сотрудников защищенных объектов).

3. Исключение возможности устранения дежурным персоналом или другими лицами информации о сообщениях, которые поступили из защищенных объектов на пульт.

Система оповещения населения, которое проживает в прогнозируемых зонах поражения опасными факторами ПОО, состоит из

специальных приспособлений голосового и визуального оповещения. Руководство такими системами исполняют диспетчеры или другие уполномоченные лица ПОО или дежурные операторских центров диспетчерских служб МЧС.

Избранные системы, которые входят в состав комплекса, отвечают уровню риска. Допустимый уровень риска учитывает не только возможную опасность на ПОО, но и ее последствия. Уровень риска определяет выбор типа и количества технических средств системы раннего обнаружения (обнаружение, прием-передача, регистрация), тип передачи сигналов тревоги, способа их защиты от помех. Отказ какого-либо из функциональных участков не должен привести к отказу всей системы комплекса в целом.

Выше сказанное определяет ответственность и определенного рода сложности при создании систем подобного рода, поскольку задействует достаточно большое количество службы на разных уровнях. Безусловно, такие системы являются сравнительно дорогими по сравнению с системами оповещения о пожаре или оповещения каких-то отдельных подразделений или предприятий, но своевременное получение информации о возможной и реально сложившейся обстановке позволяет подразделениям МЧС России правильно принимать решения по защите населения, привлечению сил и средств для ликвидации последствий аварий. Сокращение времени, затрачиваемого на обнаружение и оповещение об аварии, задействование средств локализации и ликвидации последствий аварии имеет важное значение как для потенциально опасного объекта, так и рабочего персонала и близлежащего проживающего населения.

Таким образом, одним из наиболее эффективных факторов снижения рисков возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера является создание и внедрение новых информационных технологий контроля над критическими параметрами технологических процессов потенциально опасных объектов на основе широкого использования автоматизированных и компьютерных средств раннего обнаружения угрозы возникновения чрезвычайных ситуаций.

Литература

1. Аксенов В.Н. Анализ рисков возникновения чрезвычайных ситуаций на территории Ставропольского края и совершенствова-

ние методов их прогнозирования / В.Н. Аксенов // Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции / редкол.: Разумов М.С. (отв. редактор); Юго-Западный гос. ун-т. — Курск. 2015. С. 19–22.

2. Аксенов В.Н. Анализ техногенных чрезвычайных ситуаций в Северо-Кавказском федеральном округе / В.Н. Аксенов // Безопасность и проектирование конструкций в машиностроении: Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции / редкол.: Разумов М.С. (отв. редактор); Юго-Западный гос. ун-т. — Курск. 2015. С. 22–26.

3. Аксенов В.Н. Применение интегрированных систем в обеспечение безопасности / В.Н. Аксенов, Е.Р. Абдулина // Актуальные проблемы обеспечения безопасности в техносфере и защиты населения и территорий в чрезвычайных ситуациях: Сборник научных трудов по материалам Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 15-летию основания кафедры «Защита в чрезвычайных ситуациях». Россия, г. Ставрополь. — Ставрополь: Изд-во «Тэсэра». 2016. С. 125–128.

РАЗЛОЖЕНИЕ ОКТОГЕНА ПРИ БОЛЬШИХ ПЛОТНОСТЯХ ЗАПОЛНЕНИЯ РЕАКЦИОННОГО ОБЪЕМА И ПРИ ОТСУТСТВИИ ОТВОДА ПРОДУКТОВ РАСПАДА ИЗ ЗОНЫ РЕАКЦИИ

*П.Н. Столяров, Ю.А. Мисюрин, М.М. Смирнова,
Д.Г. Перменов, В.Н. Алфимов*

*Центральный научно-исследовательский институт
химии и механики, г. Москва*

При решении задачи определения безопасных температурно-временных режимов эксплуатации изделий (бурение глубоких скважин, процесс изготовления изделий и т.д.) необходимо знание кинетики разложения ЭКС. В ряде работ [1–4] было показано, что увеличение плотности заполнения объема реакционной ячейки и затруднение выхода газообразных продуктов разложения из зоны реакции приводит к ускорению разложения ЭКС.

В работе [5] приводятся данные по влиянию давления на величину критической температуры ($T_{кр}$), отмечая, что увеличение давления до 2 МПа приводит к снижению $T_{кр}$ примерно на 30 °С. Дальнейшее увеличение давления до 80 МПа практически не влияет на величину $T_{кр}$. Изменения $T_{кр}$ связывают с затруднением выхода газообразных продуктов реакции из зоны реакции и увеличением скорости распада вещества, такие же условия реализуются при исследовании разложения в условиях максимальной плотности заполнения объема реакционной герметичной ячейки ($m/v = \rho$, m — масса вещества, v — объем реакционной ячейки, ρ — плотность вещества). Кинетические параметры разложения октогена (НМХ) определялись путем решения обратной задачи, используя параметры теплового взрыва, представленные в работе [2].

Исследование термического распада НМХ при $m/v = \rho$ проводилось в температурном диапазоне 158 °С–200 °С с использованием специально сконструированного прибора. Ранее было показано, что ход экспериментальных кривых подчиняется закономерностям уравнения автокатализа второго порядка.

Для данного уравнения наклон прямой в координатах τ , T^{-1} определяется выражением $(E1 + E2)/2$, где $E1$ и $E2$ — энергии активации в уравнении автокатализа.

На рис. 1 представлены зависимости времени достижения максимальной скорости разложения τ от обратной температуры при плотностях заполнения объема ампулы 0,6 г/см³ (◆); 1 г/см³ (■); 1,8 г/см³ (▲).

Для максимального заполнения реакционного объема наблюдается отклонение от линейной зависимости $\log \tau$ от T^{-1} . Отклонение от линейной зависимости может быть связано с фазовым переходом $\beta \rightarrow \delta$ или с проявлением обратимости реакции первой стадии разложения НМХ.

На рис. 2 представлены экспериментальные и расчетные данные, полученные с использованием уравнения автокатализа второго порядка и на рис. 3 уравнения автокатализа второго порядка с учетом обратимости первой стадии. На рис. 4 представлены экспериментальные и расчетные данные для уравнения автокатализа первого порядка с бимолекулярной промежуточной стадией с учетом обратимости первой стадии.

Как следует из полученных данных, для температур 158 °С и 160 °С наблюдается расхождение экспериментальных и расчетных данных для уравнения автокатализа второго порядка. Учет обратимости первой стадии приводит к лучшему совпадению расчетных и экспериментальных данных. Усложнение модели несколько улучшает совпадение экспериментальных и расчетных кривых.

На рис. 5 представлены зависимости времени достижения максимальной скорости разложения от обратной температуры.

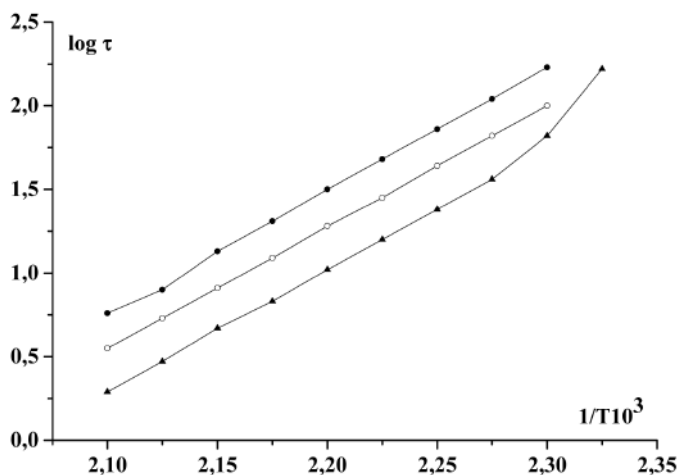


Рис. 1. Зависимость времени достижения максимальной скорости разложения τ от обратной температуры

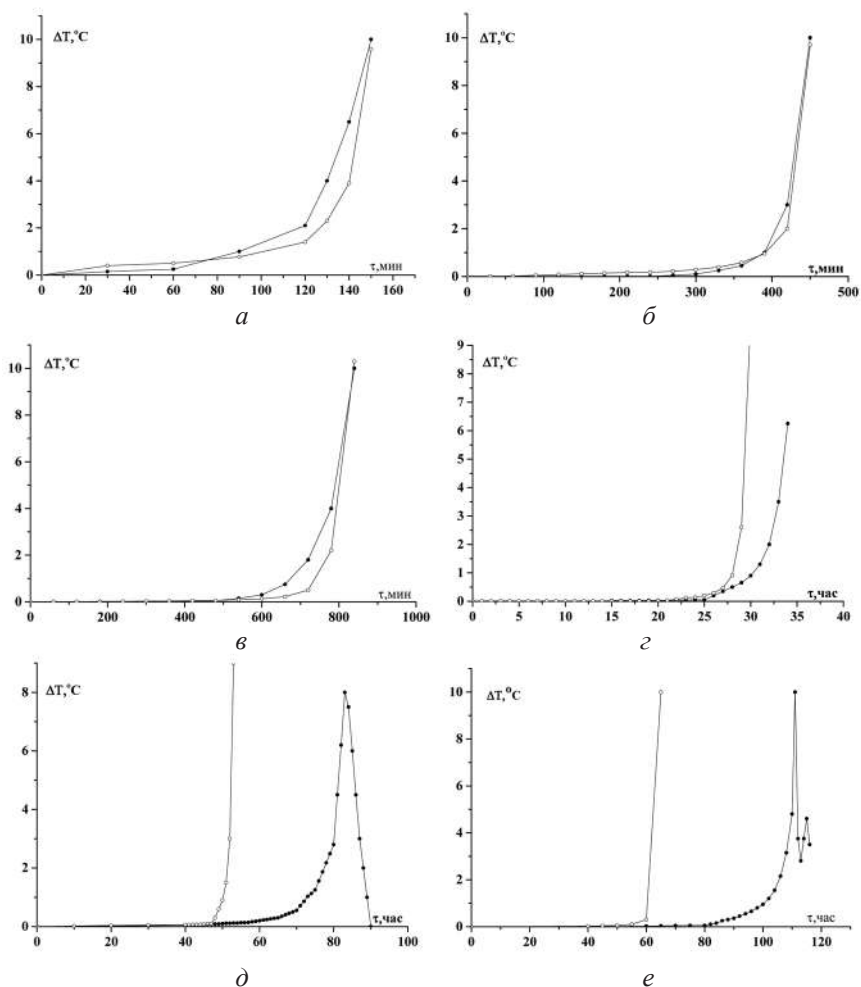


Рис. 2. Экспериментальные и расчетные кривые разложения НМХа:
 а — 200 °С; б — 185,5 °С; в — 178,2 °С; г — 167,8 °С; д — 160,7 °С; е — 158 °С;
 ● — экспериментальные кривые; ○ — расчетные кривые

В работе [2] получены экспериментальные данные по зависимости критического диаметра заряда из НМХ от величины внешнего давления в статических и динамических условиях нагрева.

В табл. 1 представлены величины критических диаметра и температуры при нормальном давлении.

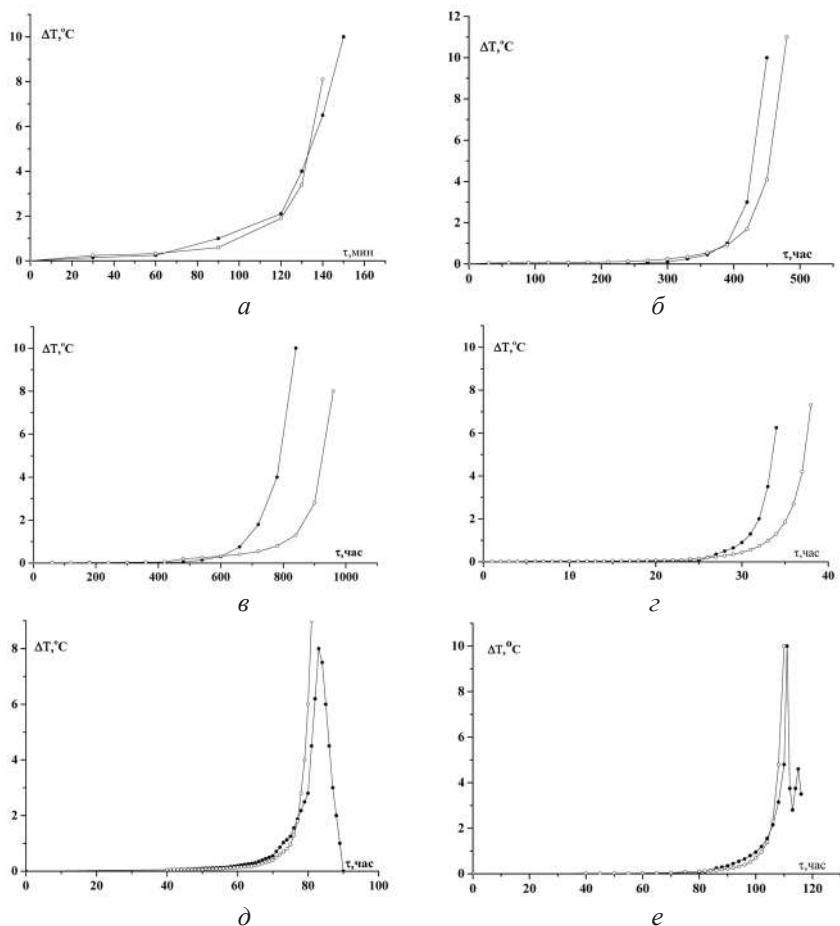


Рис. 3. Экспериментальные и расчетные кривые разложения НМХа:
а — 200°C; б — 185,5°C; в — 178,2°C; г — 167,8°C; д — 160,7°C; е — 158°C;
● — экспериментальные кривые; ○ — расчетные кривые

Плотность заряда равнялась 1,63 г/см³. Заряд помещался в сплав Вуда или кремнийорганическую жидкость, нагретую до заданной температуры.

Установлено, что при давлении в 20 атмосфер и до 600–800 атм критическая температура практически не меняется.

С увеличением давления выше 800 атмосфер до 8000 атмосфер происходит увеличение как критической температуры, так и времени до воспламенения.

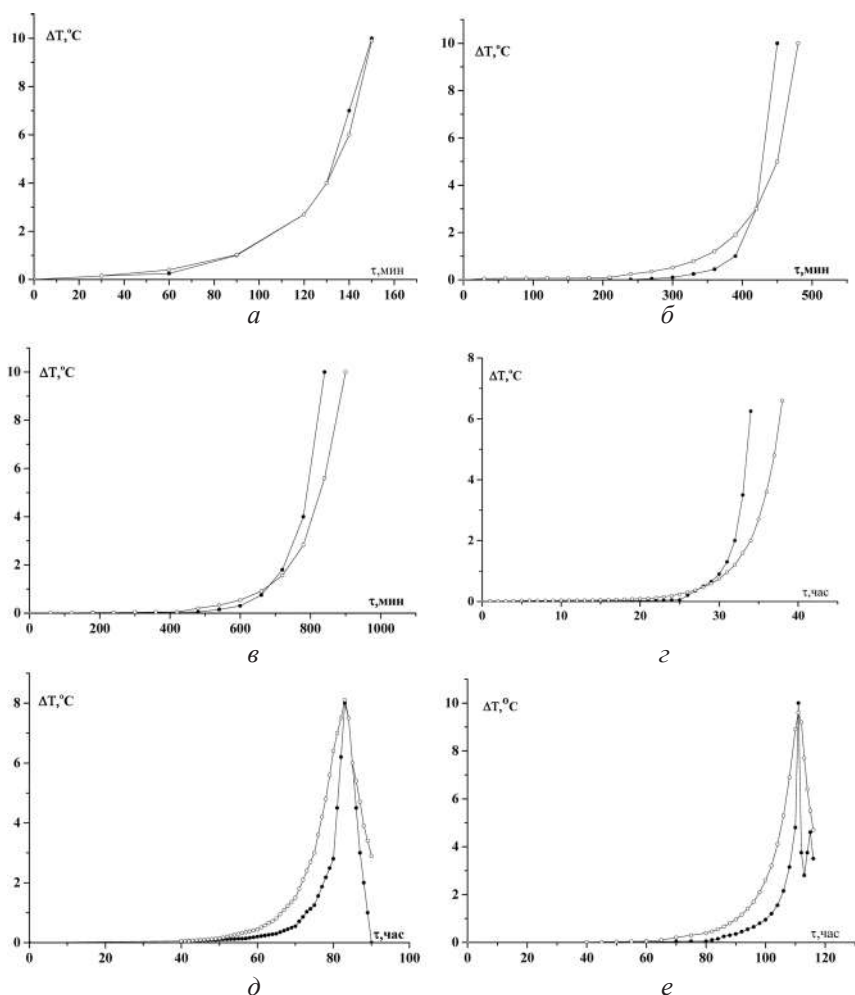


Рис. 4. Экспериментальные и расчетные кривые разложения НМХа:
 а — 200 °С; б — 185,5 °С; в — 178,2 °С; г — 167,8 °С; д — 160,7 °С; е — 158 °С;
 ● — экспериментальные кривые; ○ — расчетные кривые

В условиях динамического нагрева были определены критические температуры и скорости нагрева при давлении 1 и 200 атмосфер для образцов 9 и 15 мм в диаметре с плотностью 1,6 г/см³. При скоростях до 0,3 °С/мин происходит быстрое увеличение величины критического диаметра и в дальнейшем наблюдается его медленный рост, табл. 1.

Для динамического нагрева критические температуры примерно на 50 °С выше, чем для статического нагрева. Используя форму-

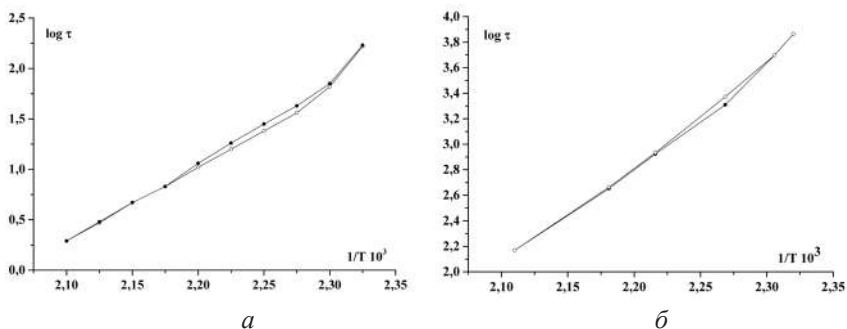


Рис. 5. Экспериментальные и расчетные кривые разложения НМХа при плотностях заполнения объема ампулы $1,8 \text{ г/см}^3$:

а — $A \leftrightarrow B + B$, $A + B + B \rightarrow 2(B + B)$; б — $A \leftrightarrow B + B \rightarrow C$, $A + C \rightarrow 2B + C$;

● — экспериментальные кривые; ○ — расчетные кривые

Таблица 1

Величины критических диаметра и температуры при нормальном давлении

N опыта	$d_{\text{кр}}, \text{мм}$	$P = 1 \text{ атм}$	$P = 200 \text{ атм}$	$P = 1 \text{ атм}$	$P = 200 \text{ атм}$
		$T_{\text{кр}}, ^\circ\text{C}$		$\tau_{\text{кр}}, \text{мин}$	
1	3,8	223	209	150	70
2	6,0	215	192	300	200
3	7,0	209	181	510	380
4	8,0	207	176	560	510
5	9,2	205	178	700	500
6	15,0	193	168	3000	1200

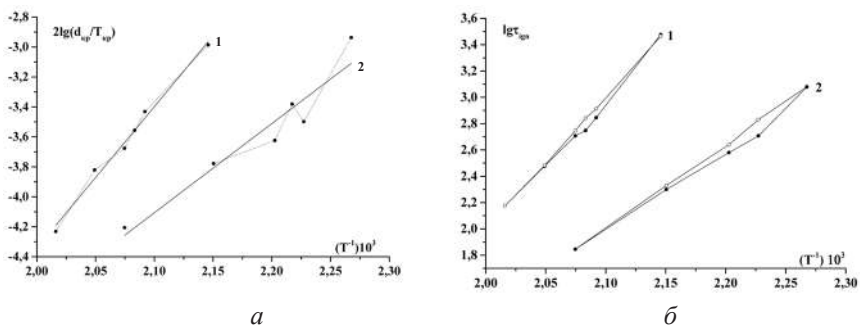


Рис. 6. Зависимость критических параметров от T^{-1} , а — $d_{\text{кр}}$; б — $\tau_{\text{кр}}$

лу Франк-Каменецкого $(Q\rho E d^2 k \exp(-E/RT))/(4\lambda R T^2) = Fk$ и экспериментальные данные по критическому диаметру, строилась зависимость в координатах $2\lg(d_{\text{кр}}/T_{\text{кр}})$, T^{-1} , определялась энергия активации

(T — температура окружающей среды). Для давления одну атмосфера $E=43200\pm 2000$ кал/моль ($193\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $223\text{ }^{\circ}\text{C}$) (рис. 6, а, 1), для 200 атмосфер $E=27200\pm 2000$ кал/моль ($168\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $209\text{ }^{\circ}\text{C}$) (рис. 6, а, 2).

Данные по времени до воспламенения (τ_{ign}) были обработаны в координатах $\ln\tau$, T^{-1} . Для давлению в одну атмосферы $E=45300\pm 2000$ кал/моль, для 200 атмосфер $E=28100\pm 2000$ кал/моль.

Решая систему уравнений теплопроводности с учетом уравнения кинетики, подбирали кинетические параметры в уравнении автокатализа второго порядка, исходя из наилучшего совпадения данных по времени до воспламенения для наибольшего и наименьшего критических диаметров. Экспериментальные и расчетные данные при внешнем давлении в две атмосферы представлены в табл. 2, для давления 200 атмосфер — в табл. 3.

Для давления в одну атмосферу уравнение имеет вид:

$$d\eta/d\tau = 10^{17,428} \exp(-51000/RT)(1-\eta) + 10^{14,669} \exp(-39000/RT)(1-\eta)\eta^2.$$

Таблица 2

Экспериментальные и расчетные данные

N опыта	$d_{кр}$, мм	$P = 1$ атм		
		$T_{кр}$, $^{\circ}\text{C}$	$\tau_{кр}$, мин эксперимент	$\tau_{кр}$, мин расчет
1	3,8	223	150	150
2	6,0	215	300	303,5
3	7,0	209	510	557
4	8,0	207	560	667
5	9,2	205	700	817
6	15,0	193	3000	2927

Таблица 3

Экспериментальные и расчетные данные

N опыта	$d_{кр}$, мм	$P = 200$ атм		
		$T_{кр}$, $^{\circ}\text{C}$	$\tau_{кр}$, мин эксперимент	$\tau_{кр}$, мин расчет
1	3,8	209	70	70
2	6,0	192	200	212
3	7,0	181	380	437
4	8,0	176	510	678
5	9,2	178	500	578
6	15,0	168	1200	1204

Для давления в 200 атмосфер уравнение имеет вид:

$$d\eta/d\tau = 10^{13,529} \exp(-40000/RT)(1-\eta) + 10^{6,045} \exp(-18400/RT)(1-\eta)\eta^2.$$

Для изделия диаметром 15 мм были получены данные по температуре воспламенения при различных скоростях нагрева при давлении в одну (□) и 200 (■) атмосфер. Используя полученные уравнения, были рассчитаны температуры воспламенения для давления в одну атмосферу (○) и 200 атмосфер (●) при различных скоростях нагрева. Полученные данные приведены на рис. 7.

Как видно из полученных данных, при малых скоростях нагрева расчетные данные идут выше экспериментальных (стабильность образцов в условиях динамического нагрева ниже, чем в статических условиях нагрева). Аналогичная картина наблюдается и для данных, полученных для давления в 200 атмосфер.

Изменение параметров в кинетическом уравнении (изменение k_1 , изменение k_2 на порядок практически не изменило величину T_{ign}) позволило приблизить расчетные и экспериментальные данные (Δ и ▲ — расчетные данные для 1 и 200 атмосфер соответственно), но только для скоростей нагрева более 0,2 °C/мин для 1 атмосфер и 0,4 °C/мин для 200 атмосфер.

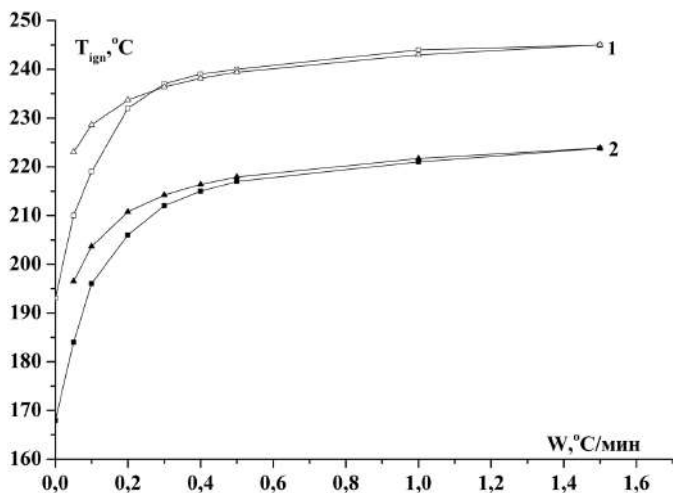


Рис. 7. Экспериментальные и расчетные данные времени воспламенения изделия: 1 — 0,1 МПа; 2 — 20 МПа

Для давления в одну атмосферу уравнение имеет вид:

$$d\eta/d\tau = 10^{16,987} \exp(-51000/RT)(1-\eta) + 10^{14,669} \exp(-39000/RT)(1-\eta)\eta^2.$$

Для давления в 200 атмосфер уравнение имеет вид:

$$d\eta/d\tau = 10^{13,12} \exp(-40000/RT)(1-\eta) + 10^{6,045} \exp(-18400/RT)(1-\eta)\eta^2.$$

Несовпадение экспериментальных и расчетных данных во всем диапазоне скоростей нагрева может быть обусловлено рядом физических и химических процессов, таких как изменение коэффициента теплопроводности состава, влияние теплоносителя на скорость распада, изменение условий газоотвода, изменение лимитирующих стадий.

Величины кинетических параметров, определенные по кинетике разложения при $m/v=\rho$ и по параметрам теплового взрыва при 200 атм, близки.

Данные по разложению НМХ при $m/v=\rho$ и по критическим параметрам теплового взрыва в статических условиях нагрева удовлетворительно описываются уравнением автокатализа второго порядка.

Скорость разложения НМХ при тепловом взрыве в динамических условиях примерно в 2,5 раза меньше, чем в статических.

Повышенное значение энергии активации, полученное при обработке данных по тепловому взрыву при 0,1 МПа, в статических и динамических условиях, возможно, связано с процессом сублимации или растворения НМХ в теплоносителе.

Полученные результаты показывают, что кинетические модели и их параметры, полученные двумя различными методами, удовлетворительно совпадают.

Это позволяет обоснованно использовать метод определения термической стойкости при $m/v=\rho$ для определения безопасных температурно-временных режимов эксплуатации изделий, например, в глубоких скважинах при разведке или добыче нефти.

Литература

1. Самойленко Н.Г., Винокуров А.А., Абрамов В.Г., Мержанов А.Г. Исследование кинетики термического разложения динитроксиэтилнитрамина при отсутствии газоотвода из зоны реакции. ЖФХ. 1970. Т. 44. № 1. 464 с.

2. Баум Ф.А., Державец А.С., Санасарян Н.С., Шипицин Л.А. и др. Термостойкие взрывчатые вещества и их действие в глубоких скважинах. — М.: Недра. 1969.

3. Столяров П.Н., Лаптенков Б.К. Особенности разложения гексогена в статических и динамических условиях нагрева. Химическая физика. 1990. Т. 9. № 12. С. 1660–1664.

4. Столяров П.Н., Лаптенков Б.К. Влияние условий проведения опытов на особенности разложения нитросоединений. XXI международный пиротехнический семинар. — М. 1995. С. 861–869.

5. Мержанов А.Г., Дубовицкий Ф.И. Современное состояние теории теплового взрыва. Успехи химии. 1966. Т. 4. № 3. 656 с.

ПОВЫШЕНИЕ ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ СЖИЖЕННЫХ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ МЕМБРАННЫХ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Ю.А. Андронова, Е.А. Болтёнова

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Ежегодно объемы перевозок сжиженных природных газов только увеличиваются. В связи с этим становится актуальной проблема повышения взрывобезопасности на железнодорожном транспорте. Сжиженные природные газы (СПГ) представляют собой природные газы (преимущественно метан), искусственно сжиженные посредством охлаждения до температуры $-161,5^{\circ}\text{C}$ в связи с удобством хранения или перевозки [3]. Опасные свойства сжиженных природных газов связаны с их токсичностью и способностью к образованию взрывоопасных смесей с воздухом, воспламеняющихся от электрической искры, пламени и др. Непреднамеренный выброс газа из резервуаров и взаимодействие с источниками возгорания считается одним из опаснейших факторов риска. Сжиженная фаза СПГ имеет высокий коэффициент расширяемости, что необходимо учитывать при заполнении резервуаров для транспортировки, оставляя свободное пространство для парообразной фазы. В этом случае применяются предохранительные устройства, позволяющие устранить избыточное давление путем сброса жидкости или газов. Одним из таких устройств является разрывная предохранительная мембрана. Мембранные предохранительные устройства (МПУ) применяются как самостоятельно, так и в совокупности с предохранительными клапанами. Автономные предохранительные устройства устанавливаются: вместо рычажно-грузовых и пружинных предохранительных клапанов, когда эти клапаны в определенных условиях не могут быть использованы из-за их инерционности или других причин; для защиты сосудов от опасных перегрузок вакуумметрическим давлением; для одновременной защиты сосудов от опасных перегрузок как вакуумметрическим, так и избыточным давлением.

Мембрана разрывного типа работает на разрыв под давлением, функционирующим на ее вогнутой поверхности. При избытке дав-

ления, в сравнении с допустимым рабочим, мембрана начинает расширяться (рис. 1). Из-за увеличения давления расширение будет протекать до тех пор, пока не будет достигнут предел прочности, и мембрана не разорвется. Затем происходит сброс среды из резервуара (рис. 2).

Основные аварийные ситуации на рассматриваемом объекте обусловлены разрушением емкостного оборудования, поэтому рассматривается типовой сценарий аварии: попадание замкнутого резервуара со сжиженным газом или жидкостью в очаг пожара → нагрев содержимого резервуара до температуры, превышающей температуру кипения, и повышение давления → нагрев несмоченных стенок сосуда → уменьшение предела прочности материала стенок резервуара → разрыв резервуара с образованием волн давления и воз-

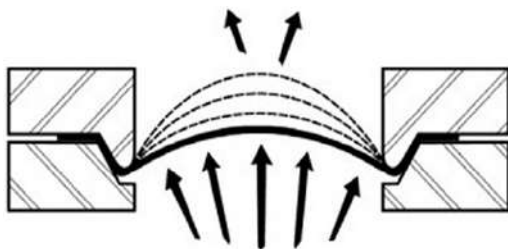


Рис. 1. Принцип действия разрывной мембраны

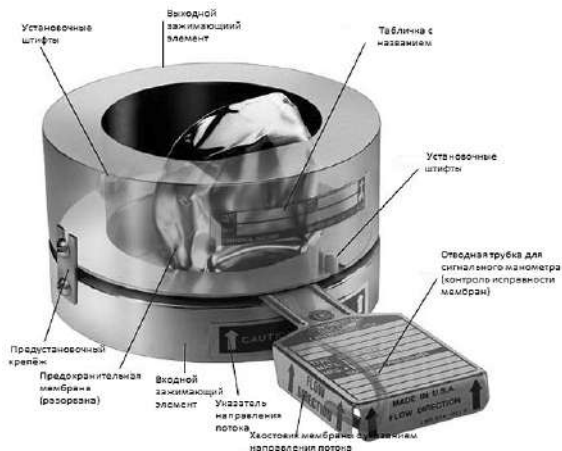


Рис. 2. Мембранное предохранительное устройство в сборе в процессе срабатывания

никновением «огненного шара» крупномасштабного диффузионного горения, реализуемого при разрыве резервуара с горючей жидкостью или газом под давлением с воспламенением содержимого резервуара [2].

Выбирается МПУ для защиты емкостного аппарата (железнодорожной цистерны) диаметром $D = 3$ м, высотой $H = 5$ м и рассчитывается от возможного взрыва паровоздушной смеси метана. Начальное давление в аппарате атмосферное, т.е. $p_0 = 0,1$ МПа. При попадании в очаг температура увеличивается до $T = 300$ К. Расчетное давление аппарата на прочность $p_R = 0,25$ МПа. Следующие расчёты выполняются по методике, описанной в методическом пособии ИргТУ [4].

Определяется максимальная площадь поверхности фронта пламени (в случае $D < H$) по формуле:

$$F = \pi D^2 = 3,14 \cdot 9 \text{ м}^2 = 28,26 \text{ м}^2. \quad (1)$$

Число предохранительных устройств (ПУ), их размер и пропускная способность выбираются так, чтобы избыточное давление в аппарате p_1 при действии МПУ при рабочем давлении $p_R < 0,3$ не превосходило $p_R + 0,05$ МПа [1].

$$p_1 = p_R + 0,05 \text{ МПа} = 0,25 \text{ МПа} + 0,05 \text{ МПа} = 0,3 \text{ МПа}. \quad (2)$$

Главная характеристика динамики развития взрыва — скорость роста давления $dp/d\tau$, которая зависит от физико-химических свойств взрывоопасной среды, степени ее турбулизации в аппарате, от объема и формы аппарата, и других условий [4].

$$\frac{dp}{dt} = K_t \cdot F_{nl} \frac{(p_0 + 10^6) \cdot u_{nl} \cdot (\varepsilon - 1)}{V} \cdot \left(\frac{p_1 + 0,1}{p_0 + 0,1} \right)^{1/3}; \quad (3)$$

$$\frac{dp}{dt} = 1,5 \cdot 28,26 \frac{(0 + 0,1) \cdot 10^6 \cdot 0,34 \cdot (8,2 - 1)}{35,3} \cdot \left(\frac{0,3 + 0,1}{0,1 + 0,1} \right)^{0,769} = 0,8 \cdot 10^6 \text{ Па/с},$$

где $K_t = 1,5$ — коэффициент турбулизации фронта пламени в аппарате в сосуде, в котором нет притока технологической среды; $u_{nl} = 0,34$ м/с — нормальная скорость распространения пламени; $\varepsilon = 8,2$ — относительное давление.

Для горючей смеси без рассмотрения воздействия температуры при взрыве принимается $k_n = 1,3$, как для метана, молярная масса $M = 16,04$ г/моль [3]. Аварийный расход в данной ситуации определяется соответствующей ему скоростью нарастания давления уравнением состояния:

$$m_a = \frac{M \cdot V}{RT_m} \cdot \frac{dp}{dt};$$

$$m_a = \frac{16,0 \cdot 35,34}{8314 \cdot 300} \cdot 0,8 \cdot 10^6 = 182 \text{ кг/с}, \quad (4)$$

где M — молярная масса технологической среды в аппарате, кг/кмоль; V — емкость аппарата, м³; R — универсальная газовая постоянная ($R = 8314$ Дж/(кмоль·К)); T_m — средняя абсолютная температура продуктов взрыва, К; p — абсолютное давление, Па; dp/dt — скорость роста давления в аппарате при взрыве, Па/с [1].

Температура продуктов сгорания может достигать 1600 К и больше. Однако в вычислениях используется наиболее неблагоприятный случай аварийного расхода и вытекания среды через МПУ при температуре $T_m = T_1 = 300$ К.

Определяется проходное сечение ПУ. Для метана берется $p_{кр} = 4,64$ МПа; $T_{кр} = 190,5$ К.

Данные параметры:

$$\pi_1 = (p_1 + 0,1) / p_{кр} = (0,3 + 0,1) / 4,64 = 0,086; \quad (5)$$

$$\tau_1 = T_1 / T_m = 300 / 190,5 = 1,58. \quad (6)$$

Так как $\pi_1 / \tau_1 = 0,086 / 1,58 = 0,054 < 0,5$, значит, $k_1 = k_n = 1,3$; $k_2 = k_n = 1,3$ и $k = k_n = 1,3$. Для $\pi_1 = 0,086$ и $\tau_1 = 1,58$ находится коэффициент сжимаемости z , зависящий от приведенных параметров π и τ . $Z = 1$.

Критическое отношение давлений: $\beta^* = 0,546$.

Отношение давлений за и перед ПУ:

$$\beta = \frac{p_0 + 0,1}{p_1 + 0,1} = \frac{0,1 + 0,1}{0,3 + 0,1} = 0,5;$$

$$\beta < \beta^* \rightarrow \beta_2 = 1. \quad (7)$$

Коэффициент, учитывающий физико-химические свойства водяного пара перед ПУ [1]:

$$B_1 = \frac{B_{1(z=1)}}{\sqrt[2]{z}} = \frac{0,57}{1} = 0,57. \quad (8)$$

В виде ПУ выбирается предохранительная мембрана с коэффициентом расхода $\alpha_1 = 8$.

Вычисленная площадь сечения ПУ при $m = m_a$:

$$(\alpha_1 F) = \frac{m_a}{10 \cdot B_1 \cdot B_2 (p_1 + 0,1)}; \quad (9)$$

$$(\alpha_1 F) = \frac{408600}{10 \cdot 0,57 \cdot 1 \cdot 0,4} = 179210 \text{ мм}^2.$$

Площадь малого сечения седла ПМ:

$$(Fc)R = \frac{(\alpha_1 F)}{\alpha_1}; \quad (10)$$

$$(Fc)R = \frac{179210}{0,8} = 224013 \text{ мм}^2.$$

Диаметр малого сечения седла:

$$dR = \sqrt{\frac{F_R}{2 \cdot 0,785}} = \sqrt{\frac{224013}{2 \cdot 0,785}} = 378 \text{ мм}. \quad (11)$$

Так, в качестве предохранительного устройства устанавливается мембрана радиусом 400 мм, способная повысить безопасность при транспортировке.

Таким образом, заблаговременная установка выбранной мембраны обеспечит возможность быстрого спада давления, что, в свою очередь, способствует изменению сценария аварии: попадание замкнутого резервуара со сжиженным газом или жидкостью в очаг пожара → нагрев содержимого резервуара до температуры, превышающей температуру кипения, и повышение давления → натяжение мембраны → разрыв мембраны и пленки → сброс среды из аппарата → понижение давления в аппарате.

Следовательно, применение предохранительной мембраны снизит вероятность взрыва при транспортировке сжиженных природных газов на железнодорожном транспорте. Использование мембраны – один из самых простых и надежных способов защиты от избыточного давления в замкнутых системах. Мембрана обладает малой инерционностью, быстро открывается и предоставляет

возможность стремительного снижения давления. Предохранительные мембраны герметичны до разрыва. Правильно выбранная мембрана значительно повышает безопасность.

Литература

1. ГОСТ 12.2.085-2002 Сосуды, работающие под давлением. Клапаны предохранительные. Требования безопасности.

2. ГОСТ Р 12.3.047-2012 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.

3. Лазарев Л.Я. Сжиженный природный газ — топливо и энергоноситель. — М.: НПКФ «ЭКИП». 2006 г.

4. Расчет и проектирование систем обеспечения безопасности: практические работы и методические указания к выполнению / Тимофеева С.С., Цветкун Н.В.. — Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2015. 84 с.

5. ООО «Желдорсервис». Характеристики железнодорожных цистерн. [Электронный ресурс] URL: <http://www.rwservice.ru/tanks.htm> (дата обращения 09.10.2017)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

А.Ю. Андрюшкин, Е.Н. Кадочникова, С.А. Пугачев

*Балтийский государственный технический университет
«Военмех» им. Д.Ф. Устинова,
Санкт-Петербургский университет Государственной
противопожарной службы МЧС России*

На сегодняшний день утечки углеводородов из технологического оборудования и магистральных трубопроводов причиняют большой экономический и экологический ущерб. Утечки возникают вследствие коррозионно-эрозийного износа, приводящего к образованию трещин и разгерметизации металлических конструкций (цистерн, трубопроводов, емкостей, баков, резервуаров) [1].

По данным Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору за период 2014–2016 произошло 95 аварий, связанных с отказом и разгерметизацией технических устройств, нарушением технологии производства работ, из них 35,6% произошли по причине коррозии. По статистическим данным за последние годы количество аварий, вызванных разгерметизацией оборудования, на предприятиях нефтегазовой отрасли не снижается. Поэтому проблема повышения надежности и остаточного ресурса газо- и нефтеперерабатывающего оборудования, его способности противостоять развитию дефектов и повреждений, актуальна и требует поиска эффективных технических решений [2].

Данные о крупных авариях освещаются в прессе, что помогает последующему анализу. Ниже приводятся примеры наиболее значимых аварии за период нескольких прошедших лет.

6 марта 2014 года в результате разгерметизации трубопровода «ДНС Макарьельская-УПН Щельяюр» принадлежащему компании «Лукойл», произошел разлив нефтесодержащей жидкости.

Комиссией по расследованию было установлено, что в процессе эксплуатации на внутренней поверхности шва образовались коррозионные повреждения в виде крупных каверн с последующим эрозийным процессом выноса материала из зоны повреждения скоростным потоком нефтегазоводосодержащей жидкости до полного сквоз-

ного разрушения сварного шва. Вследствие этого было разлито 2 м^3 жидкости, а материальный ущерб составил 4 564 501 рублей.

19 августа 2015 года на 1326 км Магистрального нефтепровода «Сургут-Полоцк», принадлежащему АО «Транснефть-Прикамье» произошла разгерметизация трубопровода диаметром 500 мм с выходом нефти на поверхность земли и ее последующим возгоранием.

Причиной аварии послужила внутренняя коррозия в районе нижней образующей аварийной трубной секции, вызванная наличием в узле пропуска СОД застойной зоны, выпадением из нефти в осадок включений с большим молекулярным весом и образование агрессивной среды по отношению металла трубы. Площадь пожара составила 1800 м^2 , с экономическим ущербом 218 210 рублей [2].

18 сентября 2016 при ведении технологического процесса произошло разрушение участка трубопровода тяжелого газойля циркуляционного орошения с самовоспламенением продукта в блоке газораспределения и стабилизации бензина установки каталитического крекинга, принадлежащего компании ОАО «ТАИФ-НК».

Разрушение участка трубопровода произошло в результате его коррозионного и эрозионного износа под воздействием сернистых соединений и механических примесей, содержащихся в перекачиваемой среде выше установленной нормы.

Повреждены и деформированы обслуживающие площадки колонн, кабельные эстакады, коробка КИП, светильники, оградительные щиты из профнастила, антикоррозионное покрытие металлических конструкций, тепловая изоляция оборудования, попавшие в зону термического воздействия. Экономический ущерб от аварии — 123 416 000 рублей [2].

Вызванные механическими и химическими воздействиями агрессивных сред коррозия и эрозия способствуют образованию опасных дефектов в металлических конструкциях (трубопроводах, резервуарах, цистернах), часто находящихся под давлением. С точки зрения возникновения взрывов и пожаров наиболее опасна разгерметизация газо- и нефтеперерабатывающего оборудования, обусловленная образованием и развитием трещин в металлоконструкциях. Кроме того, металлические конструкции хорошо проводят тепло, что увеличивает вероятность возгорания углеводородов.

Тепловую изоляцию и антикоррозионную защиту металлических конструктивных элементов газо- и нефтеперерабатываю-

щего оборудования осуществляют различными полимерными покрытиями, работоспособность которых обусловлена технологией их нанесения. Напыление получило широкое распространение при нанесении полимерных покрытий из-за своей экономичности, производительности и относительной простоты технологического оборудования. Работоспособность напыленного полимерного покрытия обусловлена его качественными показателями: минимальной разнотолщинностью, однородностью состава, отсутствием дефектов (раковин, пор, трещин), адгезионной и когезионной прочностью, отсутствием внутренних напряжений, точностью размеров и форм. С течением времени возникновение и развитие дефектов в напыленном полимерном покрытии снижает его работоспособность, так как уменьшается его несущая способность и ухудшаются антикоррозионные свойства [3].

Современные полимерные покрытия используемые для газо- и нефтеперерабатывающего оборудования:

1. Полимерные покрытия для наружных поверхностей газо- и нефтеперерабатывающего оборудования для защиты от воздействия окружающей среды (воздух, вода, почва).

2. Полимерные покрытия для внутренних поверхностей газо- и нефтеперерабатывающего оборудования для защиты от перерабатываемых углеводородов (газ, нефть, керосин, бензин).

На сегодняшний день на рынке предоставлено достаточное количество различных полимерных покрытий, защищающих от воздействия химических сред.

Опыт антикоррозионной защиты показывает, что наиболее эффективными являются полимерные покрытия на основе эпоксидных ненасыщенных полиэфиров и полиуретановых смол. Срок службы таких покрытий должен составлять не менее 10 лет, для повышения прочности используют ЛКМ с дискретным наполнителем, эти чрезвычайно толстослойные покрытия барьерного типа, обладают превосходной абразивной устойчивостью, отличаются упругостью и большей стойкостью к температурному и механическому воздействию. Данные покрытия рекомендуется использовать на участках, подверженных экстремальному воздействию внешних условий. Срок службы таких покрытий увеличивается до 20 лет [3, 4].

Выбор системы покрытия для конкретной металлической конструкции основывается на оценке коррозионной активности окружающей среды и заданной долговечности изоляционного покрытия.

Литература

1. Демехин В.Н. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре: Учебник / В.Н. Демехин и др. — М.: Академия ГПС МЧС России, 2003. 656 с.
2. Аварийность и смертельный травматизм при эксплуатации оборудования, работающего под избыточным давлением. <http://www.gosnadzor.ru/industrial/>
3. Варданян Г.С. Сопротивление материалов с основами теории упругости и пластичности / Г.С. Варданян и др. — М.: АСВ. 1995. 572 с.
4. Андрюшкин А.Ю. Перемешивание компонентов технологических смесей (Обзор) /А.Ю. Андрюшкин // Межотраслевой научно-технический журнал «Конструкции из композиционных материалов». 2011. № 4. — М.: ФГУП «ВИМИ». С. 19–37.

РАЗРАБОТКА НАНОУГЛЕРОДНЫХ МАТРИЦ ДЛЯ НАДЕЖНОГО КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ И БЕЗОПАСНОГО ХРАНЕНИЯ ОТРАБОТАННОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

В.Ю. Байрамуков, В.К. Капустин, В.Т. Лебедев, Д.Ю. Минкин

*Петербургский институт ядерной физики
им. Б.П. Константинова*

*Национального исследовательского
центра «Курчатовский институт»*

Проблемы иммобилизации изотопов редкоземельных элементов и актиноидов, образующихся при переработке ядерного топлива

Отработанное ядерное топливо (ОЯТ) включает 50–60 элементов и более 200 изотопов. Изотопы могут быть выделены из ОЯТ на фракции элементов, близких по свойствам.

Изотопы актиноидов относятся к высокоактивным отходам (ВАО) и представляют наибольшую экологическую опасность (большие периоды полураспада, высокие радиационные поля и саморазогрев).

Методы иммобилизации ВАО и фракционированного ВАО: стекло, SYNROC, керамика.

Преимущества углеродных материалов для иммобилизации ВАО

Углерод химически устойчив, способен выдерживать высокие температуры, а оба его изотопа (C^{12} и C^{13}) имеют низкое сечение захвата нейтронов, вследствие чего не образуется вторичной радиоактивности.

Таким образом, в статье продемонстрировано:

1) по средствам пиролиза (термического разложения в бескислородной среде) возможно получить металл-углеродные матрицы редкоземельных элементов (РЗЭ) актиноидов;

2) возможно охарактеризовать структуру матриц в интервале температур 900–1400 °С;

3) обсудить наблюдаемую термическую, а также химическую и радиационную устойчивость.

Прекурсоры для получения металл-углеродных матриц — дифталоцианины

Молекула дифталоцианина образуется всеми РЗЭ и актиноидами, представляет собой «сэндвич» из двух молекул фталоцианина с атомом металла между ними, выход продукта по металлу варьируется 50–90% в зависимости от металла.

Строение молекулы предопределяет свойства пиролизата. При пиролизе в атмосфере аргона при температуре 800–900 °С происходит деструкция молекулы, за счет освободившихся связей углерода вокруг атома металла формируется углеродная ячейка и атомы, размер которых превышает длину связи C–C или C=C (0,154 и 0,132 нм соответственно), не могут ее покинуть.

Визуализация процесса пиролиза — атомно-силовая микроскопия

Метод атомно-силовой микроскопии: ощупывание поверхности исследуемого объекта тонким зондом-иглой (радиус зонда 3–10 нм) и получение информации о ее рельефе.

Пиролиз дифталоцианинов: исходные кристаллы дифталоцианина иттрия (А) и его пиролизаты (В–Д), полученные при температурах 790; 850; 1040 °С (рис. 1).

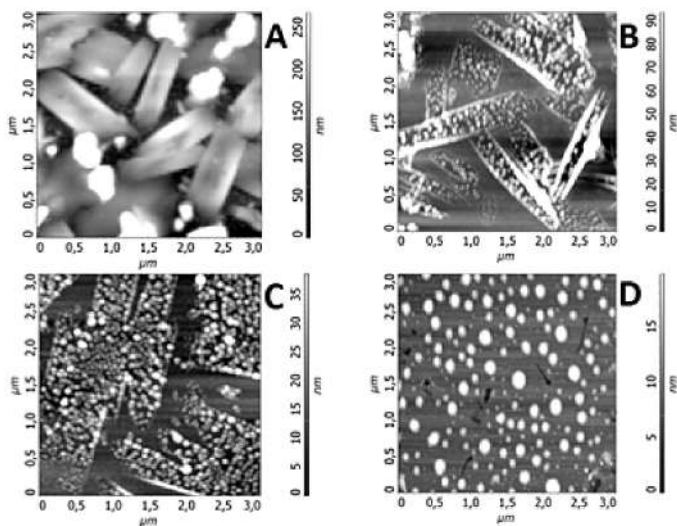


Рис. 1. Пиролиз дифталоцианинов

Наблюдается переход из кристаллической фазы для дифталоцианина в аморфную фазу пиролизата с образованием глобул различных размеров.

Просвечивающая электронная микроскопия высокого разрешения

Получены изображения ПЭМ ВР для пиролизатов дифталоцианинов при 900 °С в светлопольном и темнопольном режимах сканирования. Удалось визуализировать структуру углеродной ячейки (неграфитизированный углерод), атомные кластеры и атомы (0,24 нм) иттрия в объеме углеродной ячейки (рис. 2).

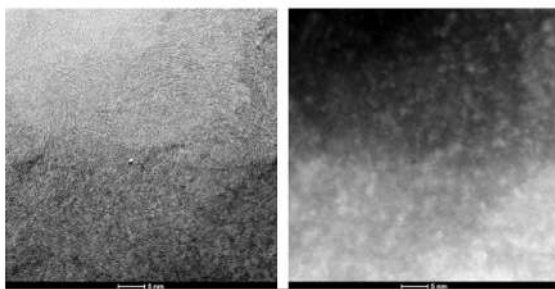


Рис. 2. Структура углеродной ячейки

Малоугловое рассеяние нейтронов

По мере увеличения температуры отжига увеличивается плотность упаковки частиц, растет фрактальный показатель $D = 3$ (900 °С) $\rightarrow D \sim 4$. Плотность упаковки влияет на удержание благородных газов из облученного протонами УСх (рис. 3).

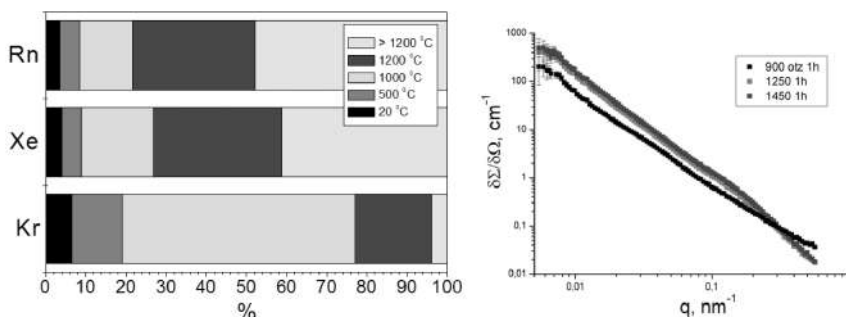


Рис. 3. Рост фрактального показателя

Термическая устойчивость

Удержание элементов коррелирует с размером атома (рис. 4).

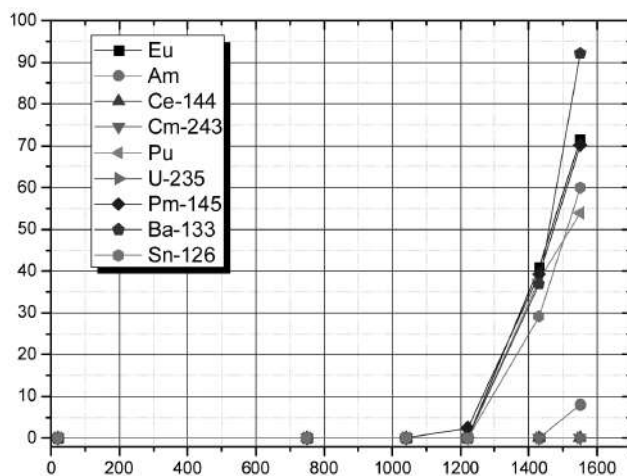


Рис. 4. Корреляция элементов

Радиационная устойчивость

Сравнивалась термическая устойчивость углеродной матрицы с изотопом Eu-154 до облучения и после (доза 1019 н/см²) (рис. 5). Показано, что облучение не влияет на удержание элементов

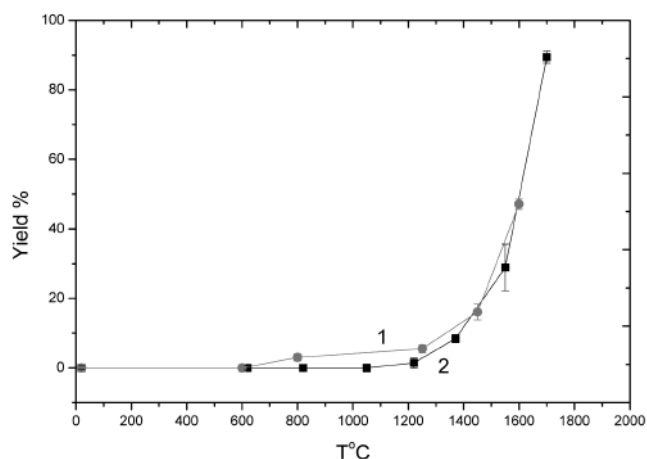


Рис. 5. Термическая устойчивость углеродной матрицы

Химическая устойчивость

Под химической устойчивостью подразумевается процесс выщелачивания — скорость выхода радионуклидов в окружающую среду из матрицы в зависимости от кислотности или основности раствора, с которым соприкасается матрица. Для измерения скорости выщелачивания в матрицу иммобилизировали 25 мл фракционированных ВАО ОЯТ Нововоронежской АЭС. Показатели составили 10^{-11} – 10^{-13} г/см²·сутки, что на 2–3 порядка превосходит матрицы из боросиликатного и фосфатного стекла.

Заключение

Методом пиролиза дифталоцианинов РЗЭ и актиноидов можно получать металл-углеродные матрицы, которые представляют собой оболочку неграфитизированного углерода, внутри которого прочно удерживаются атомы и атомные кластеры металла.

Матрицы проявляют высокую способность к удержанию атомов металла до температур 1400 °С, а также радиационную и химическую устойчивость, что подтверждено экспериментами с фракционированными ВАО ОЯТ Нововоронежской АЭС, где пиролизаты применялись в качестве матриц для первичной иммобилизации растворов.

Способность дифталоцианинов взаимодействовать с актиноидами с выходом продукта 50–80%, а пиролизата — надежно удерживать атом металла внутри углеродной ячейки, может найти применение в различных отраслях ядерной энергетики.

Литература

1. Тихонов В.И., Капустин В.К., Лебедев В.Т. и др. // Радиохимия. 2016. Т. 58. № 5. С. 469.
2. Москалев П.Н. // Координационная химия. 1990. № 16. С. 147.

ПОДГОТОВКА ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ МЧС РОССИИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ РАЗРАБОТКУ, ПРОИЗВОДСТВО, УПРАВЛЕНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЮ СРЕДСТВ И СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

А.А. Балобанов, М.А. Лосев

*Санкт-Петербургский университет
Государственной противопожарной службы МЧС России*

В настоящее время развитие общества идет большими шагами в различных направлениях. Во всех организациях работают люди, то есть человеческие ресурсы, независимо от размера организации и степени развития. Требования к кадровой составляющей во всех организациях, предприятиях, учреждениях в соответствии с темпами роста общества также растут. Сегодня, чтобы быть конкурентоспособным на общем фоне, в полной мере выполнять все функции, необходимо иметь современную, достаточно квалифицированную и компетентную команду. Существование, развитие и процветание предприятия напрямую зависят от кадровой составляющей. Чтобы максимально использовать те возможности и производительность персонала во время деятельности, независимо от сторонних условий, необходимо рациональное и правильное управление человеческими ресурсами, качественный отбор на начальном уровне и дальнейшее развитие сотрудников. Важность людей в организациях огромная, потому что люди планируют, проектируют, осуществляют, выдерживают и заканчивают жизнь организации. От этого довольно упрощенного, но существенного момента мы можем предположить, что одна из самых важных функций в организации — управление функцией человеческих ресурсов. Человеческий капитал часто относится к особенностям, и профессиональные люди приносят в организацию, такие качества как обязательство, лояльность, экспертные знания и т.д. У людей есть различные цели, ценности, верования, уровни опыта и знаний, таким образом, их вклад в организацию, поскольку ресурс очень непредсказуем, уникален и имеет потенциал для дальнейшего развития. Сегодня успех людей и организаций измеряется их адаптируемостью к изменениям. Это требует планирующей долгосрочной организационной гибкости и инноваций, которые исходят от людей, которые работают в той организации, т.е. от ее человеческих ресурсов.

Существует два основных вида контрактов. Юридический контракт — письменное соглашение между человеком и организацией, которая излагает положения и условия занятости. Психологический контракт, напротив, является метафорой, используемой, чтобы описать ряд ненаписанного и невысказанного набора ожиданий между человеком и организацией. Изменяющаяся природа работы и организации привела к ситуации, где больше нет пожизненного срока работы. Это означает, что у людей больше не должно быть долгосрочных контрактов, и у организаций не должно быть сотрудников, которые останутся лояльными и преданными в организациях, где не исполняются обязательства перед работниками. Традиционное организационное обязательство — окончательная норма, но в наше время сотрудник может расторгнуть контракт с организацией, пользуясь своими интеллектуальными активами, после уведомления за несколько месяцев, начать работать на организацию конкурента. Вместо того, чтобы полагаться на традиционные методы улучшения и развития обязательства, есть потребность найти новые способы установить эффективную связь между человеком и организацией. Сотрудники теперь ожидают, что их работодатели вложат капитал в их обучение и развитие, и в ответ организации ожидают, что сотрудники будут гибкими, творческими и продуктивными. Этот психологический контракт может быть рассмотрен как честная сделка, так как он не одобряет сотрудников и не может легко быть помещен на практике организациями. Психологический контракт не одобряет сотрудников, потому что сотрудники больше не имеют долгосрочную обеспеченность работой и постоянно уязвимы для изменяющихся условий занятости. Сотрудники всегда должны находить способы улучшить свои знания и развивать навыки, потому что рынок труда жесток. Всегда есть кто-то, кто более квалифицированный, кто может говорить на большем количестве языков, кто может напечатать быстрее и т.д. Кроме того, многие организации предлагают краткосрочные контракты, главным образом основанные на проектах. Поэтому будущее занятости не очень ясно. Среди руководителей передовых организаций, был проведен опрос по тематике основных проблем, которые наиболее остро встают на сегодняшний день. Проведя анализ данных ответов, был сделан вывод, что главной проблемой является «кадровый голод». На рынке труда огромное количество тех, кто хочет занять то или иное рабочее место, но в большинстве случаев людям не хватает квалификации, опыта, знаний. Учебные заведения выпускают молодых специалистов, которые не обеспечены в дальнейшем рабочими местами, а

самостоятельно устроиться на какое-либо рабочее место по профессии вызывает огромные затруднения, поскольку каждый работодатель ищет человека, которого не нужно обучать, который сразу сможет выполнять возложенные на него обязанности.

Рассмотрим кадровую составляющую Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (далее — МЧС России). Начиная с 2014 года в МЧС России началась реорганизация кадровой составляющей, что подразумевает под собой оптимизацию на всех уровнях, начиная с рядового состава и заканчивая высшим. Приведем пример предельной численности сотрудников министерства с 2014 по 2017 год.

В 2016 году вышел Указ Президента РФ, касающийся предельной численности сотрудников МЧС России:

Указ Президента РФ от 30 июля 2016 г. № 386 «О некоторых вопросах Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий». В целях дальнейшего совершенствования деятельности Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий постановляю [1]:

1. Установить предельную штатную численность Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий в количестве 288 565 единиц, в том числе [1]:

а) военнослужащих спасательных воинских формирований — в количестве 7223 человек [1];

б) личного состава федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы — в количестве 251 339 человек, из них лиц рядового и начальствующего состава — в количестве 141 364 человек и лиц, не имеющих специальных или воинских званий, — 109 975 человек, включая 29 975 работников договорных подразделений федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы [1];

в) гражданского персонала — в количестве 30 003 человек (без учета численности лиц, не имеющих специальных или воинских званий, личного состава федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы), из них лиц гражданского персонала спасательных воинских формирований — 14 668 человек [1].

г) предельную численность работников территориальных органов Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий в количестве 20–300 единиц, в том числе федеральных государственных гражданских служащих в количестве 4580 единиц [1].

В таблице представлена предельная численность сотрудников и количество вакантных мест с 2014 по 2017 года включительно.

Из данной таблицы видно, что с каждым годом количество вакантных мест увеличивается, количество и степень опасности чрезвычайных ситуаций повышаются, отсюда следует, что качество подготовки, а также периодическое ее повышение должно быть на самом высоком уровне.

Таблица

Предельная численность сотрудников и количество вакантных мест с 2014 по 2017 года

Год	2014	2015	2016	2017
Предельная численность, ед.	291124	288572	288572	288565
Вакансии (на 01.01 текущего года)	12505	27706	41186	>58000

Литература

1. Указ Президента РФ от 30 июля 2016 г. № 386 «О некоторых вопросах Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».

2. Корольков А.П., Балобанов А.А. Проблемы профильной подготовки сотрудников МЧС России при обучении в высших учебных заведениях ГПС МЧС России. Международная научно-практическая конференция «Подготовка кадров в системе предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций», 1 июня 2017 года, Санкт-Петербург.

3. Швец Л.Г., Рюмцев А.И. Современное состояние и основные концептуальные направления реализации кадровой политики в МЧС России, электронный вестник ростовского социально-экономического института. <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennoe-sostoyanie-i-osnovnye-kontseptualnye-napravleniya-realizatsii-kadrovoy-politiki-v-mchs-rossii>.

УГЛЕВОДОРОДНЫЙ РЕЖИМ ПОЖАРА

М.В. Гравит, А.В. Бардин

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Введение

Для понимания сценария развития пожара на объектах нефтегазовой отрасли, таких как береговые комплексы, морские платформы, транспортная инфраструктура и др., производится оценка возможных рисков пожара на объектах хранения, переработки и транспортировки углеводородов.

Для обеспечения надежности конструкций в условиях воздействия особых нагрузок пожара и взрыва необходимо дифференцировать объекты защиты по возможным температурно-временным кривым пожара, обосновать расчётные модели и подтвердить экспериментальными данными пределы огнестойкости конструкций с учетом средств огнезащиты [1–7].

Стандартная и углеводородная кривая пожара при испытании строительных конструкций

В международном масштабе совершенствованием и унификацией методологии испытаний строительных конструкций на огнестойкость занимается Технический комитет 92 «Пожарная безопасность» ИСО. В рамках этого комитета и на основании широкого международного сотрудничества разработан стандартный метод испытания строительных конструкций на огнестойкость ИСО 834-75 «Fire Resistance Tests Elements of Building Constructions», который является методологической основой для проведения таких испытаний по всему миру.

В целом, в отечественной практике для определения пределов огнестойкости строительных конструкций зданий и сооружений нефтегазового комплекса используется стандартная температурная кривая пожара, отвечающая следующей зависимости:

$$T = 345 \lg(8t + 1) + 20,$$

где T — температура в печи, соответствующая времени t , °C;

t — время, исчисляемое от начала испытания, мин.

В зарубежной практике для определения пределов огнестойкости строительных конструкций объектов нефтегазового комплекса применяется углеводородная кривая пожара, отвечающая следующей зависимости:

$$T = 1080 \cdot [1 - 0,325e^{-0,167t} - 0,675e^{-2,5t}] + 20,$$

где T — температура в печи, соответствующая времени t , °C;

t — время, исчисляемое от начала испытания, мин.

Как видно из рисунка углеводородная кривая пожара отличается от стандартной кривой более интенсивным нагревом на первых стадиях пожара и более высокими показателями температуры при стабилизации кривой (участок 30–120 минут от начала испытания). Подобные различия в температуре характеризуют быстрое истощение огнезащитных свойств защитных покрытий конструкций [8, 9].

Углеводородный режим пожара для строительных конструкций зданий и сооружения нефтегазового комплекса в российских, европейских, американских и международных нормативных документах

Сравнительный анализ российских и европейских нормативных документов в области испытаний строительных конструкций на огнестойкость приведен в табл. 1, обзор американских нормативных

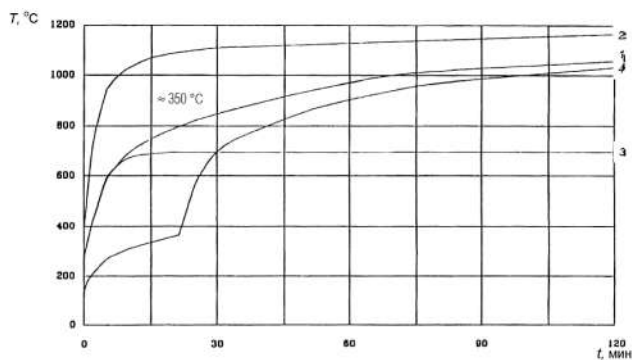


Рис. 1. Графики зависимости «температура-время» ГОСТ Р ЕН 1363-2-2014. 1 — стандартная кривая пожара; 2 — углеводородная кривая пожара; 3 — наружный температурный режим пожара; 4 — медленно развивающийся (тлеющий) пожар

Таблица 1

Российские, международные и европейские документы, устанавливающие методы испытаний на огнестойкость конструкций с учетом углеводородного режима пожара

Российский нормативный документ	Европейский нормативный документ	Содержание документа, различие и сходство	Степень соответствия НД/ссылки на стандарты-методы испытаний на огнестойкость
ГОСТ 30247.0-94 Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования	EN 1363-1. Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования, регламентирует определение огнестойкости элементов конструкций при стандартных условиях пожара	Идентичны стандартный температурный режим (отличие в 20 °С — начальная температура), образцы для испытаний конструкций, предельные состояния. Избыточное давление (10±2) Па по российским стандартам, по европейским — не более 20 Па. В европейском стандарте введено понятие «принципа расширенного применения»	Для разделов 6, 7, 9 — аутентичный текст ISO 834-75. Действует совместно с ENV 1363-3. Испытания на огнестойкость. Часть 3: Проверка эксплуатационных характеристик печей
ГОСТ Р EN 1363-2	EN 1363-2. Испытания на огнестойкость. Альтернативные и дополнительные процедуры	Определяет различные температурные режимы пожара и дополнительные методы: испытание на удар и определение (измерение) теплового потока	Идентичен EN 1363-2. Не имеет гармонизированных ссылок на стандарты
ГОСТ 30247.0-94 с Изм. 1. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования (проект)	ISO 834-1-1999 EN 1363-1:1999 EN 1363-2:1999	Различия в допусках к температурным режимам, начальных температурах испытаний. Дополнительные температурные режимы для испытаний на огнестойкость эквивалентны EN 1363-2:1999	Неэквивалентен ISO 834-1-1999, EN 1363-1:1999, EN 1363-2:1999. Разделы 6, 7, 9 — аутентичный текст ISO 834-1-1999

Продолжение таблицы 1

Российский нормативный документ	Европейский нормативный документ	Содержание документа, различие и сходство	Степень соответствия НД/ссылки на стандарты-методы испытаний на огнестойкость
ГОСТ Р 53295-2009 Средства огнезащиты для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнестойкости	EN 13381-8:2013 «Test methods for determining the contribution to the fire resistance of structural members. Part 8: Applied reactive protection to steel members»	Регламентируется стандартный и тлеющий режим пожара для интумесцентных (реактивных) покрытий в зависимости от национальных норм. Требования по углеводородному режиму пожара отсутствуют	Стандарты не гармонизированы. EN 1363-1:1999 EN 1363-2:1999
Аналога нет.	DIN 4102-2-1977 Fire tests on building materials and structures. Methods for determination of the fire resistance of loadbearing elements of construction	Содержит методику проведенных испытаний согласно углеводородному температурному режиму	Аналогичен UL 1709 Standard for Safety for Rapid Rise Fire Tests of Protection Materials for Structural Steel
Аналога нет.	BS 476-20:1987. Fire tests on building materials and structures. Method for determination of the fire resistance of elements of construction (general principles)	Серия британских стандартов, устанавливающих стандартный температурный режим для различного вида конструкций. Приложение D содержит методику проведения испытаний по углеводородному режиму пожара	BS 476-21, BS 476-22, BS 476-23, BS 476-24, BS 4422, BS 4937-4, BS 4937-5, ISO 834

Российский нормативный документ	Европейский нормативный документ	Содержание документа, различия и сходство	Степень соответствия НД/ссылки на стандарты- методы испытаний на огнестойкость
Аналога нет	ISO 22899-1:2007 Determination of the resistance to jet fires of passive fire protection materials — Part 1: General requirements	Содержит метод испытаний пассивной огнезащиты при факельном пожаре струи пропана. Размеры образца меньше, чем применяемые в строительстве и оборудовании, однако тепловые и механические нагрузки декларируются аналогичным крупномасштабным факельным пожарам	Ссылки на ISO/TR 834-3 и ISO 13702:2015 Petroleum and natural gas industries — Control and mitigation of fires and explosions on offshore production installations — Requirements and guidelines
Аналога нет	ISO/TR 22899-2:2013 Determination of the resistance to jet fires of passive fire protection — Part2: Guidance on classification and implementation methods	Содержит информацию о валидации испытаний пассивной огнезащиты в условиях факельного горения; руководяство по интерпретации испытаний и распространение результатов на крупномасштабные испытания	Ссылки на ISO/TR 834-3 и EN 1363-2:1999
ISO 13702:2015 Нефтяная и газовая промышленность. Контроль и подавление пожаров и взрывов на установках для добычи из морских месторождений. Требования и руководящие указания	ISO 13702 Petroleum and natural gas industries — Control and mitigation of fires and explosions on offshore production installations — Requirements and guidelines	Содержит требования и рекомендации по снижению пожаров и взрывов плавучих морских установок для нефтегазовой добычи. Применяется для конструкций морских платформ; плавучих сооружений для производства, хранения и разгрузки работ, а также для нефтяной и газовой индустрии	ISO 22899-1, API RP 2FB, API RP 14J, API RP 14G, API RP 75, API RP 500, API RP 505, API RP 2003, API 2030, ASTM E1119, EN 1834, EN 13463, IMO resolution A.1021(26), UL 1709

документов, устанавливающих методы испытания конструкций при углеводородном режиме пожара, представлен в табл. 2.

Из представленного анализа нормативных документов, регламентирующих испытания для строительных конструкций зданий и сооружений нефтегазового комплекса, можно сделать следующие выводы:

1. Стандарт ГОСТ Р ЕН 1363-2 следует доработать в части гармонизации с основополагающим стандартом 1363-1:1999 и ISO/TR 834-3.

2. Международный стандарт ISO 13702:2015, содержащий требования к углеводородному режиму пожара, ссылается на стандарты Американского Института Нефти (API) и американские стандарты ASTM E119 и UL 1709, при этом ссылочный стандарт ISO ISO/TR 22899-2:2013 обращается к европейским стандартам.

Углеводородный режим пожара в нормативных документах для конструкций морских транспортных углеводородов и морских стационарных платформ

Углеводородный режим пожара присутствует в нормативных документах, освещающих вопросы обеспечения пожаробезопасности морских транспортных углеводородов. Так, Международный кодекс по системам пожарной безопасности и Международный кодекс по применению процедур испытания на огнестойкость (Кодекс ПИО 2010), принятый Комитетом по безопасности на море (резолюция MSC.307(88)) [10], являются неотъемлемыми частями Международной конвенции по охране человеческой жизни на море (International Convention for the Safety of Life at Sea — SOLAS-74, далее — Конвенция [11]). В случае перевозок жидких грузов, представляющих дополнительную пожароопасность, также учитывают положения Международного кодекса по химовозам [12] и Международного кодекса по газовозам [13], и проводят дополнительные расчеты риска возникновения аварии на объектах транспорта.

Для обеспечения пожарной безопасности судно разделяется на вертикальные и горизонтальные пожарные отсеки. Разделение объемов судна производится конструкциями с применением теплоизоляционных и экранирующих слоев.

В Конвенции приводится определение только стандартного испытания» на огнестойкость. При испытании на огнестойкость образцы

Таблица 2

Американские нормативные документы, содержащие методы испытаний, устанавливающие методы испытаний на огнестойкость конструкций с учетом углеводородного режима пожара

Название стандарта	Область определения	Ссылки на стандарты-методы испытаний на огнестойкость
UL 1709 Standard for Safety for Rapid Rise Fire Tests of Protection Materials for Structural Steel	Содержит метод испытаний конструкций согласно углеводородному режиму, в том числе дополнительной метод испытаний изгибаемых балок с огнезащитой	NFPA 1H, API RP 14FZ, API RP 2218, API STD 2510, API RP 14G, NFPA 30H, NFPA 850, NFPA 556, CEN EN ISO 13702, ASTM C1094, NFPA 502
ASTM E 1529-14A Standard test methods for determining effects of large hydrocarbon pool fires on structural members and assemblies	Содержит требования к углеводородному температурному режиму пожара	IMO A754, ISO 834-1 Fire Resistance Tests — Elements of Building Construction — Part 1: General Requirements
NFPA 290 Standard for Fire Testing of Passive Protection Materials for Use on LP-Gas Containers. Current Ed. 2013	This standard provides a test method to determine the fire resistance of passive fire protection (PFP) materials applied to the exterior of LP-Gas containers. It is intended to identify insulation systems that retard or prevent the release of the container's contents in a fire environment	UL 1709, ISO 22899-1, ISO 13702

соответствующих переборок или палуб подвергаются нагреву в испытательной печи при температурах, приблизительно соответствующих стандартной кривой «время–температура» в соответствии с методом испытаний, отвечающим требованиям Международного кодекса применения процедур испытаний на огнестойкость (FTP Code — ПИО), которые предъявляются для переборок и палуб классов «А» (А-0, А-15, А-30, А-60), «В» (В-0, В-15, В-30), «С» в соответствии с [10].

Среди документов, содержащих требования по огнестойкости конструкций объектов морского транспорта и инфраструктуры (имеющих ссылку на режим «стандартного пожара» ИСО 834-1), следует выделить:

– Международную конвенцию по охране человеческой жизни на море (СОЛАС-74) [11];

– Международный кодекс по применению процедур испытания на огнестойкость 2010 года. Перекрытия классов А, В и F. Испытания на огнестойкость Fire Test (Part 3 Annex 1 FTP Code 2010) [10];

– Международный кодекс постройки и оборудования судов, перевозящих опасные химические грузы наливом [12];

– Международный кодекс постройки и оборудования судов, перевозящих сжиженные газы наливом [13];

– ИМО Резолюция А 754 (18) «Рекомендация по испытаниям на огнестойкость для перекрытий классов А, В и F [14]»;

– Технический регламент по безопасности объектов морского транспорта [15], где регламентируется обязательная оценка соответствия на перекрытия и палубы классов А, В и С;

– Правила классификации и постройки морских судов [16];

– Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ (далее Правила) [17].

Все перечисленные документы, кроме Правил, регламентируют требования к стальным конструкциям (переборкам и палубам от 4 и 4,5 мм толщиной и более) только по классу А, В, F и С, которые, как уже отмечалось, испытываются по стандартному температурному режиму (за исключением «С»).

Согласно Правилам [17], отдельно выделены конструкции типа Н, образованные переборками и палубами, которые должны быть изготовлены так, чтобы предотвратить прохождение через них дыма и пламени в течение 120 мин стандартного испытания огнестойкости. Конструкции типа Н изолированы негорючими материалами или равноценными огнезащитными составами так, чтобы средняя и максимальная температура на стороне, противоположной огневому воздействию, не повышалась по сравнению с первоначальной температурой более чем на 140 °С и 180 °С соответственно.

Конструкциям присваиваются следующие обозначения: Н-120, Н-60, Н-0, характеризующие огнестойкость конструкций в интервале от 120 до 0 минут. Конструкции испытываются на огнестойкость по методике, изложенной в Резолюции А.754(18), с учетом, что «кривая температуры в зависимости от времени должна соответствовать кривой температуры от времени при углеродном горении». Методика же, изложенная в Правилах [17], содержит указание только на «стандарт-

ный температурный режим». Соответственно, данный режим приводится и в ПИО 2010, при этом упоминание о возможных других режимах отсутствует.

В требованиях для береговых и морских платформ Американским бюро по стандартизации [18] дается определение конструкций типа Н, как и в Правилах для платформ, но вместо стандартного режима однозначно приводится «углеводородный».

В Российских ПАО «Лукойл», ПАО «Транснефть», ПАО «Газпром» существуют ведомственные стандарты по антикоррозионной защите конструкций, но для огнезащитных покрытий и средств огнезащиты документы не разработаны, поскольку в отраслевых документах указанных корпораций нормативные требования к строительным конструкциям с учетом воздействия углеводородного режима пожара не представлены.

В настоящее время ПАО «Газпром» разрабатывает отраслевой стандарт с требованиями по средствам огнезащиты с проектным названием «Огнезащита. Основные требования к огнезащитным покрытиям конструкций зданий, сооружений и наружным установкам», где будет введена методика для испытания конструкций в условиях углеводородного режима пожара. Основные положения методики будут получены в результате исследований в Санкт-Петербургском научно-исследовательском институте перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности (НИИПИ и ИТ в ОБЖ), где проводится НИР на тему «Разработка методики проведения испытаний тонкослойных огнезащитных составов для металлических конструкций при углеводородном режиме пожара, в том числе применяемых в арктической зоне». Испытательное оборудование выполнено в соответствующей инсталляции для проведения испытаний конструкций при углеводородном режиме пожара. Планируется испытать широкий спектр средств огнезащиты для строительных конструкций [19, 20].

Выводы

По результатам проведенного анализа нормативных документов в области испытаний строительных конструкций зданий и сооружений, конструкций морских судов и стационарных платформ на действие углеводородного режима пожара можно сделать следующие выводы:

Однозначные требования к пределам огнестойкости конструкций к воздействию углеводородного режима пожара присутствуют только для конструкций буровых платформ и морских установок.

Применение средств огнезащиты в условиях углеводородного режима пожара регламентируются отделами расчета рисков крупных иностранных нефтегазовых и страховых компаний и их собственными отраслевыми стандартами.

Остро стоит проблема отсутствия отечественной нормативной базы в области испытаний конструкций на огнестойкость в условиях воздействия углеводородного режима пожара.

Необходимо разработать российские нормативные документы по методам испытаний строительных конструкций зданий и сооружений нефтегазового комплекса в условиях углеводородного режима пожара.

Литература

1. Яковлев В.В. Нефть. Газ. Последствия аварийных ситуаций. Монография. — СПб.: СПбГПУ. — 2003. 420 с.

2. Гимранов Ф.М. Прогнозирование сценариев развития аварий на нефтехимических производствах. Вестник Казанского технологического университета: № 5. — Казань: Изд-во Казан. Гос. технол. ун-та, 2010. 301 с.

3. Мордвинова А.В., Гордиенко Д.М., Шебеко Ю.Н., Лагозин А.Ю., Некрасов В.П. Методы управления пожарным риском морских стационарных нефтегазодобывающих платформах. Газовая промышленность. Промышленная безопасность и противопожарная защита объектов гавовой промышленности. 2014 С. 30–34.

4. Мустафин Ф.М., Быков Л.И., Мохов В.Н. и др. Строительные конструкции нефтегазовых объектов. — СПб.: ООО «Недра», 2008. 780 с.

5. Прогнозирование огнестойкости стальных конструкций с огнезащитой: диссертация ...доктора технических наук: 05.26.03 / Голованов В.И. — Москва. 2008. 337 с.

6. Dennis P. Nolan, P.E. Handbook of Fire & Explosion Protection Engineering Principles for Oil, Gas, Chemical, and Related Facilities. 1996, NOYES PUBLICATIONS Westwood, New Jersey, U.S.A.

7. Fireproofing for hydrocarbon fire exposures. GAPS Guidelines. Publication of Global Asset Protection Services LLC.

URL:<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:-PcLs4DFCUwJ:xlgroup.com/~media/cbe4c6dbcb094d529bc622ceb17ad599.pdf+&cd=2&hl=en&ct=clnk&gl=ru> (дата обращения: 17.09.2017).

8. Гравит М.В. Гармонизация российских и европейских нормативных документов, регламентирующих методы испытаний на огнестойкость строительных конструкций с использованием средств огнезащиты // Пожаровзрывобезопасность. 2014. Том 23. № 5. С. 38–46.

9. Хасанов И.Р., Гравит М.В., Косачев А.А., Пехотиков А.В., Павлов В.В. Гармонизация европейских и российских нормативных документов, устанавливающих общие требования к методам испытаний на огнестойкость строительных конструкций и применению температурных режимов, учитывающих реальные условия пожара // Пожаровзрывобезопасность. 2014. Т. 23. № 3. С. 49–57.

10. Международный кодекс по применению процедур испытания на огнестойкость 2010 года (кодекс ПИО 2010). International code for application of fire test procedures, 2010 (2010 FTP code). IMO resolution MSC.307(88).

11. Международная конвенция по охране человеческой жизни на море 1974 года текст, измененный Протоколом 1988 года к ней, с поправками (СОЛАС-74) (с изменениями на 1 января 2016 года) (редакция, действующая с 1 января 2017 года) <http://docs.cntd.ru/document/901765675> (дата обращения: 17.09.2017 г.)

12. Международный кодекс постройки и оборудования судов, перевозящих опасные химические грузы наливом. Принят Комитетом по безопасности на море (Резолюция MSC.4 (48)) <http://docs.cntd.ru/document/499003305>

13. Международный кодекс постройки и оборудования судов, перевозящих сжиженные газы наливом (Кодекс МКГ) (с изменениями на 1 января 2016 года). Текст редакции принят Резолюцией MSC.370(93).

14. Постановление Правительства Российской Федерации от 12 августа 2010 г. № 620 «Об утверждении технического регламента о безопасности объектов морского транспорта».

15. ИМО Резолюция А 754 (18) Рекомендация по испытаниям на огнестойкость для перекрытий классов «А», «В» и «F», принятые 4 ноября 1993 г.

16. Правила классификации и постройки морских судов. 2016. г. Санкт-Петербург. http://www.rs-class.org/upload/iblock/16c/2-020101-087_6.pdf

17. Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ. Российский морской регистр судоходства. — Санкт-Петербург. 2014.

18. ABS Rules for building and classing facilities on offshore installations january 2014. URL:https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/rules-and-guides/archives/offshore/63_facilitiesonoffshoreinstallations_2014/fac_rules_e-feb14.pdf

19. Экспертная оценка. Игорь Абрамов о рынке огнезащиты // Безопасность зданий и сооружений, № 1, май 2017. С. 212–216.

20. Газовая промышленность (712/2014). Современные технологии противопожарной защиты на страже объектов ОАО «Газпром» (интервью с Р.М. Тагиевым) URL: http://gasoilpress.ru/gij/gij_detailed.php?GIJ_ELEMENT_ID=75640&WORK_SECTION_ID=1167&CHILD_SECTION_ID=75640 (дата обращения: 27.07.2017 г.)

КОМПЛЕКСНАЯ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Е.Н. Бардулин, Р.Р. Бикметов, И.Б. Елисеев

*Санкт-Петербургский университет Государственной
противопожарной службы МЧС России*

На современном этапе мирового развития отчетливо проявляются объективные признаки разрушения однополярного мира. При этом процесс перехода к многополярности сопровождается нарастанием геополитической нестабильности и неустойчивости развития мировой экономики, резким обострением глобальной конкуренции. На международные экономические отношения все большее влияние оказывают факторы, представляющие угрозу для экономической безопасности.

Обеспечение экономической безопасности в течение определенного времени посредством сбалансированности его интересов с интересами субъектов внешней среды, взаимодействующих с предприятием (организацией), возможно на основе действия соответствующего механизма.

Механизм обеспечения экономической безопасности рассматривается как совокупность управленческих, экономических, организационных, правовых и мотивационных способов гармонизации интересов с интересами субъектов внешней среды, посредством чего с учетом особенностей деятельности обеспечивается получение прибыли, величина которой уже достаточна для нахождения в условиях экономической безопасности.

Формирование механизма обеспечения экономической безопасности обеспечивается посредством принятия управленческих решений, формирования информационных полей, проведения аналитических и прогнозных работ, выполнения ряда экономических расчетов и оценки их результатов. Все эти действия осуществляются во внутренней среде субъекта хозяйствования, а некоторые — впоследствии, как того требует функционирование механизма экономической безопасности, многократно повторяются, влияют на многие аспекты жизнедеятельности и влекут за собой, как правило, определенные расходы.

Отправной же точкой формирования механизма безопасности организации является определение приоритетных интересов орга-

низации, ее взаимосвязь с субъектами внешней среды, ведь система приоритетных интересов организации не остается неизменной во времени, и изменения в поведении взаимодействующих субъектов с общими изменениями во внешней среде могут изменять и формулировки интересов, и их приоритетность, поэтому и формирование системы приоритетных интересов организации с последующей их гармонизацией с интересами субъектов внешней среды осуществляется в определенной последовательности и должно совпадать с интересами субъектов внешней среды.

Системность в подходе к формированию механизма обеспечения экономической безопасности организации предполагает и учитывает все реальные условия его деятельности, сам же механизм обеспечения экономической безопасности организации, состоящий из «блоков» (входного, внутреннего, выходного), призван обеспечить достаточную для расширенного воспроизводства капитала организации прибыль, а также должен иметь четко очерченные элементы, схему их действия и взаимодействия с субъектами внешней среды.

Результатом функционирования «входного блока» является поступление необходимых для организации процесса производства ресурсов и информации в соответствии с системой приоритетных интересов организации, а его назначение в механизме обеспечения экономической безопасности организации определяется через минимизацию затрат на приобретение ресурсов в необходимом количестве и должного качества.

Именно «входной» блок предназначен для взаимодействия организации с субъектами внешней среды, которые являются для организации приоритетными, рассматривая преимущественно альтернативность взаимодействия повышая гибкость действия механизма и способствуя реализации назначения этого блока — минимизации затрат предприятия.

Одним же из основных назначений «внутреннего» блока механизма в обеспечении экономической безопасности организации является создание и реализация условий, обеспечивающих саму безопасность, и в качестве важнейших условий, учитываемых в структуре механизма, и выбраны минимизация затрат организации, адаптация к нововведениям, расширение сферы использования услуг в инфраструктуре рынка, т.е. условия, способные оказать существенное влияние на формирование эффективности работы организации, обеспечив их экономическую безопасность. Более того, само

действие механизма направлено на обеспечение экономической безопасности в деятельности организации как в настоящее время, так и на перспективу. И если в первом случае доминируют такие условия в обеспечении экономической безопасности, как минимизация затрат и расширение сферы использования услуг инфраструктуры, то во втором — это адаптация к нововведениям, расширение производства и его диверсификация.

Каждое из этих условий нельзя рассматривать изолированно, они тесно взаимосвязаны, а минимизацию затрат организации необходимо рассматривать как комплексное понятие, включающее минимизацию затрат на его обслуживание и управление:

1. Минимизацию затрат организации необходимо обеспечить посредством повышения эффективности использования ресурсов и устранения несоответствий в использовании ресурсов.

2. Несоответствия в использовании ресурсов предприятия влекут за собой появление непроизводительных затрат на оплату труда, на хранение материальных запасов и информации, на поддержание в рабочем состоянии оборудования.

3. Непроизводительный характер таких затрат обусловлен тем, что они не обеспечивают результата процесса производства — готовой продукции, выполненных работ или услуг и, соответственно, прибыли.

4. Несоответствия в использовании ресурсов ведут к росту затрат на производство и, соответственно, снижению прибыли, а также неэффективному использованию ресурсов.

Соблюдение интересов организации требует постоянного развития его потенциала посредством реализации нововведений технического и организационного характера.

Значение реализации нововведений в деятельности организации уже давно рассматриваются в качестве движущей силы в развитии организации, а значит и свойства, и сам механизм обеспечения экономической безопасности организации должен быть ориентирован не столько на создание нововведений (маркетинговая ориентация), сколько на использование уже имеющихся разработок (адаптивность), применимых для реализации.

Следовательно, действие механизма в обеспечении экономической безопасности организации и его эффективность призваны не просто обеспечить экономическую безопасность, а безопасность определенного уровня, зависящей не только от особенности деятель-

ности организации и взаимодействующих с ним субъектов внешней среды, но и от выбора уровня оценки экономической безопасности организации.

Литература

1. Кишенин В.Н. Экономическая безопасность, как глобальная проблема современности, в контексте политических трансформаций: автореф. дис. канд. полит. наук / МГУ им. М.В. Ломоносова. — М., 2001. 24 с.

2. Буга А.В., Самодуров А.А., Куприн А.А. Управление экономической безопасностью организации. Монография. — Санкт-Петербург: Издательство Астерион. 2010. 179 с.

3. Шеремет А.Д., Сауфулин Р.С. Финансы предприятий. Учебное пособие. — М.: Инфра. 1999. 343 с.

4. Указ Президента Российской Федерации от 13.05.2017 № 208 «О Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года».

СТРУКТУРА СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ НА ОСОБО ВАЖНЫХ ОБЪЕКТАХ И ОБЪЕКТАХ КРИТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Е.М. Богданова

*Санкт-Петербургский университет Государственной
противопожарной службы МЧС России*

Снижение рисков чрезвычайных ситуаций, повышение защищенности населения, потенциально опасных объектов (далее — ПОО) и территорий Российской Федерации от угроз природного, техногенного характера являются необходимым условием для безопасной жизнедеятельности и устойчивого социально-экономического развития страны.

Риск, как интегральная характеристика опасности включает в себе две меры, характеризующие возможность и результат проявления соответствующих источников [1]. Системное исследование техногенных рисков является одной из важнейших задач обеспечения безопасности ПОО.

Под термином «безопасность» будем понимать свойство функционирования управляемой системы с предсказуемым достижением результатов управления целевому предназначению в пределах допустимых отклонений под воздействием внешней среды, внутренних изменений системы и управления [2].

Исследование процессов появления и развития случайных событий на ПОО не может быть одномоментным и представляет собой замкнутый цикл, включающий в себя: эмпирический системный анализ; проблемно ориентированное описание; теоретический системный анализ.

Совокупность указанных этапов с их элементами и взаимосвязями будет представлять собой структуру системного исследования техногенных рисков, которая наглядно представлена на рисунке.

Первым этапом данной структуры служит эмпирический системный анализ, направленный на выявление проблемных ситуаций с обеспечением безопасности на конкретном ПОО. Данный анализ основывается на изучении соответствующих требований с одной стороны, и на сборе статистических данных по имевшим место там происшествиям — с другой. Важность данного этапа обусловлена его значимостью для последующего системного исследования происшествий.

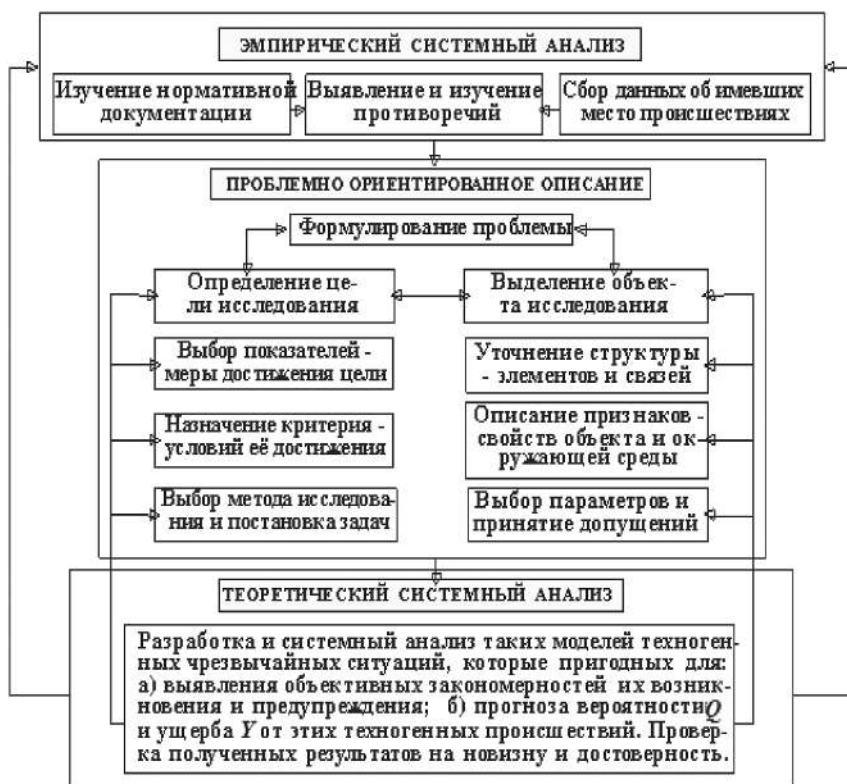


Рис. Структура системного исследования техногенных рисков

Вторым этапом рассматриваемой структуры служит уже проблемно-ориентированное описание объекта и цели системного исследования конкретных рисков. Этот этап предполагает более четкое формулирование проблемной ситуации, идентификацию связанной с ней системы «человек–машина–среда», уточнение характера её взаимодействия с внешней средой [3], определение цели предстоящего моделирования и системного анализа, выбор количественных показателей и критериев оценки приемлемости техногенного риска.

Третий этап системного исследования связан с теоретическим системным анализом и синтезом [3] и направлен на уточнение представлений об условиях возникновения и предупреждения тех техногенных рисков, которые возможны при функционировании рассматриваемого ПОО.

Особое место при проведении теоретического системного анализа рисков на ПОО следует уделять моделированию процессов их появления и развития [4]. Это обусловлено, прежде всего, неприемлемостью по этическим и экономическим соображениям экспериментального изучения тех аспектов, которые касаются жизни и здоровья людей, значительного ущерба материальным ценностям и природным ресурсам. В этих условиях только моделирование позволяет пополнить представления о закономерностях возникновения и предупреждения техногенных происшествий, компенсировать дефицит в соответствующих статистических данных и эмпирическом опыте [5]. Основные требования к моделированию происшествий при функционировании данного класса систем заключаются в необходимости учета ряда специфических особенностей. В частности, основные из них состоят в следующем:

- а) оперирование лишь наиболее существенными факторами аварийности и травматизма;
- б) возможность их формализации и количественного измерения;
- в) использование для этого языков и алгоритмов, удобных для семантического представления исследуемых категорий и обработки средствами электронной вычислительной техники.

Наиболее полно удовлетворяют этим требованиям модели, представляющие процесс появления и развития техногенных происшествий в виде диаграмм причинно-следственных связей. Под такими диаграммами обычно понимают некоторое формализованное представление моделируемых категорий (свойств, состояний, событий) в виде множества графических символов (узлов, вершин) и отношений (предполагаемых или реальных связей) между ними.

Лучше всего моделировать данный случайный процесс в два этапа: вначале с помощью диаграмм влияния предпосылок типа «отказ техники», «ошибка человека» и «нерасчетное для них воздействие» на появление причинной цепи конкретного происшествия, затем — путём разработки и анализа аналитических или алгоритмических моделей, полученных после дальнейшей формализации таких диаграмм.

Важной задачей теоретического системного анализа является выявление объективных закономерностей возникновения и предупреждения техногенных происшествий, а также априорная оценка соответствующего риска. Подобный прогноз возможен лишь с использованием только что упомянутой графической и математической модели,

которая лучше всего пригодна для количественной оценки вероятности появления конкретных происшествий и среднего ущерба от них людским, материальным и природным ресурсам.

Литература

1. Матвеев А.В. Опасность — безопасность — риск: этимологический и семантико-философский анализ // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2013. № 4. С. 4–12.

2. Матвеев А.В., Матвеев В.В. Системно-кибернетический подход к определению понятия «безопасность» // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2015. № 1 (9). С. 18–25.

3. Матвеев А.В. Схема выработки управленческих решений на основе структурно-функционального синтеза системы обеспечения безопасности потенциально опасных объектов // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2013. № 1. С. 60–68.

4. Зенина Е.А., Матвеев А.В. Синтез модели и способов функционирования системы в условиях конфликта // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2012. № 3 (150). С. 72–79.

5. Матвеев А.В. Системное моделирование управления риском возникновения чрезвычайных ситуаций: Дис.... канд. техн. наук. — СПб.: СПб УГПС МЧС России, 2007.

ПРИМЕНЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО ОГНЕЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

А.А. Боева, Г.Л. Шидловский, И.Ю. Котов

*Санкт-Петербургский университет Государственной
противопожарной службы МЧС России*

Важнейшей особенностью современного терроризма является усиление его разрушительного потенциала, обусловленное возрастанием вооруженности, использованием достижений научно-технического прогресса для массового уничтожения людей, разрушения инфраструктуры, применением различных способов совершения крупных террористических актов. Реальная угроза террористических актов существует в жилых кварталах крупных городов, а также на жизненно важных объектах энергетики, атомной и оборонной промышленности, гидротехнических сооружениях, транспорте [1].

Большинство объектов нефтегазового комплекса и транспортной инфраструктуры состоят из металлических конструкций. Повышение огнестойкости металлических конструкций достигается различными способами. Наиболее распространенным из них является нанесение огнезащитных вспучивающихся красок (далее — ОВК). При нагревании они вспучиваются и образуют пористый теплоизолирующий слой — пенококс, который защищает металл от перегрева.

Для защиты металлических конструкций на нефтегазовом комплексе используют ОВК. При воздействии высоких температур металлические конструкции быстро теряют свои прочностные характеристики, а значит, требуют принятия огнезащитных мер. Согласно строительным нормам и правилам минимальное значение предела огнестойкости строительных конструкций должно быть от 15 до 150 минут.

Огнезащитная эффективность покрытий, наносимых на стальные конструкции, характеризуется временем от начала огневого испытания до достижения критической температуры 500 °С стандартного образца по ГОСТ Р 53295-2009.

Было разработано огнезащитное покрытие, модифицированное углеродными наноматериалами. Эффективность таких огнезащитных составов зависит от их способности переходить во вспученное состояние, что позволяет значительно снизить их теплопроводность. Критическими эксплуатационными характеристиками огнезащит-

ных составов являются кратность вспучивания, устойчивость к эрозии, температура активации, изменение массы при термическом воздействии и др. [2].

Базовым материалом для модифицированного огнезащитного состава применялась огнезащитная вспучивающаяся краска «Термобарьер», выпускаемая по ТУ 2313-001-30642285-2011. Модификация огнезащитного состава проводилась с помощью депонирования MWCNT в растворитель (о-ксилол) с дальнейшим перемешиванием в наполнителе в концентрации 0,1...1,25 об. %.

Полученные образцы с модифицированным огнезащитным составом подвергались термическому воздействию на лабораторной установке моделирующей углеводородное горение, рис. 1.

Практически для всех образцов модифицированных ОВК, содержащих углеродный наноматериал, наблюдается более медленный (на 10–55 %) рост температуры объекта защиты в течение времени наблюдения в сравнении с базовым покрытием ОВК. Для испытаний были отобраны составы, обладающие высокой температуростойкостью [3].

Согласно полученным результатам прогрева пластин, представленных на рис. 2, был выявлен наилучший результат для образца, содержащего углеродный наноматериал.

Таким образом, при модифицировании ОВК углеродным наноматериалом происходит снижение прогрева металла, что связано с высокой температуропроводностью наноматериалов [4]. При выбо-

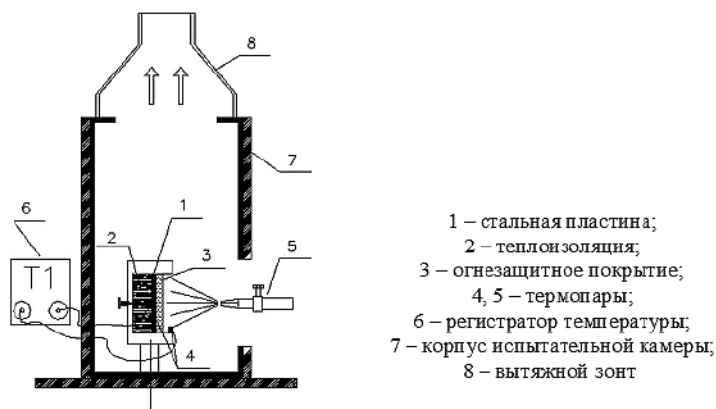


Рис. 1. Схема лабораторной установки для испытаний огнезащитных покрытий в условиях углеводородного горения

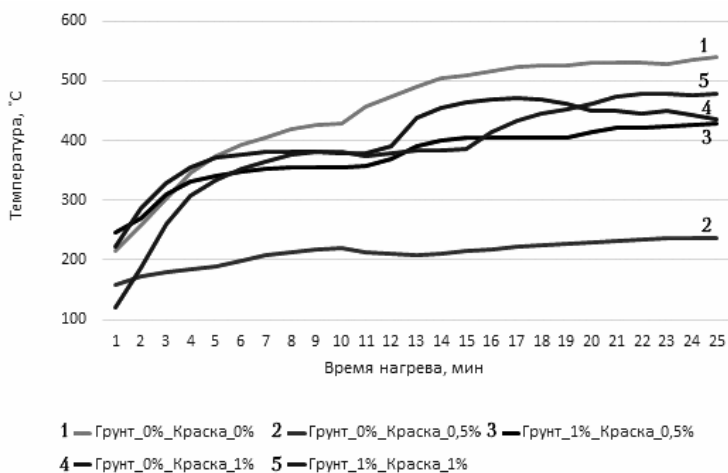


Рис. 2. Кинетика прогрева пластин с модифицированным огнезащитным покрытием в условиях углеводородного горения

ре оптимального рецепта модифицированной ОВК позволит успешно применять модифицированные ОВК для защиты металлических конструкций на важных объектах энергетики, атомной и оборонной промышленности, гидротехнических сооружениях, транспорте.

Литература

1. Защита и действия населения в чрезвычайных ситуациях: учебное пособие для высшей школы / Под редакцией Е.И. Насса, А.С. Клецова. — Москва. 2014 г. С. 384.
2. Еремина Т.Ю. Моделирование и оценка огнезащитной эффективности вспучивающихся огнезащитных составов // Пожаровзрывобезопасность. 2003. №. 3. С. 22–29.
3. Шидловский Г.Л., Тихонов Ю.М. Огнезащитные композиты на основе вермикулита, перлита и волокнистых наполнителей // Проблемы управления рисками в техносфере. 2015. №3 (35). С. 41–44.
4. Голованов В.И. Прогнозирование огнестойкости стальных конструкций с огнезащитой: дис. д-ра тех. наук: 05.26.03. 2008.

СУЩНОСТЬ ЗАДАЧ АВТОМАТИЗАЦИИ МОНИТОРИНГА БЕЗОПАСНОСТИ ОСОБО ВАЖНЫХ ОБЪЕКТОВ И ОБЪЕКТОВ КРИТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Д.А. Бойко

*Санкт-Петербургский университет Государственной
противопожарной службы МЧС России*

Главной целью мониторинга является наблюдение за состоянием окружающей природной среды и уровнем ее загрязнения, оценка и определение последствий антропогенного воздействия на экосистемы и здоровье человека, а также эффективности природоохранных мероприятий.

Система мониторинга обеспечивает последовательное снижение до минимального уровня риска воздействия на объекты и грузы факторов террористического, техногенного и природного характера и минимизацию ущерба от кризисных ситуаций для населения страны и окружающей среды [1].

Задачей системы мониторинга является информационная поддержка разработки и реализации мер по своевременному прогнозированию, выявлению и предупреждению угроз и кризисных ситуаций в отношении объектов и грузов. Система мониторинга должна обеспечивать выполнение следующих функций [2]:

- сбор, обработка, анализ, хранение и передача информации о местоположении, обобщенных параметрах состояния защищенности объектов и грузов, маршрутах транспортировки грузов и других необходимых данных;

- информационная поддержка работ, выполняемых в целях подготовки и реализации мер по обеспечению безопасного функционирования объектов (безопасной транспортировки грузов), предупреждению и локализации кризисных ситуаций, а также ликвидации их последствий;

- подготовка интегральных оценок (моделей) кризисных ситуаций в отношении объектов и грузов, и оценка их возможных последствий;

- прогнозирование угроз объектам и грузам, и динамики изменения состояния их защищенности под влиянием природных, техногенных и других факторов;

- ведение информационных баз данных для обеспечения поддержки принятия и реализации управленческих решений по защите объектов и грузов;

- предоставление в установленном порядке информационных ресурсов системы мониторинга, обеспечение защиты этих ресурсов от несанкционированного воздействия;

- формирование единого информационного пространства системы мониторинга на основе унификации и совместимости информационных, программных и аппаратных средств;

- информационное обеспечение реализации международных договоров и соглашений в области мониторинга объектов и грузов, участницей которых является Российская Федерация.

В состав системы мониторинга каждого уровня должны быть включены:

- центры системного мониторинга и оперативного управления;

- системы, комплексы и средства получения информации обобщенных параметрах состояния защищенности объектов и грузов;

- системы и средства телекоммуникаций, сбора, передачи данных и оповещения.

Основными структурными элементами системы мониторинга, обеспечивающими решение возложенной на нее задачи, должны стать центры мониторинга федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления.

Объединение информационных ресурсов центров мониторинга различных уровней осуществляется с использованием систем и средств телекоммуникации, при этом учитывается необходимость обеспечения конфиденциальности информации и санкционированного удаленного доступа к их базам данных. При решении возложенной на систему мониторинга задачи должна быть предусмотрена возможность информационного взаимодействия центров мониторинга различных уровней с другими государственными и негосударственными информационными системами общего и специального назначения Российской Федерации, а также с международными информационными системами [5].

Регламент информационного взаимодействия устанавливается в соответствии с утверждаемым Правительством Российской Федерации положением о федеральной системе мониторинга критически важных объектов и (или) потенциально опасных объектов инфра-

структуры Российской Федерации и опасных грузов с учетом законодательства Российской Федерации в области защиты информации.

Исключительно важной является работа, направленная на создание нормативно-правового и информационно-методического обеспечения безопасности в федеральной системе мониторинга критически важных объектов и опасных грузов (далее именуется — ФСМ ОГ). В Российской Федерации разработан ряд важных документов, направленных на снижение рисков возникновения техногенных аварий и катастроф, среди которых следует отметить:

– «Концепция федеральной системы мониторинга критически важных объектов и (или) потенциально опасных объектов инфраструктуры Российской Федерации и опасных грузов», которая была одобрена распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 августа 2005 года № 1314-р.

– «Перечень критически важных и опасных объектов на территории Российской Федерации», утвержден Правительством РФ 23.03.06 г. №411-рс.

В Российской Федерации насчитывается более 4600 критически важных и опасных объектов (КВО), которые можно объединить в следующие группы:

- государственные органы управления;
- телекоммуникационные системы;
- водопроводные и сточные системы;
- транспортные системы всех видов, опасные грузы;
- энергетические системы;
- нефтегазовый, топливо-энергетический комплекс;
- химически биологически опасные объекты;
- аварийные объекты;
- банки.

Главной целью государственной политики в области мониторинга КВО является обеспечение последовательного уменьшения до приемлемого уровня риска негативного воздействия факторов террористического, техногенного и природного характера на КВО, население страны и окружающую природную среду. Достижение этой цели обеспечивается путём создания федеральной системы мониторинга критически важных и (или) опасных объектов и грузов.

Основным предназначением Федеральной системы мониторинга критически важных объектов и особо опасных грузов является информационно-аналитическая и организационно-техническая под-

держка системы государственного управления в кризисных ситуациях на федеральном, межрегиональном, региональном, муниципальном и объектовом уровнях [3].

Федеральная система мониторинга критически важных объектов и особо опасных грузов (ФСМ ОГ) предусматривает выполнение следующих видов мониторинга КВО и зоны его техногенной безопасности:

1) Экологический мониторинг, включая мониторинг природно-климатических факторов и антропологического воздействия КВО на окружающую среду (воздух, воду, почву).

2) Мониторинг опасных природных процессов: мониторинг геологических опасных явлений, мониторинг гидрологических опасных явлений, мониторинг метеорологических явлений.

3) Техногенный мониторинг, который включает мониторинг систем технического обслуживания, мониторинг систем инженерных конструкций, мониторинг систем жизнеобеспечения и ЖКХ, мониторинг опасных грузов [4].

4) Социально-гигиенический мониторинг: мониторинг состояния здоровья персонала, мониторинг факторов среды персонала; мониторинг социальной среды персонала, мониторинг качества питания и безопасности пищевых продуктов; мониторинг охраны условий труда персонала; мониторинг радиационной обстановки территории.

5) Общественно-политический мониторинг, включая мониторинг террористических проявлений.

6) Информационный мониторинг, мониторинг передачи и защиты информации.

Литература

1. Безбородов В.Г., Докучаев В.А., Жодзишский А.И. Системный подход к мониторингу критически важных объектов инфраструктуры Российской Федерации, принципы построения федеральной системы мониторинга. — М., 2006 (Материалы конференции / ФГУП «РНИИ КП»).

2. Ефремов О.Н., Ревяков Г.А., Сергеев Н.А. Методические основы и модели системы интеллектуальной и информационной поддержки принятия решений в «СЦ управления территорией (муниципальным образованием)». — М., 2006 (Доклад на конференции / РАГС при Президенте РФ).

3. Распоряжение Правительства РФ от 27 августа 2005 года № 1314-р «Концепция федеральной системы мониторинга критически важных объектов и (или) потенциально опасных объектов инфраструктуры Российской Федерации и опасных грузов».

4. Распоряжение Правительства РФ 23.03.06 г. № 411-рс «Перечень критически важных и опасных объектов на территории Российской Федерации».

5. Артамонов В.С., Антюхов В.И., Гвоздик М.И., Евграфов В.Г., Исаков С.Л., Ходасевич Х.Б. Системный анализ: Учебное пособие / Под общей редакцией В.С. Артамонова. — СПб.: Изд-во СПб УГПС МЧС России, 2007.

ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К УКРЕПЛЕНИЮ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИИ С ПОМОЩЬЮ ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩ СЫРОЙ НЕФТИ

***Е.Н. Бойко, М.Н. Григорьев, А.А. Кириллов,
М.Н. Охочинский, С.А. Уваров***

*Балтийский государственный технический университет
«Военмех» им. Д.Ф. Устинова*

Данная статья носит сугубо постановочный характер и касается актуальной проблемы создания комплекса стратегических нефтехранилищ в Дальневосточном регионе для обеспечения согласованной энергетической политики и энергетической безопасности России и Китая. Как известно, в 2015 г. Китай, несмотря на экономические трудности, стал мировым лидером в развитии технологий возобновляемой энергии, потратив на эти цели 111 млрд долларов (почти на 20% больше, чем в 2014 г.). По добыче собственной нефти Китай занимает 5-е место в мире. Бурное развитие промышленности привело к тому, что, начиная с 1993 г., страна стала импортировать нефть и сегодня завозит 54% от ее общей потребности (более 50% сырья импортируется из стран Ближнего Востока). При этом Китай поставляет сырую нефть за рубеж: в Японию — 48% от общего объема экспорта, в КНДР — 21%, в Южную Корею — 13%, в США — 10% и в Таиланд — 3% (всего порядка 2,5 млн тонн в год). Кроме того, Китай ежегодно поставяет на мировой рынок 26 млн тонн нефтепродуктов и закупает для себя 41 млн тонн нефтепродуктов, в которых испытывает недостаток.

Оценивая перспективы возникновения сбоя в поставках, вызванных нестабильностью политической обстановки в районах, где добывается и через которые традиционно импортируется для страны сырая нефть, руководство КНР приняло ряд мер по минимизации рисков. Проблема стала обсуждаться давно, но только в 2001 г., в рамках десятого пятилетнего плана Китая (2001–2005 годы), было признано целесообразным создать стратегические запасы нефти (Strategic Petroleum Reserves, SPR) в виде ряда хранилищ, размещенных по стране таким образом, чтобы в критической обстановке обеспечить работу китайских нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ).

Было предложено построить в три очереди нефтехранилища SPR. Очевидным логистическим требованием [1, 2] к размещению таких хранилищ является удобство доставки нефти на НПЗ, что влечет за собой стремление создать запасы как можно ближе к заводам, но, с другой стороны, в случае чрезвычайной ситуации (землетрясение, ураган, война) близкое расположение завода и хранилища может привести к одновременному их выходу из строя. Таким образом, будет нарушен принцип максимальной устойчивости всей национальной системы обеспечения государства нефтепродуктами в случае поражения ее части, согласно которому возможность маневра ресурсами должна сохраняться как можно дольше при самом большом выбытии из строя составляющих системы. Кроме того, следовало иметь в виду, что чрезвычайные ситуации случаются сравнительно редко, поэтому хранилища должны быть экономически выгодны в обычных рыночных условиях деятельности. Применительно к рассматриваемой ситуации оборот хранимой в них нефти, ремонт и обслуживание резервуаров должны сопровождаться минимальными расходами [2, 3]. Перед китайскими инженерами и строителями стояла трудная задача — удовлетворить весьма противоречивым логистическим требованиям [4].

К началу XIX века в мире был накоплен большой опыт создания стратегических запасов сырой нефти. Признанным мировым лидером в этой сфере являлись США. Они разместили свои запасы в полостях, искусственно сформированных в особых геологических образованиях — природных соляных линзах, размерами в многие тысячи метров [5, 6]. Нефть практически не взаимодействует с каменной солью, соляные монолиты имеют свойство под давлением выше расположенных слоев устранять трещины в поверхностях, образующих емкости, на практике это известно как эффект «самовосстановления». Данная технология является наиболее экономичной и надежной. Однако необходимым условием для ее реализации является наличие на территории страны массивов каменной соли.

В КНР было обнаружено единственное такое место в нефтяной провинции Цзянхань (Jiangnan Basin), рядом с городом Ухань (Wuhan), где имеются толстые соляные основания на глубине 1000–2000 футов, которые структурно подходят для хранения миллионов баррелей нефти. Особенность района состоит в том, что он в значительной мере совпадает с Цзянханьской равниной, расположенной в бассейне нижнего течения Янцзы (кит. Цзян) и её притока

реки Ханьшуй (кит. Хань), отсюда название Цзянханьская. Равнина густо населена. Крупнейший город — Ухань. Логистической особенностью нефтяной провинции Цзянхань является то, что она отстоит от берега моря более чем на 600 миль и находится сравнительно далеко от северо-востока Китая, где потребность в нефтепродуктах особенно высока в любых условиях, включая кризисные. Следует отметить и тот факт, что собственного опыта строительства резервуаров для сырой нефти в массивах каменной соли у китайских инженеров нет, а использование американских специалистов для создания стратегических объектов не всегда уместно с учетом возможного роста соперничества между двумя странами в исторической перспективе. Таким образом, самая передовая и экономичная технология создания резервуаров для хранения стратегических запасов сырой нефти не смогла стать базовой в КНР. Ближайшие соседи КНР Индия [5, 6] и Южная Корея используют для хранения стратегических запасов нефти подземные сооружения в виде тоннелей, построенные с использованием гигантских естественных пещер в скальных массивах. Однако скальные массивы не обладают свойством самоуплотняться, что может привести к большим потерям нефти и возникновению экологических проблем в окружающем нефтяной склад пространстве. Стоимость горных работ, которые необходимо выполнить для перестройки горной пещеры в хранилище нефти, во много раз превосходит затраты на формирование емкостей в соляных массивах. Согласно американской статистике, хранилища равной емкости, выполненные по этой технологии, в 20 раз дороже, чем при использовании соляных линз [5, 6].

Следует отметить, что китайские строители имеют большой опыт по созданию подземных сооружений. Например, их руками создавался гигантский подземный завод по производству расщепляющихся материалов для ядерной оружейной программы КНР, известный в литературе как «проект 816». В связи с изменившейся международной обстановкой строительство было прекращено в 1984 г., когда Китай стал разворачивать программу экономических реформ и сократил многие дорогостоящие военные программы. На тот момент строительные работы были выполнены на 85%, монтаж оборудования — на 60%. Для достройки объекта оставалось вложить еще 100 млн юаней. Объект был рассекречен в 2002 г., а в 2010 г. его открыли для туристов. С учетом полученного опыта Китай запланировал строительство только одного подземного хранилища в городе

Чжаньцзян провинции Гуандун (Zhanjiang, Guangdong) с проектной мощностью 44 млн бар и прогнозируемого стоимостью \$331,6. Сегодня в качестве базовой модели в Китае приняты наземные хранилища, основанные на применении стальных резервуаров.

Строительство таких сооружений требует отчуждения больших территорий для размещения собственно резервуаров, создания вокруг них зоны безопасности. Стоимость исходного материала — стали — высока, в процессе эксплуатации она подвергается коррозии, внешние поверхности баков нуждаются в регулярной очистке и покраске. По американской статистике строительство хранилищ такого типа в 2 раза дешевле, чем подземных в скальном массиве, но в 10 раз дороже, чем подземных в соляном массиве [5, 6]. Нагревание резервуаров под солнечными лучами приводит к испарению из хранимой нефти легких фракций, таким образом, длительное хранение запасов сырой нефти будет значительно снижать ее качество. Отсюда возникает потребность в систематическом и частом обновлении запасов, что не позволяет в полной мере использовать для блага экономики страны ценовые колебания на мировом рынке. При возможности длительного хранения нефти без потери ее качества и количества, обмен запасов можно построить в противофазе к колебаниям цены на мировом рынке [3, 4]. Самой главной причиной, которая делает схему организации хранения и распределения стратегических запасов сырой нефти в КНР не оптимальной по отношению к существующим и перспективным угрозам, — это крайняя уязвимость близко расположенных друг к другу наземных стальных резервуаров от внешнего воздействия, включая наводнения, ураганы, пожары, землетрясения, войны, падение крупных небесных тел [5].

Энергичное создание в КНР системы хранилищ сырой нефти на своей территории, стремление максимально удешевить строительство — о чем, в частности, свидетельствует минимальное расстояние между стальными резервуарами, отсутствие изолирующих земляных валов, а также углубление наших отношений в области трансграничного сотрудничества создают фундаментальную основу для объединения усилий России и Китая в области создания стратегических запасов сырой нефти.

Текущее состояние российской экономики, особенности развития КНР, проявившиеся в 2015 г., желание ряда нефтедобывающих стран упорядочить объемы добычи сырой нефти в сторону их сокращения, а также обострение политической обстановки вокруг Корей-

ского полуострова и в районе Южно-Китайского моря очевидно толкают правительства и бизнес двух государств к немедленному началу работ по формированию облика сотрудничества в деле взаимодействия по стратегическим запасам сырой нефти. Выше показано, что значительная часть таких запасов КНР размещена на складах, не отличающихся большой устойчивостью к воздействию внешних факторов. Четыре склада первой очереди, где может храниться до 103,2 млн бар нефти, находятся в зоне досягаемости современных средств поражения со стороны моря. В этих районах вероятны стихийные бедствия, такие как наводнения, тайфуны и землетрясения, которые могут существенно затруднить подачу сырья из хранилищ, оказавшихся в зоне их действия или даже существенно повредить наземные резервуары [6].

Эффективным инновационным решением, позволяющим разрешить противоречие между надежностью хранения и его стоимостью, может стать вывод стратегических запасов из вероятной зоны поражения и использование технологий создания хранилищ, отличающихся минимальной себестоимостью. Наилучшим местом для этого будет территория государства, располагающего достаточной силой для защиты своих интересов на мировой арене, имеющего традиционно добрые отношения, а также экономические и политические предпосылки для их укрепления. Важным условием для выбора такой страны должно стать наличие в ней геологических образований, позволяющих с минимальными издержками формировать подземные резервуары, а также присутствие там специалистов, обладающих опытом подобного строительства. В полной мере этим требованиям отвечает Российская Федерация (РФ). Размещение одного из складов для хранения стратегических запасов нефти КНР на территории, например, российского Приморья позволит заполнять его из трубопроводной системы «Восточная Сибирь — Тихий океан» (ВСТО) и вывозить сырую нефть, например, через спецморнефтепорт «Козьмино» в бухте Находка. Расположение такого склада на территории свободной экономической зоны (СЭЗ) позволит как России, так и Китаю получить дополнительные экономические преимущества. Так, планомерная отгрузка нефти на китайские НПЗ из стратегического запаса для его обновления могла бы осуществляться через порты российского Приморья за счет очень выгодного обратного фрахта. Рядом с российским Приморьем находится Япония, крупнейший потребитель нефти с Ближнего Востока, поэтому сейчас

много танкеров идет на Запад «в» или «мимо» Китая порожними, перевоза балластную воду [7].

Предлагаемый вариант размещения части стратегических запасов сырой нефти КНР на российской территории повысит не только экономическую, но и национальную безопасность Китая. Его практическая реализация снизит интерес к умышленному разрушению стратегических складов на китайской территории, поскольку за рубежом в достаточной близости от потребителей сырой нефти будет находиться достойная ресурсная альтернатива. Достоинство рассматриваемого подхода для России состоит в том, что в периоды плохой конъюнктуры рынка сырой нефти появляется возможность: во-первых, не снижать ее добычу путем отключения скважин, что коммерчески невыгодно и вызывает технологические трудности при возобновлении их работы, а во-вторых, не вывозить добытую продукцию на свободный рынок, уменьшая тем самым среднюю цену нефти на нем [9].

Добытая в это время нефть будет поступать на склад, построенный в СЭЗ на российской территории частично или полностью за счет китайской стороны, а таможенные платежи и сборы — в бюджет России, поскольку товар пересечет границу СЭЗ.

Важную роль в подаче нефти из китайских стратегических запасов, размещенных на территории России, могут сыграть железнодорожные линии через переходы: Маньчжурия — Забайкальск, который соединяет Биньчжоускую железную дорогу с Забайкальской железной дорогой, переход Хуньчунь — Камышовый (Приморский край), переход Суйфэньхэ — Гродеково (Дальневосточная железная дорога). Кстати, между Суйфэньхэ и станцией Гродеково I (пос. Пограничный) уже сегодня по совмещённой железнодорожной колее ходят как российские, так и китайские «челночные» поезда.

Строится железная дорога в направлении Хабаровска через город Мишань для соединения со строящимся автомобильным мостом около Хабаровска (через Большой Уссурийский остров — на китайской части острова Китай планирует построить новый город) с выходом на узел Дальневосточной железной дороги. Также строится железная дорога в направлении города Тунцзян, откуда на российский берег Амура (в район села Нижнеленинское) будет перекинут железнодорожный мост. Заслуживает внимание адаптация проекта транспортного коридора через западный участок российско-китайской границы (Алтай), представляющий собой совокупность проек-

тов трубопроводов, автодороги, железной дороги и ЛЭП, призванных соединить Россию и Китай через западный участок границы в горах Алтая, для решения задач по транспортировке китайской стратегической нефти через границу. Сегодня в Китае формируется сеть скоростных дорог длиной 108 тыс. км, которая свяжет более 90% городов с населением свыше 200 тысяч человек. Таким образом, в экстренных случаях стратегическая нефть может быть доставлена через границу по сети скоростных дорог Китая колоннами автоцистерн, подобно тому, как это делается бойцами ИГИЛ в Сирии при доставке украденной там нефти в Турцию. Для этого такие дороги в качестве продолжения китайских должны быть построены на российской стороне до места размещения там стратегических запасов сырой нефти и/или пунктов перевалки нефти на трассе трубопроводной системы ВСТО.

Это позволит в критических ситуациях для КНР отгружать нефть из трубопроводной системы в районах и/или, например, Борзя, Забайкальск, Сковородино, Благовещенск, Хабаровск до момента ее поступления на склад китайских стратегических запасов в районе Находки. При этом текущие обязательства России по морским зарубежным поставкам в объемах отобранной в пользу КНР нефти будут исполняться из ее наличия на складе китайских стратегических запасов в районе Находки.

Такая схема в критических ситуациях позволит существенно увеличить скорость доставки нефти. В обычном рыночном положении созданная для критических ситуаций инфраструктура позволит сформировать на Северо-Востоке Китая спотовый рынок сырой российской нефти. Материальной основой этому послужит достаточно большое число сравнительно небольших нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ), поскольку 22 основных китайских НПЗ, сосредоточенных в дельтах реки Янцзы, реки Жемчужной и на кольце вокруг Бохайского залива, производят только 47% общего объема нефтепродуктов, остальные 53% принадлежит мелким и средним заводам.

В России недостаточное внимание уделяют развитию за рубежом спотового рынка для отечественной сырой нефти. В условиях обострения конкурентной борьбы между основными нефтедобывающими странами пренебречь такой географической особенностью, как охват российской территорией, по которой проходит трубопроводная система ВСТО китайской Манжурии, и не попытаться сформировать на Северо-Востоке КНР с привлечением китайских финансов спотовый рынок сырой российской нефти, основанный на инфраструктуре хранения китайских стратегических запасов на российской террито-

рии, было бы крайне легкомысленно как для правительств, так и бизнеса двух наших государств [10].

Согласно предлагаемому инновационному подходу в критических ситуациях стратегическая нефть подается в КНР железнодорожным и автомобильным транспортом, а с определенной задержкой — морским. В случае обмена старой нефти на новую, а также коммерческого изменения уровня стратегических запасов трубопроводным (и/или морским), такая схема позволит увеличить надежность обеспечения КНР стратегической нефтью и уменьшить расходы на выполнение этой функции.

Предпосылками для быстрого и экономически выгодного строительства на территории России подземных хранилищ для стратегических запасов китайской сырой нефти является многолетний опыт советских и затем и российских специалистов, которые за последние 55 лет возвели более 100 хранилищ [11,12]. Они, в отличие от американцев, владеют широким спектром технологий, ориентированных на особенности нашей страны. Среди них строительства подземных хранилищ на базе отработанных шахт в многолетнемерзлых породах; растворения соли методом вращения затопленных струй в пластах каменной соли; создания подземных емкостей методом камуфлетных взрывов в отложениях глинистых пород; формирования резервуара с применением газообразного нерастворителя, например, сжатого воздуха, природного газа; строительства подземных резервуаров гирляндного типа; создания тоннельных резервуаров в каменной соли через две скважины; совместной эксплуатации и строительства подземных резервуаров в массивах каменной соли [8] и др.

Предлагаемый инновационный подход, направленный на размещение китайских стратегических запасов сырой нефти на территории России и создание необходимой инфраструктуры для ее оперативной доставки в чрезвычайных обстоятельствах к местам потребления, сулит взаимные выгоды сторонам, является прочной основой для укрепления мира в Азиатско-Тихоокеанском регионе, открывает возможности для создания сети складов для хранения стратегических запасов нефти стран ЕАЭС и АТР вне их национальных территорий, формирования на основе величины этих совокупных запасов базисных ставок нефтяных контрактов на реальную поставку сырья. Последнее, в свою очередь, сформирует определенный противовес рынку нефтяных фьючерсов, что позволит стабилизировать цену на нефть, исходя из ее реальной потребности.

Литература

1. Григорьев М.Н., Уваров С.А. Логистика. Базовый курс. Учебник для бакалавров по направлению «Менеджмент». 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Юрайт, 2012. 825 с.
2. Кефели И.Ф., Малафеев О.А. Математические начала глобальной геополитики. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013. 203 с.
3. Григорьев М.Н., Ткач В.В., Уваров С.А. Коммерческая логистика: теория и практика. Углубленный курс. 2-е изд., перераб. и доп., — М.: Юрайт. 2012. 480 с.
4. Григорьев М. Н. Современные электронные системы поддержки принятия решений по управлению товарными запасами. — СПб., БГТУ. 2004. 156 с.
5. Григорьев М.Н., Кефели И.Ф., Петров Н.А., Уваров С.А. Углеводородная логистика — на защите национальных интересов России // Геополитика и безопасность. 2015. № 4 (32). С. 24–32.
6. Григорьев М.Н., Кефели И.Ф., Петров Н.А., Уваров С.А. Логистический анализ зарубежного опыта создания стратегических запасов нефти в целях укрепления национальной безопасности страны // В сборнике: Инновационные технологии и технические средства специального назначения Труды VIII Общероссийской научно-практической конференции. Сер. Библиотека журнала «Военмех. Вестник БГТУ». 2016. С. 287–299.
7. Григорьев М.Н. Маркетинг. Учебник. Прикладной курс. 5-е изд., перераб. и доп. — М., 2015.
8. Григорьев М.Н. Программные продукты в маркетинге. Учебное пособие для вузов. Сер. *Disciplinae*. — М., 2004.
9. Григорьев М.Н. Современные электронные системы поддержки принятия решений по управлению товарными запасами. Учебное пособие. — СПб., 2004.
10. Григорьев М.Н., Уваров С.А. Логистика. Учебник для бакалавров. 3-е изд., пер. и доп., Сер. 58. Бакалавр. Академический курс. — М., 2012.
11. Григорьев А.А., Гасумянов В.И. и др. История государственных резервов России. — СПб.: Питер. 2007.
12. Григорьев А.А., Кийко М.Ю., Казарян В.А. и др. Подземные хранилища в системе государственного резервирования. — М.: ОПК, 2006.

ЛОГИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕЖДУНАРОДНОЙ ПРАКТИКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТРАТЕГИЧЕСКИХ ЗАПАСОВ СЫРОЙ НЕФТИ В КАЧЕСТВЕ ИНСТРУМЕНТА ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Е.Н. Бойко, М.Н. Григорьев, М.Н. Охочинский, С.А. Уваров

*Балтийский государственный технический университет
«Военмех» им. Д.Ф. Устинова*

Нефть является важнейшим сырьем для мировой экономики и одним из главных источников обеспечения экономической и национальной безопасности Российской Федерации. Районы ее добычи и транспортировки на протяжении последнего столетия часто оказывались в зоне политической нестабильности и/или военных конфликтов, что, естественно, приводило к нестабильности объемов поставок и резким колебаниям цены на мировом рынке. Эти явления вызвали у многих стран потребность в создании запасов сырой нефти.

Следует отметить, что длительное хранение сырой нефти более экономично, чем столь же продолжительное складирование результатов ее переработки. Кроме того, запас исходного сырья при наличии достаточно больших мощностей для нефтепереработки позволяет в кризисной обстановке произвести именно такие нефтепродукты, в которых обозначится критический дефицит. Переработка одного конечного нефтепродукта в другой не является освоенной и типовой, поэтому удовлетворение требуемого кризисной ситуацией ассортимента нефтепродуктов станет неразрешимой проблемой.

К началу 21 века человечество накопило большой опыт создания и управления стратегическими запасами сырой нефти в условиях рыночной экономики [1, 2, 3].

Сегодня Индия стала последней из крупных стран, являющихся активными импортерами жидких углеводородов, которая приступила к созданию стратегических запасов сырой нефти.

Зависимость от импорта нефти является характерной чертой экономики Индии, ввоз нефти покрывает 75% ее внутреннего спроса, ежегодная величина которого к настоящему моменту составила 120 млн тонн и, по прогнозам, будет продолжать расти более чем на 4% в год. Объем добычи собственной нефти в стране остается на

уровне 34 млн тонн, поэтому импорт нефти для Индии и в дальнейшем совершенно необходим.

По объему зарубежных поставок сырой нефти уже к 2013 году страна заняла третье место в мире после США и КНР, оттеснив Японию. Нефть и нефтепродукты занимают 37% в импорте страны, при этом интересно отметить, что именно нефтепродукты, а вовсе не чай, — самая большая часть в экспорте, которая по стоимости составляет 24% общего объема [4, 5].

Являясь крупнейшим импортером углеводородного сырья, Индия огромное внимание уделяет экспорту готовых нефтепродуктов. Для удовлетворения внутренних потребностей и роста экспорта к марту 2017 г. страна намерена увеличить переработку нефти на 46%, доведя этот показатель до 6,2 млн баррелей/сутки. Сегодня имеющиеся мощности составляют 4,26 млн баррелей/сутки.

В стране действуют свыше 20 нефтегазовых компаний, крупнейшими из которых являются контролируемые государством Национальная нефтегазовая корпорация (англ. Oil and National Gas Corporation, ONGC), добывающая 77% нефти и 81% в стране, число сотрудников порядка 34 тыс. чел., и Индийская Нефтяная Корпорация (англ. Indian Oil Corporation, IOC), владеющая 10 из 22 НПЗ на территории Индии, число сотрудников порядка 35 тыс. чел. Обе компании располагают наземными и морскими буровыми установками.

Нефтегазовая отрасль Индии привлекает также внимание частного капитала и зарубежных, включая российских, инвесторов [6].

Один из ведущих частных холдингов Индии Reliance Industries, возглавляемый миллиардером М. Амбани, например, обладает нефтеперерабатывающим заводом (НПЗ) мощностью 600 тыс. баррелей нефти/сутки на территории Западной Индии в небольшом прибрежном городке Вадинар (англ. Vadinar). НПЗ расположен на расстоянии 190 км от границы с Пакистаном в районе города Джамнагар (англ. Jamnagar), входящим в штат Гуджарат.

Район города Джамнагар обладает статусом особой экономической зоны (ОЭЗ), в которой существуют налоговые и таможенные льготы для нефтепереработчиков, поэтому в Вадинаре расположен ещё один крупный НПЗ, принадлежащий компании Essar Oil, а также представлены интересы контролируемой государством IOC. В нем построен на расстоянии от берега нефтяной терминал крупнейшего в зоне города Джамнагар порта Кандла (англ. Kandla), включаю-

щий два приемных буя (single-buoy moorings, SBM) государственной компании ИОС и один буй компании Essar.

ОЭЗ Джамнагар находится на берегу Качского залива (англ. Gulf of Kutch), вдающегося на 180 км вглубь территории и образующего с юга полуостров Катхиявар (англ. Kathiawar). Особенностью этого района является самое короткое расстояние по морю от Аравийского полуострова и Ирана, где расположены основные традиционные индийские поставщики сырой нефти, а также близость к Пакистанской границе, до которой порядка 200 км.

Для предприятий ОЭЗ Джамнагар характерен постоянный приток индийских и зарубежных капиталов.

На НПЗ холдинга Reliance Industries в 2014 году началась эксплуатация второй очереди, ориентированной на экспорт 580 тыс. баррелей нефтепродуктов/сутки. Сегодня завод стал одним из самых крупных НПЗ в мире с объемом производства 1,24 млн баррелей/сутки.

Начиная с середины 2015 года стратегические интересы России в Азиатско-Тихоокеанском регионе (АТР) оказались тесно связаны с ОЭЗ Джамнагар.

Долгосрочный контракт, подписанный 8 июля 2015 года главой «Роснефти» Игорем Сечиным и совладельцем группы компаний Essar Шаши Руйя (англ. Shashi Ruia) в Уфе на саммите БРИКС, предусматривает два момента: поставку российской нефти для индийского НПЗ в городе Вадианар в объеме 100 млн тонн за 10 лет и вхождение компании «Роснефть» в уставный капитал этого НПЗ с долей до 49%.

Это соглашение позволит «Роснефти» получить долю в одном из крупнейших нефтеперерабатывающих комплексов Индии и региона АТР. НПЗ Essar в Вадианаре по объемам переработки до 20 млн тонн/год является вторым в Индии и одним из двадцати крупнейших заводов мира, а по уровню технологической сложности он входит в десятку лучших предприятий мира (индекс Нельсона составляет 11,8) [7, 8].

Стороны высказали намерение существенно увеличить мощности завода, доведя ежегодные объемы переработки нефти до уровня 45 млн тонн к 2020 году. В периметр сделки входит также розничная сеть из 1600 АЗС на территории Индии, в планах сторон довести общее количество заправок до 5000 в течение следующих двух лет. Данный контракт позволит сразу в пять раз увеличить присутствие российской нефти на индийском рынке.

Большая зависимость индийской экономики от поставок нефти, политическая напряженность как на границах у традиционных поставщиков, так и на своих собственных, стали причинами создания стратегических запасов нефти в стране. Начиная с 2004 года, Индия приступила к проектированию и в дальнейшем строительству в естественных подземных пустотах трех сравнительно дорогостоящих подземных хранилищ тоннельного типа первой очереди, характеристики которых представлены в таблице.

Для оценки надежности выполнения своих задач стратегически хранилищами сырой нефти, уже построенными в Индии, в условиях вооруженного конфликта значительной интенсивности оценим

Таблица

Характеристики первой очереди индийских подземных стратегических хранилищ сырой нефти

Характеристики хранилища	Название хранилища		
	Висак-хапатнам (Visakhapatnam)	Мангалор (Mangalore)	Падур около Удупи (Padur near Udupi)
Максимальное количество хранимой нефти, млн тонн/млн бар	1,33/7,55	1,5/11	2,50/18,37
Количество емкостей	2	2	4
Максимальное количество нефти хранимой в каждой емкости, млн тонн	1 — 0,30, 2 — 1,03	1 — 0,75, 2 — 0,75	1 — 0,625 2 — 0,625 3 — 0,625 4 — 0,625
Площадь хранилища, в акрах	67	104,73	179,21
Удельная площадь в акрах на хранение 1 млн тонн сырой нефти	50,37	69,82	71,68
Начало строительства	январь 2008	апрель 2009	май 2010
Завершение строительства	январь 2015	октябрь 2015	октябрь 2015
Продолжительность строительства в месяцах	84	69	55
Стоимость строительства, млн индийских рупий/\$млн	1038/166	1227/197	1693/272
Удельная стоимость строительства на хранение 1 млн тонн сырой нефти, млн индийских рупий/\$млн	780,45/124,81	818/131,33	677,2/108,8

районы их дислокации с точки зрения привлекательности для нанесения по ним стратегических ударов.

Первым было завершено хранилище возле города Вишакхапатнам (англ. Visakhapatnam), часто называемого для краткости в литературе и СМИ Визаг (англ. Vizag). Вишакхапатнам является крупнейшим городом в индийском штате Андра-Прадеш, находится на Восточном побережье Индии в 370 км к северо-востоку от города Амаравати (англ. Amaravati), 701 км от Хайдарабад (англ. Hyderabad), в 1200 км от границы с Китаем, в 1500 км от границы с Пакистаном.

Плотность размещения объектов, влияющих на экономическую и национальную безопасность Индии, в районе Вишакхапатнама превышает все достигнутое где-либо еще как в Индии, так и в мире. Это делает район Вишакхапатнама при всех его экономико-логистических достоинствах не самым удачным местом для размещения стратегического хранилища сырой нефти, хотя по сравнению с другими он расположен сравнительно далеко от границ государства. В случае большого конфликта наземная инфраструктура района, включая мощности по переработке и транспортировке нефти, весьма вероятно пострадает, и, несмотря на малый риск утраты, собственно сырой нефти в подземных хранилищах, воспользоваться ею на протяжении месяца или двух после удара, особенно превентивного, будет крайне затруднительно.

Стратегические хранилища нефти Мангалор и Падур, строительство которых завершено в октябре 2015 года, расположены на западном побережье Индии.

Мангалор (англ. Mangalore) известен в научной литературе и СМИ также как Мангалур, Кудла, Кодиял, Майкала, Мангалапурам — крупнейший портовый город в индийском штате Карнатака. Расположен в 350 км к западу от столицы штата, Бангалора, Численность населения Мангалура — порядка 500 тыс. человек. Город расположен на прибрежной равнине шириной до 30 км, на расстоянии в 2000 км от границы с Китаем, в 1400 км от границы с Пакистаном.

Численность населения, количество стратегических важных для Индии объектов в районе Мангалура не идет ни в какое сравнение с районом Вишакхапатнама, однако стратегические хранилища нефти создаются на десятилетия, а с точки зрения логистики у района Мангалура блестящее будущее, искусственное замедление его развития нанесет значительный вред экономической безопасности страны. В ближайшем будущем, через 5–10 лет, стратегическое хранилище

окажется в окружении промышленных гигантов страны. С большой вероятностью это будут нефтехимические предприятия, которые по сути реализуемых ими технологий весьма уязвимы к ударам противников.

Деревня Падур (англ. Padur) находится в 1 км от Удупи (англ. Udupi), который отстоит от города Мангалор на 53 км. Район Удупи покрыт лесами природных и национальных парков Индии. Крупная промышленность отсутствует. По формальным критериям район деревни Падур является самым удачным среди рассмотренных мест расположения хранилищ стратегических запасов сырой нефти, однако территории, имеющие статус природных и национальных парков Индии, могут нести в будущем куда большее значение для стратегического благополучия нации, чем километры туннелей, заполненных сырой нефтью.

В начале 2015 г. правительство Индии сообщило о своём решении потратить 49,48 млрд рупий (\$794 млн) на закупку нефти для заполнения стратегических хранилищ, строительство которых завершалось в том же году. Было отмечено, что неизрасходованные на покупку нефти средства из выделенных \$794 млн будут потрачены на строительство нефтехранилищ второй очереди суммарной вместимостью 12,5 млн тонн, которые будут располагаться в Падуре, Биканере, штат Раджастан, Раджкоте, штат Гуджарат, Чандиколле, штат Орисса.

Если район деревни Падур был уже проанализирован, то другие места размещения хранилищ требуют комментариев.

Биканер (англ. Bikaner) — город на северо-западе Индии в штате Раджастан, являющийся самым крупным штатом Индии, расположен в середине пустыне Тар, которая продолжается на территорию Пакистана. Расстояние от города до границы по прямой — менее 100 км, до столицы страны Дели — 386 км на северо-восток.

Биканер — важный узел скоростных дорог. Население — более 650 тыс. человек. Дислокация стратегического хранилища в 100 км от границы, если такое будет осуществлено на практике, может рассматриваться как сильный политический шаг, демонстрирующий полное доверие к соседу, ибо танковые колонны преодолевают такое расстояние по пустыне даже ночью за 5 часов.

Город Раджкот (англ. Rajkot) находится в центральной части полуострова Катхиявар в индийском штате Гуджарат рядом с упомянутой выше ОЭЗ Джамнагар, в которой представлены интересы «Ро-

снефти». Такое размещение стратегического хранилища сырой нефти относительно крупнейших НПЗ страны с точки зрения логистики весьма целесообразно, но до границы с Пакистаном только 200 км!

Чандикол (англ. Chandikhole), штат Орисса (англ. Odisha), находится также как Вишакхапатнам, на западе Индии. Он расположен в 84 км от порта Парадип (англ. Paradip) вглубь территории и 70 км от административного центра штата Орисса города Бхубанешвар (англ. Bhubaneswar) на пересечении Национального шоссе 200 и Национального шоссе 5. Чандикол отстоит на 1000 км от границы с Китаем и на 1600 км от Пакистана.

Таким образом, все стратегические хранилища сырой нефти второй очереди оказываются приближенными к ближайшей границе, за исключением второй очереди в Падуре. Разумным объяснением этого факта может быть предположение, что все подходящие естественные пещеры, которые для экономии средств на строительство хранилищ являются в Индии основой сооружений, были использованы в первой очереди.

По планам правительства Индии к 2021 году суммарный стратегический запас сырой нефти достигнет эквивалента потребления ее индийской экономикой в течение 90 дней, а коммерческие запасы нефти и нефтепродуктов в распоряжении нефтяных компаний — эквивалента 70 дней потребления. Сегодня при полном заполнении хранилищ первой очереди, накопленного в них объема будет достаточно, чтобы удовлетворять потребности страны в нефти в течение 13 дней.

Обращает на себя внимание параметр, с помощью которого оцениваются стратегические запасы сырой нефти, это продолжительность обеспечения экономики страны нефтяным сырьем в днях, исходя из расхода мирного времени. Таким образом, постулируется неизменность потребности страны в нефтепродуктах при возникновении конфликта, неизменность экспортных объемов, и самое главное, предполагается полная сохранность и доступность как самих хранилищ, так и использующих нефть НПЗ.

Реальность таких предположений возможна только при конфликтах малой интенсивности или при незначительных сбоях внешних поставок, но для таких случаев совершенно излишним является подземное исполнение резервуаров сырой нефти.

Выше показано, что стратегические запасы Индии размещены на складах в зоне досягаемости современных средств поражения как со стороны моря, так и с сопредельных территорий.

Подземное расположение хранилищ в значительной мере повышает безопасность запасов сырой нефти в условиях военных действий, но такие стихийные бедствия, как ураганы и землетрясения, могут существенно затруднить подачу сырья из хранилищ, оказавшихся в зоне их действия.

Известные технические решения, направленные на повышение их защищенности, требуют значительных вложений, что в конечном счете ляжет тяжким бременем на стоимости хранения. Очевидным логистическим решением, позволяющим разрешить противоречие между надежностью хранения и его стоимостью, будет вывод стратегических складов из вероятной зоны поражения [9].

Наилучшим местом для этого будет территория государства, не имеющего общих границ, которые подразумевают в ближайшем или отдаленном будущем споры о том, сколь справедливо они установлены. Государства, располагающего достаточной силой для защиты своих интересов на мировой арене, имеющего традиционно добрые отношения, а также экономические и политические предпосылки для их укрепления.

В полной мере таким характеристикам отвечает Россия. Размещение склада для хранения стратегических запасов нефти Индии на территории, например, российского Приморья позволит заполнять его из трубопроводной системы «Восточная Сибирь — Тихий океан» (ВСТО), призванной обеспечить российской нефти выход на новые рынки, в первую очередь стран Азиатско-Тихоокеанского региона, и вывозить сырую нефть, например, через спецморнефтепорт «Козьмино» в бухте Находка. Дополнительные преимущества может обеспечить расположение склада на территории свободной экономической зоны.

Прибыль НПЗ зависит от разницы цен между сырьем и готовой продукцией. Сырье целесообразно закупать в момент снижения его стоимости, а готовый продукт продавать на пике его цены. Если склад заполнять при снижении цены на нефть, а вывозить для переработки при ее максимуме, то будет генерироваться дополнительная прибыль.

Характерно, что рядом с российским Приморьем находится Япония, крупнейший потребитель нефти с Ближнего Востока. Таким образом, обратный фрахт из Японии в сторону Ближнего Востока, проходящий мимо Индии, будет чрезвычайно дешевым, поскольку танкеры на Запад идут в балласте, перевозя балластную воду. Кстати,

чем выше стоимость нефти, тем ниже в общем случае спрос на нее и, следовательно, объемы перевозок и стоимость фрахта.

Таким образом, для индийской стороны и компании «Роснефть» размещение одного из складов для хранения стратегических запасов нефти на территории России определенно выгодно.

Косвенная выгода индийской стороны состоит в том, что размещение части ее стратегических запасов нефти в России, вне зоны вероятного поражения при региональных конфликтах и местных террористических актах, снижает интерес к разрушению стратегических складов собственно в Индии, поскольку за рубежом будет находиться достойная альтернатива им.

Следовательно, предлагаемый подход косвенным образом повысит не только экономическую, но и национальную безопасность Индии.

В случае возникновения большой потребности России в нефти, хранящейся на этом складе, она может быть оперативно обменена на долю акций индийского НПЗ в г. Вадиар, принадлежащих компании «Роснефть». Таким образом, индийский стратегический запас на территории России будет являться своеобразным залогом стоимости российских активов в Индии.

Особого внимания заслуживает обеспечение транспортной доступности индийской стороны к ее стратегическим запасам сырой нефти на территории России в условиях регионального кризиса. Для этого можно предусмотреть взаимную длительную аренду территорий друг друга в точках погрузки/разгрузки сырой нефти и формирование совместной судоходной компании под российским флагом, имеющей в своем составе необходимое количество танкеров. Таким образом, в условиях регионального конфликта танкеры под российским флагом будут иметь все права для беспрепятственного доступа на территории, арендованные Россией. Сопровождение таких судов кораблями ВМФ России является защитой свободного мореплавания и не может восприниматься как вмешательство в региональный конфликт.

Таким образом, описанный выше комплекс логистических мероприятий, направленный на размещение индийских стратегических запасов нефти на территории России, сулит взаимные выгоды сторонам, является прочной основой для укрепления мира в Азиатско-Тихоокеанском регионе, открывает возможности для создания сети складов для хранения стратегических запасов нефти стран ЕАЭС и АТР вне их

национальных территорий, формирования на основе величины этих совокупных запасов базисных ставок нефтяных контрактов на реальную поставку сырья. Последнее, в свою очередь, сформирует определенный противовес рынку нефтяных фьючерсов, что позволит стабилизировать цену на нефть, исходя из ее реальной потребности.

Сегодня, как известно, рынок фьючерсных контрактов на нефть критически зависит от состояния запасов в США, которые используются как эффективный инструмент воздействия на мировую экономику в целом и финансовое благополучие основных нефтедобывающих стран в частности.

Подконтрольные России запасы СКВ малы по сравнению с основными игроками на рынке нефтяных фьючерсов, возможности влиять на курс основных мировых валют у России еще меньше, поэтому следует принимать меры к формированию активного рынка реальных поставок, опираясь на заинтересованных нефтепроизводителей и нефтепотребителей. Создание взаимно скоординированных стратегических запасов сырой нефти может стать материальной предпосылкой этому.

Предлагаемый подход противостоит сложившейся в мире системе стратегических запасов сырой нефти, которые пассивны, дороги при создании и эксплуатации, но при этом не решают одну из центральных задач экономической безопасности большинства стран — стабилизацию цен на сырую нефть. Он позволит не только обеспечить преодоления чрезвычайных обстоятельств, но и нормализует экономическую жизнь человечества между чрезвычайными обстоятельствами.

Литература

1. Григорьев А.А. Подземные хранилища в системе государственного резервирования продуктов /А. А. Григорьев, М.Ю. Кийко, В.А. Казарян и др. — Москва: ОПК, 2006. 382 с.

2. Григорьев М.Н., Кефели И.Ф., Петров А.Н., Уваров С.А. Логистический анализ зарубежного опыта создания стратегических запасов нефти в целях укрепления национальной безопасности страны // В сборнике: Инновационные технологии и тех. средства специального назначения. Труды VIII общероссийской научно-технической конференции. Сер. Библиотека «Военмех. Вестник БГТУ № 30». 2016. С. 270–286.

3. Григорьев М.Н., Уваров С.А. Логистический взгляд на совершенствование организации снабжения заполярных объектов страны топливом и горюче-смазочными материалами // В сборнике: Инновационные технологии и тех. средства специального назначения. Труды IX Общероссийской научно-практической конференции.; БГТУ «Военмех» им. Д.Ф. Устинова. 2017. С. 72–81.

4. Уваров С.А., Григорьев М.Н. Управление стратегическими запасами нефти как фактор национальной безопасности // В сборнике: Логистика — евразийский мост. Материалы XI международной научно-практической конференции. 2016. С. 256–261.

5. Григорьев М.Н., Кефели И.Ф., Петров А.Н., Уваров С.А. Углеводородная логистика — на защите национальных интересов России // Геополитика и безопасность. 2015. № 4 (32). С. 24–32.

6. Григорьев М.Н. Маркетинг. Учебник. Прикладной курс. 5-е изд., перераб. и доп. — М., 2015.

7. Григорьев М.Н. Современные электронные системы поддержки принятия решений по управлению товарными запасами. Учебное пособие. — СПб., 2004.

8. Григорьев М.Н. Программные продукты в маркетинге. Учебное пособие для вузов. Сер. *Disciplinae*. — М., 2004.

9. Григорьев М.Н., Уваров С.А. Логистика. Учебник для бакалавров, 3-е изд., пер. и доп., Сер. 58 Бакалавр. Академический курс. — М., 2012.

ИННОВАЦИИ ПОДГОТОВКИ ПЕРСОНАЛА СИСТЕМЫ-112 В ОБЕСПЕЧЕНИИ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ РФ

М.П. Бородин

*Санкт-Петербургский университет Государственной
противопожарной службы МЧС России*

В СССР номера экстренных служб появились в 1932 году и состояли они из двух цифр: 01 — пожарная охрана, 02 — милиция, 03 — скорая помощь, 04 — служба газа (появилась несколько позже), 06 — телеграф, 07 — междугородная связь, 08 — бюро ремонта, 09 — справочная служба. Номера «05» не существовало, так как существовал номер «051» — номер вызова такси.

С середины 1990-х годов в Российской Федерации начала формироваться служба оперативного реагирования в чрезвычайных ситуациях, правовую основу которой составил Федеральный закон от 21.12.1994 № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера». В 1998 году Российская Федерация совместно со странами Европейского союза подписала телекоммуникационное соглашение, согласно которому единым номером экстренного вызова должен был стать номер «112».

Единый номер «112» вызова экстренных оперативных служб был принят на всей территории Российской Федерации в 2004 году согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 31.12.2004 № 894. Оно же определило, что до введения Министерством информационных технологий и связи Российской Федерации единого номера «112» используется действующая на местных сетях связи нумерация специальных служб. В декабре 2010 года президент России Дмитрий Медведев подписал указ от 28.12.2010 № 1632, где были чётко прописаны зоны ответственности различных ведомств. В соответствии с этим документом МЧС России должно координировать действия по созданию системы вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112» — системы-112, а Минкомсвязи России отвечает за организацию взаимодействия с сетью связи общего пользования. Определение системы-112 как территориально-распределенной автоматизированной информационно-управляющей системы, создаваемой в границах субъекта Российской Федерации, было дано в постановлении Правительства

РФ от 21.11.2011 № 958 «О системе обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112».

В феврале 2013 года был принят Федеральный закон № 9-ФЗ «О внесении изменений в статью 11 Федерального закона «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» и статью 22 Федерального закона «О пожарной безопасности», которым за органами государственной власти субъектов РФ было закреплено полномочие по созданию системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112», обеспечению ее эксплуатации и развития, за органами местного самоуправления — участие в создании, эксплуатации и развитии системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112».

3 декабря 2013 года вступил в силу Федеральный закон Российской Федерации № 346-ФЗ «О внесении изменений в статью 52 Федерального закона «О связи»», в котором сказано: «Бесплатный вызов экстренных оперативных служб должен быть обеспечен каждому пользователю услугами связи посредством набора единого номера вызова экстренных оперативных служб, а также установленных в соответствии с российской системой и планом нумерации номеров вызовов соответствующих экстренных оперативных служб...».

Система-112 рассматривается как система, посредством которой происходит комплексное решение задачи оказания помощи человеку при возникновении происшествий и чрезвычайных ситуаций.

Поскольку система-112 создается субъектами Российской Федерации самостоятельно, то в этих условиях роль координатора единой технической политики, возложенная на МЧС России, возрастает многократно.

Создание и развитие системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112» в Российской Федерации соответствует Стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 12 мая 2009 г. № 537, и Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 ноября 2008 г. № 1662-р.

Проблема оперативного и эффективного реагирования на поступающие от населения вызовы экстренных оперативных служб приобрела особую остроту в последнее время в связи с несоответстви-

ем существующей системы реагирования потребностям общества и государства, недостаточной эффективностью ее функционирования, недостаточным уровнем готовности персонала к работе при взаимодействии нескольких экстренных оперативных служб, низкой информированностью населения о порядке действий при происшествиях и чрезвычайных ситуациях.

Функционирование системы-112 основывается на комплексе организационных и технических мер. Организационные меры предполагают разработку и принятие нормативно-правовых документов по функционированию системы-112 в субъекте РФ, организации межведомственного взаимодействия экстренных оперативных служб. Технические меры предполагают создание информационно-телекоммуникационной инфраструктуры системы-112, обеспечивающей прием и обработку вызовов (сообщений о происшествиях) от населения, хранение и актуализацию баз данных, поддержку принятия решений; организацию подсистем консультативного обслуживания населения, мониторинга потенциально опасных стационарных и подвижных объектов и геоинформационной подсистемы.

Система-112 должна обеспечить информационное взаимодействие органов повседневного управления единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, в том числе единых дежурно-диспетчерских служб, а также дежурно-диспетчерских служб экстренных оперативных служб.

При этом сохраняется возможность осуществить вызов экстренных оперативных служб пользователем услуг связи посредством набора номера, предназначенного для вызова отдельной экстренной оперативной службы (в настоящее время это номера «01», «101», «02», «102», «03», «103» и т.д.).

В ходе практического создания системы-112 было определено, что одним из основных направлений становления и развития системы 112 является подготовка на современном уровне специалистов диспетчерских служб.

Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий организует и осуществляет подготовку персонала системы-112, отвечающей всем нормативно-правовым и техническим требованиям по эффективному созданию и развитию системы 112 в Российской Федерации на базе образовательных учреждений МЧС России.

Так, в частности СПб университетом ГПС МЧС России совместно МЧС России и ВНИИ ГОЧС МЧС России были разработаны учебно-методические комплексы для подготовки персонала системы вызова экстренных оперативных и иных служб жизнеобеспечения по единому номеру 112:

1. «Подготовка персонала дежурно-диспетчерских служб в рамках функционирования системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру 112» (очная форма обучения 36 час.) — категория обучаемых: «Начальники (заместители начальников), старшие инженеры, старшие диспетчеры служб (отделов) оперативного обеспечения подразделений ФПС ГПС (ДДС-01)»;

2. «Подготовка персонала дежурно-диспетчерских служб в рамках функционирования системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру 112» (40 час.) — категория обучаемых: «Начальники (заместители начальников), старшие инженеры, старшие диспетчеры служб (отделов) оперативного обеспечения подразделений ФПС ГПС (ДДС-01)»;

3. «Подготовка персонала дежурно-диспетчерских служб в рамках функционирования системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру 112» (очная форма обучения 36 час.) — категория обучаемых: «Персонал дежурно-диспетчерских служб МВД России (ДДС -02) и ФСБ России («Антитеррор» и т.д. Всего 8 учебно-методических комплексов.

За 2016–2017 гг. прошли обучение специалисты системы-112 по следующим категориям:

– «Персонал дежурно-диспетчерских служб МВД России (ДДС-02) и ФСБ России («Антитеррор» (очно) – 25 чел.;

– «Начальники, старшие инженеры, диспетчеры служб оперативного обеспечения (ЕДДС, 01, системы 112) ФПС ГПС в субъектах Российской Федерации» (очно-дистанционно) — 20 чел;

– «Начальники (заместители начальников), старшие инженеры, старшие диспетчеры служб (отделов) оперативного обеспечения подразделений ФПС ГПС (ДДС-01)» (дистанционно) – 930 чел.;

– «Подготовка специалистов диспетчерских служб системы МЧС России» предназначена для обучения специалистов диспетчерских служб системы МЧС России из числа лиц с ограниченными физическими возможностями (дистанционно) – 25 чел.;

– «Повышение квалификации специалистов диспетчерских служб системы МЧС России» предназначена для повышения квали-

фикации специалистов диспетчерских служб системы МЧС России из числа лиц с ограниченными физическими возможностями (дистанционно) — 25 чел.

УМК состоят из теоретических, практических занятий и служат для организации учебного процесса с целью:

- изучения слушателями законодательных, нормативных правовых актов Российской Федерации и МЧС России по организации реагирования на чрезвычайные ситуации, структуре и функционированию ЦОВ, ДДС системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112», а также зарубежного опыта работы систем 112, 911;

- получение знаний и формирование практических навыков, необходимых для эффективной работы в качестве персонала ДДС экстренных оперативных и иных служб жизнеобеспечения системы-112.

Для проведения практических занятий в СПб университете ГПС МЧС России имеются специализированные кабинеты — учебно-тренировочные (тренажерные) комплексы (УТК) для подготовки персонала системы вызова экстренных оперативных и иных служб жизнеобеспечения. УТК состоят из универсальных АРМ диспетчера (оператора) со специальным программным обеспечением (СПО) «Протей», «Исток» и др., позволяющим настраивать АРМ диспетчера (оператора) на АРМ ЦОВ, ДДС экстренных оперативных и иных служб жизнеобеспечения системы-112. В результате на данном УТК отрабатываются реальные практические алгоритмы работы персонала системы-112 как по отдельным составляющим системы-112, так и в целом за систему вызова экстренных оперативных и иных служб жизнеобеспечения системы по единому номеру-112.

Для оптимальной и эффективной отработки алгоритмов работы персонала системы-112 разработаны соответствующие блок-схемы алгоритмов. Пример алгоритма действий диспетчера службы 01 (ДДС-01) при переадресации карточки со службы-112 представлен на рисунке.

Наряду с созданием и развитием системы-112 в Российской Федерации создаются системы с аппаратно-программным комплексом (далее — АПК) «Безопасный город». По функционалу система «112» имеет некоторые общие задачи с АПК «Безопасный город» и поэтому стоит вопрос об интеграции данных направлений. В связи с чем СПб университетом ГПС МЧС России совместно МЧС России и ВНИИ ГОЧС МЧС России была разработана программа «Обучение специа-

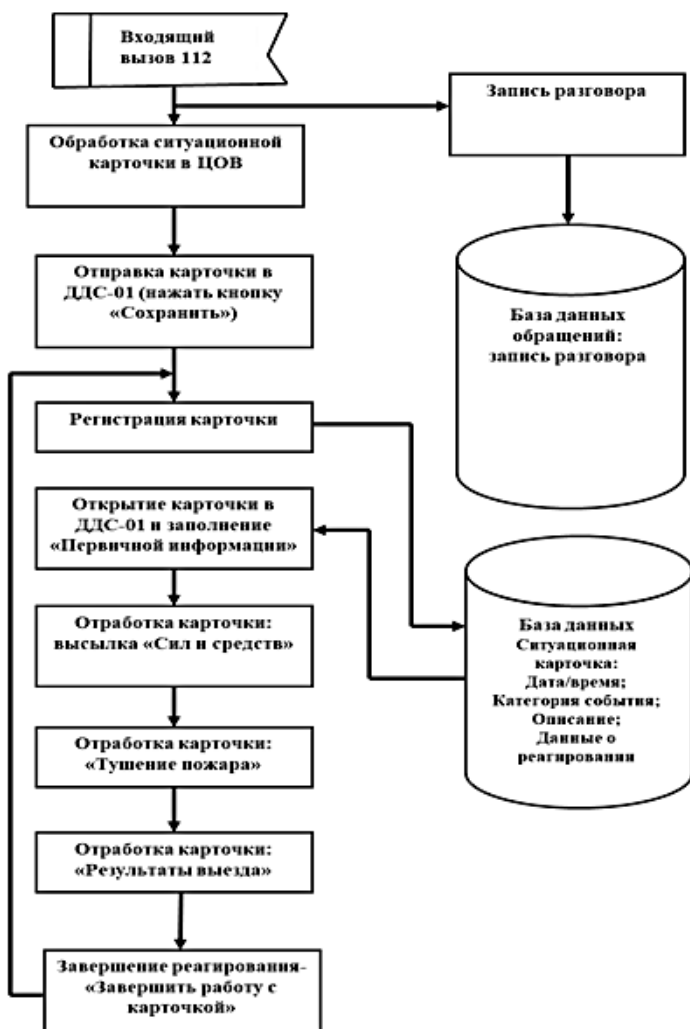


Рис. Алгоритм действий диспетчера службы 01 (ДДС-01) при переадресации карточки со службы-112

листов по вопросам интеграции системы-112 и АПК «безопасный город» субъекта РФ». Программа предназначена для обучения специалистов по вопросам создания и эксплуатации системы-112 и АПК «Безопасный город», интегрированных в единую систему безопасности.

Цель программы: подготовка специалистов, владеющих знаниями и навыками использования технических и программных средств и реализации информационных ресурсов, а также применения общесистем-

ных и специальных программных средств и информационных технологий в повседневной деятельности и экстремальных ситуациях.

Задачи профессиональной деятельности программы:

- обеспечение круглосуточного, бесперебойного функционирования общесистемных и специальных программных средств и серверов приложений системы-112 и АПК «Безопасный город»;

- осуществлять сбор и анализ информации о сбоях и ошибках общесистемных и специальных программных средств системы-112 и АПК «Безопасный город» и программных средств комплекса словарей и классификаторов системы-112 и АПК «Безопасный город», подготовки предложений по доработке общесистемных и специальных программных средств, повышению надежности функционирования общесистемных и специальных программных средств.

Литература

1. Распоряжение Правительства РФ от 25 августа 2008 г. № 1240-р. Одобрить Концепцию создания системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб через единый номер «112» на базе единых дежурно-диспетчерских служб муниципальных образований.

2. ГОСТ Р 22.7.01-99 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Единая дежурно-диспетчерская служба. Основные положения.

3. Варламкин А.В. Нормативно-техническая база для создания и развития единых дежурно-диспетчерских служб субъектов Российской Федерации / Варламкин А.В. // Каталог «Пожарная безопасность». 2004.

4. Об утверждении концепции развития единых дежурно-диспетчерских служб в субъектах Российской Федерации. Приказ МЧС РФ от 10 сентября 2002 г. № 428.

5. Об утверждении перечня экстренных оперативных служб, вызов которых круглосуточно и бесплатно обязан обеспечить оператор связи пользователю услугами связи, и о назначении единого номера вызова экстренных оперативных служб. Постановление Правительства Российской Федерации от 31 декабря 2004 г. № 894.

6. О совершенствовании системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб на территории Российской Федерации. Указ Президента РФ от 28 декабря 2010 г. № 1632.

7. О системе обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112». Постановление Правительства РФ от 21 ноября 2011 г. № 958.

8. О федеральной целевой программе «Создание системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112» в Российской Федерации на 2013–2017 годы». Постановление Правительства РФ от 16.03.2013 № 223.

9. О внесении изменений в статью 11 ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» и статью 22 ФЗ «О пожарной безопасности». Федеральный закон от 11 февраля 2013г. № 9-ФЗ.

10. О внесении изменений в статью 52 ФЗ «О связи». Федеральный закон от 2 декабря 2013 г. № 346-ФЗ.

11. Использование современных информационных технологий в оперативно-служебной деятельности патрульно-постовых нарядов, задействованных в системе комплексного использования сил и средств милиции «Единая дислокация». Методические рекомендации ФГУ «ВНИИ МВД России», 2010.

12. Бородин М.П., Картавцев Д.В., Захаров А.Е. Некоторые аспекты создания и развития системы обеспечения вызова экстренных оперативных и иных служб жизнеобеспечения по единому номеру 112.

МНОГООЧАГОВОЕ ИНИЦИИРОВАНИЕ ГОРЕНИЯ И ДЕТОНАЦИИ ПОСРЕДСТВОМ СТРИМЕРНОГО СВЧ-РАЗРЯДА

П.В. Булата, И.И. Есаков, Л.П. Грачев, В.В. Упырева, М.С. Иванов

*СПб НИУ ИТМО,
ООО «Проблемная Лаборатория «Турбомашины»,
АО Московский радиотехнический институт РАН,
ООО «ВНХ-Энерго»,
ООО Альфа Стил*

Целью настоящей работы является экспериментальное изучение скорости распространения фронта горения внутри кварцевой цилиндрической трубки, заполненной смесью пропана с воздухом, при многоочаговом инициировании воспламенения подкритическим стримерным сверхвысокочастотным (СВЧ) разрядом. Термин подкритический означает, что напряженность электрического поля в области разряда меньше напряженности пробоя воздуха [1, 2]. Основные сведения о стримерных подкритических разрядах приведены в работах [3, 4]. Во многих задачах двигателестроения актуальным является увеличение скорости сжигания топлива [5], что приводит к повышению удельной мощности двигателя, снижению выбросов оксидов азота NO_x [6], улучшению экономичности за счет возможности сжигать особо бедные топливные смеси с большим избытком воздуха. Увеличение скорости горения в присутствии объемного СВЧ разряда позволяет его использовать в системах зажигания [7] и стабилизаторах горения в высоко скоростных потоках [8]. Перспективным представляется использование стримерных разрядов в конструкции импульсно-детонационных двигателей [9], т.к. объемный разряд существенно увеличивает скорость распространения фронта горения и сокращает путь перехода дефлаграции в детонацию (deflagration to detonation transition — DDT) [10].

В настоящей работе изучается зажигание стримерным разрядом и последующее горение в трубке топливной смеси пропана с воздухом. Для инициирования разряда используется установка, схема которой приведена на рис. 1, а. Генератор создает электромагнитные (ЭМ) колебания с частотой $f \approx 3,4 \cdot 10^9$ Гц или длиной волны $\lambda = 8,9$ см. Длительность СВЧ импульса $\tau_{имп} = 40$ мкс. Прошедшая че-

рез полистироловую линзу ЭМ волна излучается на осесимметричное металлическое вогнутое сферическое зеркало с радиусом кривизны $R = 450$ мм, диаметром 685 мм и глубиной 158 мм. Отразившись от зеркала, волна фокусируется на оси системы на расстоянии $R/2 = 225$ мм от осевой точки сферической поверхности зеркала или на расстоянии $h = 67$ мм от плоскости его раскрытия. Таким образом, формируется пучок со сравнительно резкими границами, по свойствам напоминающий обычный оптический луч, поэтому он называется квазиоптическим.

В область фокусирования квазиоптического пучка помещалась кварцевая трубка (рис. 1, б), один конец которой был заглушен, а второй оставался открытым. На открытый конец трубки надевался резиновый шарик (рис. 1, в). К заглушке подводились две трубки. Через одну из трубок откачивался воздух, а через другую подавался пропан. Изменяя парциальные давления, можно было регулировать соотношение топливо/окислитель. Эксперименты

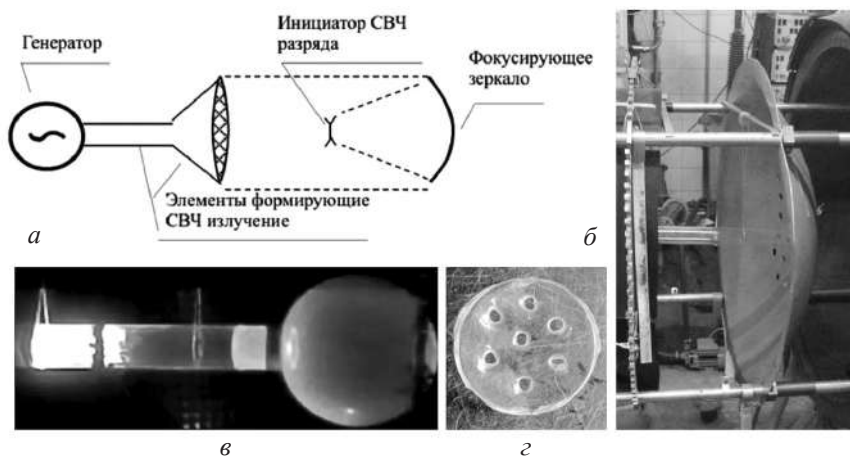


Рис. 1. Схема проведения эксперимента. На экспериментальной установке (а), по оси симметрии которой в области фокусирования СВЧ излучения помещалась кварцевая трубка (б). На открытый конец трубки одевался резиновый шарик (в), отделявший топливную смесь от окружающей среды, а также защитная мембрана из полистирола (г), предотвращавшая повреждение шарика при откачивании воздуха из трубки. Длина волны СВЧ излучения $\lambda = 8,9$ см; длительность СВЧ импульса $\tau_{\text{имп}} = 40$ мкс; диаметр зеркала 685 мм; длина трубки 500 мм; внутренний диаметр трубки 30 мм

проводились со стехиометрическими, бедными (отношение топливо/окислитель 0,87) и богатыми (отношение топливо/окислитель 1,33) смесями. Чтобы при откачивании воздуха шарик не лопался, на срез трубки одевалась защитная диафрагма (рис. 1, *з*). На расстоянии 27 мм от заглушенного конца трубки помещался инициатор разряда, который представлял собой полуволновой вибратор. При подаче генератором импульса на концах инициатора зажигался стримерный разряд, который занимал всю внутреннюю образующую внутренней цилиндрической поверхности трубки (рис. 2, *а*) и затем бежал навстречу излучению (рис. 2, *б*). На рис. 2, *б* хорошо видны точки на концах инициатора, от которых распространяется стримерный разряд.

Длина разряда регулировалась смещением трубки из фокуса СВЧ пучка. При помещении инициатора точно в фокусе (см. рис. 1, *а*, трубка не показана) длина разряда получалась около 180 мм. По мере удаления от фокуса длина разряда уменьшалась. В большинстве экспериментов трубка располагалась открытым концом к зеркалу. Но при некотором удалении инициатора от фокуса шарик, надетый на открытый конец трубки, уже не помещался между зеркалом и трубкой, поэтому трубка разворачивалась закрытым концом к зеркалу. Поскольку это имело место только при значительном удалении инициатора от фокуса, то длина разряда была небольшой, и то, в какую сторону бежал разряд, не оказывало особого влияния на скорость распространения фронта горения. При помещении инициатора вблизи фокуса, скорости фронта горения при различной ориентации трубки отличались более чем в два раза. Измерение длины разряда и скорости распространения фронта горения производилось путем покадровой обработки видео, снятого со скоростью 1200 кадров/с.

На рис. 3 представлены результаты эксперимента. Точками показаны данные эксперимента, сплошными линиями — линии тренда.

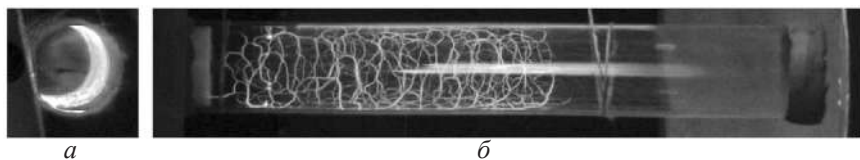


Рис. 2: Стримерный разряд, зажженный на внутренней поверхности кварцевой трубки: а — вид с торца; б — вид сбоку.

Диаметр трубки 30 мм. Точки — разряд на концах инициатора.

Длина трубки 500 мм, внутренний диаметр трубки 30 мм

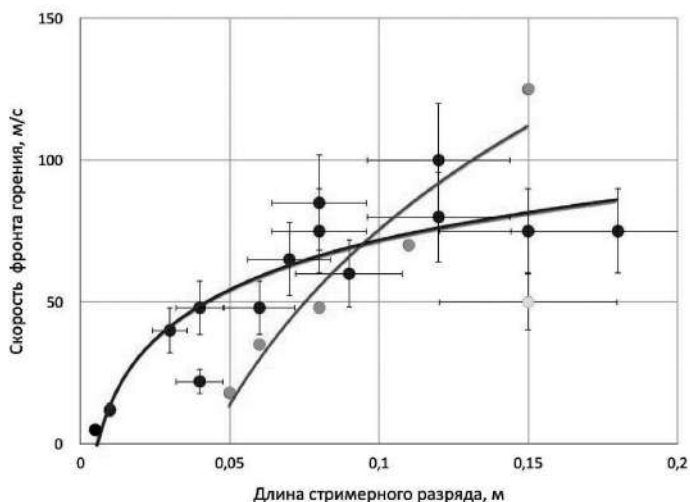


Рис. 3. Зависимость скорости распространения фронта пламени в кварцевой трубке, заполненной смесью пропана с воздухом, от длины стримерного разряда, зажженного на её внутренней поверхности.
 ● — стехиометрическое соотношение пропан/воздух; ● — богатая смесь, коэффициент избытка горючего 1,33; ● — бедная смесь, коэффициент избытка горючего 0,87; ┊ — погрешности

Путем повторения экспериментов при одних и тех же исходных данных была выявлена невысокая повторяемость формы и длины разряда, которые сильно зависят от множества случайных факторов. Неопределенность находится на уровне 20%. Разброс данных на рис. 3 представлен диапазонами погрешностей по осям абсцисс и ординат.

При развитии разряде (длины более 0,15 м) скорость распространения фронта пламени наибольшая у богатой смеси и убывает по мере уменьшения доли горючего. По мере удаления инициатора от фокуса, область, занятая разрядом, уменьшается. При этом наблюдается иная тенденция — скорость распространения фронта выше в стехиометрической смеси. Скорость распространения фронта в бедной смеси всегда меньше, чем в стехиометрической и богатой (на рис.3 показаны данные только одного эксперимента).

В ходе описанных выше экспериментов, по-видимому, впервые в мире удалось получить устойчивое зажигание подкритического стримерного разряда на внутренней поверхности цилиндрической трубки из диэлектрика, а также инициировать с его помощью воспламенение топливной смеси. Продемонстрирована возможность получения скоро-

стей горения на уровне сотен м/с, что характерно для переходных режимов DDT. Исследована зависимость скорости горения от длины области, занятой разрядом, а также соотношения топлива и окислителя.

Полученные данные продемонстрировали перспективность использования стримерного зажигания для ускорения процесса DDT, а также для применения в устройствах, где требуется существенное увеличение скорости горения, например, в стабилизаторах горения в скоростных и сверхзвуковых потоках.

Литература

1. MacDonald A.D. Microwave Breakdown in Gases. John Wiley & Sons, Inc., New York–London–Sydney. 1966.

2. Ходатаев К.В. Порог пробоя в СВЧ-поле при низком и высоком давлениях в электроотрицательных газовых смесях // Журнал технической физики. 2013. Том 83. Вып. 2. С. 146–148.

3. Khodataev K.V. The Nature of Surface MW Discharges //48th AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibition. 4–8 January 2010, Orlando, Florida. Paper AIAA 2010–1378.

4. Булат П.В., Есаков И.И., Грачев Л.П., Денисенко П.В., Булат М.П., Волобуев И.А. Математическое и компьютерное моделирование горения и детонации подкритическим стримерным разрядом // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2017. Т. 17. № 4. С. 569–592.

5. Булат П.В., Есаков И.И., Волобуев И.А., Грачев Л.П. О возможности ускорения горения в камерах сгорания перспективных реактивных двигателей при помощи глубоко подкритического СВЧ-разряда // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2016. Т. 16. № 2. С. 382–385.

6. Булат П.В., Булат М.П., Есаков И.И., Волобуев И.А., Грачев Л.П., Денисенко П.В. Экологически чистый способ сжигания газобразного топлива с применением квазиоптического СВЧ-излучения // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2016. Т. 16. № 3. С. 513–523.

7. Frederick L. Dryer. University Capstone Project: Enhanced Initiation Techniques for Thermochemical Energy Conversion. Final Report AFRL-OSR-VA-TR-2013-0126. Princeton University. March 2013.

8. Чернышев С.Л., Скворцов В.В., Иванов В.В., Трощиненко Г.А. Концепция создания и применения объемноцентрированного нерав-

новесного разряда для поджига и интенсификации горения топлив в высокоскоростных потоках // *Авиационная промышленность*. 2013 г. № 2. С. 19–25.

9. Булат П.В., Денисенко П.В., Волков К.Н. Тенденции разработки детонационных двигателей для высокоскоростных воздушно-космических летательных аппаратов и проблема тройных конфигураций ударных волн. Часть I — Исследования детонационных двигателей // *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*. 2016. Т. 16. № 1. С. 1–21.

10. Andrey Starikovskiy, A.Rakitin. Plasma-Assisted Ignition and Deflagration-to-Detonation Transition. 53rd AIAA Aerospace Sciences Meeting. 5–9 January 2015, Kissimmee, Florida. AIAA 2015–1601. 18 p.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ СРЕДСТВА ПОРАЖЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

Э.Н. Фоминич, Д.Р. Владимиров, А.А. Борисов

*Военный институт (инженерно-технический)
ВА МТО им. А.В. Хрулева*

Качественное развитие микроэлектроники и компактных энергоёмких источников питания, а также всё возрастающая зависимость общества в целом от информационных технологий породили новый вид угрозы — электромагнитный терроризм. Электромагнитный терроризм заключается в оказании деструктивного электромагнитного воздействия на микропроцессорные средства с целью их разрушения или нарушения работы. Особенности электромагнитного терроризма является то, что его воздействие не оставляет после себя следов и может быть осуществлено незаметно.

Электромагнитное воздействие может оказывать значительное влияние на работу современных цифровых устройств, а также на большинство современных устройств беспроводной широкополосной передачи данных из-за перекрытия спектра помехи с их рабочими частотами. Именно этими обстоятельствами продиктовано особое внимание к исследованиям влияния электромагнитного воздействия на современные средства автоматизации и управления, в том числе на технические средства обеспечения безопасности [1].

Влияние электромагнитных средств поражения на современные технические средства обусловлено воздействием импульсной широкополосной помехи и всплеском электромагнитной энергии. Данные поражающие факторы осуществляют воздействие на приемные тракты технических устройств за счет широкополосности спектра импульса и на аппаратные части устройств за счет высокой сосредоточенной энергетики импульса.

Влияние на приемные тракты обусловлено тем, что на рабочих частотах в приемные тракты попадает часть широкополосной помехи. Уровень проходящей энергии зависит от ширины рабочей полосы устройств, поэтому влияние на устройства с широкополосными каналами связи будет значительно выше, чем с узкополосными (рис. 1) [2].

При воздействии всплеском электромагнитной энергии влияние осуществляется в виде непосредственного формирования в проводя-

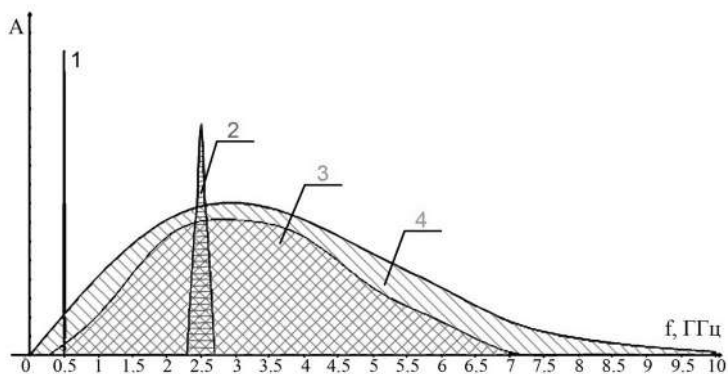


Рис. 1. Сопоставление спектров сигналов. 1 — узкополосный сигнал; 2 — широкополосный сигнал; 3 — сверхширокополосный сигнал; 4 — импульс электромагнитного воздействия

щих структурах наводок, сопоставимых с длительностями рабочих импульсов современного оборудования, что может привести к сбоям штатной работы устройств. Дополнительно следует отметить влияние на вторичные источники питания, использующие широтно-импульсную модуляцию для управления выходным напряжением или током, вследствие возможной сопоставимости амплитуд наводок с управляющими импульсами.

Если рассматривать электромагнитное воздействие как последовательность пакетов импульсов, то необходимо учитывать дополнительный параметр — межимпульсный интервал следования импульсов в пакете Δt . При формировании пакетов импульсов с частотой следования f , с числом импульсов в пакете, равным N , и межимпульсным интервалом, равным Δt , при определенном межимпульсном интервале могут создаваться особые условия для прохождения энергии импульса через приемные тракты устройств (рис. 2) [2].

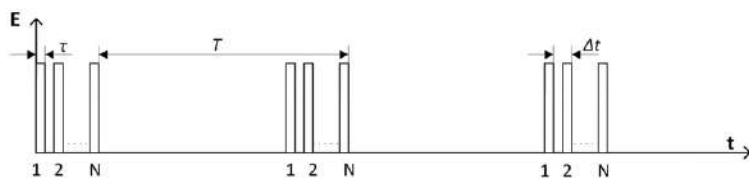


Рис. 2. Параметры пакета импульсов: τ — длительность импульса; T — период следования; Δt — интервал между импульсами в пакете; N — количество импульсов в пакете

При Δt , соизмеримым с периодом центральной несущей частоты, в приемные тракты устройств будет проходить не часть спектра помехи, а большая часть энергии этих импульсов. При этом, если рассматривать устройства с узкополосными каналами радиосвязи, то при данных условиях влияние таких «пакетированных» импульсов будет значительно большим, чем при воздействии одиночного импульса с той же частотой следования f . Механизм влияния будет схож с влиянием на аппаратные части устройств, когда рассматривается мощность не части спектра, а импульса в целом.

Таким образом, импульсное воздействие сложной последовательности со сравнительно низкой частотой повторения пакетов импульсов и коротким интервалом между импульсами в пакете можно рассматривать как наименее энергетически затратное, но наиболее опасное воздействие на устройства через приемные тракты устройств.

В настоящее время разработан опытный образец генератора сверхкороткого электромагнитного излучения. В отличие от имеющихся в России источников разработанный опытный многофункциональный комплекс обеспечивает значительно большую энергетику поля, гибкость регулирования излучаемой мощности и частоты следования импульсов, имеет возможность формирования пакетов импульсов [3].

Комплекс имеет 64 независимых канала излучения при синхронизированной работе которых достигается максимум амплитуды напряженности излучаемого поля. Имеются возможности управления положением максимума излучения в пространстве, формирования пакетов импульсов для исследования специфических влияний, в том числе на узкополосные средства связи. На рис. 3 представлен общий вид многофункционального комплекса.

По своим массо-габаритным показателям комплекс со всеми периферийными устройствами помещается в фургон автомобиля «Газель». Учитывая то, что данный комплекс обладает возможностью настраивания рабочих характеристик, следует сказать о том, что комплексы, предназначенные для поражения определенного вида устройств, будут гораздо меньше. На рис. 4 представлена фотография полевого комплекса электромагнитного воздействия с определенными воздействующими параметрами.



*Рис. 3. Общий вид
многофункционального комплекса
СКИ ЭМИ*



*Рис. 4. Полевой комплекс
электромагнитного воздействия*

На основании анализа влияния электромагнитного воздействия следует сделать выводы:

- технические средства обеспечения безопасности обладают особой уязвимостью к такого рода воздействиям;
- устойчивое функционирование систем обеспечения безопасности в различных условиях, в том числе в условиях тяжелой электромагнитной обстановки или в условиях электромагнитного воздействия, возможно лишь при принятии специальных мер.

Литература

1. Юдин В.Н. Принципы создания противонавигационного поля радиопомех // Журнал «Труды МАИ». 2015. № 83.
2. Пименов П.Н. Сравнительный анализ влияния сверхкороткого электромагнитного импульса на узкополосные, широкополосные, сверхширокополосные системы радиосвязи // Технологии ЭМС. 2015. № 1 (52). С. 13–16.
3. Владимиров Д.Р., Сухарь Г.А., Фоминич Э.Н. Проблемы технического обеспечения войск в современных условиях // Труды научно-практической конференции. Военная академия связи. 2016.

МОНИТОРИНГ БЕЗОПАСНОСТИ СЛОЖНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ РИСКОВ

Д.Ю. Минкин, Т.В. Власова

*Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова
Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»,
Санкт-Петербургский университет Государственной
противопожарной службы МЧС России*

В связи с динамичным развитием сложных производственных систем (СПС), их интеграции в технико-экономическое пространство, характеризующееся различными рисками и неопределенностью, возникает необходимость поиска и реализации, защитных мер для снижения негативных внешних воздействий и применения инструментов обеспечения безопасности.

Современный подход к обеспечению безопасности основывается на концепции «приемлемого» (допустимого) риска. Риск представляется неизбежным, сопутствующим фактором производственной деятельности. Следовательно, обеспечение безопасности СПС ее функционирования заключается в снижении рисков до приемлемого уровня.

К рисковому событиям наиболее распространенным в сложных производственных системах, можно отнести: нарушение нормального хода производственного процесса, вследствие возникновения отказов технологического оборудования. Это может произойти и вследствие факторов техногенного характера — износа основных фондов, машин оборудования, ошибок при его проектировании или монтаже, злоумышленных действий или ошибок обслуживающего персонала. В связи с перечисленными негативными факторами возникают технико-экономические риски, связанные в первую очередь с недопоставкой оборудования, запасных частей, вынужденной срочной сменой поставщиков комплектующих, что ведет к потере надежности оборудования и безопасности технологического процесса, резкого повышения закупочных цен на комплектующие, возможной остановки в реализации запланированных инвестиционных проектов и, как следствие, повышения опасности возникновения чрезвычайных ситуаций.

Для обеспечения безопасности СПС необходимо проводить мероприятия по перераспределению и снижению технико-экономических рисков, иметь инструмент исследования достигнутого уровня безопасности.

Мероприятия по снижению рисков возникновения ЧС и минимизация потерь должны базироваться, прежде всего, на использовании комплексных технико-экономических оценок.

С.А. Прохоров, А.А. Федосеев, А.В. Иващенко считают, что определение величины рисков и набора мероприятий может осуществляться на основе экспертных оценок.

Мероприятия для снижения риска в математическом выражении:

$$M_j = \{ \{ R_{O_k}, j, \delta_j^M, \Delta p_j, \Delta d_j, c_j \} \} \quad (1)$$

$j = 1 \dots N_M$, N_M — количество всех предусмотренных мероприятий;

δ_j^M — флаг активации мероприятия, равен 1, если мероприятие активно и 0 — в противном случае;

Δp_j — изменение вероятности риска при активации мероприятия;

Δd_j — абсолютное изменение величины ущерба при активации мероприятия;

c_j — стоимость мероприятия.

$M_{j,t}$ мероприятия, активированные в время t в виде:

$R_{O_k} = \{ r_i = (p_i, d_i, t_g) \}$ — набор рисков;

$j = 1 \dots N_R$, N_R — количество всех предусмотренных рисков;

d_i — ущерб наступления i -го риска;

p_i — вероятность наступления i -го риска;

t_g — время выявления риска.

Цель мероприятий считают достигнутой, если значение риска не превышает значение допустимого риска:

$$R_{don} = \{ \{ p_{don_i}, d_{don_i} \} \} \quad (2)$$

где p_{don_i} — вероятность i -го риска,

d_{don_i} — оценка ущерба i -го риска.

$$R_{ocm} = \{ \{ p_{ocm_i}, d_{ocm_i} \} \} \quad (3)$$

Состояние безопасности производственной системы в условиях отработки активированных мероприятий определяет остаточный риск.

Показатели допустимого и остаточного риска отражают минимизацию ущерба и вероятности риска для решения задачи обеспечения безопасности СПС.

Для прогнозирования последствий и оценки риска необходим интегральный критерий, который мог бы стать базисом для анализа, принятия решений и инструментом исследования безопасности системы.

Авторы статьи придерживаются точки зрения системного подхода, который определяет безопасность как качество системы, обеспечивающее устойчивость в условиях возникновения различного вида угроз внешнего и внутреннего характера.

Следовательно, основная цель обеспечения безопасности СПС — устойчивое и максимально эффективное функционирование системы.

Воронцова Л.В. отмечает, что устойчивость системы определяет состояние ее безопасности и выражает себя в ней.

В таком контексте интегральным критерием безопасности может выступать показатель устойчивости системы, а инструментом исследования — мониторинг.

Мониторинг, по мнению Я.Я. Яндыганова, является специальной информационной системой, включающей три основных вида деятельности: наблюдение, оценку и прогноз состояния окружающей среды.

С помощью мониторинговых исследований вырабатывается стратегия и тактика развития СПС, определяются планы, происходит их обоснование, разрабатываются управленческие решения, осуществляется контроль за их выполнением.

С.В. Чупров, А.Б. Каневский предложили концепцию мониторинга деятельности предприятия на основе проведения комплексного анализа устойчивости предприятия и расчета интегрального показателя устойчивости с использованием методов факторного анализа и аппарата теории нечетких множеств. Систему мониторинга рассматривают в виде «черного ящика», который преобразует статистические данные в латентные обобщающие факторы, качественную интерпретацию комплексных показателей и интегральный показатель устойчивости « Δ » (рисунок).



Рис. Модель оценки устойчивости деятельности предприятий

Ученые определяют семь этапов анализа устойчивости предприятия:

- формирование базы данных о деятельности предприятий;
- расчет и содержательный отбор частных показателей устойчивости;
- применение корреляционного анализа для выявления избыточных частных показателей устойчивости предприятия;
- определение комплексных показателей устойчивости с использованием метода факторного анализа;
- проведение качественной интерпретации уровней комплексных показателей устойчивости предприятий с помощью аппарата теории нечетких множеств;
- сведение комплексных показателей, основанных на обобщенных факторах, в интегральный показатель устойчивости предприятия «S»;
- применение методов регрессионного и кластерного анализа.

На основании результатов мониторинга принимаются управленческие решения для устойчивого функционирования предприятий.

Таким образом, усиление кризисных явлений в экономике, разработка, внедрение новых технологий подчеркивают актуальность решение проблем, связанных с безопасностью и эффективным управлением СПС в условиях технико-экономических рисков.

Федеральные структуры (МЧС, Ространснадзор, Госгортехнадзор и ГОССТАНДАРТ) ставят сегодня задачу — разработать единые нормативы безопасности, а также системы управления безопасностью и на этой основе обеспечить возможности уменьшения рисков.

Пока существуют лишь отдельные элементы системы экономического регулирования безопасности в техногенной сфере.

Одним из важных условий обеспечения безопасности СПС является проведение мониторинга как эффективного инструмента иссле-

дования безопасности системы, основанного на определении интегрального критерия устойчивости.

Рассмотренная система мониторинга СПС позволит определить мероприятия по снижению технико-экономических рисков, разработать управленческие решения для обеспечения требуемого уровня безопасности.

Литература

1. Минкин Д.Ю., Власова Т.В. Малопредсказуемые технико-экономические риски сложных производственных систем в условиях освоения арктического шельфа // Научно-аналитический журнал Проблемы управления рисками в техносфере. № 4 (40). 2016. С. 124.

2. Прохоров С.А., Федосеев А.А., Иващенко А.В. Автоматизация комплексного управления безопасностью предприятия / — Самара: СНЦ РАН. 2008. 55 с.

3. Воронцова Л.В. Экономическая безопасность системы в процессе ее устойчивого развития: Дис. ... канд. экон. наук: 08.00.01: — Казань. 2001. 165 с. РГБ ОД, 61:02-8/470-4.

4. Яндыганов Я.Я. Экономика природопользования. — Екатеринбург: Изд-во Уральского экон. ун-та. 1997. — 764 с.

5. Чупров С.В., Каневский А.Б. Методы и технология мониторинга устойчивости промышленных предприятий / под общ. ред. С.В. Чупрова. — Иркутск: Изд-во БГУЭП. 2006. 204 с.

6. Экономическая оценка рисков и обеспечения безопасности сложных техногенных систем. Евразия Вести XII 2004. www.eav.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ КОРПУСОВ СПРИНКЛЕРНЫХ ОРОСИТЕЛЕЙ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ИХ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ

Р.А. Гавахунова, С.О. Дубов, А.В. Аракчеев

*ООО «Фornosовское научно-производственное
предприятие «Гефест»*

В пожарной автоматике широкое применение получили водяные системы, в частности спринклерные. Одними из элементов данных систем являются спринклерные оросители, конструктивные особенности которых во многом обуславливают эффективность всей системы пожаротушения при ее срабатывании. Данные элементы должны обладать заданным эксплуатационным ресурсом [1–2], в том числе коррозионной стойкостью к воздействию агрессивных атмосферных факторов, о которых пойдет речь ниже.

При эксплуатации спринклерных систем в обычных условиях внутри помещений заданные характеристики оросителей удовлетворительны и обеспечивают необходимый срок службы [3]. Однако в условиях с повышенным воздействием агрессивных сред внутри помещений возникает проблема уменьшения их эксплуатационного ресурса. Вследствие этого такие системы выходят из строя по причине разрушения корпусов оросителей. В таком случае при возникновении пожара возникает угроза того, что они будут неэффективны, а также угроза возникновения протечек воды через находящийся под давлением, утративший герметичность ороситель.

На сегодняшний день при сертификации оросителей в российской документации проводятся испытания на устойчивость их к агрессивным средам по ГОСТ 51043-2002 [4]. Представленные в данном документе методики носят рекомендательный характер. В европейских и американских стандартах данные испытания относятся к обязательным требованиям при сертификации. Целью работы было изучение коррозионной стойкости спринклеров отечественного и зарубежного производства и оптимизация конструкции корпусов спринклеров отечественного производства.

Под воздействием агрессивных сред происходит коррозионное разрушение, у корпусов появляются микротрещины, которые при дальнейшем воздействии неблагоприятных веществ приводят к раз-

рушению элементов оросителя. Коррозионная стойкость характеризует способность металла сопротивляться воздействию агрессивных сред. Основная масса производителей спринклерных оросителей изготавливают их из медных и латунных сплавов.

Согласно ГОСТ 51043-2002 оросители подвергаются испытанию на устойчивость к воздействию водного раствора аммиака, двуокиси серы и туманной среды из соляных брызг.

Испытания на устойчивость к двуокиси серы проводились в условиях, соответствующих ГОСТ 51043-2002 г., п. 8.5 во влажной смеси паров водного раствора серноватистокислого натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ и воздуха в течение 384 ч при температуре $(45 \pm 3)^\circ\text{C}$.

В эксикатор поместили 7 спринклерных корпусов отечественного и зарубежного производства (рис. 1). У всех образцов сохранились в целостности сетки фильтров, но произошло зашлакирование выходного отверстия оросителя. Все корпуса сохранили целостность. Язычки розеток также не подверглись разрушению. У образцов 5 и 6 (рис. 1) меньше всего пострадало покрытие.

Из всех экспериментов наихудшую коррозионную устойчивость демонстрируют латунные оросители при воздействии на них паров аммиака (рис. 2), причем оросители зарубежного производства практически не утратили целостность корпусов (рис. 3). Испытания про-

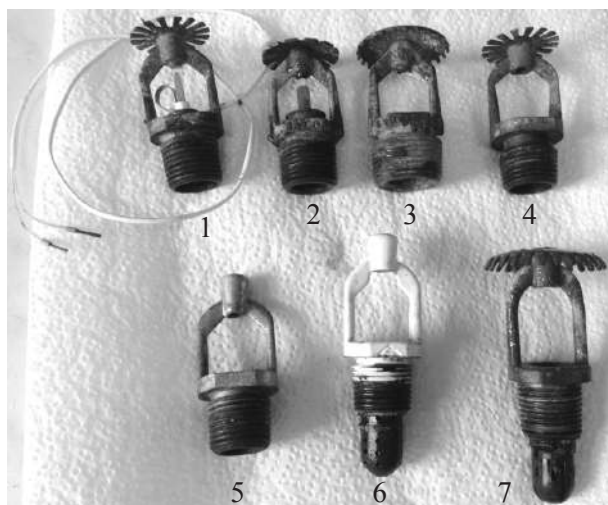


Рис. 1. Образцы оросителей, подвергшихся воздействию паров двуокиси серы: корпуса № 1, 4–7 — оросители отечественного производства; корпуса № 2, 3 — оросители зарубежного производства



Рис. 2. Оросители отечественного производства после испытаний в аммиачной среде



Рис. 3. Оросители зарубежного производства после испытаний

водились в условиях, соответствующих ГОСТ 51043-2002 г., п. 8.4 [4], во влажной смеси паров аммиака и воздуха в течение 240 часов при температуре $(35 \pm 2)^\circ\text{C}$.

Результаты данных испытаний представлены на рисунках 1–2. У корпусов отечественного производства (рис. 2) разрушению подверглись язычки розетки тогда, когда у оросителей зарубежного производства они не пострадали (рис. 3).

Аммиак образуется в результате декомпозиции органических веществ, а также в результате разложения избыточного гидразина. В реальной жизни воздействие его можно наблюдать в холодильных камерах, при работе котельных установок, на некоторых промышленных производствах. Поэтому целесообразно оценить устойчивость корпусов оросителей к аммиачной среде.

Можно было бы считать нанесение гальванического или лакокрасочного покрытия [5] выходом для повышения коррозионной стойкости, однако при сертификационных испытаниях к данным изделиям с покрытием предъявляются повышенные требования, и испытания проводятся в более жестких условиях.

На основании полученных данных можно сказать, что из исследованных образцов наилучшие результаты по коррозионной устойчивости продемонстрировали спринклеры импортного производителя, корпуса которых были изготовлены из латуни, а наиболее тонкие части из меди. Образцы российских производителей, изготовленные полностью из латуни, разрушались в местах, наиболее подверженных воздействию агрессивных сред. Результаты испытаний показали, что целесообразно изменить материал, из которого изготавливаются разрушающиеся детали, на более стойкий к воздействию аммиака сплав.

Литература

1. Таранцев А.А. Оценка спринклерной установки пожаротушения / А.А. Таранцев, Л.Т. Танклевский, А.Ю. Снегирев, А.С. Цой, С.Н. Копылов, Л.М. Мешман // Пожарная безопасность. 2015. № 1. С. 72–79.
2. Пат. № 2414966 РФ. Система водяного пожаротушения / Л.И. Белоусов, М.А. Васильев, С.В. Сычев, Л.Т. Танклевский. Оpubл. 14.09.2009.
3. Мешман Л.М. Методы испытаний на работоспособность водяных и пенных АУП / Л.М. Мешман, Р.Ю. Губин, А.Г. Дидяев, Л.Т. Танклевский, А.Л. Танклевский // Пожаровзрывобезопасность. 2016. № 2. С. 28–50.
4. ГОСТ Р 51043-2002 Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Оросители. Общие технические требования. Методы испытаний. — М.: ИПК Издательство стандартов. 2002. 27 с.
5. Арабей А.В. УФ-отверждаемые армированные композитные покрытия — защита конструктивных элементов корабля / А.В. Арабей, О.Э. Бабкин, Л.А. Бабкина, О.А. Зыбина, Л.Т. Танклевский // Известия РАН. 2016. № 3 (93). С. 159–164.

СИСТЕМА ПОДГОТОВКИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ПО ПРОТИВОДЕЙСТВИЮ ТЕРРОРИЗМУ И БОРЬБЕ С ПИРАТСТВОМ С ПРИМЕНЕНИЕМ СИСТЕМ ИМИТАЦИИ ОРУЖИЯ

И.А. Галкин, В.В. Чернов, Ю.Г. Точилин

*Военный учебно-научный центр Военно-Морского Флота
«Военно-морская академия» им. Н.Г. Кузнецова,
Главное командование Военно-Морского Флота*

В соответствии с Планом научной работы Военно-Морского Флота, по заказу Оперативного управления Главного штаба ВМФ, проводится научно-исследовательская работа на тему: «Совершенствование системы подготовки подразделений противодействия терроризму в военных учебных заведениях Министерства обороны Российской Федерации».

В соответствии с указаниями Командующего Западным военным округом и Главнокомандующего Военно-Морским Флотом практические исследования проводятся на учебно-материальной базе полигонов Министерства обороны Российской Федерации с привлечением инструкторов Центра подготовки по борьбе с пиратством и других специалистов, разрабатывается система подготовки подразделений по противодействию терроризму и борьбе с пиратством с применением систем имитации оружия.

Данная система состоит из:

1. *Системы комплексных упражнений по боевой и физической подготовке с применением систем имитации оружия* (рис. 1, рис. 2), направленной на комплексное развитие военно-прикладных и специальных навыков в соответствии с реалиями современного боя, характеризующегося высокой динамикой и непредсказуемостью быстро меняющейся обстановки под воздействием экстремальных эмоциональных и физических перегрузок.

Комплексные упражнения позволяют адекватно оценивать подготовленность военнослужащих как в одиночном порядке, так и в составе подразделения к ведению боевых действий в условиях активного противодействия со стороны условного противника и фактического поражения личного состава подразделений средствами имитации.

2. *Тактико-специальных учений* (рис. 3, рис. 4), организуемых и проводимых в часы спортивно-массовой и культурно-досуговой ра-



Рис. 1. Комплексные упражнения по физической подготовке



Рис. 2. Комплексные упражнения по боевой подготовке

боты, а также в ходе ряда учебных занятий, военно-тактических и военно-спортивных игр с применением систем имитации оружия по определенным сценариям, целью которых является существенное повышение военно-профессиональных и физических навыков будущих офицеров, при выполнении ими мероприятий по охране и обороне военных объектов, противодействию терроризму и борьбе с пиратством. Обучение практическому использованию современных технических средств и робототехнических комплексов военного назначения в ходе моделирования различных боевых ситуаций.

3. *Огневой подготовки со штатным оружием.* В ходе данной подготовки военнослужащие закрепляют навыки применения оружия как в одиночном порядке, так и в составе подразделения.



Рис. 3. Тактико-специальные учения с применением систем имитации оружия



Рис. 4. Тактико-специальные учения с применением систем имитации оружия

Комплексные упражнения составлены таким образом, чтобы проводить обучение от простого к сложному, и направлены на совершенствование военно-профессиональных и физических навыков: по изготовке к бою, ведению огня в движении, переносу огня, управлению переносом огня, комплексного развития силы, быстроты, выносливости, меткости, боевой слаженности подразделения.

В дальнейшем военнослужащие учатся управлять подразделением, решать тактические задачи по своевременному вскрытию противника, управлению переносом огня, передвижению подразделения, выполнению всех необходимых мероприятий в соответствии со сценарием (эвакуация раненого, блокирование противника и др.).

Эффективность комплексных упражнений на порядок превосходит существующие виды упражнений по боевой и физической подготовке.

Комплексные упражнения способствуют:

- формированию у военнослужащих навыков быстрой мобилизации физических и психологических способностей организма для эффективных действий при выполнении задач в экстремальной обстановке;
- повышению устойчивости организма к воздействию неблагоприятных факторов военно-профессиональной деятельности и окружающей среды;
- воспитанию у личного состава командирских качеств, способности принимать решения и эффективно действовать под воздействием экстремальных эмоциональных и физических перегрузок, непосредственной угрозе жизни в сложной, быстро меняющейся обстановке как в одиночном порядке, так и в составе подразделения;
- формированию физической подготовленности военнослужащих к ведению боевых действий;
- повышению военно-специальной подготовленности военнослужащих;
- совершенствованию боевой слаженности воинских подразделений.

Для повышения эффективности подготовки будущих офицеров к выполнению задач по предназначению, система комплексных упражнений делится на основную и вариативную части. В вариативной части содержатся упражнения, разработанные в соответствии с военно-учетной специальностью выпускника.

Например, модуль «Разведка и управление огнем подразделения по противодействию терроризму с использованием робототехнических комплексов военного назначения» предназначен для обучения курсантов своевременному обнаружению противника, обозначению его местоположения, применению технических средств нелетального воздействия (ослепление, оглушение, постановка дымовой завесы и т.п.), сохранению жизни и боеготовности личного состава данных подразделений (рис. 5).



Рис. 5. Обучение применению РТК ВН

разделением активного противодействия средствами имитации. Это позволило значительно повысить эффективность привития военно-профессиональных навыков военнослужащим. После нескольких попаданий больше нет необходимости дополнительно разъяснять, как использовать те или иные укрытия наиболее эффективно, с какой скоростью необходимо передвигаться и т.д. Наиболее значимым эффектом от таких учений является возникновение мотивации у обучающихся к самостоятельным занятиям физической, а также огневой и специальной подготовкой. Военнослужащие начинают объективно оценивать уровень развития своих военно-профессиональных навыков. Поскольку учения проводятся в составе подразделений, обучаемые начинают понимать, что в том числе и от их действий зависит успех выполнения поставленной задачи.

Одной из особенностей предлагаемого подхода к подготовке подразделений по противодействию терроризму и борьбе с пиратством является организация и проведение в часы спортивно-массовой и культурно-досуговой работы, а также в ходе ряда учебных занятий, военно-тактических и военно-спортивных игр с применением систем имитации оружия по определенным сценариям, целью которых явля-

Следующим этапом подготовки следуют тактико-специальные учения с применением систем имитации оружия. Во время учений моделируется реальная боевая ситуация, в ходе которой подразделение выполняет задачу по предназначению, используя навыки передвижения по пересеченной местности, преодоления естественных и искусственных препятствий, передвижения в изготопке к бою, ведения огня на подавление, и поражение из систем имитации оружия.

Основным отличием от существующих способов проведения тактико-специальных учений является введение в сценарии выполнения задач под-



Рис. 6. Электропневматические копии оружия



Рис. 7. ММГ с лазерными имитаторами стрельбы

ется, используя приобретенные в ходе предшествующей подготовки навыки, выполнение мероприятий по охране и обороне военных объектов, противодействию терроризму и борьбе с пиратством.

В качестве систем имитации оружия используются электропневматические копии (рис. 6), максимально похожие по внешнему виду, массе и размерам на реальные образцы стрелкового оружия (страйкбольные привода), либо массогабаритные макеты оружия с установленными на них лазерными имитаторами стрельбы (рис. 7).

Подготовка по представленной в статье системе соответствует компетентностному подходу, реализованному в действующих Федеральных государственных образовательных стандартах высшего образования: в результате обучения военнослужащие должны быть способны выполнить поставленную задачу, применяя военно-профессиональные и специальные умения и навыки, приобретенные в ходе подготовки.

Применение систем имитации оружия позволяет развить навыки обращения с оружием при отработке действий в ситуациях, максимально приближенных к боевым, сократить расход боеприпасов, используя боевое оружие только в ходе итоговых и зачетных упражнений. Позволит снизить травматизм при выполнении упражнений в составе подразделений. Снизить количество личного состава, задействованного в обеспечении проведения такой подготовки.

НОРМАТИВНОЕ ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ОЦЕНКИ ПОЖАРНОГО РИСКА НА ПАССАЖИРСКИХ СУДАХ

Ю.В. Гремин, М.А. Симонова

*Санкт-Петербургский университет Государственной
противопожарной службы МЧС России*

В области обеспечения промышленной безопасности на водных объектах оценка рисков производится только на опасных производственных объектах морского нефтегазового комплекса [1]. Методик по оценке пожарных рисков на водных объектах на данный момент не существует, хотя проект свода правил «Морские стационарные платформы для добычи нефти и газа на континентальном шельфе. Требования пожарной безопасности» (первая редакция) [2] вышел в свет еще в 2010 году. Для пассажирских судов риск-ориентированный подход к обеспечению пожарной безопасности на данный момент вообще не применяется.

Одним из основных международных нормативных документов, регулирующих обеспечение безопасной эксплуатации судов, является Международный кодекс по управлению безопасной эксплуатацией судов и предотвращением загрязнения (далее — МКУБ) [3]. Одной из целей МКУБ является оценка всех идентифицированных рисков, связанных с эксплуатацией судов, действиями персонала и воздействия на окружающую среду, а также организации защиты в соответствии с уровнем этих рисков.

Согласно МКУБ собственник судна или лицо, нанятое им, ответственное за эксплуатацию судна (далее — Компания), обязаны разработать, задействовать и поддерживать систему управления безопасностью (далее — СУБ). Под Системой управления безопасностью в данном случае понимается структурированная и документированная система, позволяющая персоналу Компании эффективно внедрять политику безопасности и охраны окружающей среды. Одной из подсистем СУБ является система обеспечения пожарной безопасности (далее — СОПБ) на судне.

Одним из требований, предъявляемым МКУБ к СУБ является разработка процедур подготовки к аварийным ситуациям и действий в аварийных ситуациях. Подготовка к возможным аварийным ситуациям, связанным с пожарами на судах, в настоящее время осуществляется в соответствии с требованиями довольно большого количества норматив-

ных документов. Существенным недостатком в СОПБ на водном транспорте является отсутствие единого критерия, с помощью которого возможно оценить достаточность мер обеспечения пожарной безопасности на судне. Таким критерием может являться оценка пожарного риска.

В Российской Федерации в настоящее время оценку соответствия водного транспорта осуществляют на основании разработанных во исполнение ФЗ «О техническом регулировании» [4] двух технических регламентов: «Технический регламент о безопасности объектов внутреннего водного транспорта» [5] и «Технический регламент о безопасности объектов морского транспорта» [6], которые предъявляют минимально необходимые требования к безопасности водного транспорта как объектов технического регулирования.

В данных технических регламентах сказано, что проверка судов на соответствие требованиям к безопасности объектов внутреннего водного и морского транспорта должна осуществляться в форме классификации. Правила оценки соответствия в форме классификации включают в себя рассмотрение и согласование технической документации, техническое наблюдение за строительством (изготовлением), переоборудованием, модернизацией, ремонтом объектов регулирования и освидетельствование объектов регулирования в эксплуатации.

В пункте 7 «Технического регламента о безопасности объектов внутреннего водного транспорта» [5] сказано, что к объектам регулирования в отношении оценки соответствия не применяются требования других технических регламентов, в сфере применения которых находятся аналогичные объекты, если настоящим техническим регламентом не предусмотрено иное. При этом в пункте 66 [5] говорится, что каждое судно должно иметь систему обеспечения пожарной безопасности, отвечающую требованиям настоящего технического регламента и требованиям законодательства Российской Федерации в области пожарной безопасности. Основным нормативным документом в области пожарной безопасности в Российской Федерации является «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [7].

В области обеспечения пожарной безопасности применяются методики по оценке пожарного риска утвержденные двумя приказами МЧС России [8, 9]. В область применения данных методик водный транспорт не входит.

Проведенный анализ нормативно-правовой базы свидетельствует, что современная нормативно-правовая база допускает использование риск-ориентированного подхода к обеспечению пожарной без-

опасности на пассажирских судах, но методики оценки риска на водных объектах данного типа (пассажирские суда) не существует.

Поэтому для того чтобы привести нормативную базу в области обеспечения пожарной безопасности на пассажирских судах в соответствие с Федеральным законом от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», необходимо разработать методику оценки пожарного риска на пассажирских судах.

Литература

1. Руководство по безопасности «Методика анализа риска аварий на опасных производственных объектах морского нефтегазового комплекса» утвержденное приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 16 сентября 2015 г. № 364.

2. Проект свода правил «Морские стационарные платформы для добычи нефти и газа на континентальном шельфе. Требования пожарной безопасности» (первая редакция) <http://docs.cntd.ru/> (Единая справочная служба «Кодекс» и «Техэксперт»).

3. Международный кодекс по управлению безопасной эксплуатацией судов и предотвращением загрязнения (Редакция 2010). Принят Резолюцией А.741(18) Ассамблеи Международной морской организации 4 ноября 1993 года.

4. Федеральный закон от 27 декабря 2002 года № 184-ФЗ «О техническом регулировании».

5. Технический регламент о безопасности объектов внутреннего водного транспорта (утв. постановлением Правительства РФ от 12 августа 2010 г. № 623).

6. Технический регламент о безопасности объектов морского транспорта (утв. постановлением Правительства РФ от 12 августа 2010 г. № 620).

7. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

8. Приказ МЧС РФ от 30.06.2009 № 382 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности».

9. Приказ МЧС РФ от 10 июля 2009 г. № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах».

БЫСТРОГОРЯЩИЕ МЕХАНОАКТИВИРОВАННЫЕ СОСТАВЫ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ И ТВЕРДЫХ ОКИСЛИТЕЛЕЙ

***А.Ю. Долгобородов, Б.Д. Янковский, С.Ю. Ананьев,
А.Н. Стрелецкий, В.Г. Кириленко, А.А. Шевченко, И.В. Колбанев***

*Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН,
Объединенный институт высоких температур Российской академии наук,
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,
Московский физико-технический институт
(государственный университет)*

Термитные смеси металл–твёрдый окислитель позволяют получить существенный экзотермический эффект при горении (до 8 кДж/г и до 20 кДж/см³), при этом скорость горения смесей микронных порошков обычно не превышает нескольких десятков мм/с, что ограничивает область их применения. Это связано с тем, что скорость распространения химических реакций в таких смесях определяется в первую очередь эффективной поверхностью контакта реагентов. Для увеличения этой поверхности используются различные способы: ультразвуковое перемешивание наноразмерных порошков, электрохимическое осаждение и вакуумное напыление субмикронных слоев металл–окислитель и др. [1, 2]. Одним из сравнительно новых способов получения быстрогорящих термитных составов является предварительная механохимическая активация смесей из частиц микронного размера в энергонапряженных шаровых мельницах. При этом происходит измельчение и перемешивание компонентов на субмикронном и нано уровне, а также образование дефектов кристаллической структуры, что позволяет увеличивать скорость протекания химической реакции на поверхности реагентов и, соответственно, управлять процессами энергосвободы. В некоторых случаях удается получить сверхзвуковые детонационно-подобные режимы [3, 4]. В России способ механоактивации смесей твёрдый окислитель — металлическое горючее начал активно использоваться с начала 2000-х годов [5–7], а получаемые материалы названы механоактивированными энергетическими композитами (МАЭК). В зависимости от материала и размера исходных частиц режимы обработки подбираются таким образом, чтобы добиться максимально возможной однородности перемешивания и активации смеси без протекания химической

реакции между компонентами. Полученные результаты показали перспективность данного направления для получения высоких скоростей самоподдерживающихся химических реакций, в частности, для смесей Al с оксидом MoO_3 , фторопластом, KClO_4 и др. С помощью механоактивации удалось впервые получить стационарный режим детонации со скоростями до 1,5 км/с в смесях фторопласта с Al и Mg. Уникальность данного результата состоит в том, что стационарный детонационный режим зафиксирован в системе, образующей только твердые конечные продукты реакции. Аналогичный способ (Arrested Reactive Milling) разработан в США [1].

В данной работе приведены результаты по получению быстрого-горящих МАЭК на основе термитных смесей. Проведены сравнительные исследования ряда механоактивированных составов, изготовленных из смесей Al с оксидами металлов. Также для сравнения приведены данные для составов с Mg. В качестве исходных компонентов использовались различные по размерам и форме частиц порошки Al: промышленная пиротехническая пудра (ПП-2 и ПП-4), сферический АСД-4 (15 мкм) и АСД-6 (3,6 мкм), субмикронный Al(8) с удельной поверхностью частиц $8 \text{ м}^2/\text{г}$, наноразмерный V-Alex (100–200 нм), со фторполимерным покрытием, экспериментальный наиболее однородный nAl $\langle \delta \rangle \approx 100 \text{ нм}$. Также использовались порошки других металлических горючих: Mg — МПФ-3 и МПФ-4, сплав Al-Mg — ПАМ-4, Hf — ГФМ-1. В качестве окислителей применялись порошки окислителей: CuO (ЧДА) с размером частиц $20 \div 50 \text{ мкм}$; MoO_3 (ХЧ) — 40 мкм и WO_3 , Bi_2O_3 (ХЧ) $40 \div 50 \text{ мкм}$ и фторполимеры: фторопласт-4 (Ф4) и фторопласт-42. Также использовались исходные наноразмерные окислители: nCuO — $50 \div 80 \text{ нм}$ и n MoO_3 — $40 \div 60 \text{ нм}$.

Для смешения и активации смесей использовались два типа шаровых мельниц: вибрационная мельница конструкции Аронова и планетарная «Активатор-2SL». Масса загрузки смеси обычно — $10 \div 15 \text{ г}$, масса шаров — $200 \div 300 \text{ г}$. Для предотвращения перегрева смесей при обработке использовались циклы с единичным этапом $20 \div 60 \text{ с}$. Механоактивация в мельнице «Активатор-2SL» проводилась при водяном охлаждении барабанов. Полное время активации t_{act} изменялось от 1 до 60 мин. Из соображений взрывобезопасности механохимическую обработку смесей проводили в инертной среде в присутствии жидкой добавки (гексан — $20 \div 50 \text{ мл}$).

Степень механохимической активации порошков для вибрационной мельницы оценивалась по величине дозы активации:

$D_a = J_v t_{act} / m$, где: J_v (90 Вт/барабан) — удельная энергонапряженность на барабан активатора; m — масса смеси, а для планетарной мельницы — по времени активации t_{act} (при равной массе смесей).

Структура МАЭК исследовалась с помощью рентгено-дифракционного фазового анализа (РФА), сканирующей и просвечивающей электронной и атомно-силовой микроскопии (AFM), а реакционная способность при медленном нагреве ($10 \div 50$ ° К/с) методами сканирующей калориметрии и термогравиметрии (ДСК132+ТГ). Комплекс методик позволял проводить предварительный анализ по выбору оптимальных условий механоактивации при отсутствии реакции на стадии обработки.

Анализ показал, что структура механоактивированных смесей с оксидами металлов и с фторопластом существенно отличается. Так, для смесей с достаточно малопрочным Ф4 удастся получить слоистую структуру МАЭК с высокой поверхностью контакта реагентов. При этом наибольшая реакционная способность для Al/Ф4 получена при использовании сферических частиц АСД-6. В процессе механического воздействия шаров сферические частицы Al раскатываются и разрываются на плоские фрагменты и покрываются слоями фторопласта. В то же время для смесей с более прочными частицами оксидов металлов условия получения высокореакционных композитов значительно усложняются из-за многофакторного влияния на структуру и реакционную способность получаемых МАЭК. Так, при использовании сферических частиц Al — АСД сохраняются деформированные частицы микронного размера, которые покрыты частицами оксида. В случае «плоского» алюминия Al (пудра ПП или ПАП) структура композита «обратная»: микронные частицы оксида покрыты деформированными чешуйками алюминия.

Наибольшая однородность смесей Al/Оксид получена для случая использования исходных частиц Al чешуйчатой формы и наноразмерных частиц окислителей. В этом случае плоские микронные фрагменты Al покрываются россыпью наночастиц окислителя. В качестве примера на рис. 1 приведено изображение фрагмента МАЭК из алюминиевой пудры ПАП-2 и $n\text{MoO}_3$, полученное с помощью атомно-силовой микроскопии (AFM). Наноразмерная структура композитов с чешуеобразным «плоским» Al приводит к наибольшей реакционной способности при одинаковой дозе обработки.

Анализ методами РФА, ДСК+ТГ совместно с масс-спектрометрическим анализом продуктов термического разложения показал, что

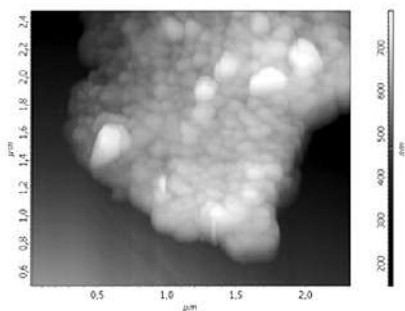


Рис. 1. AFM топография фрагмента частицы МАЭК Al(ПАП-2)+nMoO₃

активированного MoO₃ существенное выделение O₂ регистрируется уже при 250 °С. Что касается Al и Mg, то при небольших дозах активации, соответствующих оптимальным дозам для получения МАЭК, наблюдается небольшое уширение дифракционных линий, связанное с уменьшением размеров кристаллитов и образованием дислокаций, т.е. активация металлов невысока. На данной стадии исследований можно предположить, что двумя основными причинами роста реакционной способности термитных смесей при механоактивации являются увеличение эффективной поверхности контакта металл-окислитель и образование дефектов кристаллической структуры окислителя, приводящее к образованию «слабосвязанного» кислорода.

Помимо двухкомпонентных смесей, также были исследованы четырехкомпонентные активированные смеси Al/CuO (19/81) + Hf/Ф4 (80/20). На рис. 2 показано сравнение ДСК кривых, которое показывает, что присутствие Hf в смеси приводит к заметному снижению температуры взаимодействия. Основное выделение тепла происходит при $T = 250–450$ °С, на 200 градусов ниже, чем для МАЭК Al/CuO. Т.е. добавление Hf приводит к более легкому отрыву кислорода от CuO. Таким образом, реакционную способность термитных смесей на основе CuO можно также регулировать добавками металлов, обладающих каталитическим действием.

Для полученных МАЭК проведены эксперименты по определению температуры воспламенения, измерены: яркостная температура продуктов и скорость горения МАЭК в цилиндрических каналах, а также проанализирована динамика разлета продуктов в свободном пространстве при электроискровом и ударно-волновом инициировании.

при механоактивации частиц кристаллических окислителей MoO₃, CuO и др. происходит образование различных дефектов кристаллической структуры, которые приводят к ослаблению связей Me-O, что существенно снижает температуру выделения активного кислорода. Так, например, при нагреве исходного MoO₃(ХЧ) до 450 °С выделение O₂ практически незаметно, а при тех же условиях нагрева

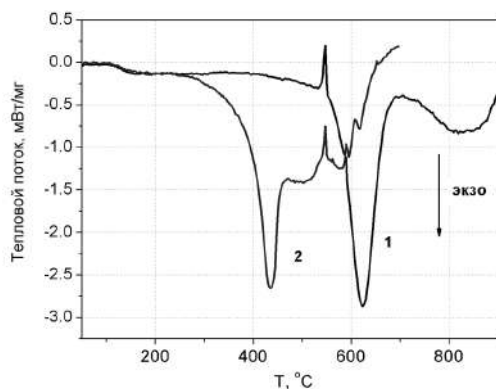


Рис. 2. ДСК кривые при прогреве активированных смесей Al/CuO (1) и $50\% Al/CuO + 50\% Hf/\Phi 4$

Для оперативной оценки характеристик и оптимальных условий приготовления МАЭК был разработан экспресс-метод определения температуры горячей поверхности (T), при которой происходит воспламенение МАЭК. Одновременно с T определялась временная задержка воспламенения. Метод позволяет с минимальными затратами оценить оптимальные параметры режимов активации, а главное, с достаточной степенью надежности контролировать качество изготовленной партии МАЭК.

Схема установки показана на рис. 3. Нагрев воспламеняющей поверхности (медная пластина) осуществлялся в муфельной печи ПМ-700, а контроль температуры с точностью до $1^\circ C$ проводится медь-константановой термопарой с термостатируемым вторым спаем. Установка позволяет устанавливать и поддерживать заданную T

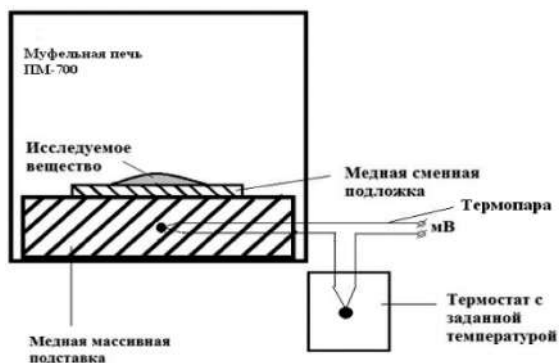


Рис. 3. Схема установки по определению температуры воспламенения МАЭК

поверхности подложки не менее 50 с. Навеска исследуемого порошка массой 30 ± 1 мг помещалась в контейнер, вводилась в печь и сбрасывалась на нагретую поверхность. Задержка воспламенения определялась секундомером с точностью 1 с. Тестирование работы установки проведено по известной температуре вспышки гексогена.

Полученные данные показали, что температуры воспламенения большинства МАЭК, активированных в оптимальных условиях, лежит в диапазоне от 240 до 350 °С. На рис. 4 приведены сравнения данных по задержкам воспламенения при различных T подложки для МАЭК стехиометрического составов Al/CuO , Al/MoO_3 и $\text{Al}/\text{Bi}_2\text{O}_3$ с одинаковым $t_{\text{act}} = 15$ мин ($D_a = 3,2$ кДж/г), а также данные по сравнению составов Al/CuO , на основе микронных и наноразмерных исходных порошков (задержка 50 с условно означает отсутствие воспламенения). По этим данным наиболее восприимчив к тепловому нагреву МАЭК Al/CuO на основе исходных порошков ПП-2 и стандартного $\text{CuO}(\text{ХЧ})$, использование наноразмерных компонентов не дает ощутимых преимуществ.

Измерения скоростей горения проводились в нескольких постановках опытов. В низкоплотных зарядах пористостью от 50 до 75% опыты проводились в металлических, пластиковых и стеклянных трубках диаметром от 5 до 10 мм. Для безоболочечных зарядов пористостью 20–30% изготавливались прессованные таблетки диаметром 12 мм. Заряды инициировались нагревом нихромовой проволоки или электроискровым разрядом. Скорость горения в металлических трубках измерялась по регистрации свечения фронта горения фотодиодами с помощью световодов. По результа-

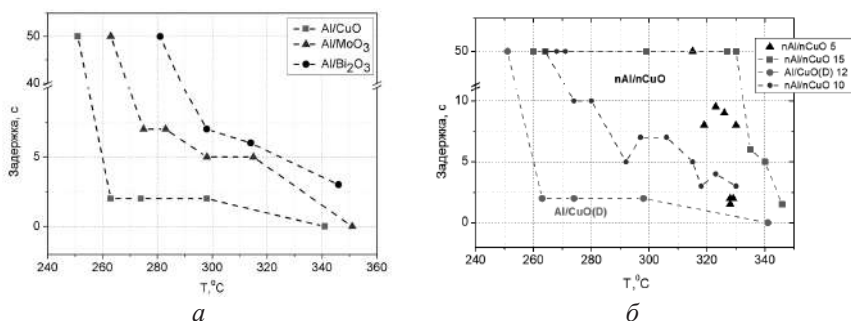


Рис. 4. Задержки воспламенения в зависимости от температуры, сравнение составов: а — МАЭК Al/CuO 19/81, Al/MoO_3 27/73 и $\text{Al}/\text{Bi}_2\text{O}_3$ 15/85 $t_{\text{act}} = 15$ мин, $D_a = 3,2$ кДж/г; б — Al/CuO 19/81 микронная (D) $D_a = 2,6$ кДж/г и наноразмерные смеси $t_{\text{act}} = 5, 10$ и 15 мин

там опытов определялась средняя скорость горения на расстоянии 20–200 мм от места поджига. Измерения в стеклянных трубках проводилось с помощью регистрации свечения высокоскоростной электронно-оптической камерой CORDIN-226-16G. Скорость горения прессованных зарядов определялась по регистрации давления при сжигании зарядов в манометрической бомбе. Некоторые результаты измерений скоростей горения в пористых образцах для ряда смесей приведены в таблице.

Таблица

Скорость горения механоактивированных смесей в трубках (*u*)

(*D_a* — доза активации, *ε* — пористость, *d* — диаметр,

L — расстояние от места поджига)

Тип частиц металла	D_a , кДж/г	ρ_{0^0} , г/см ³	ε , %	Оболочка	<i>d</i> , мм	<i>L</i> , мм	<i>u</i> , м/с
Al/MoO ₃ 45/55							
ПП-2	0 (мех, см.)	1,15	67	пластик	8,5	70	0,19
ПП-4	0,18	0,95	73	пластик	12,5	20	29,5
АСД-6	2,5	1,65	53	дюраль	9	50	95
АСД-4	1,8	1,57	55	пластик	8,5	70	250
ПП-4	1,8	1,15	67	пластик	8,5	70	390
ПП-4	2,7	1,16	67	пластик	8,5	60	415
ПП-2	2,5	1,16	67	дюраль	9	40	175
ПП-4	2,5	1,16	67	дюраль	9	140	240
ПАП-2	4,2	0,93	73	дюраль	9	240	173
Al/WO ₃ 33,7/66,3							
ПП-4	0,1	1,58	66	дюраль	9	95	60
Al/CuO, 30/70							
АСД-6	3,2	2,041	55	дюраль	9	70	2,0
Al/CuO, 19/81							
ПП-2	3,2	2,15	58	сталь	10	70	120
ПП-2	3,2	1,54	70	пластик	6,8	90	670
нано Al (100нм)	1,3	1,10	79	сталь	10	70	82
Al/MoO ₃ 45/55 + 15%(C ₂ F ₄) _n							
ПАП-2	5,0	0,96	70	дюраль	9	120	254
ПАП-2	5,0	2,25	30	дюраль	10	20	1,4
(сплав Al/Mg 50/50)/MoO ₃ , 34/66							
ПАМ-4	3,18	1,28	61	дюраль	8,5	140	140

Тип частиц металла	D_{a^2} кДж/г	ρ_{0^2} г/см ³	ε , %	Оболочка	d , мм	L , мм	u , м/с
Mg/MoO ₃ 34/66							
МПФ-3	2,3	1,07	64	дюраль	8,5	100	272
МПФ-3	1,2	0,89	70	дюраль	8,5	100	185
МПФ-3	3,5	1,01	66	дюраль	8,5	100	280
МПФ-3	2,9	1,04	65	дюраль	8,5	100	285

В целом результаты по скоростям горения показали, что механоактивация до оптимальных доз приводит к значительному увеличению скорости горения. Так, если обычные смеси имеют скорости горения до нескольких десятков см/с, то малоплотные МАЭК горят с переходом во взрыв, при этом тонкостенные пластиковые и металлические оболочки разрушаются. Величина скорости зависит от размера и формы частиц исходных компонентов, плотности и дозы активации. Наиболее высокие скорости были получены для смесей Al(ПП-4)/MoO₃ и Al(ПП-2)/CuO при относительной плотности около 0,3. Процесс ускоряется от медленного горения со скоростями на уровне 10 м/с до высокоскоростного горения 400÷700 м/с. Эти данные согласуются с данными РФА и ДСК+ТГ анализа, которые показали, что МАЭК на основе пиротехнической пудры (ПП-4 и ПП-2) обладают наибольшей однородностью и реакционной способностью.

Яркостная температура T_b продуктов горения измерялась в видимом диапазоне с помощью двух типов яркостных пирометров (двухканального с эффективными длинами волн $\lambda = 420$ и 627 нм или четырехканального $\lambda = 500; 600; 700$ и 800 нм). Порошок МАЭК массой около 5 г порционно засыпался в металлическую трубку диаметром 15–20 мм и уплотнялся до заданной плотности (0,3–0,4 ТМД). Для инициирования использовался либо нагрев нихромовой проволоки, либо электроразряд между двумя электродами. В конце заряда обычно помещалось окно из прозрачного материала и диафрагма диаметром 5 мм. Излучение светящихся продуктов передавалось на пирометр через систему зеркал и светофильтров. Постановка экспериментов и пример записи T_b излучения продуктов приведены на рис. 5.

В зависимости от состава и условий активации T_b продуктов горения различных МАЭК изменяется от 2000 °К до 4000 °К. Наибольшая T_b (до 4000 °К) получена для Mg/MoO₃ при дозе активации $D_a \sim 2,7$ кДж/г.

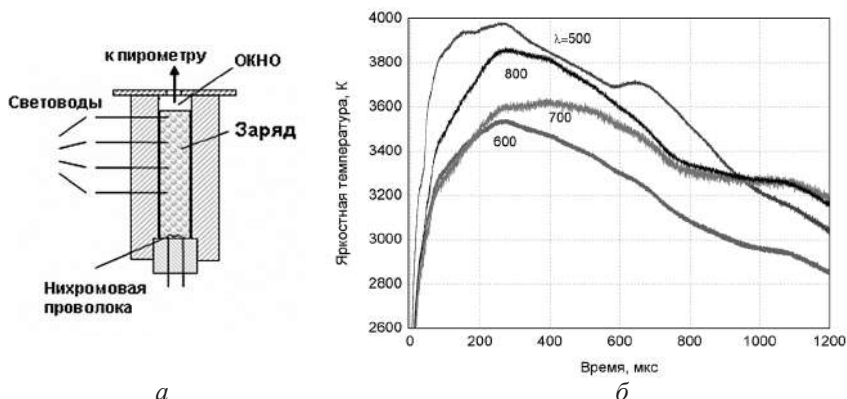


Рис. 5. Постановка опытов по измерениям яркостной температуры продуктов горения (а) и запись яркостной температуры (б) продуктов горения МАЭК Al(ПП-2)/CuO 19/81, $t_{act} = 8$ мин на длинах волн 500, 600, 700 и 800 нм

Среди МАЭК на основе Al наибольшая температура (около 3700 °К) достигается для составов Al/CuO ($D_a \sim 3$ кДж/г). Дальнейшее увеличение D_a приводит к снижению температуры, что согласуется с данными по ДСК, температурам воспламенения и скоростям горения.

При электроискровом инициировании небольших навесок смеси Al/CuO (1 г), размещенных на горизонтальной поверхности, образуется расширяющееся облако светящихся продуктов (рис. 6). При этом с увеличением t_{act} от 2 до 8 мин T_b возрастет от 2400 °К до 3400 °К. Характерная скорость расширения области свечения составляет ~ 100 м/с. По совокупности данных фоторегистрации, осциллограммам сигналов электроконтактных датчиков и трековым отмет-

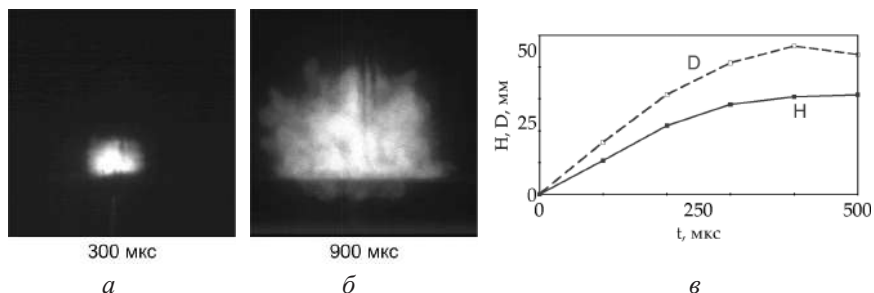


Рис. 6. Типичные фотографии (а и б) и графическое представление динамики расширения облака продуктов при сгорании навески смеси Al/CuO (1 г) в свободном пространстве. H — высота области свечения, D — диаметр

кам область свечения можно охарактеризовать как расширяющийся поток реагирующих кластеров и холодных компонентов смеси в облаке излучающей плазмы продуктов горения.

Динамика разлета продуктов при ударно-волновом инициировании различных по составу и активации МАЭК изучалась в опытах с нагружением таблеток МАЭК продуктами взрыва заряда ВВ (гексоген 1 г) по регистрации свечения продуктов скоростной фотосъемкой. Одна из постановок опытов показана на рис. 7, а. Иницирующий заряд ВВ создавал ударную волну в стальном поршне, отделяющем ВВ от таблетки МАЭК. Соотношение масс ВВ, поршня и таблетки: 1:1:1. В результате ударно-волнового воздействия в МАЭК инициировалась реакция, продукты которой выбрасывались через сопло в стальной преграде (диаметр 3–5 мм).

На рис. 7, б показаны кадры фотосъемки процесса разлета продуктов при взрывном нагружении инертной (LiF/CuO) и реагирующей (Al/CuO) смесей (4 кадра экспозицией 1 мкс с интервалом 350 мкс).

При ударно-волновом инициировании МАЭК в свободном пространстве формируется поток исходных частиц и светящееся облако продуктов реакции, распространяющееся со сверхзвуковой скоростью (> 500 м/с). Динамика различных участков потока представлена на рис. 8. Выделение химической энергии в потоке частиц практически не влияет на его скорость. Высокоскоростное

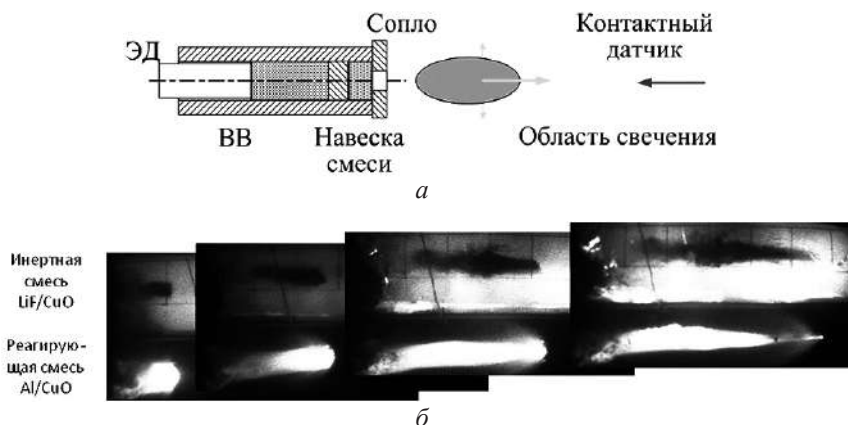


Рис. 7. Постановка опытов по определению динамики разлета продуктов МАЭК при ударно-волновом инициировании (а) и кадры фоторегистрации разлета продуктов инертной смеси LiF/CuO и МАЭК Al/CuO (б)

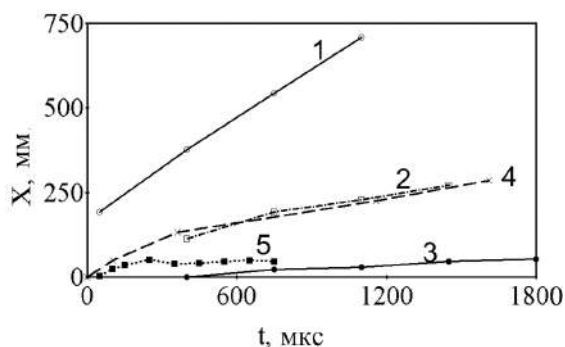


Рис. 8. Траектории различных участков потока продуктов реакции Al/CuO :
 1 — фронт потока; 2 — центр; 3 — тыл;
 4 — электропроводный фронт потока; 5 — радиус потока

распространение химической реакции в потоке обеспечивается разлетающимися кластерами продуктов, переносящими первичные очаги химической реакции. Измерения проводимости в облаке и анализ продуктов показали наличие в облаке разреженной плазмы ионизированных газообразных продуктов, которые затем конденсируются в форме разнообразных частиц с размерами от нескольких нм до сотен мкм.

Из всех исследованных смесей наибольшая интенсивность свечения наблюдается для МАЭК Al/CuO , Al/MoO_3 и $Al/CuO+Hf/Ф4$. При этом МАЭК Al/MoO_3 при равных условиях сгорает быстрее, а наибольшая площадь светящегося облака получена для МАЭК $Al/CuO+Hf/Ф4$. В зависимости от типа смесей, массы и дозы механоактивации яркостная температура в облаке продуктов изменяется от 2500 до 3600 °К.

Результаты работы в целом показали перспективность метода механоактивации для получения быстрогорящих составов, не содержащих токсичных продуктов, которые могут быть использованы в различных устройствах с повышенными требованиями к реакционной способности, в том числе в светошумовых средствах нелетального действия.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Конденсированное вещество и плазма при высоких плотностях энергии» и проектов РФФИ № 16-29-01030офи-м и № 16-03-00178а.

Литература

1. Dreizin E.L. Metal — based reactive nanomaterials // *Progress in Energy and Combustion Science*. 2009. V. 35 (2). P. 141–167.
2. *Energetic Nanomaterials: Synthesis, Characterization, and Application* / Ed. by V.E. Zarko and A. Gromov. Elsevier Inc. 2016.
3. Долгобородов А.Ю. Механоактивированные энергетические композиты окислитель-горючее. // *ФГВ*. 2015. Т. 51. №1. С. 102–116.
4. Streletskii A.N., Sivak M.V., Dolgoborodov A.Yu. Nature of high reactivity of metal/solid oxidizer nanocomposites prepared by mechanoactivation: a review // *J. Mater. Sci*. 2017. V. 52 (20). P. 11810–11825.
5. Dolgoborodov A.Yu., Gogulya M.F., Makhov M.N. et al. Detonation-Like Phenomena in Al/S Mixture // *Proc. of Twenty-Ninth Intern. Pyrotechnics Seminar*. 2002. P. 557–563.
6. Долгобородов А.Ю., Махов М.Н., Гогоуля М.Ф. и др. Влияние механической активации на детонационную способность смесей окислитель-горючее // *Вещества, материалы и конструкции при интенсивных динамических воздействиях*. ВНИИЭФ. — Саров. 2003. С. 273–278.
7. Долгобородов А.Ю., Махов М.Н., Колбанев И.В., Стрелецкий А.Н. Состав пиротехнический механоактивированный // *Патент РФ RU №2235085*. 2004.

АНАЛИЗ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ БАКАЛАВРОВ И МАГИСТРОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»

Л.А. Ермакова, А.И. Шершнева

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Высшая школа техносферной безопасности (далее ВШТБ) Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (далее СПбПУ Петра Великого) осуществляет подготовку бакалавров и магистров по направлению «Техносферная безопасность». «Техносферная безопасность» — это направление подготовки специалистов в области охраны труда, обеспечения промышленной безопасности технологических процессов и производств как в нормальных условиях, так и в условиях чрезвычайной ситуации. Впервые подготовку специалистов по данному направлению в СПбПУ Петра Великого начали в 1997 году.

Область профессиональной деятельности бакалавров и магистров по направлению «Техносферная безопасность» включает в себя обеспечение безопасности человека в современном мире, формирование комфортной для жизни и деятельности человека техносферы, минимизацию техногенного воздействия на природную среду, сохранение жизни и здоровья человека за счет использования современных технических средств, методов контроля и прогнозирования.

Среди изучаемых по направлению «Техносферная безопасность» дисциплин бакалавриата — классические инженерно-технические предметы (начертательная геометрия, электроника и электротехника, теоретическая механика и др.), специальные дисциплины (управление техносферной безопасностью, опасные технологии и производства и т.д.), а также дисциплины нормативно-правового блока (надзор и контроль в сфере безопасности, промышленная безопасность и др.). Начинаящим специалистам необходимо обладать не только профессиональными знаниями, но и ориентироваться в экономике, социологии, психологии. Подготовка бакалавров по направлению «Техносферная безопасность» предполагает развитие навыков прогнозирования, построения логической мыслительной цепочки, анализа [1, 2].

Межотраслевой характер подготовки бакалавров позволяет им реализовывать свои профессиональные навыки во всех отраслях промышленности. Такие специалисты востребованы контрольно-надзорными органами (Министерство по чрезвычайным ситуациям России (далее МЧС), Роспотребнадзор, Ростехнадзор, Росэнергонадзор, Государственная инспекция труда) [3]. Также существует возможность заниматься коммерческой деятельностью и развивать свой собственный бизнес на рынке услуг в области безопасности труда, а именно проводить разработку систем безопасности труда, обучение и тренинги по вопросам производственной безопасности, мониторинг и инструментальный контроль опасных факторов производственной среды. Так как обучение является практико-ориентированным, студенты ВШТБ не испытывают проблем с поиском мест производственных практик, а впоследствии с трудоустройством. Выпускники-бакалавры имеют возможность продолжения обучения в магистратуре по направлению «Техносферная безопасность» [4, 5].

Курс предметов в магистратуре подобран так, чтобы студент был максимально погружен в практическую и научную деятельность. В ходе обучения студент получает педагогические навыки и по окончании программы может работать преподавателем. Подготовка магистров по направлению «Техносферная безопасность» предполагает развитие навыков рациональных мыслительных операций, психологической устойчивости, быстрого реагирования на резко меняющуюся ситуацию.

Будущие специалисты работают на административных должностях в МЧС, на промышленных предприятиях в подразделениях охраны труда, в учреждениях различных отраслей народного хозяйства.

Таким образом, интеграция фундаментальной физико-математической подготовки с интеллектуализацией учебного процесса обуславливает востребованность выпускников ВШТБ Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого по следующим профессиональным отраслям: охрана труда, инженерная-экология, надзорные и экспертные организации [6, 7].

Литература

1. Федеральный закон об образовании в Российской Федерации от 29.12.2012 № 273-ФЗ.

2. Русак О.Н. Безопасность, которая нужна / Русак О.Н. // Безопасность жизнедеятельности. — Москва. 2016. № 1(81). С. 3–5.

3. Девясилов В.А. Подготовка кадров по безопасности труда в рамках направлений «Техносферная безопасность» / Девясилов В.А. // Безопасность техносферы. — Москва. 2015. Т 4. № 1. С. 59–67.

4. Леонова Н.А. Особенности инженерной подготовки в системе военно-технического образования. — Санкт-Петербург: Изд-во Политехнического университета. 2013. 138 с.

5. Леонова Н.А. Концепция преемственности формирования и развития технического мышления у будущих военных инженеров. — Санкт-Петербург: Изд-во Политехнического университета. 2010. — 258 с.

6. Леонова Н.А. Педагогическая технология формирования, развития и оценки уровня технического мышления личности в системе непрерывного технического профессионального образования / Леонова Н.А. // Вестник Орловского государственного университета. Новые гуманитарные исследования. — Орел. 2012. № 6 (26). С. 105–110.

7. Леонова Н.А. Особенности инженерной подготовки в системе военно-технического образования. — Санкт-Петербург: Изд-во Политехнического университета. 2013. 138 с.

ОСОБЕННОСТИ ОХРАНЫ И ОБОРОНЫ ВОЕННЫХ ОБЪЕКТОВ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

П.В. Дружинин, О.Г. Булатов, П.Б. Жернаков

ВА МТО им. А.В. Хрулева

«Арктика — территория национальных интересов» — именно так можно охарактеризовать внешнеполитическую деятельность как пограничных с данным регионом государств (Россия, Дания, Норвегия, Канада, США и др), так и других стран. Проведенные на сегодняшний день учеными разных стран исследования дают основание предполагать, что шельф арктических морей и его склон — место залегания богатейших месторождений — как энергоносителей (нефть, газ, конденсат, битум), так и множества других полезных ископаемых (от драгоценных и редкоземельных металлов до строительных материалов) [1].

Другим немаловажным фактором является стратегическое положение арктической зоны — кратчайший путь (воздушный и морской) между Америкой и Евразией, а также между Восточной Азией и Европой (морской путь).

Очевиден тот факт, что вопрос уточнения границ государств в данном регионе стоит наиболее остро. На увеличение территориальной принадлежности шельфа морей на участке Мурманск — Северный полюс — Чукотка, регулируемой Конвенцией ООН по морскому праву от 1982 года кроме России претендуют еще Дания, Гренландия, Канада. Кроме того, при поддержке субарктических стран все активнее продвигается американская идея интернационализации Арктики, то есть ликвидации зоны исключительного экономического влияния государств [1]. Для России это грозит потерей контроля над Северным морским путем.

Северный морской путь — это главная транспортная артерия этого региона. Именно этот маршрут обеспечивает доступ к крупнейшим залежам полезных ископаемых как на российской части Евразии, так и на арктических островах и шельфе северных морей [2].

В четкой и бесперебойной работе Северного морского пути и предприятий промышленности различных форм собственности уже в настоящее время и на дальнейшую перспективу заинтере-

сованы и заграничные партнеры: Япония, Китай, Южная Корея в Азии, а в Европе страны ЕС [3].

Таким образом, планомерное освоение арктической зоны, развитие промышленности, инфраструктуры, проведение экологических мероприятий в долгосрочной перспективе отвечают коренным интересам развития России. Поэтому в российской Арктике в настоящее время ведется и будет продолжена громадная работа по восстановлению существующих и строительству новых объектов военной и гражданской инфраструктуры: баз, портов, пирсов, причалов, аэродромов, постов РЛС, гидро-метео службы, центров МЧС, предприятий промышленности и т.д. [4, 5].

Значительных усилий требуется для того, чтобы добиться мирового признания за Российской Федерацией исключительных прав на часть территории Арктической зоны, но более сложной задачей является обеспечение безопасности в данном регионе.

В соответствии с Военной доктриной Российской Федерации Вооруженные Силы Российской Федерации во взаимодействии с другими министерствами и ведомствами обязаны организовывать: «...обеспечение национальных интересов Российской Федерации в Арктике» [6]. Кроме того, концепция «Северного стратегического бастиона» 1998 года закрепила порядок, по которому Северный морской путь — основа российских морских стратегических ядерных сил.

Менее полугода прошло от момента формирования Объединенного Стратегического Командования (ОСК) «Север» в 2014 году и первой масштабной проверкой боевой готовности этого объединения в 2015 году. Данный факт дал понять всему мировому сообществу о решительности и готовности Вооруженных Сил Российской Федерации по выполнению поставленных Верховным Главнокомандующим задач в данном регионе на постоянной основе [6].

Однако решительные действия руководства России, ее независимость в принятии решений в интересах Российской Федерации вызывают зачастую неадекватную реакцию за рубежом, прежде всего в США. В сущности, действия руководства Российской Федерации стали своеобразным ответом на принятую в 2013 году президентом США Б. Обама «Национальную стратегию в Арктическом регионе»

В этом документе в качестве приоритетных мероприятий указаны:

— создание соответствующей инфраструктуры в регионе;

– развертывание наземных, морских и воздушных средств для стратегической переброски сил в Арктику, стратегического сдерживания и ведения морских и воздушных операций в регионе.

Для защиты этих интересов США при необходимости готовы действовать в одностороннем порядке: «путем сочетания независимых действий, двухсторонних инициатив и многостороннего сотрудничества» [7].

В качестве подтверждения серьезности намерений американского руководства в Арктике необходимо отметить, что в Вооруженных Силах США, во всех их видах, имеются силы специальных операций (ССО) и специальные учебные центры по подготовке разведчиков-диверсантов. Особое место в этой системе занимает университет ССО (авиабаза Мак-Дилл, штат Флорида), где проходят обучение и иностранцы из более 40 стран, в т.ч. Украины, Эстонии, Грузии и Польши [8].

В ходе обучения, например, в ССО ВМС предусмотрен 28-дневный курс подготовки в зимних условиях на Аляске (о. Кодияк). При этом необходимо отметить, что арктическая зона США — полуостров Аляска и прилегающие к нему острова и водная акватория имеют площадь на порядок меньше российской. Тем не менее, они имеют общую границу, рядом с которой проходит Севморпуть.

Следовательно, Вооруженные Силы США и их союзники (Канада, Норвегия и др.) могут стать вероятным противником для формирований ОСК «Север», Северного флота и его Береговых войск и морской пехоты, а также для ВДВ Вооруженных Сил Российской Федерации. Кроме того, для выполнения рискованных задач командование США в настоящее время привлекает частные военные компании, которые имеют численность от нескольких сотен до нескольких тысяч наемников — профессиональных диверсантов. Все они обладают боевым опытом, имеют основательную боевую подготовку, самое современное вооружение и оснащение.

Исходя из опыта локальных конфликтов XXI века, можно предположить, что в случае обострения ситуации в Арктической зоне первоочередными целями воздействия, по нашему мнению, могут быть отдельные базы, порты, аэродромы, посты РЛС, центры МЧС, предприятия промышленности и др. [9]. Таким образом, очевидным становится вопрос организации охраны и обороны этих объектов.

Реализация охраны и обороны объекта может быть условно разделена на несколько задач. Заблаговременное предупреждение о по-

явлении нарушителя (обнаружение), недопущение проникновения на объект, оперативное блокирование и задержание (уничтожение) нарушителя на объекте, минимизация ущерба от проникновения (воздействия). Здесь термин «воздействие» подразумевает причинение ущерба объекту без проникновения на его территорию нарушителей (кибер-атаки не рассматриваются). Ключевым моментом в данном комплексе задач является заблаговременное (раннее) обнаружение противника, еще до проникновения (воздействия) на объект.

Наблюдение за воздушным и надводным пространством в Арктической зоне на территории Российской Федерации осуществляется с помощью космических спутников, РЛС ПВО, радиотехнических систем навигации и др. средств. Соответственно, существующие системы противовоздушной обороны, а также береговой охраны способны обнаружить различные типы целей на значительных расстояниях, будь то самолет, боевой корабль или гражданское судно. Проблемным вопросом в рассматриваемой ситуации становится обеспечение безопасности от наземного противника, в частности диверсионно-разведывательных групп.

В соответствии с действующими нормативными документами охрана и оборона военных объектов может осуществляться с выставлением часовых, способом дежурства контрольно-охранных групп или смешанным способом. При этом охраняемая территория оборудуется техническими средствами охраны [10].

Современные технические средства охраны (ТСО) принято классифицировать по физическим принципам, заложенным в основу их функционирования. На настоящий момент существует следующие основные типы ТСО: электромеханические, вибрационные, емкостные, индуктивные, радиолучевые, проводноволновые, магнитометрические, сейсмические, манометрические, оптико-электронные.

Как правило, объекты оборудуются несколькими типами ТСО, которые в совокупности образуют систему ТСО. Целесообразность использования того или иного типа ТСО определяется при проектировании системы на основании анализа следующих основных факторов:

- возможного воздействия на объект (тип, количество нарушителей, цель, характер действий и др.);
- характеристики самого объекта (его топография и конфигурация периметра, наиболее важные здания, сооружения и др.);
- рельеф местности;

– источники помех (природные или искусственные, созданные человеком);

– климатические, почвенно-геологические и другие природные условия [11].

Рассматривая расположение военных объектов в Арктическом регионе, следует отметить их удаленность от городской инфраструктуры, промышленных объектов при преобладании равнинной местности.

Суровые погодные условия Арктической зоны не позволяют обеспечить надежную охрану и оборону только личным составом. Использование ТСО в данном случае будет иметь приоритетный характер.

Определяющим фактором в проектировании системы охраны и обороны объекта является прогнозирование воздействия на объект: возможное количество людей, наличие и типы средств передвижения, поражения и т.д. В качестве одного из вариантов развития событий на отдельном объекте можно предположить следующее. При действиях диверсантов на скоростных катерах (по открытой воде, летом) их скорость составляет 70–80 км/час или 1,17–1,3 км/мин., т.е. в течение 5 минут они способны переместиться на расстояние до 7 км. То же самое расстояние они преодолению через 7,2–10 минут при действиях на снегоходах при скорости 40–50 км/час или 0,67–0,8 км/мин. При выполнении действий в пешем порядке с применением лыжного оборудования группа пройдет 7 км за 30–50 минут. Если учесть максимальную дальность противотанкового ракетного комплекса (ПТРК) «Джавелин» — 2500 м, с которой этот комплекс способен уничтожать наиболее важные цели, то эти временные показатели уменьшаются почти в 2 раза.

Характерная для Арктического региона многолетняя (вечная) мерзлота, большой снежный покров не позволяют рассчитывать на применение технических средств охраны, устанавливаемых в грунт.

Таким образом, с учетом экстремальных физико-географических условий, снегопадов, вьюг с сильным ветром до 25 м/с и более, долгой полярной ночи, основным средством контроля наземной и надводной обстановки, засечки целей противника в любых погодных условиях, при любой освещенности местности должны стать радиолокационные станции.

Оптические средства обнаружения в инфракрасном диапазоне (тепловизоры) могут являться вспомогательными устройствами.

Существующие радиолучевые средства охраны имеют сравнительно небольшую дальность обнаружения целей (до 300 м), при этом дальняя зона (свыше 500 м) остается вне поле зрения системы охраны и обороны объекта.

Радиолокационные станции разведки наземных движущихся целей, а также береговые РЛС позволяют обнаруживать цели на значительно больших расстояниях, чем радиолучевые ТСО. Однако, теория и практика применения имеющихся РЛС в системе охраны и обороны важных промышленных, военных объектов и инфраструктуры МТО изучены недостаточно.

Вышеизложенное позволяет сделать следующие выводы:

1) Российская Федерация вернулась в Арктику и имеет там коренные интересы. Это, прежде всего, добыча и переработка полезных ископаемых. Разведанные и перспективные объемы этих ископаемых значимы даже на мировом уровне.

2) Основная транспортная артерия для российской части Арктики является Северный морской путь. Обеспечение его бесперебойного, ритмичного функционирования — главная задача ОСК «Север». Это положение вполне относится и к промышленным предприятиям, объектам инфраструктуры.

3) Технические средства охраны, применяемые в настоящее время для обеспечения безопасности на различных объектах, не удовлетворяют климатическим условиям применения в Арктической зоне.

4) Наиболее оправданным для заблаговременного обнаружения противника техническим средством является радиолокационная станция с соответствующей доработкой.

5) Построение системы раннего обнаружения противника с помощью РЛС требует дополнительных исследований.

Литература

1. Арктика. Противоречия и стратегии будущего [Электронный ресурс, дата обращения 5.10.2017 г.] — режим доступа: <http://будущее-арктики.рф>

2. Топоров А.В. Обоснование военно-экономической эффективности процесса доставки материальных средств группировке войск (сил) / А.В. Топоров, В.Б. Коновалов, А.В. Бабенков // Известия РАН. 2017. № 2 (97). С. 48–51.

3. Чижигов Э.Н. Анализ угроз экономической безопасности в чрезвычайных ситуациях / Э.Н. Чижигов, Е.Н. Бардулин, В.И. Бабенков // Известия РАН. 2017. № 2 (97). С. 31–37.

4. Стратегия развития арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года [Электронный ресурс]: [утвер. Президентом РФ в 2013 г.; publ. на сайте <http://www.government.ru> 20.02.2013 г.]. — режим доступа: <http://www.consultant.ru>

5. Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу [Электронный ресурс]: [утвер. Президентом РФ 18.09.2008 г., пр. 1969]. — режим доступа: www.rg.ru.

6. Военная доктрина Российской Федерации [Электронный ресурс]: [утвер. Президентом РФ 25 декабря 2014 г.]. — режим доступа: www.rg.ru.

7. National strategy for the Arctic region // Wash.: GPO. 2013. P. 6, 9, 10.

8. Метров О. Комплектование и подготовка личного состава сил специальных операций ВС США / О. Метров // Зарубежное военное обозрение. 2014. № 11 (812). С. 40–49.

9. Усиков А.В. Военное искусство в локальных войнах и вооруженных конфликтах. Вторая половина XX — начало XXI века / А.В. Усиков, Г.А. Бурутин, В.А. Гаврилов, С.Л. Ташлыков; под общ. ред. Рукшина А.С. — М.: Воениздат, 2008. 764 с.

10. Об утверждении общевоинских уставов Вооруженных Сил Российской Федерации [Электронный ресурс]: указ Президента РФ [утвер. 10.11.2007 № 1495]. — режим доступа: <http://www.consultant.ru>

11. Рекомендации по использованию технических средств обнаружения, основанных на различных физических принципах, для охраны огражденных территорий и открытых площадок: Р 78.36.026-2012: МВД РФ, ГУ Вневедомственной охраны, НИЦ «Охрана». — М.: ФКУ НИЦ «Охрана». 2012. 182 с.

ВЛИЯНИЕ ФУГАСНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЗРЫВА НА ЛЮДЕЙ

А.И. Зайцев, И.А. Сабурова, А.Н. Минеева

*Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого*

В связи со сложившейся на сегодняшний день обстановкой в России, а именно ростом количества террористических актов, наблюдаемом с 2016 года, появилась необходимость в актуализации различных сведений о влиянии фугасного воздействия взрыва на биологические объекты.

Целью данной работы является теоретическая формулировка способов ограждения людей от данного вида взрывного воздействия.

Взрыв — это процесс освобождения большого количества энергии в ограниченном объёме за короткий промежуток времени. В результате взрыва вещество, заполняющее объём, в котором происходит освобождение энергии, превращается в сильно нагретый газ с очень высоким давлением. Этот газ с большой силой воздействует на окружающую среду, вызывая её движение. Взрыв в твёрдой среде сопровождается её разрушением и дроблением [1].

Одним из основных видов воздействий взрыва является фугасное. Оно характеризуется поражением или разрушением цели продуктами взрыва разрывного заряда и образующейся ударной волной. Данное действие можно наблюдать на достаточно большом расстоянии от центра взрыва, что объясняется способностью ударной волны и расширяющихся сжатых газов производить необратимые, по сравнению с исходным состоянием, изменения окружающей обстановки и отдельных ее объектов. Человеческое тело за краткое время действия ударной волны поражается давлением в её фронте и получает импульс движения, что приводит к контузиям, повреждениям наружных покровов, внутренних органов и скелета. Первичные повреждения от фугасного действия затрагивают практически все органы и части тела человека: головной и спинной мозг, органы слуха, брюшную и грудную полости, сосудистую систему. Нередко выявляются кровоизлияния в лобные и параназальные пазухи, разрывы барабанных перепонки. Поражение сосудистой системы проявляется в виде расслоения или разрыва стенок сосудов [3].

Одним из критериев воздействия ударной волны на человека является избыточное давление (ΔP). Для горючих веществ, состоящих из атомов С, Н, О, N, Cl, Br, I, F., оно определяется по формуле:

$$\Delta P = \frac{(P_{\max} - P_0) \cdot m \cdot Z \cdot 100}{V_{св} \cdot \rho_{\tau} \cdot C_{ст} \cdot K_n},$$

где $P_{\max}$ — максимальное давление взрыва газовойздушной или паровоздушной смеси в замкнутом объеме, определяемое по справочным данным, при их отсутствии принимается равным 900 кПа;

P_0 — начальное (атмосферное) давление, принимаемое равным 101, кПа;

m — масса горючего газа, паров ЛВЖ или горючих жидкостей, вышедших при расчете в помещение, кг;

Z — коэффициент участия горючего во взрыве, принимаемый равным 1 для водорода; 0,5 для других горючих газов; 0,3 для ЛВЖ и горючих жидкостей; 0,5 для горючих пылей;

$V_{св}$ — свободный объем помещения, м³, принимаемый равным 80% объема помещения;

ρ_{τ} — плотность газа или пара при расчетной температуре, кг/м³;

$C_{ст}$ — стехиометрическая концентрация горючего;

K_n — коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения, принимаемый равным 3.

Расчет избыточного давления взрыва ΔP для остальных горючих веществ и для их смесей может быть выполнен по формуле:

$$\Delta P = \frac{m \cdot Z \cdot H_{\tau} \cdot P_0}{V_{св} \cdot \rho_{\theta} \cdot C_p \cdot K \cdot T_0},$$

где H_{τ} — теплота сгорания, кДж/кг;

ρ_{θ} — плотность воздуха до взрыва при начальной температуре T_0 ;

C_p — теплоемкость воздуха, Дж·кг⁻¹·К⁻¹ (допускается принимать равной 1,01 кДж/(кг·К));

T_0 — начальная температура воздуха, К [2].

По результатам воздействия избыточного давления взрыва, вычисляемым по формулам, приведенным выше, можно оценить уровень воздействия ударной волны на человека. В результате испытаний на полигоне «Луга» при использовании зарядов повышенной мощности «Ворон», на специальных манекенах было выявлено подтверждение указанных ниже данных, которые отражены в таблице.

**Связь между уровнем воздействия ударной волны
и скоростью реабилитации человека**

Уровень воздействия	ΔP , кПа	Последствия воздействий	Скорость реабилитации
Легкий	10–40	Головная боль, ушибы, вывихи	1–2 недели
Средний	40–60	Контузия, повреждения мозга, кровотечение, разрыв связок	2 месяца
Тяжелый	60–100	Общая контузия, повреждения внутренних органов, переломы крупных костей	> 3 месяцев (полного восстановления не происходит)
Смертельный	> 100	Смерть	–

Так как ударная волна распространяется на достаточно большие расстояния от центра взрыва, то и фугасное действие оказывает значительное влияние на человека на дистанциях большой протяженности. Поэтому человеку крайне сложно избежать данного воздействия. Одним из способов уменьшения фугасного действия является движение в противоположном направлении распространения ударной волны.

На параметры ударной волны заметное влияние оказывают рельеф местности, лесные массивы и растительность. На скатах, обращенных к взрыву, с крутизной более 10° давление увеличивается: чем круче скат, тем больше давление [4]. На обратных скатах возвышенностей имеет место обратное явление. В лощинах, траншеях и других сооружениях земляного типа, расположенных перпендикулярно к направлению распространения ударной волны, метательное действие значительно меньше, чем на открытой местности. Давление в ударной волне внутри лесного массива выше, а метательное действие меньше, чем на открытой местности. Это объясняется сопротивлением деревьев воздушным массам, движущимся с большой скоростью за фронтом ударной волны.

Большую опасность для человека представляет и косвенное воздействие ударной волны. Обломки разрушенных зданий, оборудования, летящие предметы могут послужить причиной таких тяжелых травм, как травматический токсикоз (синдром длительного раздавливания), травматическая асфиксия, развивающиеся при продолжительном воздействии, например, на конечности или грудную клетку [5]. Так, при давлении во фронте ударной волны 30 кПа скорость дви-

жения воздушных масс равна 63,2 м/с или примерно в 2 раза выше скорости ураганного ветра. Воздушные массы также могут отбрасывать человека на значительное расстояние. Изучено, что скорость отброса человека до 3 м/с — безопасна для его здоровья, 6,5 м/с — порог поражения, 16,5 м/с — приводит к 50% потерям, 42 м/с — приводит к 100% потерям.

Таким образом, каждое из вышеперечисленных воздействий взрыва может оказать необратимые последствия на организм человека. В повседневной жизни люди не привыкли сталкиваться с взрывами, поэтому отсутствует представление о последствиях этого процесса. К примерам таких действий можно отнести ускоренное движение в противоположном направлении распространения фронта ударной волны при фугасном воздействии. Также, если есть возможность, необходимо найти укрытие, например, надежное здание или сооружение. Если же такой возможности нет, необходимо лечь на землю (лучше в углубление, для уменьшения воздействия ударной волны), ногами к центру взрыва, закрыв при этом голову руками. При таком положении площадь поверхности тела, испытывающая прямой удар волны, уменьшается в несколько раз и вследствие этого снижается действие скоростного напора. Даже такие элементарные действия могут уберечь человека от негативных последствий взрыва.

Литература

1. Большая советская энциклопедия: в 30 т. / Гл. ред. А.М. Прохоров. 3-е изд. — М.: Сов. энцикл. 1969–1978.
2. Нормы пожарной безопасности НПБ 105-03. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (утв. приказом МЧС РФ от 18 июня 2003 г. № 314).
3. Плошкин В.В. Безопасность жизнедеятельности. Часть 2. 2015.
4. Александров Л.Н. О действии ударной волны на человека и животных // Артиллерийский журнал. 1957. № 35.
5. Гембицкий Е.В., Комаров Ф.И. Военная-полевая терапия. — М.: Медицина. 1983. 156 с.
6. Бутков П.П., Зайцев А.И. Терроризм и проблема безопасности в современном мире. — Санкт-Петербург: Издательство Политехнического университета. 2015.

ЧИСЛЕННОЕ ДВУМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФУГАСНОГО ДЕЙСТВИЯ ВЗРЫВА В ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ МОДЕЛЬНЫХ ЗАРЯДОВ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

*С.А. Душенюк, Я.И. Запорожченко, А.А. Котомин,
В.В. Харченко, С.М. Яковлев*

ФГУП «СКТБ «Технолог»

Введение

Определение параметров воздушной ударной волны (ВУВ) при взрывах различных инженерных систем является актуальной задачей и имеет множество приложений. Важно знать такие параметры ВУВ, как избыточное давление (амплитуду), импульс положительной и отрицательной фазы, время воздействия ударной волны (УВ).

Для прогнозирования параметров ВУВ используются различные эмпирические методы расчёта [1–13], ранее описанные в работе [15]. Эмпирические методы расчёта не учитывают реальные параметры взрыва инженерных систем, такие как форма заряда, превышение заряда и датчиков над поверхностью земли, природа взрывчатого вещества, структура и особенности его инициирования.

Фугасное действие ВУВ определяется параметрами ударной волны, которые зависят от массы взрывчатого материала (ВМ), калорийности ВМ, а также плотности заряда и формы заряда.

Зачастую характеристики одних и тех же взрывчатых составов (ВС) в справочниках отличаются между собой, и от параметров реальных зарядов, используемых в инженерных системах. В данной работе в ходе численного двумерного моделирования были учтены и уточнены следующие параметры:

- реальная плотность ВМ;
- калорийность ВМ;
- скорость детонации;
- давление в точке Чепмена-Жуге, рассчитанное с учётом реального показателя политропы.

В сравнении с результатами предыдущей работы [16] учёт вышеперечисленных параметров позволяет получить количественный результат, наиболее близкий к результатам эксперимента.

Численное моделирование фугасного действия ВУВ выполнено на основе экспериментальных данных, полученных при взрывах модельных зарядов ВС на основе гексогена, тротила и алюминия массой (1–2) кг. В статье представлены результаты, полученные на зарядах тротила, состава А-IX-1 и состава А-IX-2.

Численный эксперимент обладает меньшей трудозатратностью, нежели эксперименты по измерению ударных волн. Используя численное моделирование, можно спрогнозировать результаты в экспериментах, которые сложно, дорого или не представляется возможным провести на практике.

Проведение численного эксперимента позволяет выявить факторы оказывающие наибольшее значение на эксперимент, что позволит скорректировать эксперимент таким образом, чтобы минимизировать трудозатраты, при этом сохраняя достоверность получаемых данных.

Расчёт параметров ВУВ эмпирическими методами

Расчёты были выполнены с использованием методик Садовского, Дж. Хенрича, Г. Броуда, а также эмпирической методики 1983 года [16].

Для расчёта амплитуды ВУВ модельных зарядов эмпирическими методами существует несколько подходов. В [13] при определении ΔP_{ϕ} взрывчатого состава, отличающегося удельной энергией взрыва от тротила, предложено:

$$\Delta P = \left(14 \frac{q}{R^3} \frac{Q_{\text{BC}}}{Q_{\text{TNT}}} + 4,3 \frac{q^{\frac{2}{3}}}{R^2} \left(\frac{Q_{\text{BC}}}{Q_{\text{TNT}}} \right)^{\frac{2}{3}} + 1,1 \frac{q^{\frac{1}{3}}}{R} \left(\frac{Q_{\text{BC}}}{Q_{\text{TNT}}} \right)^{\frac{1}{3}} \right) \cdot 0,098067, \text{ МПа}, (1)$$

где q — масса заряда ВС, кг; R — расстояние от точки взрыва, м; Q_{BC} — удельная теплота взрыва ВС; Q_{TNT} — удельная теплота взрыва TNT.

Можно использовать изложенный в [14] принцип энергетического подобия, основанный на том, что параметры УВ не изменяются, если остаётся постоянной выделяющаяся энергия. Таким образом, исходя из условия $m_{\phi} Q_{\text{TNT}} = m_{\text{BB}} Q_{\text{BC}}$, можно записать:

$$\Delta P = 0,085 \frac{\sqrt[3]{m_9}}{r} + 0,3 \left(\frac{\sqrt[3]{m_9}}{r} \right)^2 + 0,8 \left(\frac{\sqrt[3]{m_9}}{r} \right)^3, \text{ МПа}. \quad (2)$$

При этом:

$$m_9 = \frac{m_{\text{ВВ}} Q_{\text{ВВ}} V_{\text{ВВ}}}{Q_{\text{ТНТ}} V_{\text{ТНТ}}}, \quad (3)$$

где $V_{\text{ВВ}}$ — объём продуктов взрыва ВВ, а $V_{\text{ТНТ}}$ — объём продуктов взрыва ТНТ. Подобный подход применялся нами для расчётов по методике 1983 г. [16].

Длительность фазы сжатия τ и импульс положительной фазы избыточного давления i вычислялись [11] по следующим формулам:

$$\tau_{\text{сжатия}} = 1,2 \sqrt[6]{m_9} \sqrt{r} \text{ мс}, \quad (4)$$

$$i_{\text{сжатия}} = 200 \frac{\sqrt[3]{m_9^2}}{r}, \text{ Па} \cdot \text{с}. \quad (5)$$

Результаты прогноза параметров ВУВ, таких как амплитуда избыточного давления, импульс фазы сжатия и время фазы сжатия для модельных зарядов исследуемых взрывчатых составов, приведены в табл. 1–4.

Средняя относительная погрешность между методами — 5%, максимальная — 8%.

Погрешность вычислялась по формулам:

$$\Delta X = \frac{x_{\text{max}} - x_{\text{min}}}{2}, \sigma_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{\Delta X}{X_i}}{n}, \quad (6)$$

Таблица 1

Расчет избыточного давления ВУВ для зарядов массой 1 кг

Расстояние, м	Методика Садовского (1), МПа			Методика Садовского (2), МПа			Методика 1983 г., МПа		
	ТНТ	A-IX-1	A-IX-2	ТНТ	A-IX-1	A-IX-2	ТНТ	A-IX-1	A-IX-2
3	0,134	0,153	0,179	0,132	0,151	0,177	0,118	0,158	0,162
5	0,049	0,056	0,063	0,048	0,054	0,062	0,043	0,055	0,057
7	0,028	0,031	0,035	0,027	0,03	0,034	0,024	0,03	0,031

Таблица 2

Расчет избыточного давления ВУВ для зарядов массой 2 кг

Расстояние, м	Методика Садовского (1), МПа			Методика Садовского (2), МПа			Методика 1983 г., МПа		
	TNT	A-IX-1	A-IX-2	TNT	A-IX-1	A-IX-2	TNT	A-IX-1	A-IX-2
3	0,221	0,256	0,303	0,219	0,253	0,299	0,197	0,269	0,276
5	0,076	0,086	0,099	0,074	0,085	0,098	0,067	0,087	0,089
7	0,041	0,046	0,052	0,04	0,045	0,051	0,036	0,046	0,046

Таблица 3

Расчет длительности фазы сжатия ВУВ для зарядов массой (1–2) кг, мс

Масса модельного заряда, кг	Расстояние от центра заряда, м	TNT	A-IX-1	A-IX-2
1	3	2,078	2,223	2,235
	5	2,683	2,87	2,885
	7	3,175	3,395	3,414
2	3	2,333	2,495	2,509
	5	3,012	3,221	3,239
	7	3,564	3,811	3,832

Таблица 4

Расчет импульса фазы сжатия ВУВ для зарядов массой (1–2) кг, МПа·с

Масса модельного заряда, кг	Расстояние от центра заряда, м	TNT	A-IX-1	A-IX-2
1	3	66,7	87,2	89,1
	5	40	52,3	53,5
	7	28,6	37,4	38,2
2	3	105,8	138,4	141,5
	5	63,5	83,1	84,9
	7	45,4	59,3	60,6

где ΔX — абсолютная погрешность; $\sigma_{\text{ср}}$ — средняя относительная погрешность.

Средняя относительная погрешность между методами — 4%, максимальная — 6%.

Таким образом, были проведены оценочные расчёты основных характеристик ВУВ модельных зарядов.

Проведение испытаний

Испытания проводились в естественных климатических условиях, в дневное время суток на бетонной площадке с ровной поверхностью. Объекты испытаний устанавливались на высоте до 150 мм от поверхности грунта. Измерения параметров взрыва производились пьезоэлектрическими датчиками давления РСВ Piezotronics, которые устанавливались на расстояниях $R = 3$ м, 5 м и 7 м от точки взрыва. Измерения проводились по двум лучам, расположенным под углом 45° .

В табл. 5, 6 приведены значения избыточного давления ВУВ при взрыве зарядов TNT цилиндрической формы массой (1–2) кг.

Средняя относительная погрешность измерений избыточного давления ΔP по разным лучам составляет 8%, максимальная — 22,5%. Наибольшие погрешности зафиксированы при измерениях на расстоянии 3 м, что, вероятно, вызвано неоднородностью фронта ударной волны.

Таблица 5

Средние по двум лучам значения избыточного давления, длительности фазы сжатия и импульса фазы сжатия, полученные экспериментально на модельных зарядах массой 1 кг

BC	Рас- сто- яние, м	Избыточное давление ΔP , МПа			Длительность фазы сжатия τ , мс			Импульс фазы сжатия i , Па·с		
		Луч1	Луч2	Сред	Луч1	Луч2	Сред	Луч1	Луч2	Сред
TNT	3	0,153	0,138	0,146	1,72	1,81	1,8	91,4	89	90,2
	5	0,055	0,053	0,054	2,86	3,6	3,2	51,1	59,2	55,2
	7	0,026	0,028	0,027	4,25	—	4,25	44,5	—	44,5
A–IX–1	3	0,192	0,24	0,216	2,14	1,86	2	93	100	96,5
	5	0,062	0,06	0,061	3,81	4	3,9	64,3	64,1	64,2
	7	0,028	0,029	0,029	4,3	—	4,3	49,3	—	49,3
A–IX–2	3	0,179	0,202	0,191	3,16	—	3,16	114,6	105,1	109,9
	5	0,058	0,057	0,058	4,34	4,17	4,3	73,8	74	73,9
	7	0,03	0,028	0,029	4,64	—	4,64	54,5	—	54,5

Таблица 6

Средние, по двум лучам, значения избыточного давления, длительности фазы сжатия и импульса фазы сжатия, полученные экспериментально на модельных зарядах массой 2 кг

BC	Рас- стоя- ние, м	Избыточное давление ΔP , МПа			Длительность фазы сжатия τ , мс			Импульс фазы сжатия i , Па·с		
		Луч1	Луч2	Сред	Луч1	Луч2	Сред	Луч1	Луч2	Сред
TNT	3	0,53	0,512	0,52	1,77	1,44	1,6	119,4	141,1	130,3
	5	—	0,094	0,094	—	3,22	3,2	—	89,2	89,2
	7	0,039	0,042	0,04	4,84	—	4,84	66,9	—	66,9
A-IX-1	3	0,596	0,599	0,60	1,67	1,58	1,6	151,1	138,3	144,7
	5	0,121	0,104	0,11	—	3,21	3,21	95,8	96,7	96,3
	7	0,048	0,044	0,05	4,83	—	4,83	73,1	—	73,1
A-IX-2	3	0,645	0,763	0,70	2,04	1,63	1,8	186,7	179	182,9
	5	0,127	0,131	0,13	2,91	3,25	3,1	102	112,5	107,3
	7	0,05	0,053	0,05	5,77	—	5,77	87	—	87

Средняя относительная погрешность измерений избыточного давления ΔP по разным лучам составляет — 7%, максимальная — 16,8%.

Численное моделирование с использованием программного обеспечения AUTODYN

Проведено расчетное моделирование с использованием пакета программного обеспечения AUTODYN в постановке, близкой к условиям эксперимента, включая геометрию зарядов и фактическое превышение над поверхностью [15]. Для моделирования использовалась пробная лицензия ANSYS, предоставленная ФГУП «СКТБ «Технолог» компанией ЗАО «Кадфем Си-Ай-Эм», с целью обучения и ознакомления с возможностями данного программного обеспечения.

Численный эксперимент был разбит на две части для сохранения приемлемой точности при сокращении времени, затрачиваемого на моделирование взрывного процесса.

Расчёт проводился в 2-D осесимметричной задаче, поскольку в данном случае ВУВ распространяется равномерно в горизонтальной проекции. Использовался решатель — Euler, 2-DMulti-material. Первоначальная расчётная область представляла из себя квадрат со стороной 1000 мм в котором одному мм соответствовала одна ячейка.

Общее количество ячеек составило 1000000. Область заполнялась воздухом, для него в Initial Condition задавалось значение Internal Energy $2,068 \cdot 10^5$ Дж, соответствующее давлению в одну атмосферу.

В модель Джонса-Уилкинса-Ли для TNT, А-IX-1 и А-IX-2 были заданы следующие начальные условия (представлены в табл. 7):

Уравнение состояния Джонса-Уилкинса-Ли используемое в AUTODYN имеет следующий вид:

$$P(\mu, \varepsilon) = A \left(1 - \frac{\omega \cdot \mu}{R_1} \right) e^{-\frac{R_1}{\mu}} + B \left(1 - \frac{\omega \cdot \mu}{R_2} \right) e^{-\frac{R_2}{\mu}} + \omega \rho_0 e, \quad (7)$$

где ρ_0 — исходная плотность, $\mu = \frac{\rho}{\rho_0}$;

ω , A , B , R_1 , R_2 — эмпирические константы, получаемые из эксперимента по разлету медных цилиндрических оболочек.

В ходе численного эксперимента использовались уточнённые значения скорости детонации, внутренней энергии, давления в области Чепмена-Жуге, которые рассчитывались исходя из реальной плотности испытываемых зарядов.

Скорости детонации ВС рассчитывалась по:

$$D = \left(a + b \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)^{1,2} \right) \cdot D_0, \quad (8)$$

где a и b — эмпирические коэффициенты для конкретного ВС.

Таблица 7

Начальные условия в модели Джонса-Уилкинса-Ли для ВС

Состав	Плотность ρ_0 , г/см ³	A , кПа	B , кПа	R_1	R_2	ω	Скорость детонации D , м/с	Энергия в ед. объёма, е кДж/м ³	Давление в области Чепмена-Жуге, кПа
TNT	1,63	$3,7377 \cdot 10^8$	$3,7471 \cdot 10^6$	4,15	0,9	0,35	6930	$6 \cdot 10^6$	$2,1 \cdot 10^7$
А-IX-1	1,687	$9,4884 \cdot 10^8$	$3,754 \cdot 10^7$	5,22	1,7	0,2	8470	$9 \cdot 10^6$	$3,1 \cdot 10^7$
А-IX-2	1,73	$7,5807 \cdot 10^8$	$8,513 \cdot 10^6$	4,9	1,1	0,2	8000	$1,1 \cdot 10^7$	$2,5 \cdot 10^7$

Внутренняя энергия ВС упрощённо рассчитывалась по:

$$E_{BH} = \frac{Q_{B3}}{K_E}, \quad (9)$$

где K_E — коэффициент энергетического подобия, Q_{B3} — калориметрическая теплота взрыва.

Давление в области Чепмена-Жуге рассчитывалось по известной формуле Зельдовича [11]:

$$P = \frac{\rho \cdot D^2}{n + 1}. \quad (10)$$

На рис. 1 представлена расчётная область, при расчёте заряда TNT массой 1 кг. Граница (1) настроена по умолчанию с условием абсолютной непроницаемости, для границы (2) и (3) установлено условие полной проницаемости FlowOut — all equal (для всех материалов). Расчёт проводился до тех пор, пока ВУВ не достигала границы (2). Датчики для снятия параметров ВУВ располагались на расстоянии 3 м, 5 м и 7 м с превышением над «поверхностью» в 150 мм.

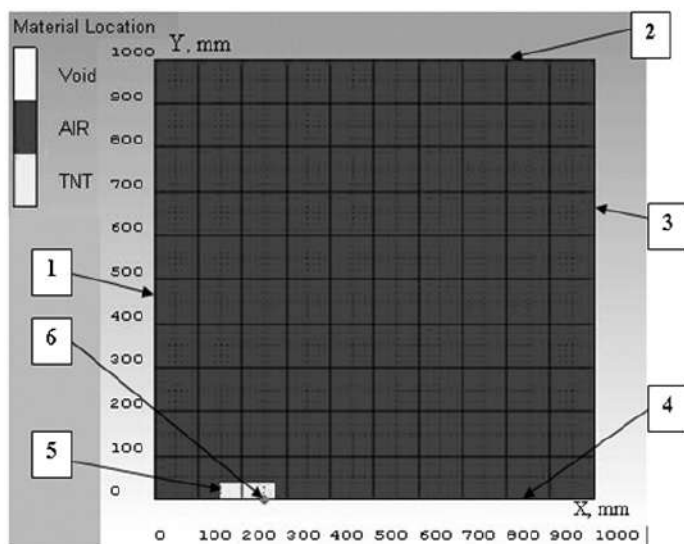


Рис. 1. Расчётная область Euler, 2-D Multi-material: 1, 2 и 3 — границы расчётной области; 4 — ось симметрии; 5 — заряд TNT установленный с превышением 150 мм над преградой; 6 — точка инициирования, углублённая на 20 мм внутрь заряда ВС

Постановка численного эксперимента максимально точно повторяла постановку эксперимента реального.

После достижения ВУВ границы (2) расчётная область сохранялась опцией Write Datafile. В новом файле AUTODYN создавалась область размером в 7000 мм (1000000 ячеек), где одной ячейке соответствовало 7 мм. После настройки начальных и граничных условий записанная в предыдущем файле расчётная область встраивалась и конвертировалась в новую область опцией Read Datafile. Результаты численного моделирования представлены в табл. 8. Потребовалось около 36 часов машинного времени для расчёта результатов программой AUTODYN.

Таблица 8

Результаты численного моделирования для зарядов TNT, A-IX-1, A-IX-2

Масса заряда — 1 кг				
Состав	Расстояние, м	Амплитуда избыточного давления, МПа	Длительность фазы сжатия, мс	Импульс фазы сжатия, МПа·с
TNT	3	0,1527	1,729	90,4
	5	0,0513	3,135	55,4
	7	0,0284	4,085	44,1
A-IX-1	3	0,1763	2,256	93,6
	5	0,0584	3,6	55,0
	7	0,0311	4,308	36,4
A-IX-2	3	0,186	2,28	100,2
	5	0,062	3,876	60,8
	7	0,0332	4,356	40,7
Масса заряда — 2 кг				
Состав	Расстояние, м	Амплитуда избыточного давления, МПа	Длительность фазы сжатия, мс	Импульс фазы сжатия, МПа·с
TNT	3	0,4326	1,817	138
	5	0,0978	3,150	77,88
	7	0,0386	3,696	49,44
A-IX-1	3	0,5392	1,764	160,2
	5	0,1152	3,192	92,28
	7	0,0504	3,749	58,56
A-IX-2	3	0,569	1,796	168,36
	5	0,1224	3,234	99,84
	7	0,0478	3,801	63,36

Сравнительный анализ расчётных и экспериментальных данных

На рис. 2 представлены полученные экспериментально значения избыточного давления ВУВ (МПа), наложенные на эмпирические зависимости и результаты численного моделирования для зарядов А-IX-1 и А-IX-2.

В табл. 9 представлены средние и максимальные погрешности значений избыточного давления ВУВ, рассчитанные по эмпирическим зависимостям и полученные в результате численного моделирования, относительно экспериментальных данных.

Высокая погрешность оценки избыточного давления ВУВ для зарядов массой 2 кг вероятно связана с аппаратурной ошибкой, вызванной чрезмерным нагревом датчиков PCB Piezotronics, произошедшим в ходе испытаний.

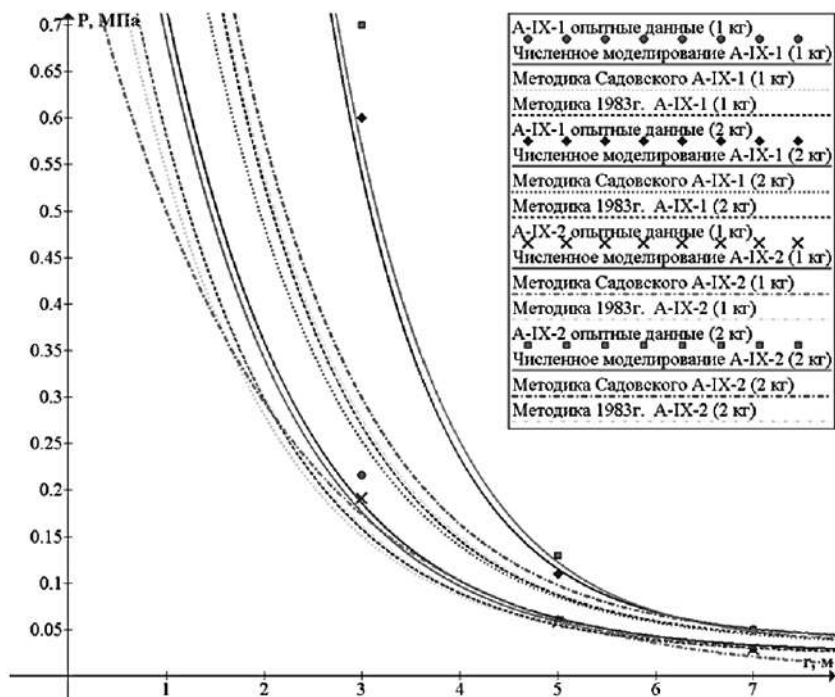


Рис. 2. График избыточного давления на фронте ВУВ (МПа) для зарядов А-IX-1 и А-IX-2 массой (1–2) кг

Таблица 9

Средние относительные погрешности параметров ВУВ ($\sigma_{\text{ср}}$), %

	Масса, кг	Численное модели- рование	Зависимость Садовского	Методика 1983г
Погрешность прогноза избыточного давления	1	7,5%	11%	13%
	2	19,5%	27%	31%
			Эмпирическая методика [11]	
Погрешность прогноза длительно- сти фазы сжатия	1	8%	22%	
	2	12%	21%	
Погрешность прогноза импульса фазы сжатия	1	11%	24%	
	2	13%	21%	

Экспериментально зарегистрированное избыточное давление ВУВ для зарядов ВС согласуется с прогнозами. Наилучшую степень корреляции с экспериментальными данными показало численное моделирование, проведённое в AUTODYN. Следует отметить, что подобной согласованности удалось достичь благодаря тому, что для исследуемых веществ были ранее определены все необходимые для расчётов константы. Взрывчатые вещества или составы, для которых константы в уравнении состояния Джонса-Уилкинса-Ли ещё не были определены, требуется исследовать, чтобы найти эти константы. Это относится как ко многим используемым в Российской Федерации взрывчатым составам, так и к вновь открытым.

В ходе работы отмечено, что трудозатраты на численное моделирование в разы меньше, чем на проведение экспериментов.

Выводы

1. В работе выполнены аналитические прогнозы параметров ВУВ с использованием известных эмпирических методик, подготовлены и проведены модельные эксперименты по взрывам зарядов массой (1–2) кг из прессованного TNT, А-IX-1, А-IX-2.

2. Показано, что экспериментально зарегистрированные давления ВУВ для зарядов TNT, А-IX-1, А-IX-2 лучше согласуются с результатами численного моделирования, проведённого в AUTODYN, нежели с результатами расчёта по эмпирическим методикам. Средняя погрешность численного моделирования относительно экспериментальных данных составила 7,5% для зарядов массой в 1 кг и 19,5% для зарядов массой в 2 кг. Из вышеприведённого следует, что современные численные методы лучше подходят для точной оценки параметров ВУВ.

3. Показано, что, не проводя натурного эксперимента, возможно рассчитать и визуализировать процесс взрыва при множестве начальных граничных условий.

4. Рекомендуются в дальнейшем для оценки ожидаемых значений избыточного давления на фронте ВУВ для зарядов новых ВВ наряду с использованием эмпирических методик применять численное моделирование.

5. Предлагается продолжать исследования по данному направлению с целью исключения экспериментов по оценке давления ВУВ при взрыве зарядов ВВ, для которых известны константы уравнения состояния JWL, и заменой экспериментов на проведение численного моделирования в случаях, когда подобное допустимо.

Литература

1. Садовский М.А. Механическое действие воздушных ударных волн по данным экспериментальных исследований. — М.: АН СССР: Физика взрыва. 1952 г. № 1. С. 20–111.

2. Henrich J. The dynamics of explosions / Elsevier. — Amsterdam. 1979.

3. Brode H.L. Review of nuclear weapon effects // Fnn/ Review of nuclear Sci., 1968. v.18, p. 153–202.

4. Lewis W.J. Condensed phase explosions and their blast characteristics // Paper at Euromech, 139, 1981.

5. Tornhill C.K. Explosion in air. ARDE 57/60. 1960.

6. Kinney L.F. Explosive shocks in air. Mc Millan. — N.Y. 1962.

7. Brasil W.C., Simpson B.W. Damage from chemical explosions // Paper at Loss Prev. Symp. preprint 21-A. — St. Louis. 1968.

8. Адушкин В.В., Коротков А.И. Параметры ударной волны вблизи от заряда ВВ при взрыве в воздухе // ПМТФ. 1961. № 5.

9. Евтерёв Л., Косяков С., Осоловский В. Метод восстановления реального закона изменения во времени избыточного давления во фронтовой области взрывных волн в воздухе. 10th International Conference on Fluid Control, Measurements and Visualization August 17–21. 2009. Moscow. Russia.

10. А.В. Белицкий, Ю.А. Бондаренко, А.В. Свидинский, А.Н. Хорошко. Точность определения параметров фугасного действия. Харитоновские научные чтения XVI. — Саров: ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ. 2015.

11. Физика взрыва / Под ред. Л.П. Орленко. Изд. 3-е, испр. В 2 т. Т 1. — М.: ФИЗМАТЛИТ. 2004. 832 с.

12. Физика взрыва / Под ред. Л.П. Орленко. Изд. 3-е, испр. В 2 т. Т 2. — М.: ФИЗМАТЛИТ. 2004. — 656 с.

13. Покровский Г.И. Взрыв. 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Недра. 1980. 190 с.

14. Средства поражения и боеприпасы: Учебник / А.В. Бабкин, В.А. Велданов, Е.Ф. Грязнов и др.; Под общ. ред. В.В. Селиванова. — М.: Изд-во МГТИ им. Н.Э. Баумана. 2008. — 984 с.

15. P.K. Tang, Equation of state JWL Energetic Materials Technology Symposium, Pleasanton, California, vol. II. 1994.

16. Численное моделирование избыточного давления на фронте воздушной ударной волны на основе экспериментальных данных / Душенков С.А., Запорожченко Я.И., Котомин А.А., Харченко В.В., Яковлев С.М. // Сборник трудов XII Всероссийской конференции «Проблемы обеспечения безопасности и противодействия терроризму». — СПб. 2017.

ДЕТОНАЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ГЕТЕРОГЕННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ СИСТЕМ

А.С. Козлов, А.А. Котомин, С.А. Душенюк

ФГУП «СКТБ «Технолог»

Введение

Одной из характеристик безопасности взрывчатых материалов (ВМ) является их детонационная способность, критерием которой является критический диаметр детонации (d_k). Величина d_k определяется совокупностью кинетических, термодинамических и газодинамических факторов при детонации заряда ВМ; d_k не является константой, а зависит от ряда факторов: химической природы, дисперсности и дефектности кристаллов ВВ, плотности заряда, начальной температуры, наличия и характера оболочки. Для ВМ он зависит также от концентрации ВВ в ВМ, физических свойств и дисперсности инертных компонентов, микроструктуры заряда и технологических факторов производства ВМ.

Нами были проведены систематические целенаправленные экспериментальные исследования детонационной способности штатных и перспективных индивидуальных ВВ различных классов, их смесей и ВМ на их основе. Выявлена и описана математически зависимость d_k индивидуальных ВВ от их удельной поверхности. При этом показана роль дефектности кристаллов ВВ. Предложены уравнения для расчета d_k бинарных смесей, содержащих высокодисперсные (микронные) ВВ, и составов на их основе. Проведены также широкие исследования детонационной способности ВМ на основе ряда ВВ (ТЭН, гексоген, октоген, тротил, тетрил, бензотрифуроксан, CL-20, DNTF, FOX-7) с различными видами инертных добавок. Установлено, что зависимость d_k ВВ от степени их разбавления инертными веществами как органическими, так и неорганическими, имеет единый вид. Для *органических* инертных компонентов (связующих) определяющей физической характеристикой является их акустическая жесткость, связанная с ударной сжимаемостью. Для *неорганических* (металлов, оксидов и солей) — плотность и размер частиц, что связано с характером ускорения частиц продуктами взрыва и изменением скоростей волн разрежения при расширении продуктов.

Впервые получена система уравнений, описывающих зависимость d_k гетерогенных полидисперсных композиций, которые содержат кристаллические ВВ и инертные органические и неорганические вещества различных классов, от физических свойств компонентов, их дисперсности и соотношения. В результате проведенных исследований разработан метод расчета и прогнозирования d_k сложных реальных ВВ [1–5].

Регулирование критического диаметра детонации ВВ

Главным фактором, определяющим детонационную способность ВВ, является вид ВВ. В табл. 1 приведены d_k ВВ различного химического строения и дисперсности при малой пористости зарядов 0,1–2%. Из табл. 1 видно, что из индивидуальных ВВ малым d_k обладают энергонасыщенные ВВ, имеющие высокие положительные энтальпии образования либо небольшие энергии активации термораспада, такие как полиазотистые гетероароматические соединения и нитраты спиртов.

Эффективным способом регулирования детонационной способности ВВ является изменение дисперсности ВВ. Зависимость критического диаметра детонации ВВ (α , мм) от удельной поверхности ВВ (d_{k_0} , м²/г) выражается следующей формулой:

$$d_{k_0} = a \left(\frac{S_g}{S_1} \right)^{-b}, \quad (1)$$

где a — критический диаметр чистого ВВ при $S_g = 1$ м²/г, мм; S_1 — удельная поверхность ВВ, равная 1 м²/г (10000 см²/г); b — коэффи-

Таблица 1

Критические диаметры детонации индивидуальных ВВ

ВВ	d_k (мм) при различных размерах кристаллов ВВ				
	3 мкм	10 мкм	20 мкм	30 мкм	100 мкм
Тетрил	0,80	1,30	1,75	2,05	2,95
FOX-7	0,55	1,05	1,60	2,05	3,30
CL-20	0,45	0,75	1,05	1,30	2,00
Октоген	0,40	0,75	1,20	1,55	2,50
Гексоген	0,25	0,60	0,85	1,15	1,85
ТЭН	0,08	0,20	0,40	0,60	1,30
DNTF	0,07	0,15	0,25	0,30	0,55
БТФ	0,06	0,15	0,30	0,40	0,60

циент: для ТЭН $a = 0,08$ мм, $b = 0,93$; гексогена $a = 0,26$ мм, $b = 0,78$; октогена $a = 0,38$ мм, $b = 0,64$; БТФ $a = 0,06$ мм, $b = 1,23$; тетрила $a = 0,79$ мм, $b = 0,44$; DNTF $a = 0,07$ мм, $b = 0,66$; CL-20 $a = 0,43$ мм, $b = 0,51$; FOX-7 $a = 0,55$ мм, $b = 0,60$.

На рис. 1 в качестве примера приведена данная зависимость для октогена.

Детонационная способность ВМ регулируется также концентрацией ВВ в нем. Зависимость критического диаметра детонации ВМ с инертными добавками (d_k , мм) от объемной доли ВВ ($V_{вв}$) выражается следующей формулой:

$$d_k = \frac{d_{k_0}}{V_{вв}^n}, \quad (2)$$

где n — параметр, определяемый дисперсностью ВВ и физическими свойствами добавок.

На рис. 2 приведена данная зависимость для ВМ на основе высокодисперсного FOX-7.

Параметр n уравнения (2) находится в корреляционном соотношении с акустической жесткостью сплошных инертных органических сред (органических жидкостей, полимеров, связующих), связанной с их сжимаемостью в ударной волне (рис. 3).

Параметр n для ВЭМ, содержащих как органические, так и неорганические добавки, рассчитывается по следующему уравнению:

$$n = A(n_{орг}) + B(n_{неорг}); \quad (3)$$

$$n_{орг} = 4,14 + 1,39 \lg S_g - 0,3 \rho_{од} C_0;$$

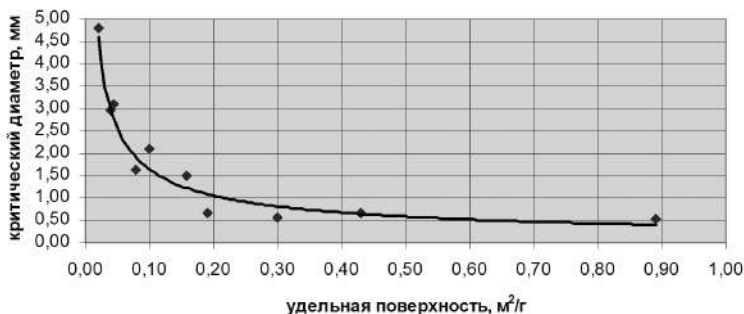


Рис. 1. Зависимость критических диаметров детонации октогена (d_{k_0} , мм) от его удельной поверхности (S_g , м²/г)

$$n_{\text{неорг}} = g + 0,114 \rho_{\text{нод}} + 0,897 \lg r;$$

$$A = \frac{\beta}{\beta + \gamma}; B = \frac{\gamma}{\beta + \gamma},$$

где $\rho_{\text{од}}$ — плотность органической добавки, г/см³; $\rho_{\text{нод}}$ — плотность неорганической добавки, г/см³; r — средний размер частиц неорганической добавки, мм; β , γ — массовые доли органической и неорганической добавки в ВЭМ, соответственно; g — коэффициент: для металлов и оксидов $g = 3,46$, для солей $g = 3,32$.

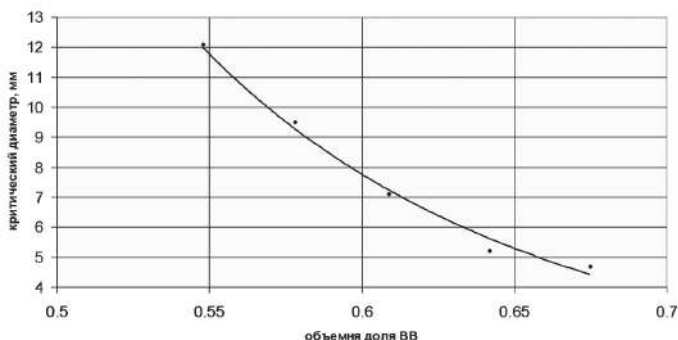


Рис. 2. Зависимость d_k ВЭМ на основе FOX-7 ($S_g = 0,80 \text{ м}^2/2$) от объемной доли ВВ

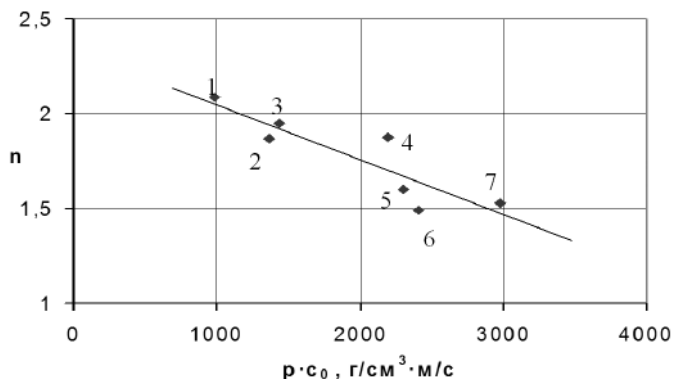


Рис. 3. Зависимость параметра n для суспензий гексогена фракции 90–160 мкм в органических средах (жидкости, полимеры) от их акустической жесткости: 1 — полисилоксан, 2 — полидивинилпропен, 3 — дибутилфталат, 4 — дибромбензол, 5 — бромистый этилен, 6 — глицерин, 7 — тетрабромэтан

Детонационную способность ВМ можно также регулировать пористостью заряда. Пористость заряда (Π) рассчитывается по формуле: $\Pi = 1 - \rho_0 / \rho_{\max}$, где ρ_0 — реальная плотность заряда, г/см³; $\rho_{\max}$ — максимальная плотность ВМ, г/см³. Зависимость d_k ВМ и индивидуальных ВВ от пористости заряда описывается уравнением:

$$d_{k(\rho_0)} = d_{k(\rho_{\max})} \cdot 10^{\frac{1,14(1-\rho_0)}{\rho_{\max}}}, \quad (4)$$

где $d_{k(\rho_0)}$ — критический диаметр детонации ВМ при плотности ρ_0 ; $d_{k(\rho_{\max})}$ — критический диаметр детонации ВМ при плотности $\rho_{\max}$.

На рис. 4 приведена данная зависимость для индивидуального ВВ и модельных ВМ.

Детонационную способность ВМ можно существенно повысить путем введения в него небольшого количества (2–3% мас.) тяжелых высокодисперсных неорганических добавок с плотностью ($\rho_{\text{нд}}$) более 4 г/см³ и размером частиц (r) менее 5 мкм. При этом проявляется эффект сенсibilизации ВМ и коэффициент g формулы (3) рассчитывается из выражения:

$$g = \frac{4,51\gamma - m}{0,004 + \gamma}, \quad (5)$$

где m — коэффициент: для металлов и оксидов $m = 0,196$, для солей $m = 0,225$.

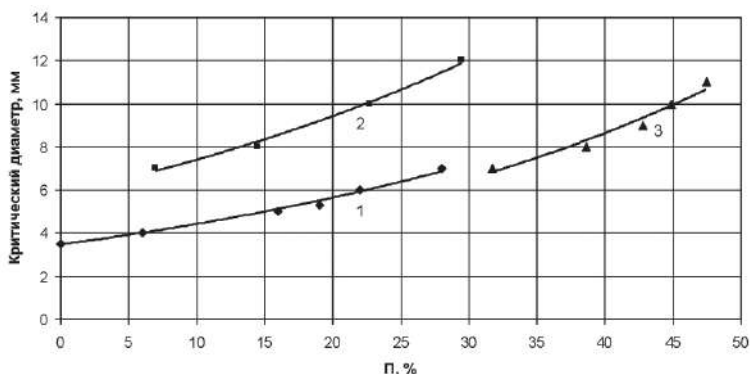


Рис. 4. Зависимость от пористости заряда:

1 — гексоген (160–200 мкм) / СКТ 85/15;
2 — тетрил (250–315 мкм) / СКТ 90/10; 3 — тетрил (250–315 мкм)

На рис. 5 приведена зависимость критического диаметра детонации ВМ: высокодисперсный ТЭН (0,53 м²/г)/СКТ/Fe₂O₃ (2,4 мкм, $\rho_{\text{нд}} = 5,24 \text{ г/см}^3$) от содержания Fe₂O₃ % мас.

Бинарные смеси высокодисперсных ВВ. Эффективным способом регулирования детонационной способности является использование в составе ВМ бинарных смесей кристаллических ВВ, одно из которых имеет высокие энергетические характеристики, а второе — малый критический диаметр детонации. При этом могут применяться как бинарные смеси грубодисперсного ВВ с высокодисперсным, так и смеси двух высокодисперсных ВВ.

При использовании *бинарных смесей грубодисперсного ВВ* с высокодисперсным зависимости критических диаметров детонации этих смесей и составов на их основе от соотношения ВВ в смесях имеют S-образный вид. Пример такой зависимости приведен на рис. 6 (ВК — взрывчатые композиции: бинарная смесь ВВ/СКТ).

Данные зависимости аппроксимируются функцией Лапласа и могут быть выражены следующими уравнениями:

$$d_{k_c} = d_{k_1} e^{bV_2^2}; \quad b = \ln \frac{d_{k_2}}{d_{k_1}}, \quad (6)$$

$$d_{k_0}^{(c)} = d_{k_0}^{(1)} e^{bV_2^2}; \quad b = \ln \frac{d_{k_0}^{(2)}}{d_{k_0}^{(1)}}, \quad (7)$$

где d_{k_1} — критический диаметр детонации ВК на основе ВВ с меньшей детонационной способностью; d_{k_2} — критический диаметр детонации ВК на основе ВВ с большей детонационной способностью; d_{k_c} — критический диаметр детонации ВК на основе бинарной смеси ВВ; V_2 — объемная доля ВВ с большей детонационной способностью в бинарной смеси ВВ; $d_{k_0}^{(1)}$ — критический диаметр детонации чистого ВВ с меньшей детонационной способностью; $d_{k_0}^{(2)}$ — критический диаметр детонации чистого ВВ с большей детонационной способностью; $d_{k_0}^{(c)}$ — критический диаметр детонации чистой бинарной смеси ВВ.

При использовании *бинарных смесей двух высокодисперсных (микронных) ВВ* зависимости критических диаметров детонации этих смесей и составов на их основе от соотношения ВВ в смесях являются не аддитивными и представлены в качестве примера на рис. 7.

Как видно из этого рисунка, полученные зависимости для ВК на основе смесей *высокодисперсного октогена с высокодисперсным*

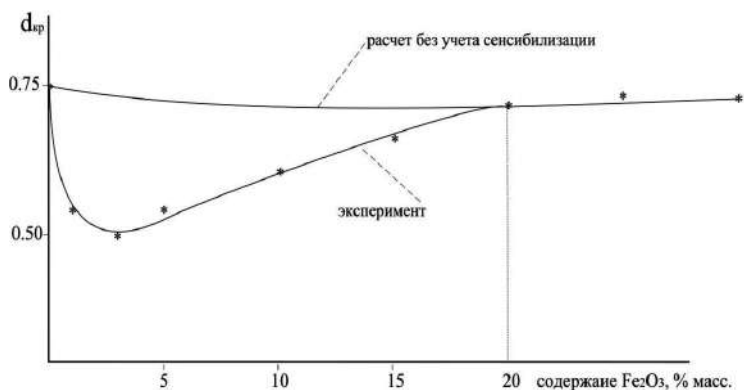


Рис. 5. Зависимость ВМ: ТЭН ($0,53 \text{ м}^2/\text{г}$)/СКТ/ Fe_2O_3 ($2,4 \text{ мкм}$) от содержания Fe_2O_3

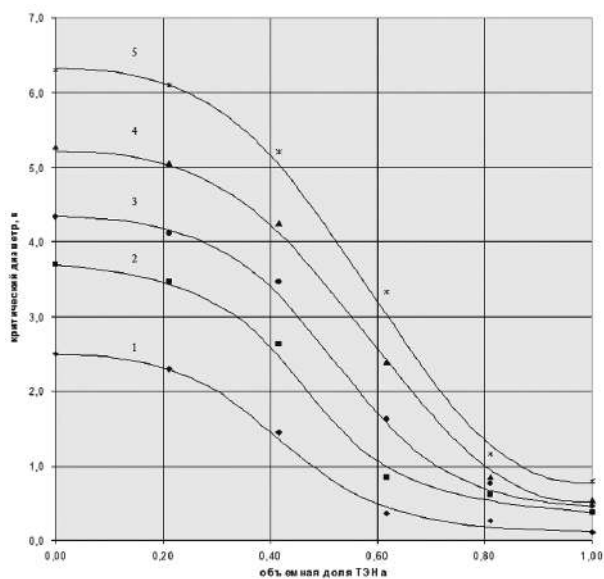


Рис. 6. Зависимость d_k смесей октогена (100 мкм , $S_g = 0,04 \text{ м}^2/\text{г}$) с ТЭНом (4 мкм , $S_g = 0,75 \text{ м}^2/\text{г}$) и ВК на их основе от объемной доли ТЭНа в смесях: 1 — бинарные смеси ВВ; 2 — ВК 85/15; 3 — ВК 80/20; 4 — ВК 75/25; 5 — ВК 70/30

ТЭНом имеют иной вид, чем для ВК с грубодисперсным октогеном (рис. 6). Наибольшее отличие наблюдается в характере снижения d_k на начальном участке кривых — до 20% объема. ТЭНа. Это имеет

важное как теоретическое значение, так как эти зависимости отражают изменение времени разложения компонентов в детонационной волне, так и практическое — существенное снижение d_k путем введения небольшого количества ВВ с высокой детонационной способностью в ВМ.

Для уточнения данной зависимости в интервале 0–25% мас. ТЭНа были более подробно исследованы ВК на основе смесей высокодисперсного октогена с высокодисперсным ТЭНом (рис. 8).

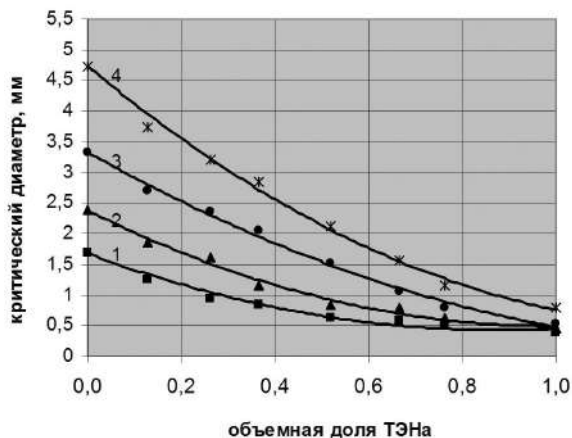


Рис. 7. Зависимость d_k ВК на основе смесей октогена (3 мкм, $S_g = 0,97 \text{ м}^2/\text{г}$) с ТЭНом (4 мкм, $S_g = 0,77 \text{ м}^2/\text{г}$) от объемной доли ТЭНа в смесях: 1 — ВК 85/15; 2 — ВК 80/20; 3 — ВК 75/25; 4 — ВК 70/30

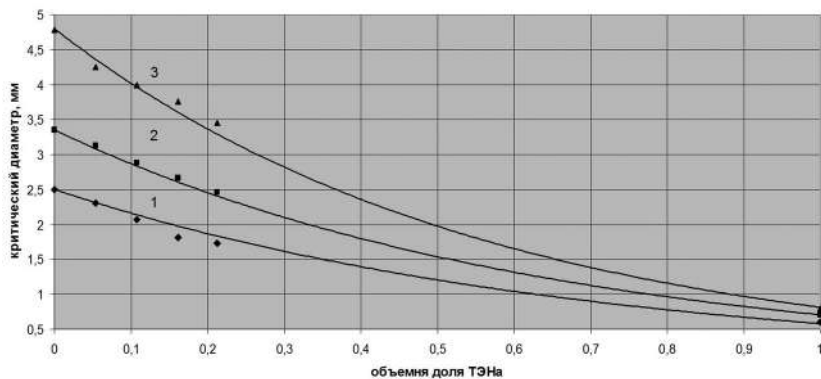


Рис. 8. Зависимость d_k ВК на основе смесей октогена ($0,90 \text{ м}^2/\text{г}$) с ТЭНом ($0,72 \text{ м}^2/\text{г}$) от объемной доли ТЭНа в смесях: 1 — ВК 80/20; 2 — ВК 75/25; 3 — ВК 70/30

Как видно из рис. 8, проведенные дополнительные исследования в области малых концентраций ТЭНа подтвердили установленную зависимость для смесей *высокодисперсного* октогена с *высокодисперсным* ТЭНом и составов на основе этих смесей.

Полученные результаты далее были дополнены исследованием высокодисперсных смесей FOX-7 с ТЭНом (рис. 9) и FOX-7 с DNTF (рис. 10).

Как видно из рис. 9, 10, полученные зависимости для высокодисперсных смесей FOX-7 / ТЭН и FOX-7 / DNTF и составов на их основе имеют такой же вид, как и для смеси октоген / ТЭН и ВК на основе этой смеси.

На рис. 11 представлены аналогичные зависимости для исследованных чистых бинарных смесей ВВ.

Как видно из рис. 11, изученные зависимости имеют одинаковый характер как для взрывчатых композиций, так и для чистых бинарных смесей ВВ.

В целом в результате проведенных исследований можно сделать вывод, что для бинарных смесей, содержащих высокодис-

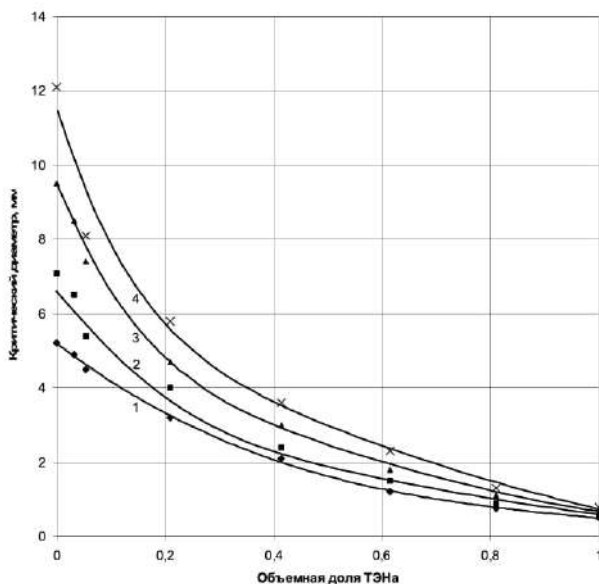


Рис. 9 Зависимость d_k ВК на основе смесей FOX-7 ($0,80 \text{ м}^2/\text{г}$) с ТЭНом ($0,77 \text{ м}^2/\text{г}$) от объемной доли ТЭНа в смесях: 1 — ВК 77,5/22,5; 2 — ВК 75/25; 3 — ВК 72,5/27,5; 4 — ВК 70/30

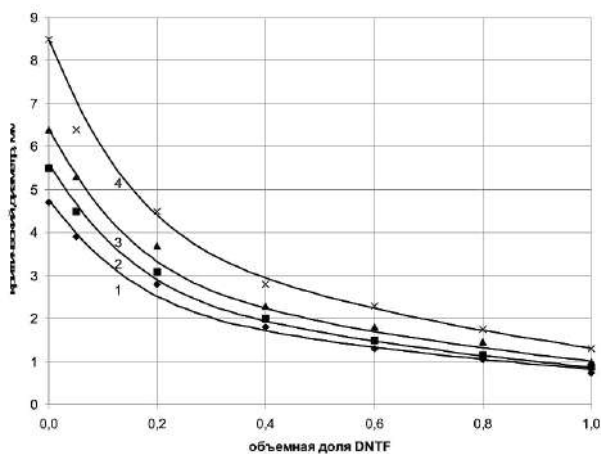


Рис. 10. Зависимость d_k ВК на основе смесей FOX-7 ($0,65 \text{ м}^2/\text{г}$) с DNTF ($0,59 \text{ м}^2/\text{г}$) от объемной доли DNTF в смесях: 1 — ВК 80/20; 2 — ВК 77,5/22,5; 3 — ВК 75/25; 4 — ВК 72,5/27,5

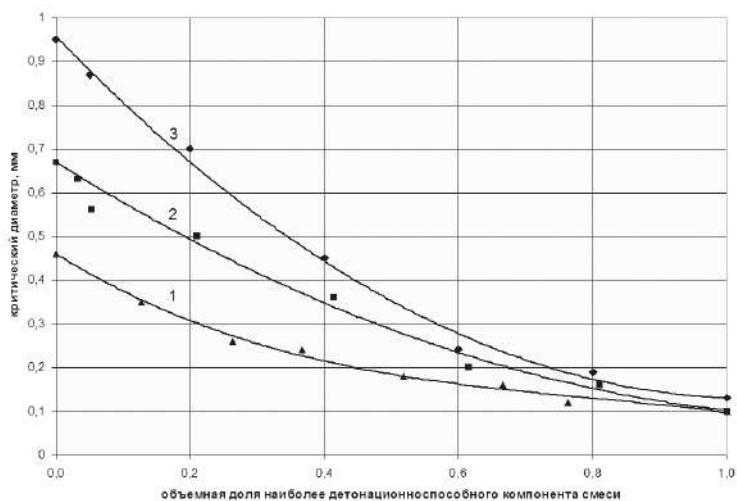


Рис. 11. Детонационная способность чистых высокодисперсных бинарных смесей: 1 — октоген / ТЭН; 2 — FOX-7 / ТЭН; 3 — FOX-7 / DNTF

персные (микронные) взрывчатые вещества, а также для ВК на их основе, зависимость критических диаметров детонации от соотношения ВВ в смесях является не аддитивной и свидетельствует о преимущественном влиянии кинетики разложения компонента

с бóльшей детонационной способностью в зоне химической реакции детонационной волны.

Все полученные зависимости для бинарных микронных смесей ВВ и ВК на их основе с удовлетворительной точностью (средняя погрешность 10%) описываются уравнениями:

$$d_{k_c} = d_{k_1} (1 - V_2^q) + d_{k_2} V_2^q, \quad (8)$$

$$d_{k_0}^{(c)} = d_{k_0}^{(1)} (1 - V_2^q) + d_{k_0}^{(2)} V_2^q, \quad (9)$$

где q — безразмерный коэффициент; остальные обозначения даны в формулах (6), (7).

Значения коэффициента q для различных пар ВВ должны определяться соотношением критических диаметров детонации индивидуальных ВВ в этих парах. На рис. 12 представлена зависимость величины q от соотношения $d_{k_0}^{(1)}/d_{k_0}^{(2)}$.

Полученная зависимость аппроксимируется уравнением:

$$q = 0,69 - 0,046 \frac{d_{k_0}^{(1)}}{d_{k_0}^{(2)}}. \quad (10)$$

Формулы (8–10) хорошо описывают эксперимент при соотношении $d_{k_0}^{(1)}/d_{k_0}^{(2)}$ от 3,0 до 8,0.

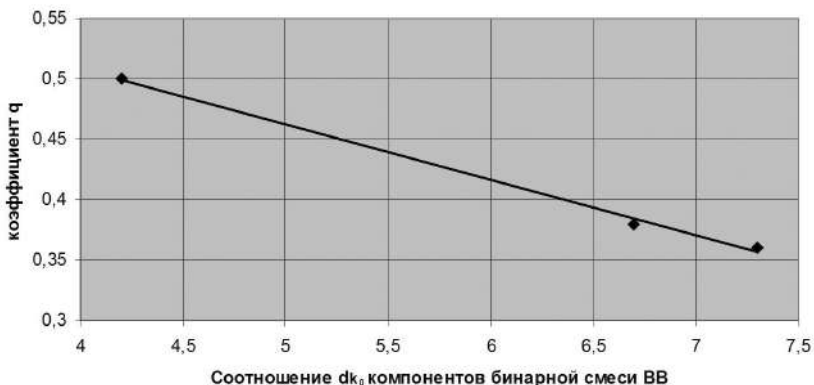


Рис. 12. Зависимость коэффициента q от соотношения $d_{k_0}^{(1)}/d_{k_0}^{(2)}$

Заключение

Выявлена зависимость критических диаметров детонации ряда индивидуальных ВВ от их удельной поверхности. При этом показана роль дефектности кристаллов ВВ. Установлена зависимость критических диаметров детонации бинарных смесей, содержащих различные ВВ, от их соотношения. Предложены уравнения для расчета критических диаметров детонации таких смесей и составов на их основе. Изучена детонационная способность взрывчатых композиций на основе ряда ВВ (ТЭН, гексоген, октоген, тротил, тетрил, бензотрифуроксан, CL-20, DNTF, FOX-7) с различными видами инертных добавок. Разработан метод расчета критических диаметров детонации взрывчатых композиций.

Список литературы

1. Kotomin A.A., Dushenok S.A., Kozlov A.S., Barannik D.A., Shirokova N.P. and Il'yushin M.A. Critical Detonation Diameters of Highly Dispersed Energetic Substances. Russian Journal of Applied Chemistry. 2016. Vol. 89. No. 5. pp. 793–799.
2. Kotomin A.A., Dushenok S.A., Kozlov A.S., Il'yushin M.A. Detonation Ability and Detonation Velocity of 1,1-Diamino-2,2-Dinitroethylene. Russian Journal of Physical Chemistry B. 2017. Vol. 11. No. 3. pp. 470–472.
3. Kotomin A.A., Dushenok S.A., Kozlov A.S., Trapeznikov M.A., Breshev E.N., Efanov V.V. and Gorovtsov V.V. Regulation of Detonation Ability Explosive Materials, used in Spacecraft Separation Systems. Solar System Research, 2012, Vol. 46, No 7, pp. 511–518.
4. Kotomin A.A., Dushenok S.A., Efanov V.V., Trapeznikov M.A., Kozlov A.S. and Gorovtsov V.V. Critical Diameters of Detonation of Explosives Used in Spacecraft Separation Systems. Solar System Research, 2011, Vol. 45, No. 7, pp. 631–637.
5. Котомин А.А., Козлов А.С., Душенюк С.А. Исследование детонационной способности энергоемких гетероциклических соединений // Химическая физика. 2007. Т. 26. №12. С. 5–7.

АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПАТЕНТОВ НА ИЗОБРЕТЕНИЯ (1994–2016 ГГ.) В ОБЛАСТИ СОЗДАНИЯ ИНТУМЕСЦЕНТНЫХ АНТИПИРЕНОВ

Е.Г. Коробейникова, Д.А. Поташев, В.И. Евдокимов

*Санкт-Петербургский университет Государственной
противопожарной службы МЧС России,
Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины
им. А.М. Никифорова МЧС России*

Антипирены — это вещества и смеси, которые предохраняют органические материалы от воспламенения и последующего горения. Среди антипиренов в отдельную группу выделяют интумесцентные или вспучивающиеся огнетушащие составы. К последним относят вещества и смеси, которые при действии тепла и пламени расширяются, увеличивают свой объем и образуют твердую вспененную массу [1, 2].

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 превращения его в кокс. Вспененный слой кокса в течение некоторого времени защищает поверхность материала или нижележащие слои от термического воздействия пламени и теплового потока.

Анализ отечественных изобретений в области физико-химических основ развития и прекращения горения за 1994–2016 гг. показал, что 24,9% из них посвящены созданию огнезащитных и теплозащитных покрытий, а из этого числа 15,8% — это разработка вспучивающихся (вспенивающихся) составов [3, 4].

Различают неорганические, органические и смешанной природы интумесцентные составы. Вспучивающиеся антипирены неорганической природы содержат в своем составе силикатный клей или жидкое стекло, смеси солей железа, алюминия, кальция, магния, а также вспененный вермикулит. Неорганические интумесцентные антипирены составляют 32,1% от всех разработок.

Большая часть вспучивающихся огнетушащих составов имеют органическую природу. Обычно такие системы включают следующие компоненты:

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

Среди рассмотренных патентов наиболее распространенными источниками коксообразующего каркаса пены являлись представители многоатомных спиртов — пентаэритрит (65% всех работ), сорбит и ксилит. В качестве карбонизирующего соединения были также 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: меламин, дициандиамид и мочевины (78,6% от всех работ). Следует отметить применение в качестве вспенивающего агента аллотропных модификаций углерода: интеркалированный (или расширенный) графит и фуллерен.

Компонентами, повышающими огнестойкость, являются главным образом неорганические вещества. Бесспорным лидером здесь является полифосфат аммония (50,0% от всех работ) и другие фосфаты — гидрофосфат и дигидрофосфат аммония, фосфат мочевины, ортофосфорная кислота.

Еще одна группа веществ — антипиренов — неорганических веществ, которые содержат в своей структуре сорбированную или кристаллизационную воду: гидроксид алюминия (наиболее распространен — 38,5%), 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 являются полимерные материалы: параформ и мочевиноформальдегидные смолы — 60%, фталевые, эпоксидные смолы. Эти

компоненты являются и связующими, и одновременно коксообразующими веществами.

Галогены, входящие в состав полимеров, повышают эффективность огнезащиты. Так, разработаны составы на основе поливинилхлорида, бромсодержащих полимеров, фтор- и хлорсодержащих каучуков.

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

Огнезащитные вспучивающиеся покрытия широко применяются для повышения огнестойкости металлических, деревянных, бетонных и кирпичных строительных конструкций, воздухопроводов, кабелей, кровли и других изделий. Их преимущества и достоинства несомненны. Анализ изобретений в этой области позволяет прогнозировать ее дальнейшее развитие.

Литература

1. Павлович А.В., Владенков В.В., Изюмский В.Н., Кильчицкая С.Л. и др. Огнезащитные вспучивающиеся покрытия // Лакокрасоч. пром-сть. 2012. № 5. С. 22–27.

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. Физико-химические основы развития и прекращения горения: аннотированный указатель отечественных патентов на изобретения (1994–2015 гг.) / Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России, С.-Петерб. ун-т Гос. противопожар. службы МЧС России. — СПб.: Политехника сервис. 2016. 189 с.

4. 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.

АКТУАЛЬНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ И ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ГОСТ К СРЕДСТВАМ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ

В.В. Кузьменко

*Санкт-Петербургское Государственное казенное учреждение
дополнительного профессионального образования
«Учебно-методический центр по гражданской обороне
и чрезвычайным ситуациям»*

В Российской Федерации продолжает сохраняться тенденция ежегодного роста числа чрезвычайных ситуаций, обусловленных опасными природными явлениями, стихийными бедствиями, авариями и техногенными катастрофами. Растет ущерб от этих происшествий. В химических отраслях промышленности России ежегодно происходит около 1500 некатегорийных аварий, связанных с утечками вредных продуктов. Не снижается уровень аварийности работы атомных электростанций и других объектов атомной промышленности. В целом в стране от различного вида аварий и катастроф ежегодно гибнут более 50 тысяч и получают травмы более 250 тысяч человек.

Остается напряженной санитарно-эпидемиологическая обстановка. Число зарегистрированных заболеваний людей, эпизоотий и эпифитотий не имеет тенденции к снижению.

Значительное количество людей гибнет от рук террористов. Подрывы и поджоги зданий, предприятий топливно-энергетического цикла, минирование местности, разящий огонь снайперов — далеко не полный перечень «деяний» различных религиозных и националистических сект, групп и организаций.

Особого внимания заслуживает факт активного интереса со стороны различных террористических организаций к химическому и биологическому оружию. Высокая токсичность, скрытность применения, простота технологического получения, небывалый шокирующий эффект в местах массового скопления людей — вот перечень преимуществ использования отравляющих веществ и биологических средств для террористов.

Анализ причин гибели людей в современных условиях показывает, что число жертв было бы во много раз меньше, если бы население было подготовлено к своевременному и умелому пользованию инди-

видуальными и коллективными средствами защиты, оказанию само- и взаимопомощи среди пострадавших, к своевременному выявлению обстановки и к ликвидации последствий и противодействию современным средствам поражения террористов.

Классификация средств индивидуальной защиты органов дыхания

В чрезвычайных ситуациях техногенного характера, при террористических актах, а также при военных конфликтах в результате разрушения обычными боеприпасами химически опасных объектов, диверсионного разрушения емкостей с аварийно химически опасными веществами либо применения химического оружия может возникнуть химическое заражение. Особенностью поражающего действия будет возникновение очагов химического поражения с одним, а иногда и несколькими аварийно химически опасными веществами. При этом в приземном слое атмосферы могут создаваться высокие уровни концентраций опасных химических веществ (далее ОХВ). В зависимости от характера чрезвычайных ситуаций (далее ЧС) опасные химические вещества в атмосфере могут находиться в виде аэрозоля и/или газа и пара.

Для защиты от них используются средства индивидуальной защиты органов дыхания (далее СИЗОД).

Средство индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) — это носимое на человеке техническое устройство, обеспечивающее защиту организма от ингаляционного воздействия опасных и вредных факторов [1].

В настоящее время накоплены значительные запасы средств защиты органов дыхания для населения, персонала объектов экономики и спасателей, которые обеспечивают надежную защиту от отравляющих веществ, кратковременно защищают от хлора и практически не защищают от аммиака и других аварийно химически опасных веществ (далее АХОВ). Для устранения такого положения были разработаны дополнительные патроны газовые (ДПГ-3), которыми обеспечивается население, персонал и спасатели. Но в соответствии с новыми нормативными правовыми документами, современные средства индивидуальной защиты органов дыхания должны сами, без применения дополнительных фильтрующих средств, обеспечивать защиту, как от боевых отравляющих веществ, так и от основных АХОВ, осо-

бенно от аммиака. Защита от монооксида углерода (угарного газа) достигается применением в комплекте с гражданским противогазом дополнительных патронов гопкалитовых или отдельно специальных средств защиты органов дыхания (самоспасателей).

При выборе средств индивидуальной защиты органов дыхания необходимо учитывать возможный уровень концентрации опасных химических веществ в воздухе, содержание кислорода и другие факторы, характеризующие тяжесть и условия нахождения населения в зонах химического заражения [2].

Фильтрующие СИЗОД должны обеспечивать очистку вдыхаемого воздуха от вредных веществ до содержания, не превышающего предельно допустимые концентрации, установленные ГОСТ 12.1.005-88 и гигиеническими нормами, установленными органами здравоохранения. Время защитного действия фильтрующих СИЗОД должно обеспечивать возможность выполнения производственных операций в условиях, для которых они предназначены. Это время устанавливается нормативными документами на конкретный вид или конкретное изделие [3].

Окружающая воздушная среда может быть загрязнена аэрозолями и/или газами, и парами, в которой может также иметь место недостаток кислорода.

В соответствии с ГОСТ 12.4.034-2001 окружающая воздушная среда классифицируется следующим образом (рис. 1).

Существуют два различных метода обеспечения индивидуальной защиты органов дыхания от воздействия окружающей воздушной среды:

– очистка воздуха (фильтрующие СИЗОД);



* Загрязнение воздуха измеряется и оценивается на основе токсических свойств загрязняющих (его) веществ (а)

Рис. 1. Классификация окружающей воздушной среды

– подача чистого воздуха или дыхательной смеси на основе кислорода от какого-либо источника (изолирующие СИЗОД) (рис. 2) [4].

Общая классификация СИЗОД осуществляется в соответствии с ГОСТ 12.4.034-2001 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Классификация и маркировка (рис. 3).

В области гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций при классификации СИЗОД следует дополнительно использовать ГОСТ Р 55446-2013 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Средства индивидуальной защиты органов дыхания населения и спасателей в чрезвычайных ситуациях. Классификация. Его действие распространяется на фильтрующие и изолирующие средства индивидуальной защиты органов дыхания, предназначенные для защиты населения и спасателей от опасных химических, радиоактивных веществ, при чрезвычайных ситуациях и террористических актах, а также для защиты от опасностей, возникающих при ведении боевых действий или вследствие этих действий.

Фильтрующие СИЗОД обеспечивают с помощью фильтров очистку воздуха, вдыхаемого пользователем из окружающей среды [5].

Очистка вдыхаемого воздуха от вредных веществ производится с помощью фильтров, сорбентов и поглотителей, входящих в кон-

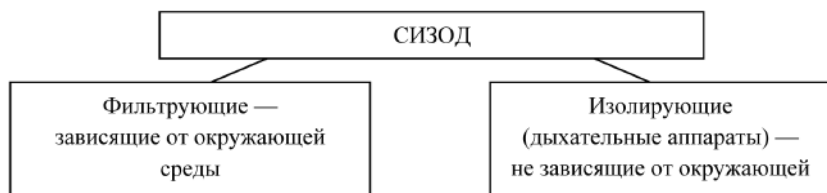


Рис. 2. Классификация средств индивидуальной защиты органов дыхания

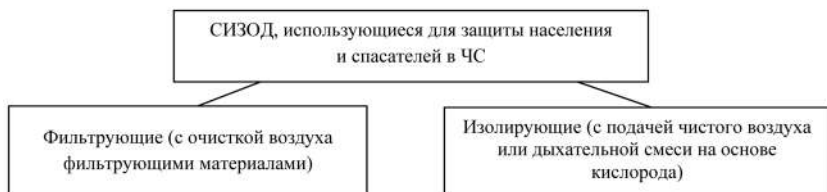


Рис. 3. Группы СИЗОД для населения и спасателей в чрезвычайных ситуациях по методу защиты

струкцию данного СИЗОД. Такие устройства в зависимости от конструктивных особенностей называются промышленными респираторами и противогазами.

Фильтрующие СИЗОД применяют в условиях известного состава и концентрации вредных веществ и при объемной доле кислорода в окружающей атмосфере не менее 17%. Они имеют систему очистки, принцип защитного действия которой основан на очистке вдыхаемого загрязненного воздуха путем сорбции, хемосорбции, каталитического окисления и фильтрации при прохождении его во время вдоха через систему очистки окружающего воздуха (далее фильтр). Для снижения сопротивления дыханию фильтрующие СИЗОД могут иметь дополнительное устройство для принудительной подачи воздуха в систему очистки.

Классификация фильтрующих средств индивидуальной защиты органов дыхания по общему принципу представлена на рис. 4. [4].

Фильтрующие средства индивидуальной защиты населения и спасателей подразделяют на [2]:



Рис. 4. Классификация фильтрующих средств индивидуальной защиты органов дыхания

- фильтрующие гражданские противогазы;
- фильтрующие респираторы для работы и эвакуации из зон заражения;
- фильтрующие самоспасатели для взрослых и детей школьного возраста для эвакуации из зон заражения;
- фильтрующие самоспасатели для детей дошкольного возраста для эвакуации из зон заражения;
- защитные детские камеры.

По эффективности защиты населения и спасателей в ЧС СИЗОД подразделяют на следующие классы:

- с низкой эффективностью защиты;
- со средней эффективностью защиты;
- с высокой эффективностью защиты;
- с особо высокой эффективностью защиты.

Если анализ условий окружающей среды указывает на наличие или возможность дефицита кислорода (объемная доля менее 17%), то СИЗОД фильтрующего типа не применяют, поскольку они не могут скомпенсировать недостаток кислорода или обогатить им газовую дыхательную смесь. В таких условиях используют изолирующие СИЗОД, причем необходимо предусмотреть наличие самоспасателей, позволяющих пользователю быстро покинуть опасную зону, если откажет основной дыхательный аппарат (ДА). Для работы в условиях дефицита кислорода (после точной оценки ситуации и возможностей СИЗОД, а также с учетом рекомендаций изготовителя) пригодны:

- неавтономные ДА, работающие от магистрали сжатого воздуха;
- автономные ДА со сжатым воздухом, сжатым кислородом или с азотно-кислородной смесью и химически связанным кислородом;
- самоспасатели изолирующие (только для эвакуации) [6].

К данному типу СИЗОД относится также группа фильтрующих самоспасателей, применяемых горнорабочими только во время аварий в угольных и сланцевых шахтах. Они представляют собой противогазы разового действия для защиты органов дыхания от оксида углерода (СО) и аэрозолей при выходе горнорабочих во время аварий на свежую вентилируемую струю или к пунктам переключения к резервным самоспасателям.

Средство индивидуальной защиты органов дыхания изолирующее (дыхательный аппарат) — это средство индивидуальной защиты органов дыхания, подающее пользователю воздух (дыхательную смесь) из источника, не зависящего от окружающей среды [1].

В изолирующих СИЗОД органы дыхания человека изолируются от окружающей среды, а воздух для дыхания поступает из чистой зоны или от источника дыхательной смеси, являющегося составной частью СИЗОД. Они имеют систему для подачи чистого воздуха или кислорода к органам дыхания человека.

Изолирующие СИЗОД применяют в случаях недостаточного содержания кислорода, а также в случаях неизвестного состава вредных веществ или когда не обеспечивается защита фильтрующими СИЗОД (то есть в тех случаях, когда требуется более высокая степень защиты).

Классификация изолирующих средств индивидуальной защиты органов дыхания по общему правилу представлена на рис. 5 [4].

Дыхательные аппараты со шлангом подачи чистого воздуха в зависимости от способа подачи воздуха в лицевую часть делятся на три вида:

- шланговые аппараты без принудительной подачи воздуха, в которых воздух для дыхания поступает по шлангу из чистой зоны за счет дыхательных усилий, предпринимаемых самим человеком;
- шланговые аппараты с принудительной подачей чистого воздуха от двигателей, в которых воздух для дыхания поступает в лицевую часть с помощью воздуходувок, вентиляторов или от сети компрессорного воздуха после его предварительной очистки;
- шланговые аппараты с ручной принудительной подачей чистого воздуха.

Дыхательные аппараты, работающие от магистрали сжатого воздуха, также делятся на три вида:



Рис. 5. Классификация изолирующих средств индивидуальной защиты органов дыхания

- с непрерывным потоком воздуха;
- с подачей воздуха по потребности;
- с подачей воздуха по потребности и положительным давлением.

Дыхательные аппараты открытого типа в зависимости от способа получения газовой дыхательной смеси (далее ГДС) в лицевую часть делятся на работающие:

- на сжатом воздухе с подачей по потребности;
- на сжатом воздухе с подачей по потребности и положительным давлением.

Дыхательные аппараты закрытого типа в зависимости от способа получения газовой дыхательной смеси (далее ГДС) в лицевую часть делятся на работающие:

- на сжатом кислороде;
- на сжиженном кислороде;
- с генерированием кислорода.

К автономным дыхательным аппаратам относятся кислородные регенеративные респираторы, самоспасатели и противогазы, а также аппараты с баллонами со сжатым (сжиженным) воздухом и кислородом. Эти средства применяются главным образом при эвакуации из зон заражения опасными химическими веществами, при эвакуации при пожарах, при проведении аварийно-спасательных и восстановительных работ в шахтах и на предприятиях химической промышленности, а также пожарными, подводниками и другими специальными службами.

Изолирующие средства индивидуальной защиты населения и спасателей подразделяются на:

- автономные дыхательные аппараты закрытого типа для работы в зонах заражения;
- автономные дыхательные аппараты открытого типа для работы в зонах заражения;
- шланговые дыхательные аппараты для работы в зонах заражения;
- автономные дыхательные аппараты закрытого типа для эвакуации из зон заражения (самоспасатели);
- автономные дыхательные аппараты открытого типа для эвакуации из зон заражения (самоспасатели) [2].

Принцип действия СИЗОД предопределяет основные условия применения. Фильтрующие СИЗОД могут быть использованы только при достаточном содержании кислорода в окружающем воздухе — не менее 17% (по объему) при ограниченном и известном содержании вредных примесей. Их нельзя применять при работах в труднодо-

ступных помещениях малого объема, замкнутых пространствах типа цистерн, колодцев, трубопроводов и т.п., а также в тех случаях, когда количество вредных веществ в окружающем воздухе неизвестно.

В зависимости от назначения фильтрующие СИЗОД делят на:

- противоаэрозольные — для защиты от различных аэрозолей (дымы, туманы, пыли);
- противогАЗОаэрозольные — для применения в условиях одно-временного содержания в воздухе газов, паров и аэрозолей различных веществ;
- противогАЗОВЫЕ — для защиты от различных вредных веществ.

Фильтрующие средства индивидуальной защиты органов дыхания в зависимости от их эффективности подразделяются на три класса — низкой, средней и высокой эффективности;

Виды веществ, от которых обеспечивается защита, их концентрации и защитные характеристики средств индивидуальной защиты указываются изготовителем путем нанесения соответствующей маркировки на фильтрующее средство индивидуальной защиты органов дыхания, на его упаковку, а также содержатся в эксплуатационной документации на конкретное изделие.

Фильтры СИЗОД делятся на противогАЗОВЫЕ фильтры и комбинированные фильтры.

ПротивогАЗОВЫЙ фильтр СИЗОД — это фильтр СИЗОД, обеспечивающий очистку вдыхаемого воздуха от газов и паров.

Комбинированный фильтр СИЗОД — это фильтр СИЗОД, обеспечивающий защиту одновременно от газов, паров и аэрозолей.

ПротивогАЗОВЫЕ фильтры и противогАЗОаэрозольные (комбинированные) фильтры подразделяются на марки в зависимости от аэрозолей, паров и газов опасных и вредных веществ и их концентраций, от которых они обеспечивают защиту.

Фильтры марок HgP_3 и NOP_3 должны быть только высокой эффективности [1].

Комбинированные фильтры специальных марок NOP_3 и HgP_3 должны включать противоаэрозольный фильтр P_3 согласно ЕН 143 и могут включаться в сочетание противогАЗОВЫХ фильтров различных марок, приведенных в таблице 1 [7].

Фильтры марки АХ и фильтры марки NOP_3 только для разового использования.

Максимальное время использования фильтров марки HgP_3 — 50 часов.

Таблица 1

Классификация противогазовых и комбинированных фильтров согласно [7]

Марка фильтра	Класс фильтра	Цветовая маркировка	Вещества, от которых защищает данная марка
A	1, 2, 3	коричневый	Органические газы и пары с температурой кипения свыше 65 °С (толуол, бензол, ксилол, циклогексан, бутиламин и др.)
AX		коричневый	Органические пары с температурой кипения не более 65 °С (ацетон, бензин, керосин, диметилэфир, изобутан и др.)
B	1, 2, 3	серый	Неорганические газы и пары, за исключением оксида углерода (хлор, сероуглерод, сероводород, цианистый водород, йод, озон и др.)
E	1, 2, 3	желтый	Диоксид серы и другие кислые газы и пары (двуокись хлора, хлористый водород и хлорорганические ядохимикаты)
K	1, 2, 3	зеленый	Аммиак и его органические производные
NOP3		сине-белый	Оксид азота и аэрозоли
HgP3		красно-белый	Пары ртути и аэрозоли
SX		фиолетовый	Для защиты от монооксида углерода (CO) и других газов и паров, не поименованных в других марках

Фильтры марок HgP3 и NOP3 должны быть только высокой эффективности [1].

В Российской Федерации государственные стандарты, определяющие требования к СИЗОД, гармонизированы с техническими требованиями странах Европейского сообщества, табл. 2.

Показатели защитных и эксплуатационных свойств средств индивидуальной защиты органов дыхания

Основная задача применения СИЗОД заключается в обеспечении работающего воздухом, отвечающим требованиям санитарных норм.

Таблица 2

**Марки и назначение фильтрующих элементов противозащитных
и комбинированных СИЗОД в странах Европейского сообщества**

Марка фильтру- ющего элемента	Отличительная окраска	Вредные вещества, от которых обеспечивается защита
P	Белая (горизонтальная)	Аэрозоли (пыль, дым, туман), бакте- рии и вирусы
A	Коричневая	Органические пары и газы с темпера- турой кипения $> 65^{\circ}\text{C}$
B	Серая	Неорганические газы (хлор, фтор, бром, сероводород, сероуглерод, хлорциан, галогены), кроме CO
E	Желтая	Кислые газы и пары азотной кислоты
K	Зеленая	Аммиак и амины
NO-P3	Сине-белая	Оксиды азота и аэрозоли (пыль, дым, туман)
Hg-P3	Красно-белая	Ртуть и аэрозоли (пыль, дым, туман)
AX	Коричневая	Органические пары с температурой кипения $> 65^{\circ}\text{C}$
SX	Фиолетовая	От специальных веществ
ABEK-P	Многоцветная: коричневая, серая, желтая, зеленая, белая	Пары растворителей, хлор, двуокись серы, аммиак и аэрозоли (пыль, дым, туман)
A-P	Двухцветная: коричневая, белая	Пары и газы, как А, и аэрозоли (пыль, дым, туман)
B-P	Двухцветная: серая, белая	Газы, как В, и аэрозоли (пыль, дым, туман), защищает также от тех же са- мых газов, как А и Е
E-P	Двухцветная: желтая, белая	Газы, как Е, и аэрозоли (пыль, дым, туман)
K-P	Двухцветная: зеленая, белая	Аммиак, амины и аэрозоли (пыль, дым, туман)
AX-P	Двухцветная: коричневая, белая	Пары органических растворителей с температурой кипения ниже 65°C и аэрозоли (пыль, дым, туман)
Reaktor Hg-P3	Трехцветная: Оранжевая, красная, белая	Йод радиоактивный, метилйодид ра- диоактивный и радиоактивные части- цы, а также органические соединения ртути, пары ртути и аэрозоли (пыль, дым, туман). Максимальное время применения 50 ч.

Поэтому главной защитной характеристикой любого СИЗОД является так называемый коэффициент защиты K_3 . Он обозначает кратность снижения концентрации вещества, обеспечиваемую данным средством индивидуальной защиты, и определяет условия, при которых гарантируется надежная защита человека от воздействия вредных веществ, содержащихся в воздухе рабочей зоны.

По этому показателю все фильтрующие СИЗОД (лицевые части и фильтры) делятся на три класса с разной эффективностью защиты [4]:

- низкой эффективности — с K_3 менее 10, обеспечивают защиту от аэрозолей, газов и паров при их содержании в воздухе в количествах, не превышающих ПДК более чем в 10 раз. СИЗОД данного класса защиты обычно рекомендуется применять при работах с нетоксичными веществами;

- средней эффективности — с $K_3 = 10 - 100$, гарантируют надежную защиту от вредных веществ при их содержании в воздухе в количествах, не превышающих ПДК более чем в 100 раз;

- высокой эффективности — с K_3 более 100, гарантируют защиту при содержании в воздухе вредных веществ в концентрациях, превышающих уровни ПДК более чем в 100 раз.

Противогазовые фильтрующие лицевые части по времени защитного действия подразделяют на два класса:

- низкой эффективности;
- средней эффективности.

Изолирующие СИЗОД должны обладать высокой эффективностью защиты, т.е. иметь K_3 более 100.

В соответствии с ГОСТ 12.4.235-2012 (EN 14387:2008) и в Европейских стандартах низкая степень защиты обозначается цифрой 1, средняя — 2 и высшая — цифрой 3.

К эксплуатационным свойствам принято относить группу показателей, характеризующих надежность (например, время защитного действия, средний срок службы) и эргономичность СИЗОД, т.е. степень их возможного влияния на здоровье, функциональное состояние и работоспособность человека. К ним относятся показатели, характеризующие величины аэродинамического сопротивления, содержание углекислого газа во вдыхаемом воздухе, ограничение зрения, слуха, возможности речевого общения и др. свойства СИЗОД, вызывающие помехи труду и напряжение психофизиологических систем организма.

Основные требования к большинству показателей этих свойств в зависимости от назначения и конструктивных особенностей СИЗОД, регламентированные государственными стандартами Системы стандартов безопасности труда (ССБТ) и безопасность в чрезвычайных ситуациях, приведены в табл. 3–6.

Учет этих показателей свойств СИЗОД имеет принципиально важное значение для физиологически обоснованного выбора конкретного СИЗОД в соответствии с условиями труда.

Например, при работах с нетоксичной пылью при небольших концентрациях в воздухе рабочей зоны можно с успехом применять облегченные респираторы в виде фильтрующих полумасок с низкой эффективностью защиты (они не создают дополнительного напряжения физиологических систем организма), вместо респираторов с резиновыми полумасками (или шлем-масками) и высокоэффективными фильтрами, создающими помехи труду и ограничивающими работоспособность человека.

Основными показателями, характеризующими свойства фильтрующих СИЗОД, являются:

- коэффициент защиты;
- коэффициент проникания;
- коэффициент подсоса;
- сопротивление воздушному потоку;
- время защитного действия;
- устойчивость к запылению (для СИЗОД, предназначенных к использованию в условиях высокой запыленности);
- объемная доля диоксида углерода во вдыхаемом воздухе;
- ограничение площади поля зрения в СИЗОД;
- масса, создающая нагрузку на голову.

К средствам индивидуальной защиты органов дыхания, предназначенным для использования в чрезвычайных ситуациях (противогазам гражданским фильтрующим и респираторам) в соответствии с действующими ГОСТ, предъявляются дополнительные требования, указанные в табл. 4–6.

Противогазы гражданские фильтрующие комплектуются лицевой частью и комбинированным фильтром, предусматривающим их взаимное соединение [8].

Бурное развитие техносферы и реалии современного мира говорят нам о необходимости улучшения качественного состояния запасов СИЗ, приближения специализированных складских

Таблица 3

**Основные требования к фильтрующим СИЗОД
в стандартах Российской Федерации [1, 3, 7]**

Показатель	Класс эффективности		
	низкий	средний	высокий
Общие требования			
Содержание диоксида углерода во вдыхаемом воздухе для фильтрующих средств индивидуальной защиты органов дыхания не должно превышать % (объемный)	1	1	1
Допускается ограничение поля зрения, %, не более чем :	30		
Коэффициент подсоса под лицевую часть по тест-веществу для противоаэрозольных, противогазовых и противогазоаэрозольных (комбинированных) СИЗОД не должен превышать, %	2 процента для изделий с полумаской (четвертьмаской), 1 процент — для изделий с загубником 0,05 процента — для изделий с маской;		
Для фильтрующих СИЗОД с фильтрующей полумаской			
Коэффициент защиты от радиоактивных аэрозолей должен быть не менее	50		
Коэффициент проникания аэрозоля — по тест-веществам не должен превышать, %:	22	8	2
Начальное сопротивление воздушному потоку не должно превышать при расходе постоянного воздушного потока: 30 дм³/мин, Па, на вдохе 160 дм³/мин, Па, на выдохе	60 300	70 300	100 300
Сопротивление воздушному потоку после запыления фильтрующей полумаски с клапанами выдоха при расходе постоянного воздушного потока, Па, не должно превышать: 95 дм³/мин, Па, на вдохе 160 дм³/мин, Па, на выдохе	400 300	500 300	700 300
Сопротивление воздушному потоку после запыления фильтрующей полумаски без клапанов при расходе постоянного воздушного потока 95 дм³/мин, Па, не должно превышать: на вдохе на выдохе	300 300	400 400	500 500
Для противоаэрозольных СИЗОД с изолирующей лицевой частью			
Коэффициент защиты от радиоактивных аэрозолей должен быть не менее	500		

Показатель	Класс эффективности		
	низкий	средний	высокий
Сопротивление воздушному потоку полумасок/ четвертьмасок не должно превышать при расходе постоянного воздушного потока 160 дм ³ /мин, Па,:			
на вдохе	200		
на выдохе	300		
Начальное сопротивление противоаэрозольного фильтра постоянному воздушному потоку со скоростью 30 дм ³ /мин, Па, не должно превышать	60	70	100
Сопротивление воздушному потоку на вдохе и выдохе после запыления фильтров при расходе постоянного воздушного потока 95 дм ³ /мин, Па, не должно превышать	400	500	700
Для противогазовых фильтрующих СИЗОД с изолирующей лицевой частью			
Начальное сопротивление противогазовых фильтров воздушному потоку при 30 дм ³ /мин, Па, не должно превышать	100	140	160
Для противогазоаэрозольных (комбинированных) фильтрующих СИЗОД с изолирующей лицевой частью			
Начальное сопротивление комбинированных фильтров по воздушному потоку не должно превышать при:			
30 дм ³ /мин, Па,	160	200	280
95 дм ³ /мин, Па [1]	820	980	1060
Начальное сопротивление комбинированных фильтров по воздушному потоку не должно превышать при:			
30 дм ³ /мин, Па,	220	260	280
95 дм ³ /мин, Па [7]	820	980	1060
Сопротивление фильтров воздушному потоку после запыления фильтров при 95 дм ³ /мин, Па, не должно превышать [1]	1040	1060	1060
Сопротивление фильтров воздушному потоку после запыления фильтров при 95 дм ³ /мин, Па, не должно превышать [7]	900	1060	1060
Для фильтрующих самоспасателей			
Коэффициенты подсоса, в зону дыхания и в зону глаз для фильтрующих самоспасателей не должны превышать, % :			
по тест-веществу — аэрозоль	6	2	1
по тест-веществу гексафторид серы	2	1	0,1

Показатель	Класс эффективности		
	низкий	средний	высокий
Сопротивление дыханию при расходе воздуха 95 дм ³ /мин, Па, не должно превышать: на вдохе на выдохе		800 300	
Содержание диоксида углерода во вдыхаемом воздухе не должно превышать, %		2	
Для фильтрующих самоспасателей, используемых при пожарах,			
Обеспечении защиты органов дыхания, глаз и кожных покровов головы человека от продуктов горения — аэрозолей (дымов), паров и газов органических, неорганических кислот, неорганических основных веществ в течение не менее чем, мин		30	
Допускается ограничение поля зрения, %, не более чем: СИЗОД с лицевой частью – из изолирующих материалов лицевых частей в виде – фильтрующих полумасок	30 20	40 20	50 20

Примечание: При работе в противогазах и респираторах с сопротивлением на вдохе свыше 100 Па и на выдохе свыше 70 Па, а также с массой, создающей нагрузку на работающего свыше 2 кг, должны быть установлены соответствующие режимы труда и отдыха.

Таблица 4

Противогазоаэрозольные (комбинированные) фильтрующие средства индивидуальной защиты органов дыхания с изолирующей лицевой частью [8]

Показатель	Класс защиты Значение показателя		
	3 (низкий)	2 (средний)	1 (высокий)
Эффективность защиты по ОВ по АХОВИД	не менее 0,9999 не менее 0,95		
Коэффициент проникания гражданского противогаса по стандартному масляному туману (СМТ), %, не более:			
– без проверки неселективно фильтрующих дефектов;		1×10^{-4}	
– при отсутствии неселективно фильтрующих дефектов		1×10^{-3}	

Продолжение таблицы 4

Показатель	Класс защиты Значение показателя		
	3 (низкий)	2 (средний)	1 (высокий)
Коэффициент проницаемости по радиоактивным веществам, %, не более	1×10^{-2}		
Коэффициент подсоса под маску по аэрозолю стандартного масляного тумана с дисперсностью от 0,28 до 0,34 мкм, %, не более	1×10^{-4}		
Коэффициент проницаемости — по тест-веществу гексафторид серы, %	5	2	2
Сопротивление воздушному потоку при объемном расходе 30 дм ³ /мин, Па, не более	200 (280*)		
Начальное сопротивление комбинированного фильтра гражданского противогаза постоянному потоку воздуха при объемном расходе 30 дм ³ /мин, Па, не более:	180		
Сопротивление комбинированного фильтра постоянному потоку воздуха при объемном расходе 30 дм ³ /мин после запыления, Па, не более	204		
Начальное сопротивление противогазоаэрозольных (комбинированных) фильтров воздушному потоку при 30 дм ³ /мин не должно превышать, Па	160	200	220
Начальное сопротивление противогазовых фильтров воздушному потоку при 30 дм ³ /мин не должно превышать, Па	100	140	160
Объемное содержание диоксида углерода во вдыхаемом воздухе при эксплуатации не должно превышать	1,0% по объему		
Масса СИЗОД, создающая нагрузку на голову, кг, не более:	1,1 (1,4*)		
Ограничение площади поля зрения, %, не более	30		

Примечание: * При использовании дополнительных патронов

Таблица 5

Респираторы газопылезащитные [9]

Показатель	Класс защиты		
	3 (низкий)	2 (средний)	1 (высокий)
Коэффициент защиты от радиоактивного йода и его органических соединений, не менее, чем	100		
Коэффициент проникания тест-аэрозоля, %, не более	5		
Коэффициент проницаемости фильтрующего материала по тест-аэрозолю СМТ при скорости воздушного потока 30 дм ³ /мин в состоянии поставки и после механического воздействия, % не более	1		
Начальное сопротивление воздушному потоку, оказываемое респиратором, на вдохе и выдохе при скорости потока 30 дм ³ /мин не более, Па	100		
Время защитного действия респиратора при скорости потока газовой смеси 30 дм ³ /мин, мин не менее	20		
Содержание диоксида углерода во вдыхаемом воздухе должно быть не более	1%		
Ограничение площади поля зрения, %, не более	30		

Таблица 6

Респираторы пылезащитные [10]

Показатель	Степени защиты (защитные свойства)		
	1	2	3
Коэффициент защиты, не менее:			
от пыли	100	10	5
от газа (пара)	40	40	40
от аэрозолей	200	20	10
Снижение начальной концентрации радиоактивного йода и его органических соединений, раз, не менее	10 ⁴	10 ²	—
Коэффициент проникания СМТ, %, не более:	0,02	0,1	1,0

Показатель	Степени защиты (защитные свойства)		
	1	2	3
Коэффициент подсоса стандартного масляного тумана через лицевую часть СИЗОД, %, не более	0,01	0,05	0,5
Сопrotивление газопылезащитных СИЗОД постоянному воздушному потоку с расходом 30 дм ³ /мин. Па, не более:			
на вдохе	130	100	—
на выдохе	70	50	—
Сопrotивление фильтрующе-поглощающих систем газопылезащитных СИЗОД постоянному воздушному потоку с расходом 30 дм ³ /мин, Па, не более			
на вдохе	100	70	—
на выдохе			
Начальное сопротивление противопылевых СИЗОД постоянному воздушному потоку с расходов 30 дм ³ /мин, Па, не более:			
на вдохе	—	—	60
на выдохе	—	—	60
Предельное сопротивление противопылевых СИЗОД постоянному воздушному потоку 30 дм ³ /мин, Па, не более:			
на вдохе	—	—	100
на выдохе	—	—	70
Ограничение площади поля зрения, %, не более	20	20	20
Среднее содержание диоксида углерода во вдыхаемом воздухе должно быть не более	1,5%	1,5%	1,5%
Масса СИЗОД, создающая нагрузку на голову (ГОСТ 17269), кг, не более	0,5	0,5	0,1

Таблица 7

Основные требования к фильтрующим СИЗОД в стандартах стран Европейского сообщества (EN 133, 136, 140, 141, 143, 149, 371, 372, 405, 1827)

Показатель	Класс защиты		
	низкий	средний	высокий
Коэффициент защиты	4	10–20	20 и более
Коэффициент проникания, (%), не более	20	6	1
Сопrotивление вдоху противогазовых СИЗОД постоянному воздушному потоку, (Па), не более:			
при расходе воздуха 30 л/мин	100	140	160
при расходе воздуха 95 л/мин	400	560	640

помещений (мест хранения) к временным пунктам выдачи СИЗ и рабочим местам в организациях. Руководителями промышленных предприятий для защиты работников от опасных и вредных факторов производственной деятельности, необходимо использовать только современные СИЗ соответствующие требованиям актуальных нормативных документов. Поскольку использование современных СИЗ на производстве, их правильное хранение, проверка качественного состояния, освежение и организованная и оперативная выдача СИЗ обеспечат сохранение жизни и здоровья работников организаций и населения.

Литература

1. ТР ТС 019/2011 Технический регламент таможенного союза «О безопасности средств индивидуальной защиты».

2. ГОСТ Р 55446-2013 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Средства индивидуальной защиты органов дыхания населения и спасателей в чрезвычайных ситуациях. Классификация. Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 25.06.2013 г. № 190-ст.

3. ГОСТ 12.4.041-2001 ССБТ. Средства индивидуальной защиты органов дыхания фильтрующие. Общие технические требования .

4. ГОСТ 12.4.034-2001 (ЕН 133-90) Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Классификация и маркировка.

5. ГОСТ Р 12.4.233-2012 (ЕН 132:1998) ССБТ. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Термины, определения и обозначения.

6. ГОСТ 12.4.299-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Рекомендации по выбору, применению и техническому обслуживанию.

7. ГОСТ 12.4.235-2012 (ЕН 14387:2008) Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Фильтры противогазовые и комбинированные. Общие технические требования.

8. ГОСТ Р 22.9.19-2014 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Средства индивидуальной защиты органов дыхания в чрезвычайных ситуациях. Противогазы гражданские фильтрующие. Общие технические требования.

9. ГОСТ Р 22.9.14-2014 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Средства индивидуальной защиты органов дыхания в чрезвычайных ситуациях. Респираторы газопылезащитные. Общие технические требования.

10. ГОСТ Р 22.3.06-97 Безопасность в чрезвычайных ситуациях средства индивидуальной защиты от радиоактивных веществ общие технические требования.

11. ГОСТ Р 53261-2009. Техника пожарная. Самоспасатели фильтрующие для защиты людей от токсичных продуктов горения при эвакуации из задымленных помещений во время пожара. Общие технические требования. Методы испытаний.

12. ГОСТ Р 53260-2009 Техника пожарная. Самоспасатели изолирующие с химически связанным кислородом для защиты людей от токсичных продуктов горения при эвакуации из задымленных помещений во время пожара. Общие технические требования, методы испытания.

13. ГОСТ 12.4.081-80 ССБТ. Метод измерения объемного расхода воздуха, подаваемого в шланговые средства индивидуальной защиты.

АПРОБАЦИЯ ЕДИНОЙ ПРОГРАММЫ ОБУЧЕНИЯ РАБОТНИКОВ ОРГАНИЗАЦИЙ В ОБЛАСТИ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

М.Т. Лобжа, М.Е. Норсеева

*Санкт-Петербургский университет Государственной
противопожарной службы МЧС России*

Обеспечение безопасности населения и территорий от опасностей и угроз различного характера — одно из направлений деятельности государства по обеспечению комплексной безопасности страны, а также одна из ключевых задач государства, позволяющая обеспечивать его надежное функционирование и постоянное развитие.

В то же время обеспечение безопасности страны — это комплексный процесс, который должен осуществляться не только на государственном уровне: забота о безопасности начинается с каждого конкретного человека. Поэтому для любого государства крайне важно не только обеспечивать безопасность населения, но и учить людей тому, как вести себя и что делать в случае возникновения опасности. Особенно это актуально для работников организаций, уровень подготовки которых непосредственно влияет на количественные и качественные потери среди населения в чрезвычайных ситуациях, а также повышает эффективность функционирования объектов экономики и жизнеобеспечения в условиях чрезвычайных ситуаций и в посткризисный период.

На сегодняшний день в Российской Федерации для обучения населения функционирует Единая система подготовки населения в области гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций, а также система обучения в области пожарной безопасности. Помимо этого, работники организаций проходят подготовку по охране труда на предприятии. Целью обучения является знание обучающимися обязательного минимума содержания основных образовательных программ в области гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций, пожарной безопасности и охраны труда. Но сами эти программы не согласованы между собой. Темы занятий в них также не согласованы, содержания могут перекликаться, повторяться, а организация, формы и методы обучения при этом быть различны. Соответственно, нецелесообразным является трата времени на изучение одного и того же материала в различных системах обучения, которые осуществляются, как правило, с отрывом от работы, что ведет к снижению производительности труда.

Об объединении подсистем безопасности в области гражданской обороны, защиты от чрезвычайных ситуаций и пожарной безопасности в единую систему подготовки в области гражданской защиты писали в своих исследовательских работах и научных публикациях А.В. Родыгин, Ю.Л. Воробьев, М.И. Фалеев [1–3].

Анализ нормативно-правовой базы, научных трудов по направлению обучения населения в области гражданской обороны, защиты от чрезвычайных ситуаций, обеспечению пожарной безопасности и охраны труда позволил выявить существенные противоречия в процессе организации и подготовки работающего населения в области комплексной безопасности между:

- способами обучения вопросам комплексной безопасности и диктуемыми новыми социальными, политическими и экономическими условиями использования полученных знаний;
- затратой большого количества времени на обучение и повышением производственных норм;
- объективно возрастающим объемом изучаемой информации и недостаточным качеством подготовки на рабочих местах;
- ростом уровня применения информационных технологий на производстве и отсутствием их адекватного использования в ходе обучения вопросам комплексной безопасности.

Объективная потребность повышения качества обучения населения, в частности работников организаций, в области защиты от опасностей и угроз различного характера обуславливает необходимость поиска практических путей решения вышеуказанных противоречий и актуализирует научно-практическую задачу разработки технологии подготовки работников организаций в области комплексной безопасности на основе компетентностного подхода.

Проанализировав действующие программы обучения работников организаций в области гражданской обороны, защиты от чрезвычайных ситуаций, пожарной безопасности и охраны труда, и с учетом вышеуказанных требований были определены ключевые моменты, на которые требовалось обратить внимание при разработке программы обучения работников организаций в области комплексной безопасности.

В ходе анализа программ подготовки работников организаций выявлено следующее:

- содержание существующих программ не учитывает происшедших изменений в нормативной правовой базе. Так, например, во всех программах недостаточно тем по вопросам обеспечения безопасного

поведения населения на водных объектах, хотя в Федеральный закон от 21.12.1994 № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (ст. 20) соответствующие дополнения внесены еще в 2010 г. Федеральным законом от 19.05.2010 № 91-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» [4, 5];

- тематика существующих программ обучения не в полной мере соответствует требованиям, предъявляемым к работающему населению с учетом достижения цели обучения;

- как показали ранее проводимые опросы [6], количество времени, отводимого на практические и теоретические занятия, не удовлетворяет обучаемых, большинство из которых высказались за увеличение доли практической составляющей занятий.

Разработка и внедрение в образовательный процесс единой программы обучения работающего населения в области комплексной безопасности влечёт за собой ряд изменений, затрагивающих всех участников данного процесса:

- во-первых, разработка и внедрение нового содержания программы предполагает постоянную и напряженную работу педагогов над собой по овладению необходимыми новыми знаниями. Решение этой задачи требует не только времени, но и необходимых усилий, в том числе творческой деятельности, тогда как практика показывает, что многие преподаватели предпочитают довольствоваться старым багажом знаний;

- во-вторых, более высокий уровень и разнообразие знаний, которые предложены обучаемым для освоения в ходе подготовки, а также уменьшение сроков обучения за счет его интенсификации, повышает ответственность обучаемых за качество своей учебы, что вызывает необходимость постоянной работы над собой;

- в-третьих, повышенные требования к учебной материальной базе, необходимой для освоения новой программы и повышения результативности профессиональной деятельности педагогов, требует определенных затрат и организационных действий от администрации организаций.

Мероприятия по апробации программы обучения работников организаций в области комплексной безопасности на основе компетентностного подхода проводились на базе Института развития МЧС России. Данная организация является образовательным учреждением дополнительного профессионального образования в области

гражданской обороны и защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. Занятия в Институте развития проводят преподаватели высокой категории и опытные специалисты МЧС России.

Разработанная программа обучения предназначена для любых организаций, не зависимо от их организационно-правовой формы, формы собственности, целевого назначения, широты производственного профиля, географического расположения, количества работников и др. признаков. В связи с этим особых требований к организации, в которой должна проводиться апробация разработанной технологии обучения, нет.

В качестве нулевой гипотезы H_0 было принято предположение о том, что два типа подготовки (по действующим программам в области ГО, защиты от ЧС, пожарной безопасности и охраны труда и по разработанной программе обучения в области комплексной безопасности на основе компетентностного подхода) различаются и не имеют между собой тесной связи. Тогда в качестве альтернативной гипотезы H_1 выступала гипотеза об отсутствии различий между двумя вышеуказанными типами подготовки работников организации и наличии тесной связи между ними.

Всем участникам тестирования были присвоены ранги так, что участнику с наибольшим количеством баллов присваивался ранг, равный 1, с наименьшим — 36 (табл.).

Далее находился коэффициент корреляции Спирмена по формуле:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (r_i - s_i)^2}{n^3 - n} = 1 - \frac{6 \cdot 105815}{36^3 - 36} = -0,362. \quad (1)$$

Формула Спирмена не учитывает наличия связанных рангов, которые присутствуют в рассматриваемой выборке: для обучавшихся по старой программе $m_r = 5$ — пять групп неразличимых рангов по $t_r = 2$ и 3; для обучавшихся по новой программе $m_s = 3$ — три группы неразличимых рангов по $t_r = 2$. Тогда коэффициенты для связанных рангов будут следующими:

$$\begin{aligned} T_r &= 1/12 \sum_{i=1}^{m_r} (t_r^3 - t_r) = (2^3 - 2) + (2^3 - 2) + \\ &\quad + (2^3 - 2) + (2^3 - 2) + (3^3 - 3)/12 = 4; \\ T_s &= 1/12 \sum_{i=1}^{m_s} (t_s^3 - t_s) = (2^3 - 2) + (2^3 - 2) + \\ &\quad + (2^3 - 2)/12 = 1,5. \end{aligned}$$

Присвоение рангов участникам тестирования

Типы подготовки	Участники тестирования (n)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
По действующим программам, (r_j)	19	9	30	11	21,5	18	35	5	33	3	31,5	21,5
По новой программе, (s_i)	5,5	3	1	26,5	24	21	7,5	18	2	13	12	17
$r_i - s_i$	13,5	6	29	-15,5	-2,5	-3	27,5	-13	31	-10	19,5	4,5
$(r_i - s_i)^2$	182,25	36	841	240,25	6,25	9	756,25	169	961	100	380,25	20,25
Типы подготовки	Участники тестирования (n)											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
По действующим программам, (r_j)	9	9	1	17	34	2	23,5	20	4	13	36	25
По новой программе, (s_i)	34	31	28	32	14	23	22	29	10	20	11	4
$r_i - s_i$	-25	-22	-27	-15	20	-21	1,5	-9	-6	-7	25	21
$(r_i - s_i)^2$	625	484	729	225	400	441	2,25	81	36	49	625	441
Типы подготовки	Участники тестирования (n)											
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
По действующим программам, (r_j)	16	27,5	13	23,5	7	26	15	6	27,5	31,5	29	13
По новой программе, (s_i)	30	9	5,5	15	35	7,5	33	26,5	16	36	25	19
$r_i - s_i$	-14	18,5	7,5	8,5	-28	18,5	-18	-20,5	11,5	-4,5	4	-6
$(r_i - s_i)^2$	196	342,25	56,25	72,25	784	342,25	324	420,25	132,25	20,25	16	36
												10581,5
												Σ
												666
												666
												-
												36

При наличии связанных рангов ранговый коэффициент корреляции Спирмена вычисляется по формуле:

$$\rho = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (r_i - s_i)^2}{\frac{1}{6}(n^3 - n) - (T_r + T_s)} = 1 - \frac{1058,15}{\frac{1}{6}(36^3 - 36) - (4 + 1,5)} = -0,363. \quad (2)$$

Так как полученный коэффициент больше стремится к 0, чем к 1, то была принята гипотеза H_0 , то есть между двумя типами подготовки отсутствует тесная связь.

Для проверки значимости ρ , исходя из того, что в случае справедливости нулевой гипотезы об отсутствии корреляционной связи между программами при $n > 10$ вычислялась статистика по формуле:

$$t = \frac{\rho\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-\rho^2}} = \frac{-0,363\sqrt{36-2}}{\sqrt{1-0,363^2}} = 2,271. \quad (3)$$

Табличное значение t -критерия Стьюдента $t_{0,95;34} = 2,035$ ($k = n-2$, на уровне $\alpha = 0,05$ или 5%). Так как $t > t_{0,95;34}$, то ранговый коэффициент корреляции ρ значим на 5% уровне, что говорит об отсутствии тесной связи между двумя типами подготовки работников организации.

В то же время нельзя полностью отрицать связь между рассматриваемыми типами обучения и соответствующими программами подготовки (связь полностью отсутствует, когда коэффициент Спирмена равен 0).

Наличие слабой связи может быть объяснено тем, что новая программа подготовки представляет собой совокупность тех же направлений в области безопасности жизнедеятельности, которые изучались прежде, то есть принципиальная основа знаний сохранилась.

В то же время системный подход, новые компоненты и специальные педагогические условия, примененные в апробируемой программе подготовки, позволили повысить успеваемость на 71,780%:

$$K_y = \frac{(\sum_{i=1}^n m_{i2} - \sum_{i=1}^n m_{i1})}{\sum_{i=1}^n m_{i1}} \cdot 100\% = \frac{5509 - 3207}{3207} \cdot 100\% = 71,780\%. \quad (4)$$

Приобретенные знания имеют свойство забываться, а умения и навыки без регулярной отработки — стираться, что подтверждается законом сохранения знаний, умений и навыков во времени (зако-

ном Пирса, [7]). Периодическое обучение работников организаций позволяет повысить уровень объема знаний, умений и навыков (ЗУН) до определенного значения $Y_{\text{под}}$. При этом $Y_{\text{под}}$ не будет соответствовать Y_{max} в силу различных объективных причин (способность к обучению, физиологические и психологические особенности личности, мотивация, условия обучения, компетентность обучающего и т.д.). Кроме того, при каждом последующем обучении $Y_{\text{под}}$ будет несколько ниже предыдущего. Это может быть объяснено тем, что каждый раз для подготовки используется одна и та же технология, соответственно, глобальным образом не меняются ни изучаемый материал, ни формы, методы обучения, ни условия подготовки, что приводит к снижению интереса у обучающихся раз от раза, и как следствие — к снижению концентрации, внимания, активности и мотивации к обучению.

Согласно результатам тестирования, проведение обучения работников организации по нескольким разрозненным программам в области гражданской обороны, защиты от чрезвычайных ситуаций, пожарной безопасности и охраны труда позволили повысить уровень ЗУН обучающихся до значения $Y_{\text{под1}}$ — кривая 1 на рисунке. Обучение по новой программе, разработанной в области комплексной безопасности на основе компетентного подхода, позволило повысить уровень

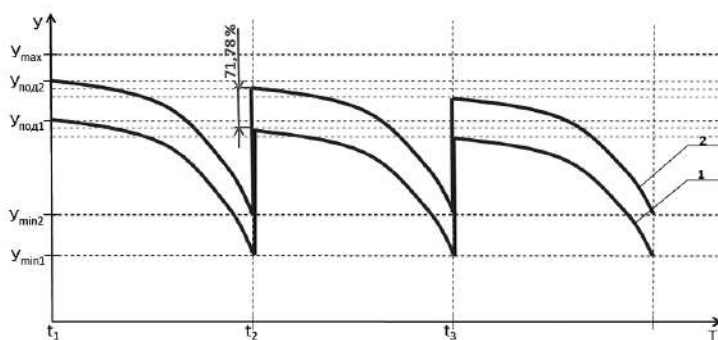


Рис. График изменения объема знаний, умений и навыков при прохождении обучения в области комплексной безопасности: Y — уровень объема ЗУН; $Y_{\text{под1}}$ — уровень объема ЗУН после обучения по старой программе; $Y_{\text{под2}}$ — уровень объема ЗУН после обучения по новой программе; $Y_{\text{мин1}}$ — минимальный уровень объема ЗУН после обучения по старой программе; $Y_{\text{мин2}}$ — минимальный уровень объема ЗУН после обучения по новой программе; T — время; $t_{1,2,3}$ — время проведения обучения; 1 — кривая уровня объема ЗУН с учетом периодического прохождения обучения по старой программе; 2 — кривая уровня объема ЗУН с учетом периодического обучения по новой программе

объема ЗУН по сравнению с тем, что был после прохождения подготовки по старой программе, почти на 72% — кривая 2 на рисунке.

Как видно из рисунка, повысился и минимальный объем уровня ЗУН, достигаемый обучающимися вследствие процесса забывания информации с течением времени ($V_{\min 2}$ по сравнению с $V_{\min 1}$).

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что рассматриваемые типы обучения (по нескольким существующим программам обучения в области ГО, защиты от ЧС, пожарной безопасности и охране труда и разработанной программе обучения в области комплексной безопасности на основе компетентностного подхода) различаются между собой. При этом тип обучения, построенный на апробируемой программе, является более эффективным по сравнению с тем, который применяется на сегодняшний день для подготовки работников организаций.

Литература

1. Родыгин А. Культура безопасности: начинать нужно с детства // Вестник МЧС России. 2010. № 2(24). — С. 30.
2. Воробьев Ю. Культура безопасности // Гражданская защита. 2012. № 7. — С. 20.
3. Фалеев М. РСГЗ — веление времени // Гражданская защита. 2011. № 6. — С. 7.
4. Федеральный закон от 21.12.1994 г. № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=178912;fld=134;from=72323-8;rnd=180312.15276724603052605;;ts=01803124682537587550323>
5. Федеральный закон «О внесении изменений в Федеральный закон «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 19.05.2010 91-ФЗ (последняя редакция)» [Электронный ресурс] — Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_100522
6. Развитие и совершенствование системы подготовки населения в области гражданской защиты: отчет о НИР. — М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ). 2012.
7. Чернова Ю.К. Квалитативные технологии обучения. — Тольятти. 1998. — 146 с.

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА БРОНЕВЫХ СТЁКОЛ

Ю.Ю. Меркулов, Б.Н. Добряков, С.В. Солк, С.Е Шевцов

АО «НИИ ОЭП», г. Сосновый Бор

В настоящее время значительно возрос интерес к защитным (броневым) стеклам или прозрачной броне. Прозрачная броня используется для защиты личного состава в военном авиа- и судостроении, производстве военной и гражданской автобронетехники. Из прозрачной брони изготавливаются смотровые окна для бронещитов и забрала бронешлемов. В работе [1] показана необходимость защиты оптико электронных приборов (ОЭП), широко используемых в современных армиях. ОЭП могут работать в одном или нескольких спектральных диапазонах. Это, как правило, видимый, ближний инфракрасный (ИК), средний и дальний ИК диапазоны. Актуальной представляется защита также гражданских ОЭП от возможных террористических актов. Так, в [2] подробно рассматриваются проведённые испытания бронестекла «Модуль-С» на морозостойкость. Необходимость таких испытаний вызвана активным освоением Россией Арктики и районов с суровым климатом. В [3] содержится информация со ссылкой на журнал Nature о создании японскими учёными стекла с прочностью стали. Стекло на 50% состоит из оксида алюминия.

В работе [4] рассмотрена проблема защиты космических станций от баллистического воздействия на них «космического мусора», к которому относят в первую очередь детали отработавших космических аппаратов. Подчёркивается, что космический мусор представляет реальную угрозу для космических станций, и в первую очередь для размещённых на них оптических элементов (ОЭ), входящих в состав ОЭП. Так как количество «космического мусора» будет только увеличиваться вследствие активного использования околоземного пространства и взаимного столкновения объектов и частиц космического мусора (так называемый синдром Кесслера), проблема использования прозрачной брони для защиты ОЭ будет крайне актуальной. Учитывая, что с каждым годом растёт количество государственных и частных компаний, занимающихся космической деятельностью, необходимо быть готовыми к противодействию «космическому терроризму».

В качестве материалов для изготовления прозрачной брони наиболее широко используются неорганические стекла и прозрачные полимеры (органические стекла). Более высокими защитными свойствами обладают прозрачные керамические материалы: лейкосапфир (монокристаллический оксид алюминия Al_2O_3), поликристаллический оксинитрид алюминия $\text{Al}_{23}\text{O}_{27}\text{N}_5$ (ALON), магнийалюминиевая шпинель MgAl_2O_4 [3]. Причём эти материалы прозрачны в широком (в том числе в инфракрасном (ИК) диапазоне) спектральном диапазоне. Однако их существенным недостатком является их высокая стоимость.

Обычно прозрачная броня состоит из трех компонентов [5]:

- поверхностного слоя, непосредственно воспринимающего удар и препятствующего внедрению поражающего элемента;
- силового блока, поглощающего основную энергию удара;
- тыльного слоя, поглощающего энергию удара и предотвращающего разлет вторичных осколков стекла.

Для защиты оптических, механических и электронных компонентов ОЭП целесообразно использовать недавно разработанный защитный материал, получивший название бронеситалл (броневая стеклокерамика). Материал получен управляемой катализированной кристаллизацией стекла определенного химического состава.

Бронеситалл имеет следующие основные характеристики:

- температура варки исходного стекла 1250–1300 °С;
- температура кристаллизации не более 750 °С;
- плотность бронеситалла — 2,46–2,50 г/см³;
- температурный коэффициент линейного расширения $(110\text{--}125) \times 10^{-7} \text{ K}^{-1}$;
- относительная твердость — 7,5–8 единиц по Моосу (уровень корунда);
- прочность при статическом изгибе — 350–400 МПа (35–40 кг/мм²);
- усадка после кристаллизации стекла не более 1–2%;
- выдерживает многократные термоудары от 500 °С до 20 °С при резком охлаждении в воде;
- стоимость исходного сырья не превышает 4 долл. США за 1 кг (розница).

Стекольные технологии производства (литье, выдувание, вытягивание из расплава, прессование и пр.) дают возможность широкой автоматизации процесса массового изготовления бронееlementов и других изделий сложных конфигураций из предлагаемой к освоению высокопрочной стеклокерамики.

Этот материал значительно дешевле броневых керамик на основе карбида кремния (в 3 раза), карбида бора (в 10 раз), соизмерим по стоимости с керамикой из корунда (20–30 долл. США за 1 кг), но легче ее в 1,5 раза.

Имеется принципиальная возможность (и работы в этом направлении ведутся!) создания прозрачного в видимой области бронеситалла. Для этого необходимо всего лишь уменьшить размер кристаллизующихся фаз в стекле до 150–200 нм.

Доступное сырье и небольшие затраты для производства бронеситалла на обычном стекольном заводе делают такую разработку весьма и весьма перспективной не только для защиты оптических приборов от высокоскоростных поражающих элементов.

Прозрачная броня должна обладать максимальным пропусканием в рабочем спектральном диапазоне, не вносить дополнительных искажений волнового фронта и иметь необходимую бронестойкость, то есть обеспечивать требуемый уровень защиты от высокоскоростных поражающих элементов.

Полимерные составы и плёнки, помещаемые в пространство между стеклами в процессе изготовления, подвержены естественному старению. Скорость старения полимерных материалов зависит от внутренних факторов, обусловленных структурой и составом полимерного материала, и внешних факторов — окружающей среды и нагрузок.

В ЗАО «НПО СМ» (г. Санкт-Петербург) была проделана большая работа по определению изменений баллистической стойкости броневых стекол от времени их эксплуатации. Результаты испытаний показывают, что, начиная с 6-го года хранения (или эксплуатации) защитных стёкол, процент пробитых образцов по отношению к общему числу подвергнутых испытаниям начинает расти. Так, на шестом году эксплуатации этот показатель составил более 20%, на седьмом — более 35%, а на десятом — более 85%.

Баллистические испытания — процесс дорогостоящий и длительный, и после их проведения защитные стекла к эксплуатации больше не пригодны. Поэтому нами были исследованы зависимости оптических характеристик защитных стекол от времени их эксплуатации с целью сравнить их с результатами баллистических испытаний.

Для исследований из защитных стекол различных классов защиты (2–5) с различными сроками эксплуатации (1–4 года) в ЗАО «НПО СМ» были подготовлены образцы размером 100 × 100 мм в количе-



*Рис. 1. Исследуемые образцы броневых стекол.
Подготовлены в ЗАО «НПО СМ»*

стве 20 штук. Образцы были вырезаны из стекол, изготовленных по ГОСТ Р51136-2008. Часть образцов показана на рис. 1. Толщина образцов (в зависимости от класса защиты) находилась в диапазоне от 15,5 до 57,5 мм. Оптические измерения проводились на оборудовании АО «НИИ ОЭП» (г. Сосновый Бор), в помещениях 2 класса чистоты при температуре 20–22 °С, относительной влажности 45–50% и давлении 550–565 мм.рт.ст. в феврале — марте 2017 г.

Измерения спектрального пропускания броневых стёкол с различными сроками эксплуатации показали что:

- чем больше разница в спектральном пропускании защитных стекол (различных сроков эксплуатации), тем хуже их баллистические свойства;

- существуют наиболее приоритетные диапазоны длин волн (300–500 нм и 800–900 нм), при измерении на которых эффект ухудшения баллистических свойств защитных стекол наиболее заметен.

Пример результатов измерений приведён на рис. 2.

На рис. 3 показана установка для измерения коэффициентов пропускания, где 1 и 2 — источники излучения с коллимирующей оптикой, 3 — образец из бронестекла, 4 — фотоприёмное устройство. В качестве источников излучения используются светодиоды, излучающие на длинах волн 405 и 650 нм. Приёмником излучения служило устройство на основе фотодиода ФД-24К.

Для проверки полученных результатов были проведены 50 измерений образцов бронестёкол (класс защиты 3ХЛ и 5ХЛ, разница в сроке эксплуатации составила 4 года) для обеих длин волн. Обработка результатов измерений проводилась методами однофакторного

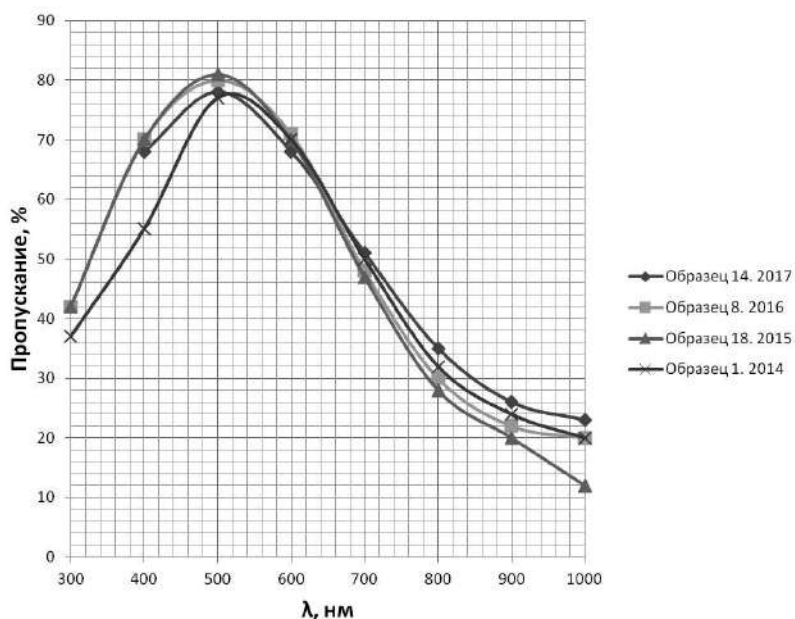


Рис. 2. График спектрального пропускания образцов 3-го класса защиты. Толщина образца 38,5 мм.

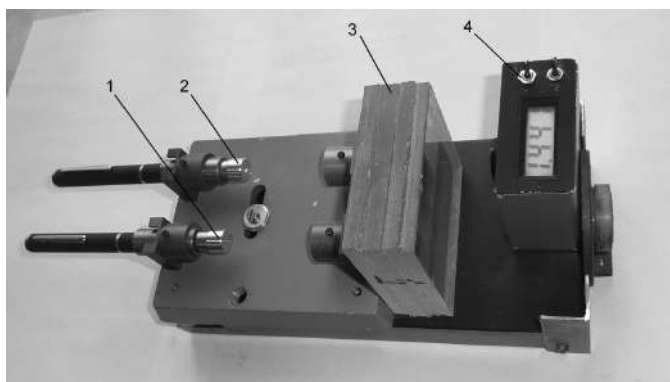


Рис. 3. Установка для измерения коэффициентов пропускания для двух длин волн

дисперсионного анализа, который показал, что при 1% уровне значимости подтверждается гипотеза о неравенстве коэффициентов пропускания у бронестёкол с различным временем эксплуатации.

Литература

1. Солк С.В., Меркулов Ю.Ю., Лебедев О.А. Проблемы защиты оптико-электронных приборов от высокоскоростных поражающих элементов // Сб. тр. Междунар. конф. «Прикладная оптика-2016». — СПб. 2016. Т. 2. С. 144–148.

2. http://vpk.name/news/148098_ispyitaniya_bronestekla_moduls_na_morozostoikost.html

3. http://vpk.name/news/143579_izobreteno_steklo_s_prochnostyu_stali.html?new

4. Merkulov Yu.Yu., Solk S.V., Lebedev O.A. Protection of orbital station optics against high — speed damaging elements // *Acta Astronautica*. 2017. V. 135. P. 21–25.

5. Кобылкин И.Ф., Селиванов В.В. Материалы и структуры легкой бронезащиты. Учебник для вузов / — М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2014. С. 161.

РАЗЛОЖЕНИЕ ОКТОГЕНА В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ОБЛАСТИ

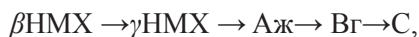
П.Н. Столяров, Ю.А. Мисюрин, О.Н. Козлова, Б.К. Лаптенков

*Центральный научно-исследовательский институт
химии и механики, г. Москва,
Чебоксарский Государственный Университет им. И.Н.Ульянова,
г. Чебоксары*

Октоген (НМХ) рассматривался как термостойкое взрывчатое вещество с возможностью использования его при добыче нефти на значительных глубинах [1, 2]. В литературе имеются данные по высокотемпературному разложению НМХ, полученные в различных условиях — с использованием сканирующей электротермографии со скоростями нагрева до 100 °С/с и давлениях до 10 МПа [3], а также в условиях лазерного излучения различной интенсивности [4], где предложена модель разложения НМХ. В данной работе проведены расширенные исследования процесса разложения НМХ при различных скоростях нагрева и давлениях с использованием сканирующей электротермографии. Проведены сравнения моделей и кинетических параметров для двух методов.

В работе [4] по данным времени зажигания (нагрева) решена обратная задача. Предложена 4-х стадийная модель и определены кинетические параметры разложения НМХ.

Модель



где Аж — расплав НМХ; Вг — газообразные промежуточные; С — конечные продукты разложения НМХ.

Первые две стадии — фазовый переход и процесс плавления, третья и четвертая — двухстадийная модель разложения НМХ. Были осуществлены два режима нагрева — медленный и быстрый.

Для медленного нагрева получены следующие параметры:

$$k_1 = 10^{20,93} \exp(-48470/RT), \quad k_2 = 10^{21,17} \exp(-52700/RT),$$

$$k_3 = 10^{16,43} \exp(-44300/RT), \quad k_4 = 10^{12,22} \exp(-34100/RT).$$

Три первые реакции первого порядка, четвертая — второго порядка.

Для быстрого нагрева получены следующие параметры:

$$k_1 = 10^{20,93} \exp(-48470/RT), k_2 = 10^{22,91} \exp(-48700/RT);$$

$$k_3 = 10^{18,17} \exp(-40300/RT), k_4 = 10^{13,96} \exp(-30120/RT).$$

Скорость фазового перехода для двух режимов нагрева одинакова, скорости процессов плавления и разложения существенно выше для быстрого нагрева по сравнению с медленным нагревом.

В работе [3] представлены данные для скорости $112^\circ\text{C}/\text{с}$ и давления 2 МПа и предложена 3-х стадийная модель.

В данной работе было дополнительно проведено исследование разложения НМХ методом сканирующей электротермографии в атмосфере азота под давлением от 0 до 10 МПа в диапазоне скоростей нагрева $V=20^\circ\text{C}/\text{с}$ – $100^\circ\text{C}/\text{с}$

На рис. 1 приведены характерные термограммы для разных скоростей и давлений.

Из приведенных данных видно, что повышение скорости нагрева и давления приводит к четко выраженному появлению двух пиков на

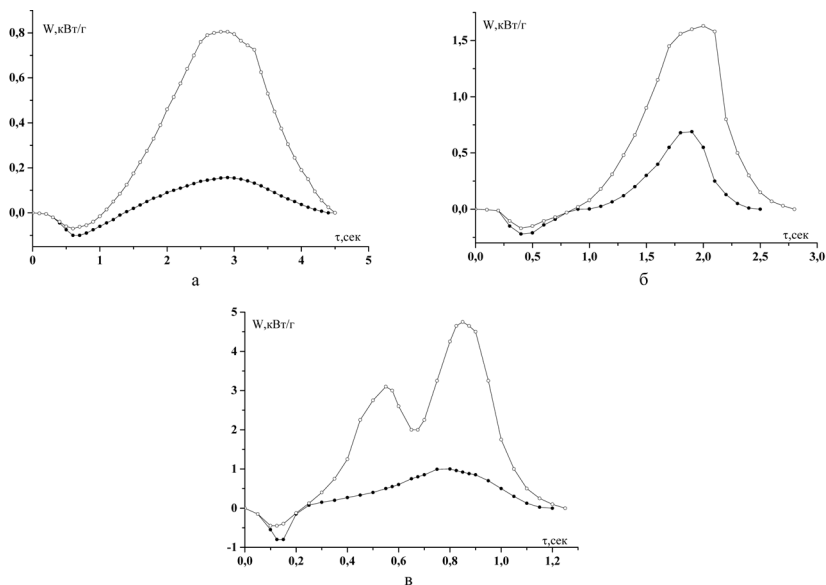


Рис. 1. Экспериментальные данные разложения НМХ:
 а — $V=16^\circ\text{C}/\text{с}$, ● — 0,1 МПа, ○ — 6 МПа; б $V=38^\circ\text{C}/\text{с}$, ● — 0,1 МПа,
 ○ — 2 МПа, в $V=112^\circ\text{C}/\text{с}$; ● — 0,1 МПа; ○ — 2 МПа

экспериментальной кривой. Для удовлетворительного описания всех экспериментальных кривых потребовалась 4-х стадийная модель (две стадии для описания эндотермического пика и две стадии для описания экзотермического пика). Результаты расчетов представлены на рис. 2.



Для ряда экспериментальных данных достаточно более простой модели (на рисунке отсутствие стадий обозначено приравниваем константы к нулю).

Повышение давления позволяет четко выявить стадийность разложения НМХ, которая проявляется в виде двух четко разделенных пиков на кривой тепловыделения.

Анализ скоростей первой и второй стадии показывает, что при одинаковом давлении скорость первой и второй стадии значительно увеличивается с увеличением скорости нагрева, что требует для описания экспериментальных данных неоправданно больших значений энергии активации. Поэтому поиск модели разложения был проведен без учета эндотермического пика.

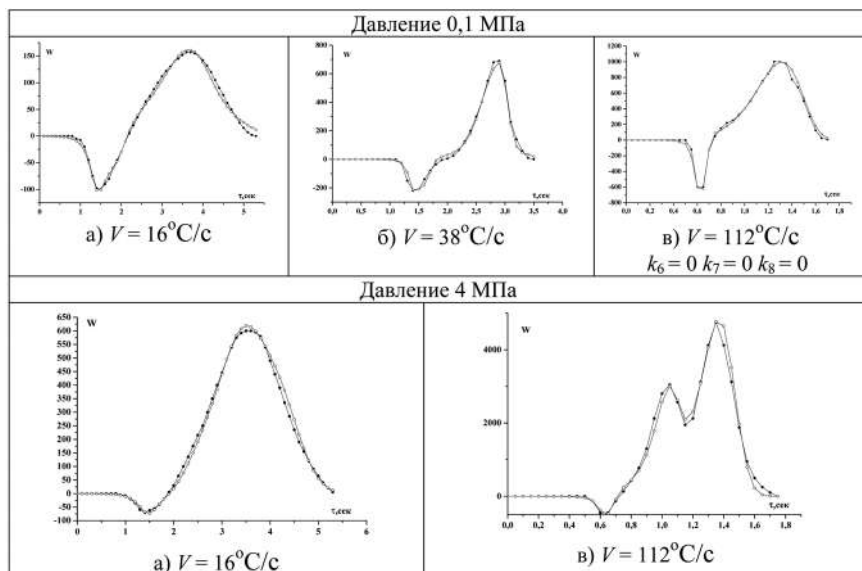


Рис. 2. Экспериментальные и расчетные данные разложения НМХ.

● — экспериментальные данные; ○ — расчетные данные

На рис. 3, а–е представлены расчетные и экспериментальные кривые разложения НМХ при различных скоростях и давлениях. Для

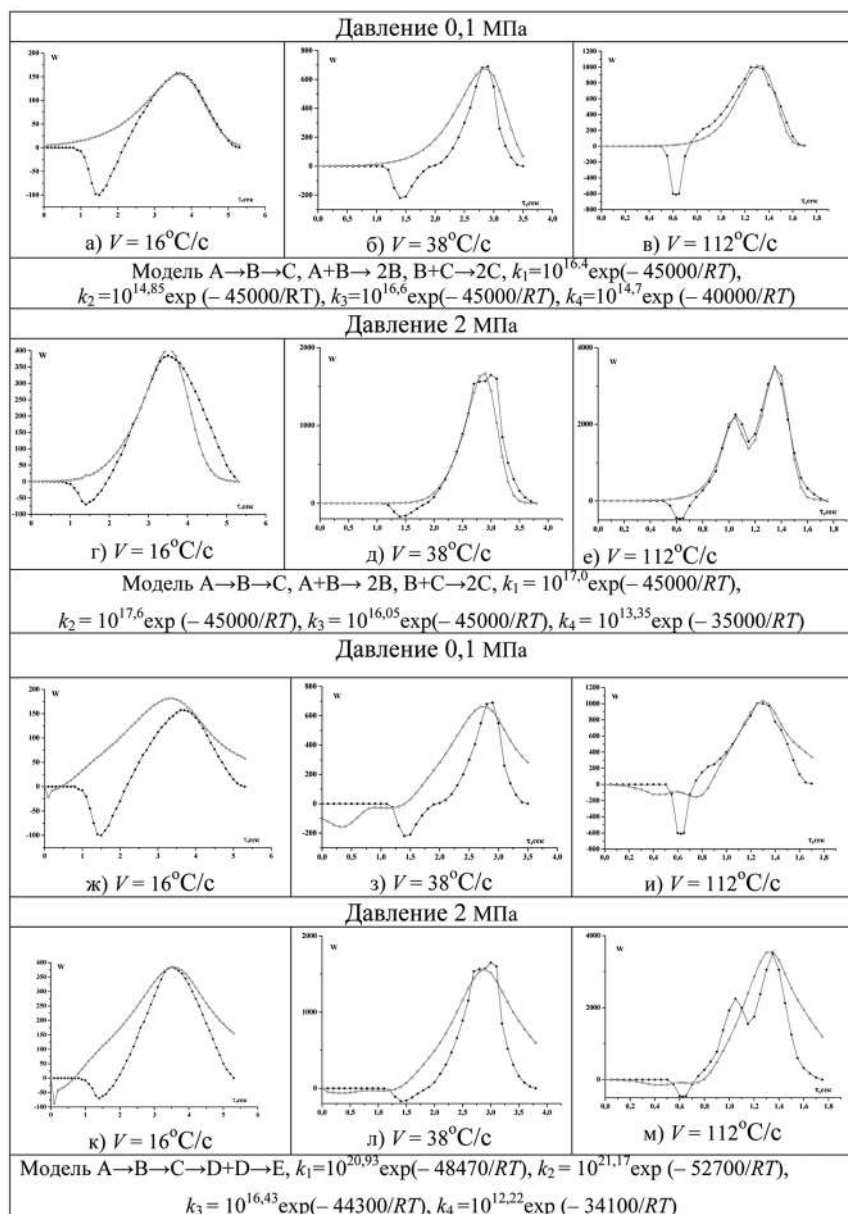


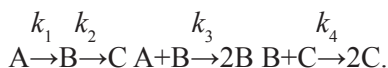
Рис. 3. Экспериментальные и расчетные данные разложения НМХ.

● — экспериментальные данные, ○ — расчетные данные

описания экспериментальных кривых использована модель двух последовательных автокаталитических реакций.

Было проведено сравнение экспериментальных данных, полученных с использованием электронографии, и расчетных данных с использованием модели, предложенной в работе [4], и кинетических констант для медленного нагрева. Полученные данные представлены на рис. 3, *ж–и*.

Результаты проведенных расчетов показывают, что стадия разложения НМХ удовлетворительно описывается моделью двух последовательных каталитических реакций



Увеличение давления приводит к более удовлетворительному совпадению расчетных и экспериментальных кривых.

Модель, полученная при обработке данных по зажиганию НМХ лазером, для удовлетворительного описания экспериментальных данных, полученных с использованием электронографии, требует незначительной корректировки. Поскольку полуширина расчетного пика больше, чем полуширина экспериментального пика, требуется либо увеличение значения энергии активации в третьей или четвертой стадии, либо введение каталитической реакции.

Анализ полученных кинетических параметров показывает, что в условиях проведения электронографических опытов скорости начальной и автокаталитической стадий отличаются незначительно.

Наблюдается резкое отличие в положении эндотермических пиков в условиях лазерного зажигания и электронографии. С увеличением скорости нагрева наблюдается все более удовлетворительное совпадение расчетных и экспериментальных кривых для давления одну атмосферу. Увеличение давления выявляет стадийность процесса разложения НМХ.

Следует отметить, что, несмотря на различные методы исследования процесса разложения НМХ, экспериментальные данные, полученные с использованием электронографии, и расчетные кривые с использованием модели, полученной по результатам лазерного зажигания, совпадают по времени достижения максимальной скорости разложения.

Скорости разложения при быстром нагреве лазерным излучением на несколько порядков превышают скорости разложения НМХ при медленном нагреве лазерным излучением. При быстром нагреве лазерным излучением кинетические параметры для трех стадий (кроме первой) увеличиваются более чем в тысячу раз. То есть скорости нагрева в электронографии 100 °С/с отвечают медленному нагреву лазерным излучением.

Поведение расчетных кривых (положение минимума кривой во времени) для эндотермических стадий отличается от экспериментальных данных, полученных с использованием электронографии. Только при высоких скоростях нагрева приближаются расчетные и экспериментальные эндотермические кривые.

Литература

1. Орлова Е.Ю., Орлова Н.А., Жилин В.Ф., Збарский В.Л., Шутков Г.М., Витковская Л.И. Октоген-термостойкое взрывчатое вещество. — М.: Недра. 1975.
2. Баум Ф.А., Державец А.С., Санасарян Н.С., Шипицин Л.А. и др. Термостойкие взрывчатые вещества и их действие в глубоких скважинах. — Москва: Изд. «Недра». 1969.
3. Столяров П.Н., Лаптенков Б.К. Влияние условий проведения опытов на особенности разложения нитросоединений. 21 международный пиротехнический семинар. — Москва. 1995. С. 861–868.
4. Tarver C.M. Chemical kinetic modeling of HMX and TATB laser ignition tests, J. of Energetic materials, 22, 93–107, 2004.

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ МОРСКИХ ОБЪЕКТОВ В СВЕТЕ НОВЫХ НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫХ ДОКУМЕНТОВ

А.Н. Пивоваров, Н.Б. Глебов

*Государственный университет морского и речного флота
им. адм. С.О. Макарова*

Объекты транспортной безопасности и угрозы

В общем случае транспортная безопасность (ТБ) в формализованном виде определяется множеством $M = \{M_h\}$, $h = \overline{1,7}$, — обеспечением безопасности следующих элементов:

- груза (несопровождаемого багажа);
- тары (упаковки);
- пассажиров и обслуживающего персонала;
- транспортных средств;
- транспортной инфраструктуры;
- информации;
- транспортной среды [1].

На все перечисленные элементы воздействуют угрозы, представленные на рис. 1 в виде комплекса социогенных (преднамеренных и непреднамеренных), техногенных и природно-естественных угроз, из которых особую опасность представляют социогенные преднамеренные и прежде всего — террористические. Указанные угрозы — акты незаконного вмешательства (АНВ) — должны быть нейтрализованы в рамках исполнения закона «О транспортной безопасности» № 16-ФЗ, 2007 г. [2], а субъекты и объекты водного транспорта обязаны обеспечить защиту от данных угроз созданием системы безопасности (СБ), которая должна учитывать требования последних нормативно-правовых документов РФ: постановление правительства РФ № 678, 2016 г. [3] «О требованиях по обеспечению транспортной безопасности, в том числе требований к антитеррористической и защищенности объектов (территорий), учитывающих уровни безопасности для различных категорий объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств морского и речного транспорта», постановление правительства № 969, 2016 г. [4] «Об утверждении требований к функциональным свойствам технических средств обеспечения ТБ и Правил обязательной сертификации технических

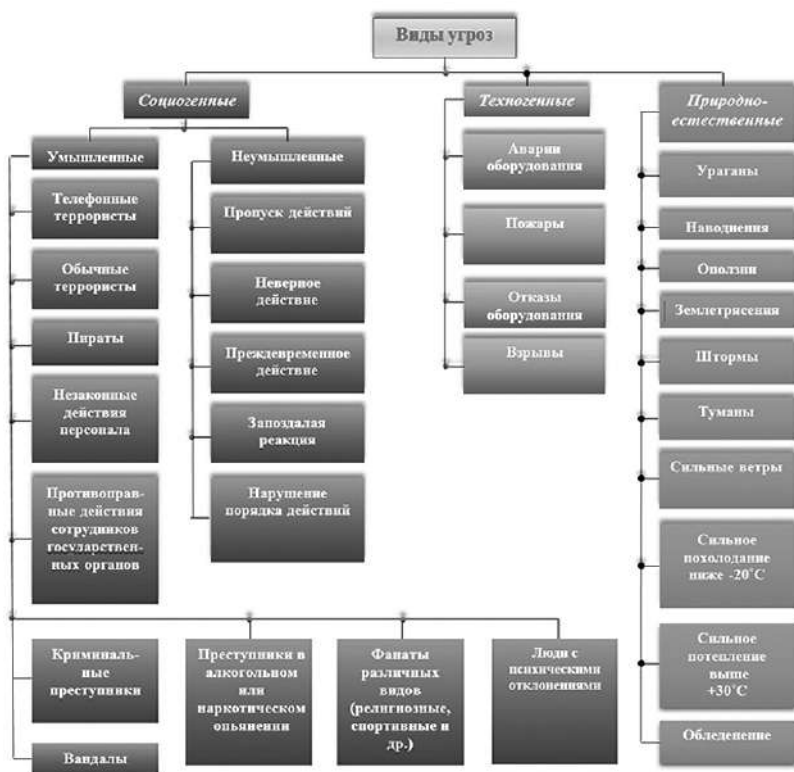


Рис. 1. Обобщенный перечень угроз объектам водного транспорта

средств обеспечения ТБ» и ряд приказов минтранса и федерального агентства морского и речного транспорта (ФАМРТ), о которых будет сказано ниже. Указанные документы более жестко формулируют требования по ТБ в сравнении с кодексом по охране судов и портовых средств (ОСПС), предшествующими документами по ТБ в части параметризации отдельных параметров, определяют порядок проведения досмотровых процедур, формирования подразделений ТБ на объектах, субъектах, обучения персонала и его аттестации. Постановление [3] требует также проведения дополнительной оценки уязвимости и внесения соответствующих изменений в планы ТБ объектов водного транспорта.

В ужесточение требований ТБ вносят также положения приказов: минтранса № 227, 2015 г. [5] «Об утверждении Правил проведения досмотра, дополнительного досмотра, повторного досмотра в целях обе-

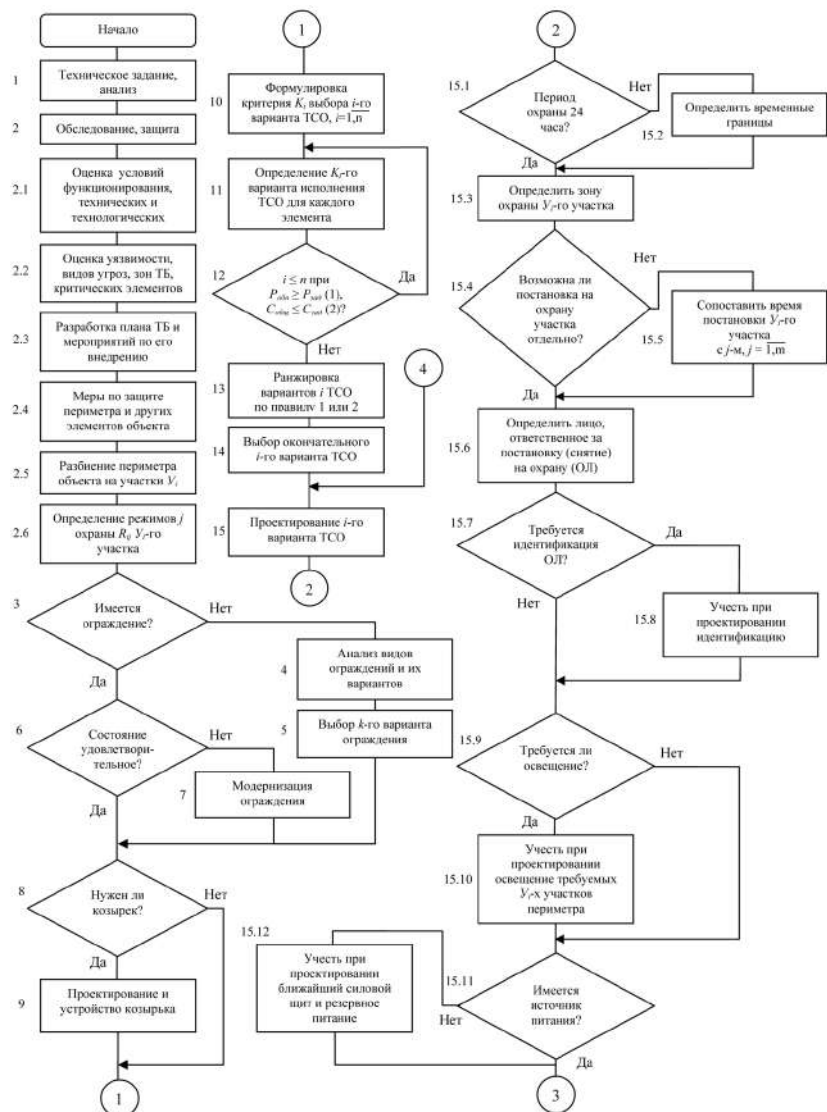


Рис. 2. Блок-схема общего алгоритма построения СБ:

i — номер варианта ТСО; n — общее число вариантов ТСО; j — номер варианта режима охраны; m — общее число вариантов режима охраны; k — номер варианта вида ограждения; $P_{обн}$ — вероятность обнаружения нарушителя ТСО; $P_{зад}$ — заданная вероятность обнаружения нарушителя ТСО; $C_{общ}$ — общая стоимость ТСО; $C_{зад}$ — заданная общая стоимость ТСО

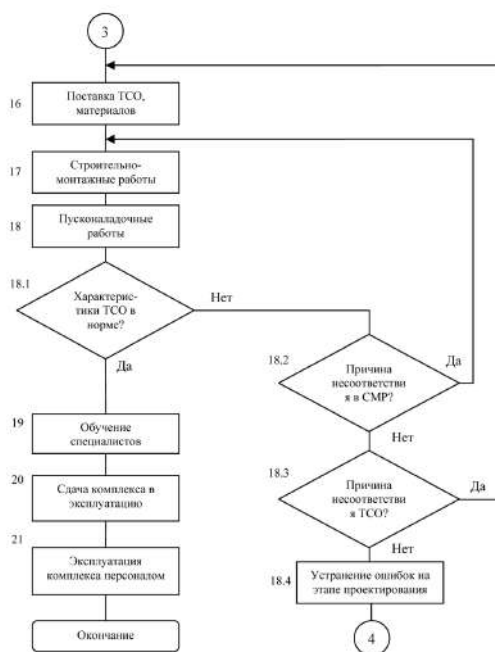


Рис. 2. Блок-схема общего алгоритма построения СБ (Продолжение)

спечения ТБ», № 231, 2014 г. [6] «Об утверждении Требований к знаниям, умениям, навыкам сил обеспечения ТБ, личностным (психологическим качествам, уровню физической подготовки отдельных категорий сил ТБ, приказа № 59, 2016 г. [7] федерального агентства морского и речного транспорта (ФАМРТ) «Об утверждении перечня вопросов, подлежащих проверке аттестующими организациями».

Реализация положений указанных документов для объекта водного транспорта может быть представлена в виде укрупненного алгоритма, показанного на рис. 2, включающего в себя 21 блок. Блоки 1, 2.1–2.3 реализуют положения постановления № 678, приказа № 227 и касаются в основном административно-организационной части. Блоки 2.4–2.6, 3–15 отражают вопросы разработки и внедрения комплекса технических средств охраны (ТСО), 16, 17 — отражают процедуры поставки оборудования на объекты, 18 — выполнение пусконаладочных работ и должны отвечать требованиям постановления № 969. Блок 19 отражает не только обучение персонала объекта эксплуатации ТСО, но и весь комплекс вопросов по приказам № 59, № 227.

Проблемность реализации требований по транспортной безопасности

Проблемность реализации требований перечисленных выше документов заключается в следующем.

1. Требования для объектов водного транспорта почти 5 лет базировались на положениях приказа министерства транспорта № 41, 2011 г. и были разработаны в соответствии со статьей 8 закона № 16-ФЗ «О транспортной безопасности» [2]. По мере апробации положений указанных требований, появления более совершенных правил досмотра, дополнительного досмотра, повторного досмотра, введения отдельных регламентированных параметров функционирования СБ, гармонизации требований с учетом возможных нарушений прав человека при досмотрах, распространении требований на объекты, создаваемые, эксплуатируемые и используемые во внутренних морских водах, в территориальном море, исключительной экономической зоне, на континентальном шельфе установок и сооружений на основе морских плавучих платформ, вышло в свет новое постановление правительства РФ № 678, 2016 г. «О требованиях по обеспечению транспортной безопасности, в том числе требованиях к антитеррористической защищенности объектов (территорий), учитывающих уровни безопасности для различных категорий объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств морского и речного транспорта» [3]. При этом субъекты ТБ обязаны провести дополнительную оценку уязвимости и утвердить таковую в 3-х месячный срок, начиная с даты вступления в силу данного постановления. Соответственно, с учетом дополнительной оценки уязвимости надлежит внести изменения и в план ТБ в 6-ти месячный срок с той же даты.

Требования определяют систему мер, реализуемых субъектами транспортной инфраструктуры, объектами, судами для защиты объектов от потенциальных, непосредственных и прямых угроз совершения АНВ. Требования являются одними из основных материалов с целым рядом регламентированных параметров при оценке уязвимости объектов транспорта в ходе анализа состояния СБ и ее функционирования. Отмеченные параметры касаются следующих показателей:

- периодичности проведения учений и тренировок для различных категорий объектов;
- периодичности патрулирования для разных категорий объектов при различных уровнях безопасности;

- времени перехода на другой уровень безопасности;
- времени хранения данных с ТСО;
- времени проведения оценки уязвимости и разработки плана транспортной безопасности;
- процента дополнительного досмотра физических лиц (ФЛ) и материальных объектов (МО);
- числа сотрудников, взаимодействующих с ТСО, одновременно считывающих данных с ТСО либо осуществляющих досмотр, дополнительный или повторный досмотр;
- процента досмотра ФЛ и МО, проходящих в зону ТБ, критических элементов (КЭ), процента досмотра проходящих и перемещающихся ФЛ и МО через контрольно-пропускные пункты (КПП).

2. Настоящие требования применяются для следующих объектов транспортной инфраструктуры:

- морские терминалы;
- судходные гидротехнические сооружения;
- порты, которые расположены на внутренних водных путях и в которых осуществляются посадка (высадка) пассажиров и (или) перевалка грузов повышенной опасности на основе специальных разрешений, выдаваемых Правительством РФ в соответствии с законом № 16-ФЗ;
- объекты систем связи, навигации и управления движением судов, расположенных вне морских терминалов, акваторий морских портов и портов, используемых на внутренних водных путях;
- искусственные острова, установки и сооружения, в том числе на основе морских плавучих платформ, расположенных во внутренних морских водах, территориальном море, исключительной экономической зоне и на континентальном шельфе РФ;
- участки внутренних водных путей, а также иные обеспечивающие функционирование транспортного комплекса здания, сооружения, устройства и оборудование морского и речного транспорта, определяемые правительством РФ в соответствии с законом № 16-ФЗ к объектам транспортной инфраструктуры, не подлежащим категорированию.

Документ применяется для следующих транспортных средств под государственным флагом РФ:

- суда, используемые в целях торгового мореплавания;
- суда, используемые на внутренних водных путях для перевозки пассажиров за исключением прогулочных судов, спортивных парусных судов и (или) перевозки грузов повышенной опасности, допущенных к перевозке правительством РФ и № 16-ФЗ;

Все перечисленное охватывает более широкий круг субъектов и объектов, где надлежит реализовывать положения ТБ.

Наиболее проблематичным является: создание сил ТБ на судах, поскольку в их состав фактически входят как штурманский состав, так и матросы палубной команды, многие из которых не имеют даже средне-технического образования и не учатся в средних или высших специализированных учреждениях, что не соответствует приказу № 231. Помимо этого, по меньшей мере в дополнение к кодексу ОСПС данный контингент должен пройти обучение по процедурам досмотра, наблюдения, собеседования, а штурманский состав еще и по управлению ТСО. Поскольку вахта на судах — круглосуточная, то практически все перечисленные члены экипажа должны пройти обучение и аттестацию, да еще по нескольким специальностям (а их 8, приказ № 59), что в финансовом плане и временном ляжет огромным бременем на судоходные компании.

К этому следует добавить не менее проблематичный вопрос о проверке ТСО (постановление № 969), поскольку и эта процедура ложится на владельцев водного транспорта, а сертификация здесь вообще не выполнима в отношении охранного оборудования уже установленного на судах и в портовых средствах — можно говорить лишь о некоторой (весьма упрощенной) проверке некоторых функциональных свойств, а это потребует весьма спорного согласования методики испытаний владельцем и испытательной лабораторией.

Таким образом, в ближайшее время субъекты и объекты водного транспорта столкнутся с большими проблемами по реализации новых положений по ТБ.

Литература

1. Пивоваров А.Н. Транспортная безопасность объектов, средства укрепления объектов и инженерно-технические системы охраны ч.1, ч. 2, 2014, СПб. ЗАО «Сивел». — 261с.
2. Закон «О транспортной безопасности», № 16-ФЗ, 2007.
3. Постановление правительства РФ № 678, 2016.
4. Постановление правительства РФ № 969, 2016.
5. Приказ министерства транспорта № 227, 2015.
6. Приказ министерства транспорта № 231, 2014.
7. Приказ федерального агентства морского и речного транспорта № 59, 2016.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ АУДИТ КАК ГЛАВНЫЙ КРИТЕРИЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

В.В. Приймак, М.А. Марченко, Г.К. Ивахнюк

*Санкт-Петербургский университет Государственной
противопожарной службы МЧС России*

Несмотря на тенденцию снижения числа чрезвычайных ситуаций за последние годы в России, решение проблемы обеспечения безопасности населения и территории страны в нынешнее время остается актуальным по причине существующих угроз возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, а также нарастанием терроризма, причин и возможностей развязывания войн в мире [1]. Нефтегазовая промышленность является стратегическим приоритетом любой развитой страны, поскольку от минерально-сырьевых источников и продуктов зависит эффективность функционирования других отраслей промышленности.

Добыча, транспортировка и хранение нефти и нефтепродуктов относится к ряду потенциально опасных производств, а соответствующие объекты, на которых производятся подобные операции, являются объектами повышенного риска. Резервуары и резервуарные парки как основные сооружения складов нефти и нефтепродуктов распространены в различных отраслях народного хозяйства. Они входят в технологические схемы сбора и подготовки нефти, магистральных трубопроводов, нефтеперерабатывающих заводов, перевалочных и распределительных нефтебаз, предприятий автомобильного, железнодорожного, водного и воздушного транспорта, теплоэлектростанций и теплоэлектроцентралей, строительных организаций, промышленных предприятий, механизированных сельскохозяйственных предприятий. В связи с этим обеспечение безопасности и оценка риска при транспортировании и хранении нефтепродуктов приобретает первостепенное значение [2–5].

Полная официальная информация о реальном возрасте нефтепроводов в России недоступна. На основе имеющихся данных известно, что в среднем износ основных фондов в системе магистральных трубопроводов России превышает 70%. Только 7% российских нефтепроводов находятся в эксплуатации менее 10 лет, а 34% экс-

плуатируются свыше 30 лет. 70% резервуаров, в которых происходят технологические процессы по транспортировке и хранению нефти, имеют возраст более 20 лет.

Анализ отечественной и зарубежной статистики показывает, что интенсивность аварий на нефтепроводах имеет выраженный региональный характер. Зависит это от различных локальных факторов: климатического, инженерно-геологического и геодинамического характера, особенностей сооружения и эксплуатации конкретного участка, развитостью промышленной и транспортной инфраструктуры, общей хозяйственной активности в регионе [6]. Основную опасность представляют случаи аварийной разгерметизации нефте- и газопроводов. Как правило, зачастую этими опасными местами являются участки подводных переходов и участки, проходящие вблизи населенных пунктов (это могут быть и обычные районы строительства, пересечения с автомобильными и железными дорогами). При авариях, возникающих на трубопроводах транспорта горючих жидкостей, происходит сильное и стойкое загрязнение окружающей среды, интенсивно влияющее на почву, грунт, сточные и открытые водоемы, не говоря уже об опасности воздействия пролитых углеводородных жидкостей на флору и фауну.

Согласно анализу статистических данных резервуарных парков хранения нефти и нефтепродуктов [3], возможными сценариями по возникновению и развитию аварий на подобных объектах могут быть:

- пожары разлившейся жидкости;
- взрывы в газовом пространстве резервуара;
- пожары в резервуарах;
- гидродинамическая волна прорыва при мгновенном раскрытии резервуара.

Основная опасность связана с вероятностью полного разрушения резервуара с возникновением гидродинамической волны прорыва. Сам процесс разрушения резервуара очень быстрый, а ударная сила волны прорыва очень велика, при этом обвалование, основанное на расчетных данных и рассчитанное на гидродинамическое удержание вылившейся жидкости, под действием гидродинамического потока в 49% случаев разрушалось или промывалось, а в 29% — поток просто перехлестывал через него. Это приводит к растеканию жидкости по прилегающей территории на большие площади и создает опасность для технологического оборудования, находящегося по соседству рядом с разрушенным резервуаром [3, 4].

Опять же, исходя из анализа материалов по расследованию аварий, происшествия распределяются в следующем порядке:

1. Дефекты оборудования и труб [4, 8–13, 14–16].
2. Брак при проведении строительно-монтажных работ [9, 10, 12–18].
3. Механические повреждения трубопроводов [10, 11, 16].
4. Внутренняя коррозия и эрозия [9, 10].
5. Проведение различных маневровых работ [9, 11, 16, 18].

Таким образом, причины возникновения аварий выстроились в следующем порядке и приведены в таблице [3, 7–17].

Нефть с высоким содержанием сернистых соединений способна вызывать коррозионный износ аппаратуры и трубопроводов, что приводит к снижению общего срока службы всего оборудования и может привести к аварийной разгерметизации и выбросу опасных веществ в окружающую среду с последующим взрывом и пожаром. Отсюда следует, что коррозионное разрушение (несмотря на общую прочность всей конструкции трубопроводов), чаще всего имеет локальный характер и не приводит к катастрофическим последствиям. Но несвоевременная локализация и промедления при предотвращении аварии может привести к дальнейшему ухудшению развития сценария аварии.

Аварии на насосных станциях имеют место быть из-за неправильного проведения обслуживающе-ремонтных работ при скоплении паров ЛВЖ в здании насосной, а также аварийная остановка насосов может привести к нарушению гидравлического и теплового режима системы и разрушению оборудования. Необходимо пони-

Таблица

Причины аварий и отказов на нефтепроводах

Причины аварий и отказов	Кол-во аварий и отказов, %
Дефект труб	9
Дефект оборудования	6
Брак строительно-монтажных работ	27
Механические повреждения трубопроводов	28
Внутренняя коррозия и эрозия	9
Нарушение требований правил эксплуатации	5
Подземная коррозия	12
Неустановленные причины	4

мать, что отдельные элементы конструкции насосов обладают низкой живучестью (особенно остро это касается торцевых уплотнений), что уже является источником утечек горючих жидкостей, что в совокупности с прочими опасными факторами, возникающими на подобных объектах, способно перерасти в серьезную чрезвычайную ситуацию.

Несмотря на то, что технический прогресс существенно шагнул вперед в области резервуаростроения, резервуары для нефтепродуктов и других горючих жидкостей так и остаются одними из наиболее опасных объектов. Эти опасности существуют по следующему ряду причин:

1. Высокая пожаровзрывоопасность хранимых продуктов.
2. Большие размеры конструкций и связанная с этим большая протяженность сварных швов, которые трудно контролировать по всей длине, требующие к себе повышенного внимания при проведении различных технических видов работ и обслуживания.
3. Несовершенство геометрической формы, неравномерные просадки оснований.
4. Большие перемещения стенки, особенно в зонах геометрических искажений проектной формы.
5. Высокая скорость коррозионных повреждений.
6. Малоцикловая усталость отдельных зон стенки конструкций.
7. Сложный характер нагружения конструкции в зоне уторного шва в сочетании с практическим отсутствием контроля сплошности этих сварных соединений.

На практике большинство хрупких разрушений возникает от сварочных дефектов, низкой температуры (влияющая на прочность металла), различных дефектов, усиливающихся коррозионными процессами и усталостными напряжениями в стенках резервуаров и сварных швов, являющихся главной причиной постепенных отказов, приводящих к общей потере герметичности и в последующем целостности всей конструкции.

Часто к аварийным ситуациям при хранении нефтепродуктов приводит осадка основания резервуара. Осадка основания происходит неравномерно, около стенок она достигает наибольших своих значений и наименьших — в центре. Это приводит к появлению повреждений окраин основания корпуса и днища конструкции резервуара, что влечет за собой появление неравномерного распределения напряжений внутри стенок и швов конструкции резервуара

и отражающееся в изменении формы цилиндрической оболочки с последующим образованием характерных выпуклостей и вмятин. Осадка оснований резервуаров, вызываемая деформацией грунтов, является неизбежным явлением, которая происходит в результате давления на грунт массы конструкции резервуара и хранимой в нем жидкости. Сочетание значительных эксплуатационных напряжений с неравномерной осадкой по периметру резервуара, может привести к разрушению узла сопряжения или к самому разрыву полотна днища.

В мировой практике эксплуатации стальных резервуаров известны случаи разрушения резервуаров, вызванные неравномерными осадками основания. Изучение актов расследования аварий резервуаров за последние 30 лет показал, что 38 аварий из 44 произошли из-за неравномерности осадки основания, в сочетании с другими факторами приведшая к полному уничтожению резервуара [18].

Исходя из статистических данных по аварийным ситуациям на промышленных объектах, их можно объединить в следующие группы:

1. Разрушение (разгерметизация) технологического оборудования, трубопроводов и арматуры, отказы систем противоаварийной защиты объекта.

2. Влияние человеческого фактора.

3. Внешние воздействия природного и техногенного характера.

К причинам, связанным с разрушением (разгерметизацией) оборудования и трубопроводов и отказами систем противоаварийной защиты (ПАЗ) объекта, относятся:

- нарушение прочности линейной арматуры и трубопроводов;
- воздействие внешних механических повреждений арматуры и трубопроводов;
- причины, характерные с типовыми процессами;
- прекращение подачи энергоресурсов (электроэнергии).

Наиболее распространенный вид внешнего механического воздействия на арматуру и трубопроводы — повреждения, наносимые специальной техникой при проведении работ в зоне нефтепровода. Также необходимо учитывать сами гидродинамические процессы, которые неизбежны при транспортировке горючих жидкостей. Характерной особенностью является их нестационарность. Перепады давления, непредсказуемые динамические и существующие статистические нагрузки создают благоприятные

условия для деформационных процессов металлоконструкций. Нестационарность процессов влечет за собой появление гидравлических ударов внутри трубопроводной системы, приводящих к вибрации и, как следствие, нарушению герметичности трубопроводов вплоть до полного их разрушения. Трубопроводные системы являются источником повышенной опасности ввиду большого количества сварных и фланцевых соединений, запорной и регулирующей арматуры, «жестких» условий работы и больших объемов транспортируемого по ним продуктов. Нестационарность процессов транспорта жидких углеводородов может послужить «катализатором» нарушения герметичности системы.

Причинами возникновения аварийных ситуаций на нефтепроводе могут служить следующие факторы [19]:

- неудовлетворительное техническое состояние оборудования, физический и моральный износ;
- отсутствие или некорректная работа оборудования необходимого для предотвращения аварий;
- недостаточная профессиональная подготовка производственного персонала и специалистов, человеческий фактор;
- несовершенство технологических процессов.

К источникам зажигания на исправных резервуарах относятся процессы самовозгорания пирофорных отложений, процессы возникновения атмосферного электричества, технологические искры или разряды статистического электричества и открытое пламя при проведении различных огневых работ. Групповые пожары (так называемый эффект «домино») на цистернах возникают на загазованных территориях или происходят из-за распространения пожара на соседнюю группу цистерн в виде растекания нефтепродукта из разрушенного резервуара. Как правило, чаще всего подобные аварии влекут за собой уничтожение или выход из строя сразу нескольких цистерн.

Приведенные выше данные показывают, что аварии на железнодорожных эстакадах при приёме нефтепродуктов также могут являться источниками ЧС с одновременным групповым поражением людей. Такие аварии могут сопровождаться пожарами, взрывами и загазованностью территории продуктами горения с последующим поражением персонала [6, 20].

Из проведенного анализа можно сделать вывод, что технологическое аудирование предприятий НГК будет своеобразным инструментом управления уровнем их промышленной безопасности. Сам

технологический аудит условно разделяется на две области применения: отраслевой (рассматривается каждый вид промышленности) и агрегатный (аудит применяемого оборудования и их узлов, применяемого для каждого вида промышленности).

Подводя итог, можно выделить четыре аспекта Технологического аудирования:

1. Применение новых технологий, соответствующих современному научно-техническому прогрессу.
2. Общая модернизация технологического оборудования.
3. Подбор конструкционных материалов, снижающих вероятность возникновения ЧС.
4. Исключение (или снижение вероятности) влияния «Человеческого фактора» на производственный процесс (различные психологические факторы, уровень квалификации обслуживающего персонала и т.д.).

Целью технологического аудита является улучшение критериев технологического совершенства промышленного объекта:

1. Ресурсосбережение (или материалоотдача);
2. Фондоотдача.
3. Энергосбережение.
4. Экологическая безопасность.
5. Промышленная безопасность.

В настоящее время необходимо уделять серьезное внимание основам технологического аудита и его влияния на важные экономические и экологические показатели. Для этого следует продолжать процесс дальнейшего развития в нашей стране инновационной инфраструктуры, создание возможностей для предприятий НГК на получение современного технологического оборудования и формирование национальной базы данных по научно-техническим разработкам как по отечественным, так и по зарубежным.

Литература

1. Савчук О.Н., Крейтор В.П. Безопасность жизнедеятельности. Прогнозирование последствий чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера: учебное пособие по специальности 20.05.01 — «Пожарная безопасность» / Под общей редакцией Э.Н. Чижикова. — СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России. 2017. 152 с.

2. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» № 116-ФЗ от 21.07.97.

3. Швырков С.А., Семиков В.Л., Швырков А.Н. Анализ статистических данных разрушений резервуаров // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. 1996. Вып. 5. С. 39–50.

4. Сучков В.П. Актуальные проблемы обеспечения устойчивости к возникновению и развитию пожара технологий хранения нефти и нефтепродуктов. — М.: ЦНИИТ Энефтехим. 1995.

5. Козлитин А.М., Попов А.И. Методы технико-экономической оценки промышленной и экологической безопасности высокорисковых объектов техносферы. — Саратов: СГТУ. 2000. 216 с.

6. Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах. — М.. 1999. ОАО «АК ТРАНСНЕФТЬ». 94 с.

7. Сучков В.П., Безродный И.Ф., Вязниковцев А.В., Гилетич А.Н., Молчанов В.П., Швырков А.Н. Пожары резервуаров с нефтью и нефтепродуктами: Обзорная информация // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. — М.: ЦНИИТЭнефтехим. 1992. Вып. 3–4. 70 с.

8. Эпов А.Б. Аварии, катастрофы и стихийные бедствия в России. — М.: Финиздат. 1994. 342 с.

9. Кочетков К.Е. Аварии и катастрофы. Учеб. пособ. — М.: Изд-во АСВ. 2003. 408 с.

10. Публиковский К.Б. «Почему в стране не работает рынок экспертных услуг» // Безопасность труда в промышленности, 2008, № 8. С. 3.

11. Хроника аварий // Безопасность труда в промышленности, 2008. № 8. С. 81.

12. Хроника аварий // Безопасность труда в промышленности, 2008. № 10.

13. Хроника аварий // Безопасность труда в промышленности, 2009. № 3.

14. Хроника аварий // Безопасность труда в промышленности, 2009. № 7.

15. Прусенко Б.Е., Мартынюк В.Ф. Анализ аварий и несчастных случаев в нефтегазовом комплексе России. 2007, 312 с.

16. Хроника аварий // Безопасность труда в промышленности, 2009. № 1.

17. Соловьянов А.А. Оценка опасности и прогнозирование аварий, связанных с выбросом химических веществ // Рос. хим. журнал, 1993. № 4. С. 66–74.

18. Кондрашова О.Г., Назарова М.Н. Причинно-следственный анализ аварий вертикальных стальных резервуаров // Нефтегазовое дело. 2004.

19. Стрелкова Е.В., Боякова Е.Н., Потеряев Ю.К. Определение возможных причин и факторов, способствующих возникновению и развитию аварии на нефтеперерабатывающем промышленном объекте // Экология энергетика экономика (выпуск X), Безопасность в чрезвычайных ситуациях. — СПб.: Изд-во Менделеев. 2006. 244 с.

20. РД 03-357-00 Методические рекомендации по составлению декларации промышленной безопасности опасного производственного объекта». Научно-технический центр по безопасности в промышленности ГТН России, — М. 2000.

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

А.С. Рыжко

*Санкт-Петербургский университет Государственной
противопожарной службы МЧС России*

В настоящее время с учётом возросшей напряжённости в межгосударственных отношениях и резкой активизации деятельности международных террористических организаций обеспечение безопасности критически важных и потенциально опасных объектов является одним из важнейших направлений в работе по обеспечению безопасности населения.

На уровне руководства страны принят ряд документов [1–3], определяющих стратегию данной деятельности, обязывающих соответствующих руководителей организаций, эксплуатирующих опасные производственные объекты, создавать системы управления промышленной безопасностью и обеспечивать их функционирование. Определён перечень документов, на основе которых должно осуществляться управление промышленной безопасностью.

У человека, далёкого от этой сферы деятельности, может появиться вопрос: «Какая связь между физической защитой объекта и промышленной безопасностью?» Физической защитой занимаются подразделения охраны, часто даже другого ведомства, нежели объект, а задача обеспечения промышленной безопасности в основном лежит на инженерно-техническом составе объекта.

Дилетанту можно простить этот вопрос, но, к сожалению, на практике часто дело обстоит именно так, что процессы обеспечения физической защиты объекта и промышленной безопасности на нём идут параллельно друг другу, в то время, когда это должна быть единая система.

Многие практические работники, занимающиеся вопросом обеспечения безопасности критически важных и потенциально опасных объектов, понимают это и стремятся создать единую систему управления безопасностью, ведь в конечном итоге всё работает на обеспечение промышленной безопасности [4, 5].

Можно привести большое количество теоретических исследований этого вопроса, и здесь мнение учёных сходится к тому, что в современных условиях при данном уровне развития техники и способов промышленного шпионажа и совершения диверсий необходима комплексная система обеспечения безопасности [6, 7].

Можно на отдельно взятом объекте, опираясь на опыт, профессиональную эрудицию и понимание всеми специалистами важности вопроса, создать систему обеспечения комплексной безопасности объекта с постоянным мониторингом всех её составляющих (безопасность технологических процессов, пожарная безопасность, информационная безопасность, состояние системы физической защиты и т.д.) и выработкой решения на действия в случае нештатной ситуации.

Вместе с тем совершенно очевидно, что здесь нужен единый подход, основанный на системном анализе процесса управления безопасностью, с выработкой практических рекомендаций, с процедурой перевода их в нормативные документы, разработкой методики системного анализа процесса управления безопасностью объектов при проверках.

С учётом того, что объекты очень разнообразны по ведомственной принадлежности, потенциальной опасности, применяемым системам физической защиты, целесообразно системный анализ процесса управления безопасностью применять к группам однотипных объектов.

На начальном этапе исследования необходимо обосновать требования к системе безопасности. На основе этого разработать процесс обеспечения требуемого уровня безопасности. Далее, в соответствии с методами системного подхода обосновать мероприятия процесса подготовки к обеспечению нужного уровня безопасности, а также методику контроля процесса управления безопасностью. Разработать модель и методы поддержания процесса управления безопасностью на требуемом уровне.

Безусловно, что переход на новую технологию управления безопасностью критически важных и потенциально опасных объектов потребует новых станционных систем, обеспечивающих мониторинг в режиме реального времени всех составляющих безопасности. На сегодняшний день перспективными для данных целей являются PSIM — платформы [8], которые уже используются в обеспечении безопасности объектов. Расширить их возможно-

сти можно за счёт добавления новых модулей контроля всех составляющих безопасности объекта.

Это позволит в режиме реального времени на едином пульте управления безопасностью объекта отслеживать все нештатные ситуации и контролировать действия дежурных смен по их нейтрализации.

Литература

1. Основы государственной политики в области обеспечения безопасности населения Российской Федерации и защищенности критически важных и потенциально опасных объектов от угроз техногенного, природного характера и террористических актов на период до 2020 года. Утверждены Президентом Российской Федерации 15.11.2011 г. № Пр-3400.

2. Федеральный закон от 21.07.1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

3. Постановление Правительства Российской Федерации от 26.06.2013 г. № 536 «Требования к документационному обеспечению систем управления промышленной безопасностью».

4. Пучнин А.О. Актуальные проблемы обеспечения безопасности критически важных объектов / А.О. Пучнин // Системы безопасности. 2010. № 4. С.12–14.

5. Надеждин Ю. Безопасность АСУ ТП критически важных объектов / Ю. Надеждин // Системы безопасности. 2014. № 2. С. 34–39.

6. Матвеев А.В. Схема выработки управленческих решений на основе структурно-функционального синтеза системы обеспечения безопасности потенциально опасных объектов // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2013. №1. С. 60–68.

7. Матвеев А.В., Бурлов В.Г. Основы теории синтеза облика системы обеспечения безопасности и способов ее функционирования на потенциально опасных объектах // Проблемы управления рисками в техносфере. 2012. № 3 (23). С. 6–13.

8. Скворцов А.В. PSIM: фундаментальный принцип безопасности промышленных объектов / А.В. Скворцов // Алгоритм безопасности. 2016. № 4. С. 70–72.

ТЕЛЕФОННЫЙ ТЕРРОРИЗМ — ПРЕЛЮДИЯ К НАСТОЯЩЕЙ УГРОЗЕ

А.С. Сердюкова, А.И. Телегина

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Каждый день мы подвергаемся психологическому воздействию. Оно позволяет влиять на чувства и эмоции, управлять поведением человека. Психологическое воздействие — это мощный инструмент в умелых руках. Страх — самая пагубная эмоция, это чувство, зарождающееся у людей при опасностях, в том числе террористических актах. Наиболее частым и общим поведенческим следствием эмоциональных переживаний страха и ужаса является массовая паника. Именно такая паника является основным выражением террора [1].

После взрыва на перегоне станций метро Сенная площадь — Технологический институт в городе Санкт-Петербург 3 апреля 2017 года пострадавшие рассказывали, что сразу после происшествия они торопились покинуть станцию метро. Они безотчетно бежали по лестнице, а затем оказывались сидящими в ближайшем кафе или быстро возвращались домой на такси. Лишь спустя час они «просыпались», то есть чувствовали, что очнулись от этого состояния. Затем они винили себя в том, что не оказали помощь многочисленным раненым, которых хорошо видели и помнили в тот момент, когда совершали «автоматический» побег.

В подобных случаях люди, пережившие состояние страха, ужаса, оцепенения, начинают искать различные способы противодействовать террористам, чтобы пресечь дальнейшие угрозы своей жизни.

В настоящее время основным каналом поступления сообщений, информирующих о захвате заложников, предстоящих терактах и прочих правонарушениях, является телефон.

Телефонный терроризм — заведомо ложное сообщение в спецслужбы о готовящемся террористическом акте, взрывном устройстве или преступлении. Целью таких сообщений может быть банальное хулиганство, шантаж конкретного человека или срыв работы важного объекта или мероприятия. На сегодняшний день в стране зарегистрировано огромное количество случаев, связанных с телефонным терроризмом.

В частности телефонный терроризм может иметь «шутейскую» окраску, что также приносит не менее значительный ущерб человеку, предприятию или какому-либо заведению [2].

Телефонный терроризм является средством психологического воздействия, конкретно невротического страха, вызывая неадекватное поведение, практически влияющий на весь рабочий день.

По последним данным известно, что шквал анонимных телефонных звонков с сообщениями о якобы готовящихся терактах сотрясает нашу страну с 11 сентября 2017 года, когда огромное количество таких сигналов получили экстренные службы по всей России. За первую неделю в связи с такими звонками было эвакуировано в общей сложности около 540 тыс. человек по всей стране более чем из 1200 объектов. На территорию Санкт-Петербурга поступил 31 звонок о минировании торговых центров, учебных заведений и объектов органов власти [3, 4].

Подобные ситуации приносят стране не только психологический, но и значительный экономический ущерб.

Такой глобальной проблемой непосредственно заинтересовались депутаты Государственной Думы. Они ссылаются на «независимые источники», которые подсчитали, что к настоящему времени ущерб от телефонного терроризма составляет более 1 млрд рублей.

Так, экономические потери от ложного звонка о минировании одного из супермаркетов составляет до 2-х млн рублей. Сюда включается аренда помещения, заработная плата сотрудников (консультантов), продажа товара и репутационные риски.

Если за единицу взять доход от продажи товара, то аренда и зарплата по 0,3, репутационные риски 0,1. И считая, что в среднем в час пик продажа товаров в супермаркете за два часа составляет 1 млн рублей, то получим цифру убытка:

$$1\,000\,000 + 300\,000 + 300\,000 + 100\,000 = 1\,700\,000 \text{ рублей.}$$

Государство на все отчисления недополучает 918 000 рублей. Это только от одного ложного звонка в один крупный магазин.

Поначалу массовая волна анонимных звонков очень походила на часть крупных антитеррористических учений спецслужб, однако сейчас эта версия выглядит маловероятной. По предварительным данным, до сих пор неизвестно, кто на самом деле является «телефонными террористами». После этих событий появились неофици-

альные версии о том, что те звонки поступали из-за границы — с намерением либо на запрещённое в РФ «Исламское государство», либо на Украину и страны Запада [5].

На сегодняшний день самой известной террористической группировкой является «Исламское Государство», которая создала центр по передаче ложной информации.

«Исламское Государство» и проводимая им деятельность запрещена в России. Но, к сожалению, все больше и больше людей по всей планете попадают под его влияние. По словам президента В.В. Путина на Петербургском международном экономическом форуме, на стороне «Исламского государства» воюют примерно более 5 тысяч человек только из РФ и стран СНГ. «Для нас это реальная угроза. Ведь после окончания боевых действий в Сирии основная масса «российских террористов» пытается вернуться, некоторые возвращаются. Мы и начали-то наши операции там, в Сирии, только потому, что понимали, к чему дело идет», — добавил Путин. Однако «Исламское государство» традиционно использует более жесткие методы демонстрации, и сомнительно, что оно стало бы прибегать к таким смягчающим методам борьбы [6].

Можно считать, что эти анонимные звонки о минировании являются спланированной акцией спецслужб Запада и Украины, ИГИЛ. Для получения доступа к данным об оборонном, экономическом, ресурсном потенциале страны иностранные спецслужбы используют новые методы сбора и вброса информации, кибератаки, попытки вербовать агентов. Более того, по словам президента, западные спецслужбы также поддерживают террористов.

Мы все прекрасно понимаем, что как бы то ни было, мы находимся в условиях войны с международным терроризмом, и не только Санкт-Петербург, но и весь мир в целом.

Из-за многократных ложных звонков наши правоохранительные органы и спецслужбы не смогут своевременно отреагировать на истинный вызов, чем руководствуются иностранные государства, усыпляя нашу бдительность перед реальной угрозой.

Общие рекомендации для населения при угрозе терроризма.

Как известно, к террористическому акту подготовиться заранее невозможно. Но можно попытаться минимизировать последствия. Необходимо проявлять бдительность и не стоит забывать о том, что внешний вид предмета может скрывать его настоящее назначение!

Правоохранительным органам значительно помогут следующие ваши действия при телефонном терроризме:

- не допускайте паники, истерики и спешки;
- постарайтесь дословно запомнить и по возможности зафиксировать его на бумаге;
- в ходе разговора отметьте особенности речи звонившегося и попытайтесь оценить звуковой фон;
- отметьте характер звонка (городской или международный);
- обязательно зафиксируйте точное время начала разговора и его продолжительность;
- максимально ограничьте число людей, владеющих полученной информацией;
- незамедлительно сообщите спецслужбе о данном разговоре [7].

Литература

1. Бутков П.П. Терроризм и проблема безопасности в современном мире: монография / П.П. Бутков, А.И. Зайцев. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. 2015. 336 с.

2. Бутков П.П. Терроризм и проблема безопасности в современном мире: Учебное пособие. — СПб.: ГУАП. 2004. 56 с.

3. Телеканал Санкт-Петербург. [Электронный ресурс] URL: <https://topspb.tv/news/2017/09/15/aleksandr-govorunov-soobsheniya-ominirovanii-postupali-v-peterburg-iz-za-granicy/>

4. Газета «Комсомольская правда». [Электронный ресурс] URL: <https://www.spb.kp.ru/daily/26698/3722317/>

5. Газета «Наша версия». [Электронный ресурс] URL: <https://versia.ru/kto-organizoval-terroristicheskuyu-ataku-po-telefonu>

6. Агентство «РИА Новости». [Электронный ресурс] URL: <https://ria.ru/syria/20170906/1501858204.html>

7. Биненко В.И., Бутков П.П. Терроризм и проблема безопасности в современном мире. — СПб. 2006. 107 с.

ФОРМА, РАЗМЕРЫ И МОЩНОСТЬ МОДЕЛЬНОГО ОЧАГА ПОЖАРА ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ОГНЕТУШИТЕЛЕЙ

И.А. Сорокин, Д.Ф. Кожевин, А.С. Поляков

*Санкт-Петербургский университет Государственной
противопожарной службы МЧС России*

Неотъемлемой частью противопожарной защиты объекта являются первичные средства пожаротушения [1]. Огнетушитель в этом ряду занимает не последнее место. Одним из наиболее важных и показательных характеристик, определяемых при испытаниях огнетушителей, является огнетушащая способность. Определение огнетушащей способности осуществляется исключительно проведением натурных огневых испытаний на модельных очагах пожара [2, 3]. В качестве альтернативного существующему модельному очагу пожара (далее — МОП) рассмотрен авторский вариант МОП (представлен на рисунке), предполагающий применение газовой грелки в составе испытательного стенда [4]. Использование газовой горелки представляется наиболее удобным для проведения огневых испытаний огнетушителей при оценке соответствия их характеристик установленным требованиям.

В результате проведенного исследования полученные характеристики авторского варианта МОП, в зависимости от геометрических размеров и расхода горючего газа, подтвердили соответствие стандартным требованиям, предъявляемым к модельным очагам пожара.

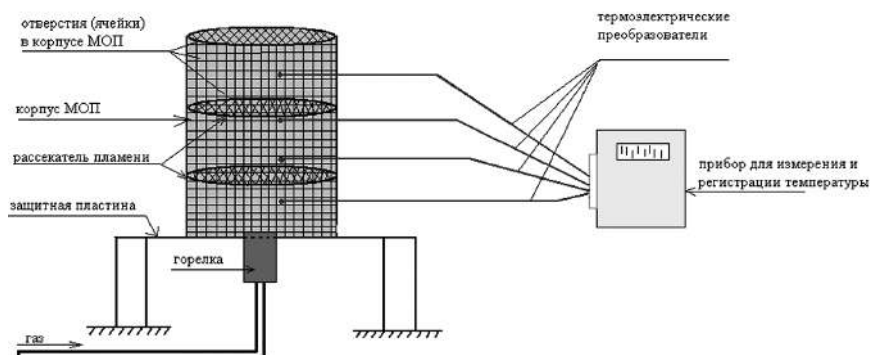


Рис. Стенд для испытаний огнетушителей

Корпус МОП имеет цилиндрическую форму (без нижнего основания) и является съёмным. Корпус выполнен из металлической сетки, а для обеспечения условий сгорания горючей смеси имеет изменяемые (в случае необходимости) размеры ячеек в свету. Рассекатели пламени горелки установлены на фиксированных расстояниях от нижнего его основания и обеспечивают равномерное распределение тепла по корпусу МОП. Измерения температуры на поверхности МОП осуществляют термоэлектрические преобразователи, установленные на расстояниях от основания МОП, позволяющих отслеживать изменение температурного режима при проведении испытаний. Используемые термоэлектрические преобразователи имеют диапазон измерений, соответствующий условиям проведения испытаний. Подача горючего газа в МОП регулируется ротаметром.

Существует большое количество разнообразных горелок, имеющих различные формы и типы исполнения. Однако, как правило, их пламя имеет вытянутую форму. Учитывая данное обстоятельство, а также необходимость регистрации различных параметров испытаний предпочтение отдано цилиндрическому варианту формы МОП.

Определение геометрических размеров МОП выполнено из условия обеспечения стационарного распределения теплового потока от пламени горелки (при постоянных характеристиках применяемой сетки и теплового потока). В таком случае (рисунок) тепловой поток от газовой горелки распределяется и поглощается массой корпуса (сеткой) МОП (цилиндрической поверхности) и четырех деталей с поверхностями круглого сечения (торец цилиндра, защитная пластина его опоры и два рассекателями пламени). Сумма указанных поверхностей (при одинаковой толщине деталей, влияющей на величину массы) равна:

$$F = 4\pi R^2 + 2\pi RH, \quad (1)$$

где R — радиус цилиндра МОП, м;

H — высота цилиндра МОП, м.

Очевидно, что для равномерности распределения температуры необходимо, чтобы разность мощностей тепловых потоков, проходящих через эти элементы конструкции МОП была (по возможности) минимальной:

$$\Delta q(R, H) = q4\pi R^2 - q2\pi RH \rightarrow \min, \quad (2)$$

где Δq — разность мощностей тепловых потоков, проходящих через элементы конструкции МОП, Дж;

q — интенсивность теплового излучения газовой горелки, кВт/м²;

R — радиус цилиндра МОП, м;

H — высота цилиндра МОП, м.

После дифференцирования уравнения (2) по переменной R получаем:

$$8\pi R^2 - 2\pi RH = 0, \text{ откуда: } H = 2D, \quad (3)$$

где D — диаметр цилиндра МОП, м;

H — высота цилиндра МОП, м.

Таким образом, оптимальное соотношение между геометрическими размерами МОП, обеспечивающее равномерность распределения теплового потока, составит:

$$H = 2D, \quad (4)$$

где D — диаметр цилиндра МОП, м;

H — высота цилиндра МОП, м.

Проведение серии экспериментов на корпусах МОП из сеток с номинальными размерами ячеек: $0,20 \times 0,13$; $0,50 \times 0,50$; $0,63 \times 0,25$; $3,2 \times 3,2$; $3,0 \times 3,0$ и $10,0 \times 10,0$ мм подтвердило, что соотношения размеров корпуса МОП, позволяющих равномерно распределять пламя горелки, полученные при диаметрах 50, 55 и 60 мм и высоте — 100 и 150 мм, практически соответствует равенству (4).

Обоснование формы и размеров корпуса МОП выполнено из условия обеспечения стационарного распределения теплового потока от пламени горелки (при постоянных характеристиках применяемой сетки и теплового потока). При этом мощность тепловыделения горелки N_g (Дж/с = Вт) зависит от величины расхода G (кг/с) горючего газа и его низшей теплоты сгорания Q_n (Дж/кг):

$$N_g = GQ_n. \quad (5)$$

Учитывая, что в процессе одного эксперимента характеристики элементов конструкции МОП неизменны, то температура поверхности сетки будет полностью (исключая теплотехнические потери) зависеть от величины расхода G (кг/с). Изменяя ее, можно задавать

(имитировать) температуру гипотетически горящего тела (нефтепродукта, древесины и других материалов) и определять пригодность огнетушителя для этой цели.

Исходя из серии проведенных испытаний по определению взаимосвязи расхода горючего газа и температуры корпуса исследованного типоразмера МОП, были выбраны следующие характеристики: цилиндр диаметром — 55 мм, высотой — 100 мм, сетка 2-3,2-080 НУ ГОСТ 3826-82* (сталь низкоуглеродистая с размерами ячеек 3,2 × 3,2 мм). Результаты отражены в табл. 1.

В результате проведенных экспериментов определен расход горючего газа и визуально подтверждено равномерное распределение

Таблица 1
**Зависимость распределения температуры по высоте корпуса МОП
от расхода горючего газа**

Расстояние от основания корпуса МОП	Значения температур (°С) на корпусе МОП * при расходах горючего газа (л/мин)			
	1,07	1,34	1,60	2,14
20 мм	235	260	437	510
	227	250	480	482
	219	274	463	513
Среднее значение	227	261	460	502
40 мм	148	155	315	430
	132	149	355	425
	137	182	335	417
Среднее значение	139	162	335	424
60 мм	150	161	390	525
	154	148	447	537
	142	190	386	520
Среднее значение	149	166	408	527
80 мм	250	262	566	681
	257	268	623	785
	257	255	628	799
Среднее значение	255	262	606	755

Примечание: * Время выхода стэнда на рабочий режим составляет 1 мин (время достижения максимального значения температуры в контрольных точках замера на корпусе МОП, которая поддерживается на данном уровне)

пламени по сетке корпуса МОП, при которых регистрируемые значения температур максимальны и стабильны.

Определенные при проведении экспериментов характеристики корпуса исследованного МОП соответствуют требованиям, предъявляемым к МОП ранга 1В и 2В [2]. Данные результатов экспериментов представлены в табл. 2.

Характеристики существующих МОП и их мощность тепловыделения представлены в табл. 3.

Таблица 2

Расход и мощность тепловыделения горючего газа на стенде

Условные единицы ротаметра	Расход газа, q_z		Мощность тепловыделения горючего газа — $Q_{тв.,}$ кВт
	л/мин	10^{-6} м ³ /с	
40	1,07	17,8	1,8
50	1,34	22,2	2,2
60	1,60	26,7	2,7
80	2,14	35,6	3,6

Таблица 3

Мощность тепловыделения и характеристики стандартных МОП класса В

Ранг МОП	Характеристики МОП		
	Внутренний диаметр противня, м	Площадь противня, м ²	Мощность тепловыделения, кВт
1В	0,20	0,03	1,5
2В	0,30	0,07	3,5
3В	0,35	0,10	4,8
5В	0,45	0,16	7,9
8В	0,60	0,28	14,0
13В	0,70	0,39	19,1
21В	0,90	0,64	31,5
34В	1,20	1,13	56,0
55В	1,50	1,77	87,6
70В	1,70	2,27	112,5
89В	1,90	2,83	140,6
113В	2,15	3,63	180,0
144В	2,40	4,52	224,3
183В	2,70	5,72	283,8
233В	3,00	7,07	350,4

Таким образом, зная характеристики существующих МОП и их мощность тепловыделения, существует возможность определения требуемого расхода горючего газа для всех типоразмеров МОП с дальнейшим обоснованием размеров их корпусов.

Литература

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности № 123-ФЗ от 22.06.2008 г. (с изменениями на 29 июля 2017 года).
2. ГОСТ Р 51057-2001 Техника пожарная. Огнетушители передвижные. Общие технические требования. Методы испытаний.
3. ГОСТ Р 51017-2009 Техника пожарная. Огнетушители передвижные. Общие технические требования. Методы испытаний.
4. Сорокин И.А. Патент на полезную модель RU168399 U1 Стенд для испытания огнетушителей / И.А. Сорокин, Д.Ф. Кожевин, А.С. Поляков // Официальный бюллетень. Изобретения. Полезные модели. 2017. № 4.

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ЛЮДЕЙ В ЗДАНИЯХ ПРИ ПОЖАРАХ

Л.Г. Стольникова

*Санкт-Петербургский университет Государственной
противопожарной службы МЧС России*

Возможность безопасной эвакуации людей является наиболее важным аспектом обеспечения пожарной безопасности. Процесс обеспечения безопасности при пожарах в зданиях и сооружениях включает ограничение распространения огня и дыма, затем тушение пожара, а также возможность быстрого вывода людей из горящего здания [2]. Наличие средств противопожарной безопасности, в том числе оптимальных путей эвакуации и аварийные выходы, являются решающим фактором в определении шансов выжить в случае пожара. Возможность безопасной эвакуации зависит, с одной стороны, от места возгорания, степени задымленности, высоты здания, а с другой стороны — от того, как эффективны существующие на объектах средства пожарной безопасности и насколько они пригодны к эксплуатации. Характер эвакуации людей из задымленных помещений существенно отличается от выхода из мест без задымления. Кроме того, поведение пожилых людей, детей младшего возраста, а также недееспособных граждан также значительно отличается от ожидаемых результатов.

Существует связь между задержкой эвакуации и большим числом несчастных случаев при пожаре, особенно в жилых зданиях. Следовательно, время подготовки к эвакуации непосредственно перед самым перемещением людей в безопасную зону рассматривается в качестве одного из ключевых аспектов процесса эвакуации.

Можно выделить три основных группы факторов (рисунок), определяющие качество выполнения противопожарных мер реагирования в случае возникновения пожара в здании:

- опасные факторы пожара;
- факторы, отражающие поведение людей при пожаре;
- конструктивные особенности зданий и сооружений.

Пожар и его последствия являются значительной опасностью для людей, находящихся в здании. Критическими факторами пожара являются: темпы его распространения, выход дыма, токсичность, генерируемое тепло [1].



Рис. Факторы обеспечения безопасности людей при пожаре

Помимо опасности самого огня, человеческий фактор также влияет на эффективность эвакуации при пожаре. Решающими характеристиками являются особенности поведения людей при пожаре, их психо-физиологические особенности, т.е. способность сохранять спокойствие и не поддаваться панике в критических ситуациях, знания и опыт, их наблюдательность, а также способность к передвижению. Данные особенности человеческого поведения, в частности, являются самыми значительными. Они определяют различие между лидерами и всеми остальными. Слишком большое психическое напряжение в экстремальных условиях может привести к ухудшению когнитивных процессов и реакции человека на ту или иную ситуацию.

Третьей группой факторов, которые оказывают непосредственное влияние на показатели эффективности спасения людей при пожарах, являются конструктивные особенности зданий и сооружений.

Физические характеристики конструкции составляют условия, в которых люди могут быстро реагировать, и обеспечивают основные условия для возможности выжить в случае пожара. Прямая связь наблюдается между высокой плотностью людей в зданиях, а значит и возможным скоплением людей на путях эвакуации, формированию паники и высокой вероятностью гибели людей в случае пожара. Есть пять категорий экологических факторов, которые влияют на легкость пути нахождения выхода: визуальный доступ, уровень архитектурной дифференциации, то есть уникальные характеристики здания, которые люди могут использовать для целей ориентации, знание плана здания, наличие вывесок и мест маркировки выходов. Кроме этого, решающими факторами в вопросе сохранения жизни людей при пожарах в зданиях может быть наличие средств индивидуальной защиты органов дыхания или средств самоспасения [3, 4].

С целью обеспечения пожарной безопасности нельзя упускать из внимания поведение человека в зданиях как до, так и во время пожара. С одной стороны, речь идет о социальных аспектах, таких как аффилиативное поведение, в то время как с другой стороны, это касается личных и ситуативных факторов, таких как мобильность и осведомленность. Самое важное препятствие для прогнозирования поведения во время эвакуации состоит в том, что не представляется возможным предсказать, как будет действовать людской поток, когда речь идет о том, когда, где и как им выходить из здания [5]. Без подробных данных об этом невозможно предусмотреть необходимые меры пожарной безопасности в конструкции здания.

Четкие и обширные знания человеческого поведения при столкновении с огнем имеют важное значение для предоставления соответствующих мер для безопасного выхода из него. Для того чтобы определить, какие меры могут ускорить время, необходимое для принятия решений, и какие шаги приведут людей к правильным эвакуационным путям, необходима информация о восприятии, намерений и мотивов тех, кто пытается спастись от пожара. Так как реакция зависит от среды, в которой человек находится, отправной точкой для оценки степени индивидуальной безопасности и обоснования способов по повышению эффективности эвакуации людей в случае пожара должен быть системный учет всех факторов как отражающих конструктивные особенности зданий, так рассмотренные индивидуальные и коллективные особенности при поведении людей при пожаре.

Литература

1. Приказ МЧС России от 30.06.2009 г. № 382 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности».
2. Матвеев А.В., Иванов М.В. Критерий эффективности управления пожарным риском при использовании средств аварийной эвакуации // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2011. № 6-2 (138). С. 165–170.
3. Матвеев А.В., Иванов М.В., Писков В.Ю., Минкин Д.Ю. Модель системы управления аварийной эвакуацией на объектах с массовым пребыванием людей // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. 2011. № 4. С. 10–16.
4. Матвеев А.В., Ефремов С.В. Модель процесса аварийной эвакуации из здания в случае пожара при нестационарном потоке людей // Безопасность жизнедеятельности. 2013. № 2. С. 46–50.
5. Матвеев А.В., Магулян Г.Г. О результатах экспериментов по эвакуации людей из здания в случае пожара при использовании спасательных средств // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире». 2013. № 1. С. 162–167.

СТРУКТУРНО-ВРЕМЕННОЙ ПОДХОД ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАЗРУШЕНИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ КОЛЬЦЕВЫХ ОБРАЗЦОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ МЕТОДОМ

В.А. Морозов, Ю.В. Петров, В.Д. Сухов

Санкт-Петербургский государственный университет

В работе исследуется процесс разрушения кольцевых алюминиевых образцов в условиях высокоскоростного радиального воздействия, создаваемого электромагнитным полем. Полученные в эксперименте временные зависимости критических характеристик анализируются на основе структурно-временного подхода, базирующегося на понятии инкубационного времени разрушения. Известно, что при высокоскоростном динамическом воздействии предельное напряжение не является постоянной величиной в отличие от статических задач, где его можно считать константой материала, определяемой из стандартных тестов. Исследования показывают, что критическое напряжение при динамических воздействиях зависит от многих факторов, таких как скорость деформации, длительность воздействия и т.д. В проведенных нами экспериментах также отмечается ярко выраженная зависимость динамической прочности материала от временных факторов.

Многие опыты по высокоскоростному динамическому нагружению реализуются посредством удара с высокой скоростью. При таком нагружении в образце возникает сложная комбинация волн, которая в итоге может привести к локальному растягивающему воздействию, вызывающему разрыв материала. В настоящей работе рассматриваются опыты по нагружению алюминиевых колец при помощи магнитно-импульсного метода [1–3], который позволяет создавать быстрые растягивающие напряжения без предварительной стадии интенсивного сжатия материала (как это случается в традиционных экспериментах на откол). Также преимущество магнитно-импульсного метода заключается в способности эффективно управлять параметрами процесса нагружения, такими как амплитуда, форма импульса, его продолжительность и т.д.

Эксперименты по электромагнитному нагружению проводились на базе генератора коротких высоковольтных импульсов ГКВИ-300. Данный генератор позволяет создавать различные временные профи-

ли электрических напряжений с амплитудами от 30 до 300 кВ. Для создания импульсов растягивающих напряжений в образцах в диапазоне длительностей от 0,3 мкс до 6 мкс были разработаны три схемы.

На основе блок-схемы, представленной на рис. 1, было реализовано гармоническое нагружение кольцевых алюминиевых образцов с периодом 5,5–7,5 мкс. Закрепление кольцевого образца происходило соосно с катушкой. Протекающий в катушке ток создаёт индукционный ток в образце. Вследствие взаимодействия токов в катушке и алюминиевом кольце возникает радиальная сила, растягивающая кольцевой образец и равномерно распределенная по его внутренней поверхности. В результате в кольце возникают растягивающие, тангенциальные напряжения (рис. 2), которые могут привести к его разрыву. Соответствующие временные профили механических напряжений могут эффективно управляться параметрами электрической цепи. Процесс нагружения и геометрия образцов подбирались таким образом, чтобы разрушение локализовалось в заранее заданном месте.

Для реализации более короткого воздействия были разработаны две схемы. В первой из них (рис. 3) в катушке индуктивности создаются электромагнитные колебания с периодом 1 мкс. Во вто-

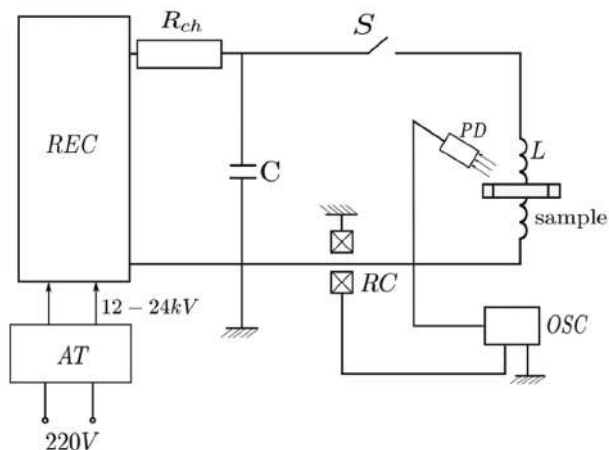


Рис. 1. Блок-схема нагружения образцов: AT — автотрансформатор; REC — выпрямитель; R_{ch} — зарядное сопротивление; C — емкость; S — разрядник; RC — пояс Роговского; L — катушка; PD — фотодиод; OSC — осциллограф; sample — образец; ИТ — импульсный трансформатор; ED — выходное устройство; HVD — высоковольтный электрод; FL — формирующая линия

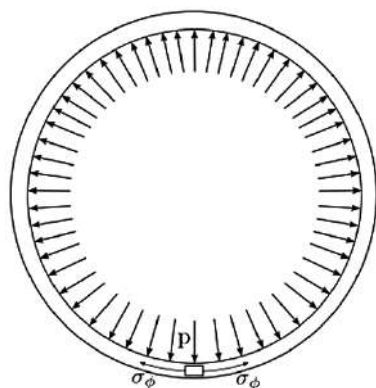


Рис. 2. Схема нагружения образца:
 p — нагрузка, σ_ϕ — растягивающее напряжение

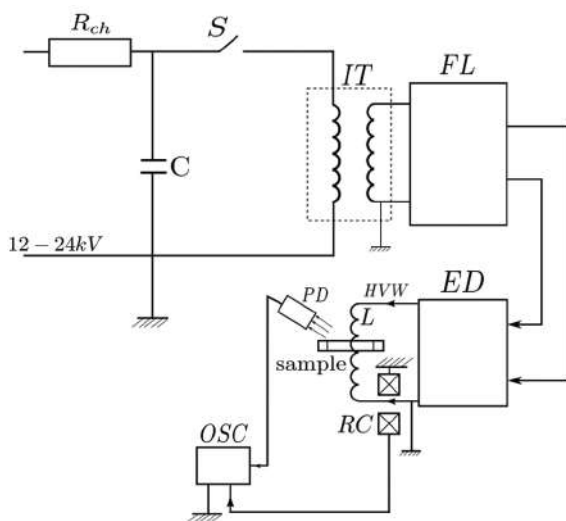


Рис. 3. Блок схемы нагружения образцов: АТ — автотрансформатор;
 REC — выпрямитель; R_{ch} — зарядное сопротивление; C — емкость;
 S — разрядник; RC — пояс Роговского; L — катушка; PD — фотодиод;
 OSC — осциллограф; $sample$ — образец; IT — импульсный трансформатор;
 ED — выходное устройство; HVD — высоковольтный электрод;
 FL — формирующая линия

рой (рис. 4) — осуществляется аperiодический режим колебаний, благодаря чему формируется сверхкороткое импульсное воздействие продолжительностью 80 нс.

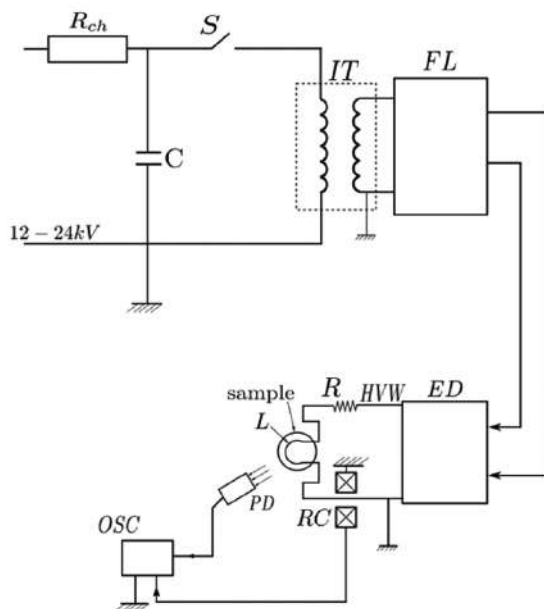


Рис. 4. Блок схемы нагружения образцов: *AT* — автотрансформатор; *REC* — выпрямитель; R_{ch} — зарядное сопротивление; *C* — емкость; *S* — разрядник; *RC* — пояс Роговского; *L* — катушка; *PD* — фотодиод; *OSC* — осциллограф; *sample* — образец; *IT* — импульсный трансформатор; *ED* — выходное устройство; *HVD* — высоковольтный электрод; *FL* — формирующая линия

Для определения момента разрушения был предложен оригинальный способ с использованием фотодиода. Известно, что мгновенно прервать ток нельзя, поэтому в месте разрушения образца проскакивает искра, которую можно зафиксировать при помощи фотодиода. Момент подачи тока на катушку синхронизируется с сигналом с фотодиода. Тангенциальные напряжения в кольцевом образце вычислялись по значениям радиального давления, измеренного с помощью разработанного пьезодатчика.

Испытываемые образцы были выполнены из конденсаторных алюминиевых фольг. Толщина образцов 15 мкм и ширина 1–5 мм.

В результате проведенных испытаний была получена временная зависимость критического напряжения разрыва алюминиевых образцов (рис. 5). Эта зависимость условно может быть охарактеризована,

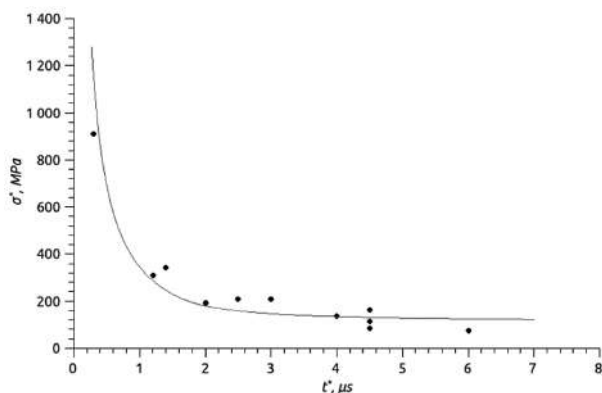


Рис. 5. Зависимость критического напряжения разрыва алюминиевых кольцевых образцов от времени разрушения

как состоящая из двух ветвей. Первая (горизонтальная) ветвь характеризуется слабой зависимостью предельного напряжения от времени разрушения. Вторая (вертикальная) ветвь характеризует процесс быстрого разрыва, т.е. при достаточно малых временах разрушения. Следует отметить, что предельное напряжение разрыва материала резко нарастает при уменьшении времени до разрушения, как и отмечалось раньше.

Моделирование процесса разрушения проводилось на основе структурно-временного подхода [4], позволяющего объяснять большое количество наблюдаемых в различных опытах эффектов. Для данной задачи структурно-временной критерий формулируется следующим образом

$$\frac{1}{\tau} = \int_{t-\tau}^t \frac{\sigma(\xi)}{\sigma_c} d\xi \leq 1. \quad (1)$$

Здесь $\sigma(\xi)$ — тангенциальное напряжение, действующее на образец; σ_c — статический предел прочности материала; τ — инкубационное время. Инкубационное время является временным параметром и характеризуется динамикой процесса, а также является константой материала. Время, при котором впервые неравенство в критерии обращается в равенство, соответствует времени разрушения t^* . К преимуществам данного подхода также следует отнести то, что отпадает необходимость использовать несколько различных критериев для описания квазистатического и динамического процессов.

Структурно-временной критерий также успешно применяется для описания кавитационных процессов в жидкости, пробоя в диэлектриках, откольных явлений, движения трещин [5–6] и т.д. Подход позволяет прогнозировать ряд интересных эффектов, которые не укладываются в традиционные схемы анализа динамического разрушения. Например, эффект запаздывания разрушения, заключающийся в том, что разрушение материала происходит после прохождения максимального значения импульса напряжений. В этом эффекте заключается одно из важных отличий динамического разрушения от квазистатического, где материал не способен выдержать напряжения, превышающих σ_c . Вычисление инкубационного времени проводилось с предположением, что разрыв алюминиевого образца произошёл на участке роста напряжений. Для моделирования процесса была взята линейная функция напряжений, зависящая от времени:

$$\sigma(t) = A \cdot \frac{t}{T_f} \cdot H(t), \quad (2)$$

где T_f — время, до которого происходит рост значения напряжений; A — амплитудное значение напряжений, которое будет достигнуто при $t = T_f$, $H(t)$ — функция Хевисайда. Подставив выражения для напряжений (2) в структурно-временной критерий (1) и учитывая, что при $t = t^*$ неравенство обращается в равенство, получаем следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} \sigma^* = \frac{\sigma_c}{1 - \frac{\tau}{2t^*}}, t^* \geq \tau; \\ \sigma^* = \frac{2\sigma_c\tau}{t^*}, t^* \leq \tau. \end{cases} \quad (3)$$

Здесь t^* — время, при котором наступило разрушение образца, σ^* — значение тангенциального напряжения в момент времени t^* . Система (3) позволяет определить инкубационное время τ . Для статической прочности алюминия было взято значение $\sigma_c = 108$ МПа. Инкубационное время получилось равным $\tau = 1,6$ мкс.

На рис. 5 сплошной линией показана временная зависимость предельного напряжения разрыва для алюминиевого кольцевого образца, полученная на основании системы (3).

Структурно-временной подход позволяет получать качественную оценку поведения критических напряжений конструкционных

и природных материалов при динамических нагрузках. Инкубационное время, лежащее в основе предлагаемого подхода, даёт возможность моделировать поведение материалов при внешних воздействиях. При этом оно не зависит от геометрии образца и истории воздействия, а также является константой материала. С точки зрения практической ценности данный метод предоставляет простую и удобную схему для расчёта динамических прочностей материалов.

Заключение

Были предложены три схемы, позволяющие проводить динамические испытания по разрушению алюминиевых кольцевых образцов. На их основании были получены временные зависимости предельных напряжений. Эти схемы реализуют магнитно-импульсное нагружение, позволяющее получать данные в большом временном диапазоне.

С помощью подхода инкубационного времени было смоделировано разрушение тонких алюминиевых образцов, выведено аналитическое выражение для критических значений тангенциальных напряжений и рассчитано инкубационное время. Построена зависимость предельных напряжений разрыва алюминиевых кольцевых образцов от времени разрушения. Полученные результаты хорошо согласуются с экспериментальными данными.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЙ НАНОУГЛЕРОДА ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ОГНЕЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ИНТУМЕСЦЕНТНЫХ ПОКРЫТИЙ

***М.В. Суясова, В.Т. Лебедев, А.С. Криворотов, В.П. Седов,
А.А. Устинов, Д.Н. Орлова***

*Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова
Национального исследовательского центра
«Курчатовский институт»*

Обсуждаются результаты по созданию более эффективных интумесцентных огнезащитных покрытий путем введения в их состав наноуглерода и полых корундовых частиц, что в совокупности на порядок улучшает теплозащитные свойства покрытий, дает больший прирост их объема при вспенивании. В итоге до двадцати раз падает скорость нагрева поверхности стального субстрата относительно данных в случае использования исходного состава.

Специальные покрытия, называемые интумесцентными, увеличивают свой объем в десятки раз за счет вспенивания при нагревании, что резко снижает теплопроводность защитного слоя, предохраняя субстрат от действия высоких температур на продолжительное время (десятки минут) [1]. Однако превращение органических смол в составе покрытия в пенококс в результате расширения выделяющихся газов (в основном аммиака) — продуктов термического разложения одной из компонент композиции (полифосфата аммония) [2–4] выше критической температуры ($\sim 250^\circ\text{C}$) часто идет неравномерно. Образовавшийся пенококс не всегда обладает достаточной прочностью и адгезией к защищаемой поверхности, возможно его преждевременное разрушение, что снижает полезный эффект. Проблемы эффективной защиты поверхностей металлов, полимеров, в т.ч. природных на основе целлюлозы, требуют поиска способов модификации покрытий с помощью наполнителей и химически активных добавок, повышающих защитные характеристики пенококса.

В настоящей работе усовершенствование традиционного интумесцентного состава (табл. 1) достигнуто за счет введения наноуглерода и термостойких теплоизолирующих микрочастиц — полых корундовых сфер микронных размеров (табл. 2). Наноуглерод в виде

Таблица 1

Состав исходной композиции

№	Компоненты
1	Полифосфат аммония
2	Меламин
3	Пентаэритрит
4	TiO ₂
5	Agakril WA-50 , (ПВА-дисперсия)
6	Волластонит
7	Тальк
8	Фосфлекс
9	Вода

фуллеренсодержащей сажи получали электродуговым методом, испаряя графитовые электроды в атмосфере гелия по технологии, развитой в НИЦ КИ ПИЯФ [5]. Перед термическими испытаниями слоем композита (1–5) толщиной 0,5–0,6 мм наносили на наружную поверхность стальной трубки и сушили 6 часов при 60 °С (18 часов при комнатной температуре). Часть трубки, покрытую составом (1–5) помещали в электропечь, нагретую до 550–600 °С. Внутри трубки электронный термометр измерял температуру её внутренней стенки в течение испытаний. Время нагрева до контрольной температуры (500 °С) характеризовало огнезащитную эффективность покрытия (табл. 3).

На рис. 1 для каждого из образцов приведены времена нагрева до той или иной температуры в пределах диапазона 100–525 °С. Образование пенококса при нагреве покрытия иллюстрирует рис. 2.

Установлено (табл. 3), что модификаторы способствуют улучшению интумесцентного покрытия. За счет малого количества фулле-

Таблица 2

Образцы покрытий

Образец	Добавки	Количество, % масс.
Исходный	—	—
Модифицир.	Фуллеренсодержащая сажа	0,1
Модифицир.	Фуллеренсодержащая сажа	0,5
Модифицир.	Корундовые микросферы (Al ₂ O ₃)	5,0
Модифицир.	Корундовые микросферы (Al ₂ O ₃), покрытые фталоцианином железа	5,0

Таблица 3

Результаты испытаний образцов (температура в печи 520–550 °С)

№ образца	Степень увеличения объема покрытия	Время достижения температуры 500 °С, мин
1	20	<
2	17	<
3	20	72
4	13	<
5	17	75

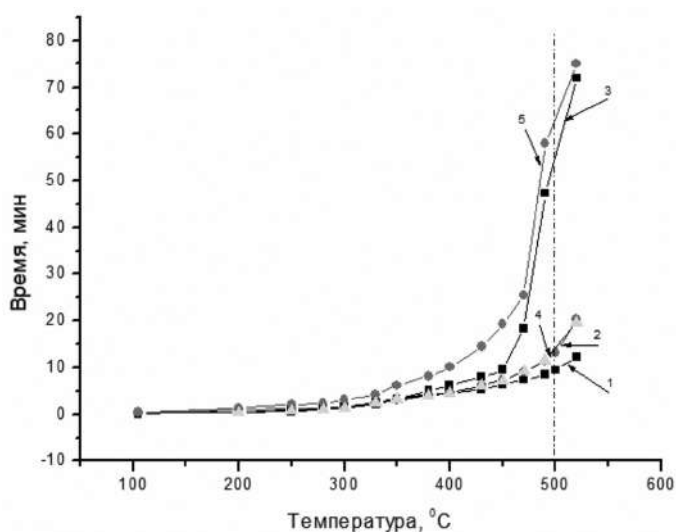


Рис. 1. Временная диаграмма нагрева субстрата до определенной температуры в диапазоне 100–525 °С при наличии интумесцентного покрытия 1–5 (табл. 2). Пунктирная линия обозначает контрольную температуру 500 °С



Рис. 2. Образование пенококса при нагреве покрытия № 5 с добавкой корундовых микрочастиц

ренсодержащей сажи (0,5% масс.) (обр. № 3) время нагрева субстрата возрастает в ~ 7 раз относительно данных для исходного состава (обр. № 1), хотя степень увеличения объема этих образцов примерно одинаковая (~ 20). Это указывает на образование более однородной оболочки пенококса, с равномерным распределением пор за счет наноуглерода, который может химически соединить полимерные цепи связующей компоненты в композите.

Примерно тот же эффект достигнут с помощью теплоизолирующих корундовых частиц, покрытых дифталоцианином железа (обр. № 5), но при их массовой доле (5%) на порядок выше, чем для сажи в образце № 3. Микронные частицы формируют пространственную сетку, т.к. фталоцианин железа, обладая высокой адгезией к их поверхности, сшивает микросферы при контакте. Однако из-за более крупного размера по сравнению с наноуглеродом частицы формируют сетку при большем объеме (массе) в отличие от наноуглерода, организующего весьма тонкую сетку. Представляется возможным оптимизировать огнезащитные свойства покрытий, комбинируя наполнители — термостойкие полые микрочастицы и химически активный наноуглерод, способный упрочнять пенококс в результате его сшивания.

Литература

1. Вахитова Л.Н., Калафат К.В., Лапушкин М.П., Фещенко П.А. Армирование вспученного слоя огнезащитных покрытий // Лакокрасоч. матер. и их применение. 2007. № 7. С. 81–85.
2. Органические покрытия пониженной горючести. / Л.Н. Машляковский, А.Д. Лыков, В.Ю. Репкин. — Л.: Химия. 1989. 192 с.
3. Проблемы технологии коксообразующих огнезащитных композиций: монография / О.А. Зыбина, А.В. Варламов, С.С. Мнацаканов. — Новосибирск: ЦРНС. 2010 г. 50 с.
4. ГОСТ Р 53311-2009 Покрытия кабельные огнезащитные. Методы определения огнезащитной эффективности.
5. Седов В.П., Сжогина А.А. Способ получения водорастворимых производных фуллеренов: патент РФ № 2558121, заяв. 04.04.2014. Оpubл. 27.07.2015. Бюл № 21.

ВЛИЯНИЕ НАНОУГЛЕРОДА И МИКРОСФЕР НА ОГНЕЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА ИНТУМЕСЦЕНТНЫХ СОСТАВОВ

***А.А. Устинов, В.Т. Лебедев, И.А. Виротайнен,
Р.А. Гавахунова, О.А. Зыбина***

*Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова
Национального исследовательского центра
«Курчатовский институт»,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого*

Огнезащита элементов зданий и сооружений является неотъемлемой частью обеспечения безопасности в целом. Одним из способов огнезащиты строительных конструкций является покрытие их интумесцентными (вспучивающимися) лакокрасочными материалами, которые при воздействии высоких температур способны образовывать на защищаемой поверхности теплоизолирующий пенококсовый слой, предохраняющий конструкцию от чрезмерно быстрого прогрева и, как следствие, от разрушения [1].

Актуальной проблемой в области огнезащиты является создание эффективных интумесцентных композиций для металлоконструкций. Это связано со спецификой поведения металлов при нагреве, а также с физико-химическими процессами образования пенококсового слоя: нагретый металл склонен отторгать огнезащитный слой, если последний непрочен связан с поверхностью; сам пенококсовый слой может быть сбит турбулентными газовыми потоками в условиях пожара или преждевременно «выгореть», не обеспечив должного времени защиты [2]. Такие явления вызывают необходимость повышения огнезащитной эффективности интумесцентных составов.

Для этой цели в исходную огнезащитную композицию могут быть введены добавки — модифицирующие агенты, которые положительно влияют на физико-химические свойства как самой композиции, так и образующегося пенококсового слоя [3]. В качестве добавок используются вещества самой разной природы. В настоящее время особое внимание уделяется использованию углеродных наноструктур, например фуллеренов и нанотрубок, в качестве добавок интумесцентных составов [4, 5]. Это частицы, обладающие высокой твердостью и удельной поверхностью, благодаря которым структура образующегося пенокок-

са укрепляется на молекулярном уровне, повышается его прочность и термостойкость. Однако высокая стоимость чистых фуллеренов и нанотрубок ограничивает массовое их применение как модифицирующих агентов интумесцентных составов, поэтому вместо них зачастую используются менее чистые продукты, называемые сажей и содержащие в себе углеродные структуры различного состава и строения.

Известным также является применение т.н. микросфер для армирования интумесцентных составов, которые представляют собой в массе легкий сыпучий порошок белого цвета, состоящий из отдельных полых частиц сферической формы размером в пределах от 15 до 200 мкм. Микросферы вырабатываются из натриевоборосиликатного стекла, корунда и других минеральных материалов. Они имеют низкую плотность, высокую термостабильность, а также за счет полой структуры — хорошие теплоизоляционные свойства. Такие показатели являются особо ценными, когда речь заходит о пожарной безопасности строительных конструкций [6].

В рамках настоящей работы были выбраны следующие наполнители (табл. 1) для оценки их влияния на огнезащитную эффективность интумесцентного состава «Гефест ОСМ-1».

Полученные составы наносились металлическим валиком на стальные пластинки, толщина покрытия составила 0,3 мм. Пластинки с нанесенными экспериментальными составами помещались в муфельную печь при температуре 600 °С, выдерживались в течение 5 мин, затем извлекались из печи. После остывания пластинок производилось измерение толщины образовавшегося пенококсового слоя; по отношению толщины пенококсового слоя к толщине исходного покрытия (коэффициент вспучивания, $K_{всп}$) делался вывод о влиянии углеродных наноструктур на огнезащитную эффективность интумесцентных составов. Результаты эксперимента приведены в табл. 2.

Таблица 1

Исследуемые интумесцентные составы

№ образца	Тип добавки	Содержание добавки, вес. %
1	—	—
2	Фуллеренсодержащая сажа	1
3	Фуллеренсодержащая сажа	3
4	Микросферы МС- Al_2O_3	10
5	Микросферы МС-ВП	10

**Результаты определения коэффициента вспучивания
экспериментальных интумесцентных составов**

№ образца	Исходная толщина, мм	Толщина пенококкса, мм	$K_{всп}$
1	0,3	10,1	33,7
2	0,3	12,9	43
3	0,3	12,2	40,6
4	0,3	13,4	44,7
5	0,3	13,7	45,7

Очевидно, что все используемые добавки повышают коэффициент вспучивания интумесцентного состава; однако стоит отметить, что увеличение содержания сажи в композиции не приводит к соответствующему эффекту, а значит использование сажи в небольших количествах является экономически целесообразным.

Далее был проведен термический анализ описанных выше образцов с целью установления характера их термоллиза при воздействии высоких температур, а также степени потери массы. Термический анализ был выполнен на приборе Derivatograph Q-1500D системы J. Paulik, P. Paulik, I. Erdey фирмы MOM Венгрия с автоматизированной приставкой для обработки полученных данных. Результаты анализа представлены на рис. 1–5. Основные температуры протекающих

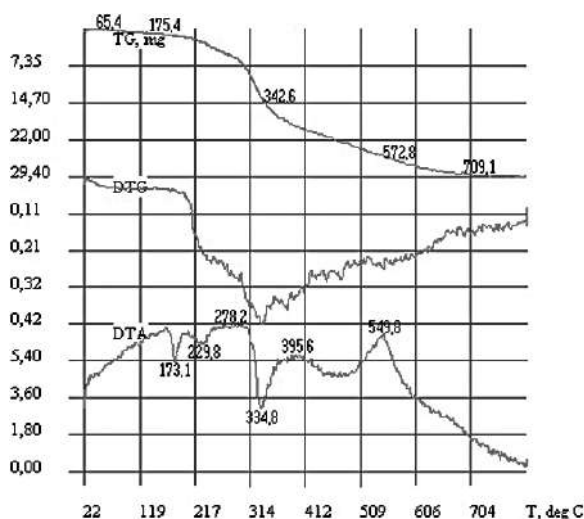


Рис. 1. Результаты анализа

процессов и характеристики, полученные после проведения термического анализа, для образцов модифицированных интумесцентных составов показаны в табл. 3 и 4.

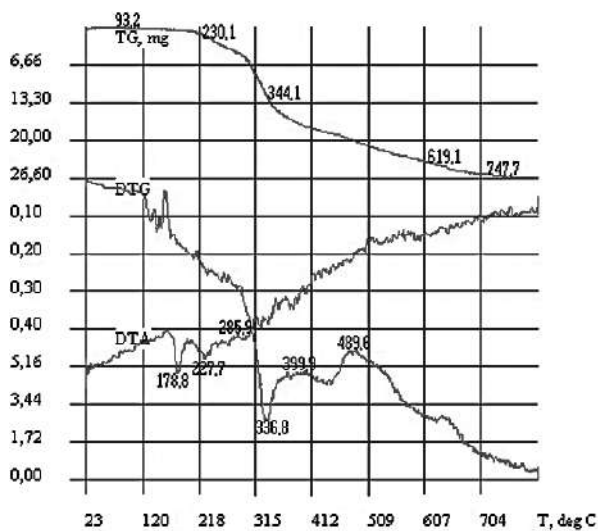


Рис. 2. Результаты анализа

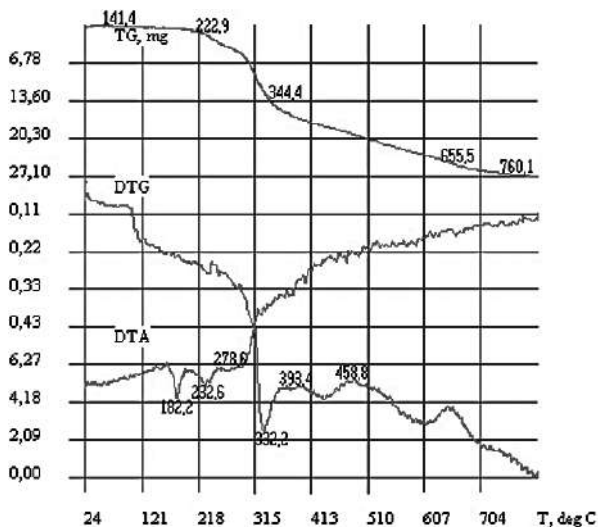


Рис. 3. Результаты анализа

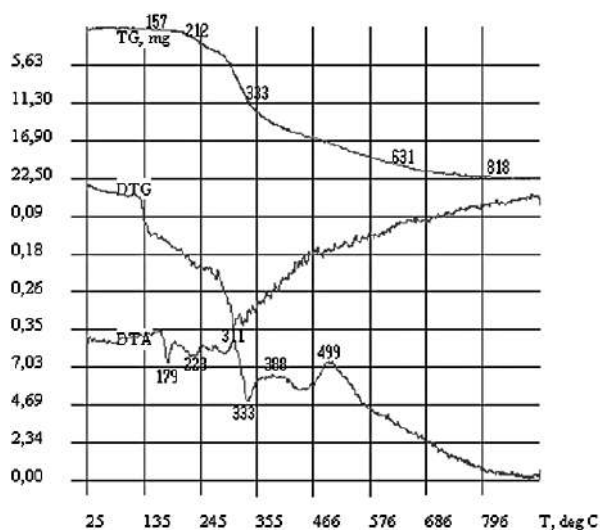


Рис. 4. Результаты анализа

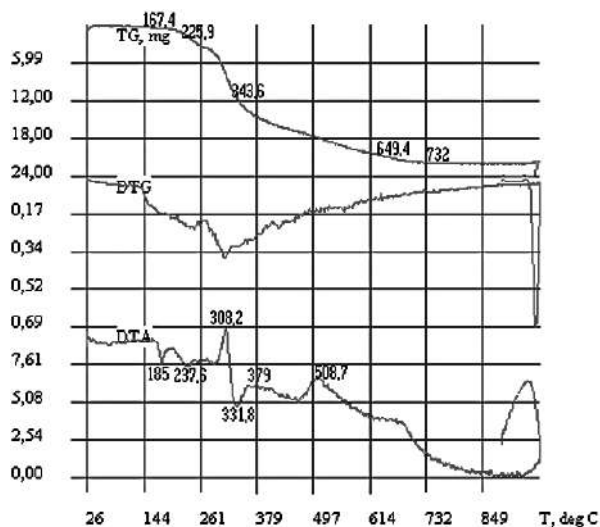


Рис. 5. Результаты анализа

Согласно данным табл. 3 наибольшие изменения процесса термализа при введении модифицирующих агентов происходят на стадиях синтеза смолы и конденсации. При введении микросфер обоих

Таблица 3

Температуры стадий термоллиза интумесцентных композиций

Параметр № обр.	Значения температур, °С				
	1	2	3	4	5
Начало распада ПЭ	173,1	178,8	182,2	179	185
Распад ПЭ	229,8	227,7	232,6	223	237,6
Синтез смолы	278,2	285,9	278,6	311	308,2
Распад ПФА	334,8	336,8	332,2	333	331,8
Отверждение	395,6	399,9	393,4	388	379
Конденсация	549,8	489,6	458,8	499	508,7

Таблица 4

Характеристики термостойкости интумесцентных композиций

Параметр № обр.	1	2	3	4	5
	1	2	3	4	5
<i>T</i> начала потери массы, °С	65,4	93,2	141,4	157	167,4
<i>T</i> 5% потери массы, °С	175,4	230,1	222,9	212	225,9
<i>T</i> 50% потери массы, °С	342,6	344,1	344,4	333	343,6
<i>T</i> 90% потери массы, °С	572,8	619,1	655,5	631	649,4
<i>T</i> полной потери массы, °С	709,1	747,7	760,1	818	732

типов (образцы 4 и 5) стадия синтеза смолы сдвигается в область более высоких температур. Также введение всех наполнителей сдвигает начало процесса конденсации в область более низких температур. Эти явления могут объясняться армированием матрицы интумесцентной композиции прочными частицами сажи и тугоплавкими микросферами.

Данные табл. 4 позволяют сделать вывод о том, что введение всех обозначенных наполнителей повышает термостойкость интумесцентной композиции. Об этом говорят значительные сдвиги температур начала потери массы и полной потери массы в область более высоких температур. Наибольшее значение температуры полной потери массы показал образец № 4 (10 вес.% микросфер МС-ВП).

Выводы

Результаты, полученные в ходе выполнения настоящей работы, позволяют утверждать, что модификация интумесцентных со-

ставов фуллеренсодержащей сажей и микросферами различного типа является эффективным способом улучшения свойств как самих составов, так и образуемого ими пенококсового слоя. Указанные наполнители повышают кратность пенококкса, а следовательно, и эффективность работы композиции в условиях пожара. Данные термического анализа показывают увеличение термостойкости модифицированных составов, что говорит об их повышенной надежности. В дальнейшем планируется изучение физико-механических процессов взаимодействия наполнителей с компонентами интумесцентного состава и обоснование данных термогравиметрического анализа.

Литература

1. Павлович А.В. Огнезащитные вспучивающиеся покрытия // Лакокрасочная промышленность. 2012. № 5. С. 22–27.
2. Бабкин О.Э., Зыбина О.А., Танклевский Л.Т., Мнацаканов С.С. Диагностика качества нанесения и эффективности коксообразующих огнезащитных покрытий для металлоконструкций / О.Э. Бабкин, О.А. Зыбина, Л.Т. Танклевский, С.С.Мнацаканов // Промышленные покрытия. 2014. № 7–8. С. 50–54.
3. Зыбина О.А. Проблемы технологии коксообразующих огнезащитных композиций / О.А. Зыбина, А.В. Варламов, С.С. Мнацаканов. — Новосибирск: ЦРНС. 2010. 50 с.
4. Зыбина О.А., Сильников М.В., Волков А.А. Влияние углеродных добавок на эксплуатационные свойства вспучивающихся композиций для огнезащиты строительных конструкций // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2017. № 1–2 (103–104). С. 172–175.
5. Нечаев К.В., Зыбина О.А. Влияние углеродных нанотел на реакции в интумесцентных лакокрасочных материалах // Научные технологии функциональных материалов. Тезисы докладов международной научно-технической конференции. 2014. С. 61–63.
6. Устинов А.А. Влияние функциональных добавок на огнестойкость интумесцентных композиций // Материалы 5-ой международной научно-практической конференции «Ройтмановские чтения». — М.: Академия ГПС МЧС России. 2017. 118 с.

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТНЫХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РИСКА

А.В. Фомин, С.А. Раутлехт

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Темпы роста промышленности в XX веке привели к значительному увеличению количества аварий и катастроф, повлекших за собой значительный ущерб обществу и окружающей среде. Именно поэтому вопросу обеспечения безопасности в техносфере стало уделяться значительное внимание. Практика показала, что обеспечить абсолютную безопасность невозможно и всегда существует риск возникновения опасного события, поэтому возникла необходимость перехода к новой стратегии обеспечения безопасности, которая основана на концепции приемлемого риска. Под приемлемым риском понимается такая вероятность наступления опасного события или негативных последствий, с которой общество готово смириться ради получения положительных результатов своей деятельности. Кроме того, усилило интерес к развитию теории рисков в техносферной безопасности то обстоятельство, что результаты оценки рисков могут способствовать рациональному использованию (распределению) экономических ресурсов.

Одним из важнейших показателей риска на опасном объекте является возможное количество погибших и пострадавших. Поэтому в данной статье предлагается рассмотреть конкретную аварийную ситуацию (возгорание пролива дизельного топлива), оценить вероятность поражения человека при помощи нескольких подходов и сравнить полученные результаты.

Рассмотрим следующий пример: компания по ремонту автопогрузчиков имеет свой топливозаправочный пункт на территории предприятия, который представляет собой площадку с наземным горизонтальным резервуаром марки РГС-100. Резервуар заполнен дизельным топливом (ДТ). На расстоянии 50 метров от этого резервуара находится открытая площадка для ремонта крупногабаритных погрузчиков, на которой работают 10 автослесарей. Во время ремонта опор резервуара тремя рабочими, произошло разрушение резервуара, с образованием пролива топлива и его мгновенным возгоранием.

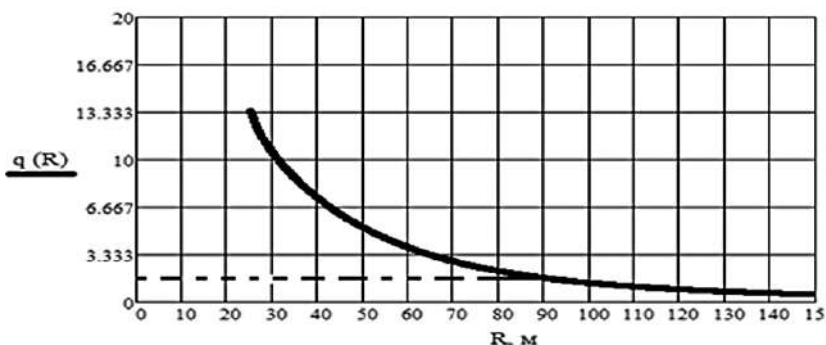


Рис. Изменение интенсивности теплового потока (кВт/м²) с расстоянием (м) от центра пролива

Сравним два разных подхода к оценке вероятности поражения человека тепловым излучением при горении нефтепродуктов: детерминированный и вероятностный подход (с применением пробит-анализа). И в том и в другом случае необходимо определить зоны действия поражающих факторов пожара. Применяя методику [1], получаем, что площадь пролива равна 2000 м², радиус пролива — 25,2 м. Так же по [1] строим график изменения интенсивности теплового потока в зависимости от расстояния от центра пролива (рисунок). На полученном графике, видно, что безопасное расстояние от центра пожара ($R_{\text{без}}$) составляет 98,8 м.

Детерминированный подход к оценке возможного количества пострадавших. При использовании детерминированного подхода не допускаются никакие двусмысленности в определении последствий воздействия поражающего фактора. Это значит, что в соответствие определённому критерию ставится определённая степень поражения человека (таблица).

Таким образом, руководствуясь данными о нахождении персонала объекта, можно сделать вывод о том, что в результате аварии ожидается гибель трех и термическое поражение десяти человек.

Наиболее применяемым сейчас методом вероятностной оценки поражения человека является пробит-анализ. В основу метода пробит-анализа заложен тот факт, что одно и тоже значение поражающего фактора вызывает последствия различной степени тяжести у разных людей.

Вероятность поражения (P) описывается функцией Гаусса (функцией ошибок):

Критериальные значения интенсивности теплового излучения

Степень поражения	Интенсивность теплового облучения, (q) кВт/м ²
Без негативных последствий в течение длительного времени	1,4
Безопасно для человека в брезентовой одежде	4,2
Непереносимая боль через 20–30 с Ожог 1-й степени через 15–20 с Ожог 2-й степени через 30–40 с Воспламенение хлопка-волокна через 15 мин	7,0
Непереносимая боль через 3–5 с Ожог 1-й степени через 6–8 с Ожог 2-й степени через 12–16 с	10,5
Гибель человека	Зона открытого горения

$$P = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\text{Pr}-5} e^{-0,5t^2} dt.$$

В данном случае верхним пределом интегрирования является зависимость от дозы, которая называется пробит-функцией. Она отражает связь между вероятностью поражения и поражающим эффектом. Эта зависимость для рассматриваемого случая имеет следующий вид:

$$\text{Pr} = -12,8 + 2,56 \ln \left(t \times q^{\frac{4}{3}} \right),$$

где

$$t = t_0 + \frac{R_{\text{без}}}{u};$$

t_0 — время обнаружения опасности;

$R_{\text{без}}$ — расстояние от места нахождения человека до безопасной зоны, м;

u — скорость движения человека (5 м/с).

Расчеты значений вероятности поражения человека $P_{\text{лет}}$ (летальный исход), $P_{\text{сан}}$ (санитарные потери, ожог первой и второй степени) выполнены с использованием средств MathCad:

$$P_{\text{лет}} = 0,53;$$

$$P_{\text{ож}} = 7,663 \times 10^{-8}.$$

Таким образом, согласно этим расчётам авария приведет к гибели двух человек и поражению одного человека.

Можно заметить, что расчёт количества возможных потерь, проведенный по детерминированному подходу показал значительно завышенные результаты. Вызвано это тем, что детерминированные подходы не предполагают вероятностный характер поражения, не учитывают свойство резистентности живых организмов, не учитывают поведение человека. К чему это может привести?

Определение числа пострадавших необходимо для дальнейшего расчета возможного ущерба. Одним из составляющих ущерба является социально-экономический ущерб, который включает в себя страховые выплаты за причинение вреда жизни и здоровью гражданина. Учитывая положения федерального законодательства [2, 3], ожидаемый социально-экономический ущерб в результате рассмотренной аварии составляет 8,075 млн рублей при расчете с помощью детерминированного подхода, а при расчете с помощью вероятностного подхода — 4,25 млн рублей, что почти в 2 раза меньше.

Следует учитывать, что каждая организация, эксплуатирующая опасный объект, обязана создавать резервы финансовых средств и материальных ресурсов для локализации и ликвидации последствий аварий и ЧС [4]. Резервы создаются исходя из прогнозируемых последствий аварий [5], следовательно завышенные результаты оценки последствий аварий и ЧС приводят к необходимости увеличения резерва финансовых ресурсов, т.е. запаса средств организации, которые невозможно использовать на другие нужды. Так же от количества величины ожидаемого ущерба и количества вероятных потерь зависит ставка страхования ответственности организации, эксплуатирующей ОПО.

Кроме того, смысл оценки риска состоит в определении участка опасного объекта, характеризующимся наивысшими значениями риска, т.е. сочетанного показателя опасности явления (ущерба и вероятности). Определение завышенных показателей ущерба автоматически может привести и к неверному определению участка объекта, для которого в первую очередь необходима разработка мер по снижению опасности.

Резюмируя, при применении детерминированных методов оценки риска можно столкнуться с такими неприятными последствиями как:

- неверное определение объекта предпочтительного внимания;
- необходимость создания завышенного размера финансового резерва;
- повышение ставки страхования.

Все перечисленные случаи ведут к нерациональному использованию финансовых средств объекта и нарастанию социальной напряженности. Поэтому необходимо минимизировать неоправданные вложения средств на локализацию и ликвидацию возможных аварий, что можно достигнуть путем тщательного анализа рисков с помощью вероятностных подходов к оценке рисков (в т.ч. с использованием пробит-функций).

Литература

1. Приказ МЧС РФ от 10 июля 2009 г. № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах».

2. Федеральный закон от 27.07.2010 № 225-ФЗ (ред. от 23.06.2016) «Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте».

3. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 № 116-ФЗ.

4. Федеральный закон «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 21.12.1994 № 68-ФЗ.

5. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть вторая) от 26.01.1996 № 14-ФЗ, статьи 929, 931, 932.

ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ РАБОЧЕГО МЕСТА

Н.В. Фомин

ГБОУ гимназия № 73 «Ломоносовская гимназия»

Введение

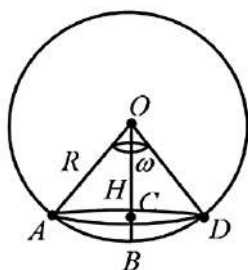
Освещение — неотъемлемый элемент условий трудовой деятельности человека. С освещенностью связаны следующие вредные и опасные факторы: ее чрезмерная или недостаточная величина, несоответствие спектрального состава света условиям работы и искажение цветопередачи объектов, неравномерность освещения рабочего места, чрезмерная или недостаточная контрастность рассматриваемого объекта с фоном, ослепление прямым попаданием в глаза, возможность появления стробоскопического эффекта.

При неправильно подобранном освещении ухудшаются условия зрительной работы, повышается утомляемость глаз и нервной системы, снижается производительность труда, ухудшается здоровье. Недостаточное освещение может стать причиной несчастного случая — плохо освещенные опасные зоны, слепящие лампы, резкие тени ухудшают ориентацию. Неправильная эксплуатация осветительных установок в пожароопасных цехах может привести к взрыву, пожару и несчастным случаям.

Хорошее освещение оказывает на человека психологическое, физиологическое и эстетическое воздействие, способствует улучшению улучшению работоспособности и повышению качества выполняемых работ.

Практические исследования

Для того чтобы определить безопасные условия рабочего места, мы провели опыт на базе кафедры экспериментальной физики Санкт-Петербургского Политехнического университета Петра Великого. В качестве рабочего места мы взяли круглый рабочий стол с диаметром d и светильник на подвесе с длиной H (рис. 1, 2). В проведенном опыте использовалась лабораторная установка, представленная на рис. 1, 2. Схематичное месторасположение источника света над столом представлено на рис. 3.



Над центром круглого стола диаметром d на высоте H подвешен точечный источник силой света I . Необходимо определить световой поток, падающий на горизонтальную поверхность стола, и среднюю освещенность этой поверхности (рис. 3).

Для вычисления светового потока, $\omega = I\Phi$ падающего на горизонтальную поверхность, необходимо определить телесный угол ω .

Соединим точку O (место нахождения источника света над столом) с точками A и D (края стола), получим конус. Его основанием является круг диаметром, равным диаметру стола, а высота равна расстоянию от стола до точки подвеса источника света. Поместим вершину O полученного конуса в центр сферы радиусом R . Пересекаясь со сферой, боковая поверхность конуса вырезает на ней сегментную поверхность ABD . Площадь сегментной поверхности равна произведению длины окружности большого круга на высоту сегмента, то есть, $S = 2\pi Rh$, где h — высота сегмента, равная длине отрезка BC . Известно, что телесный угол при вершине конуса равен отношению площади сегментной поверхности к квадрату радиуса сферы:

$$\omega = S/R^2 = 2\pi R h/R^2 = 2\pi h/R.$$

Радиус сферы определяем из прямоугольного треугольника OCD :

$$R = \sqrt{H \cdot H + (D/2)^2},$$

где высота сегмента $h = R - H$.

Найдем телесный угол: $\omega = 2\pi h / R = (R - H)R$.

Величина светового потока $\varphi = 2\pi I(R - H)R$. Освещенность горизонтальной поверхности $E = \varphi / S = 8\pi I(R - H) / \pi D$.

Все измерения проводились с помощью люксметра.

Результаты опыта заносим в табл. 1.

Полученные данные тождественны для различных типов освещения.

Таблица 1

Полученные результаты

№ п/п	Диаметр стола d , м	Высоты подвеса светильника H , м	Сила света I , кд
1	0,5	2	200
2	0,8	3,5	250
3	1	1,5	300
4	1,5	2,7	100
5	2	3	150
6	0,7	4	350
7	2	4,5	300
8	0,5	4,5	350
9	0,8	4	200
10	1	3,5	150
11	1,5	2	250
12	0,5	1	200
13	0,85	3	100
14	1,75	4	300
15	2,5	5	200
16	0,5	1,5	250
17	0,8	2	300
18	1	1,5	150
19	0,7	2	250
20	0,8	3	300
21	2	0,8	250
22	1,5	3,5	300

№ п/п	Диаметр стола d , м	Высоты подвеса светильника H , м	Сила света I , кд
23	2	4	350
24	1,5	3	150
25	2	2,5	200
26	2	3	4

Сравнительная характеристика современных ламп

Чтобы понять, какие лампочки лучше выбрать, сравним их по нескольким параметрам. Ниже представлены сравнительные табл. 2, 3.

По проведенным расчетам мы убедились, что наиболее опасная — люминесцентная лампа, так как у нее наибольший коэффициент пульсации, также она обладает самой низкой светоотдачей. Светодиодная лампа превосходит другие по этим компонентам.

Таблица 2

Сравнение различных типов ламп

Вид лампы	Светоотдача, Лк	Коэффициент пульсации, %	Мощность, Вт
Накаливания	300	11	100
Люминесцентная	180	33	11
Светодиодная	400	1	50

Таблица 3

Сравнение различных типов ламп

Базовые характеристики	Лампы накаливания	Лампа люминесцентная	Светодиодные лампы
Яркость	Средняя	Низкая	Высокая
Срок службы	1 000 ч	10 000 ч	100 000 ч
Инфракрасное излучение	Очень высокое	Минимальное	Нет
Ультрафиолетовое излучение	Приемлемое	Очень высокое	Нет
Световая отдача	7–17 Лм/Вт	40–60 Лм/Вт	50–80 Лм/Вт
Начальная стоимость	Низкая	Средняя	Высокая
Потребляемая мощность	не менее 25 Вт/ч	не менее 20 Вт/ч	От 7 до 21 Вт/ч

Выводы

Мы экспериментально определили безопасные условия рабочего места фотометрическим методом. По итогам проделанной работы мы установили, что из всех типов ламп, доступных на данный момент, самым безопасным, наиболее ярким и экономичным является светодиодная лампа. Но, к сожалению, светодиодные лампы стоят во много раз дороже остальных.

Литература

1. Перышкин А.В., Гутник Е.М. Физика 9 класс. Учебник. — Москва: Дрофа. 2012. — 300 с.
2. Прохоров А.М. Большая советская энциклопедия (3-е изд.). СССР: Советская энциклопедия, 1975. — 608 с.
3. Леонова Н.А., Каверзнева Т.Т., Ульянов А.И. Техносферная безопасность в примерах и задачах по физике. — СПб: Издательство Политехнического университета. 2016. — 184 с.
4. Записки электрика [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://zapiski-elektrika.ru/> /03.02.2017 15-00
5. ЭлектроХобби [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://electrohobby.ru/> /02.02.2017 19-00
6. СларкЭнерджи[Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://slarkenergy.ru/> /09.03.2017 16-00

НОРМАТИВНАЯ ПРАВОВАЯ БАЗА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ОСОБО ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Б.И. Шапиро

*Санкт-Петербургское государственное казенное учреждение
дополнительного профессионального образования
«Учебно-методический центр по гражданской обороне и защите
от чрезвычайных ситуаций»*

В настоящее время мир вступает в эпоху регулярных промышленных катастроф, предотвратить которые практически невозможно. Насыщенность крупных промышленных объектов, особенно в развитых промышленных странах, пожаро-взрывоопасными и токсичными веществами превзошла критические пределы.

По терминологии МЧС промышленная безопасность — это состояние защищённости промышленных объектов, при котором путём соблюдения правовых норм, экономических, инженерно-технических и технологических требований, а также проведения соответствующих мероприятий достигается предотвращение нарушения технологического процесса техники безопасности и максимальное снижение вероятности возникновения аварийной ситуации на промышленных объектах. Это также область человеческой деятельности по предотвращению аварий на промышленных предприятиях и уменьшению масштабов чрезвычайных ситуаций, обусловленных такими авариями. Основные направления деятельности — обеспечение безопасности человека и промышленного предприятия в техносфере.

Необходимо сказать несколько слов о человеческом факторе как основной причине чрезвычайных ситуаций. С развитием научно-технического прогресса технике передаются многие функции управления работой технических устройств и технологических процессов. При этом человек отдаляется от непосредственного исполнения своих функциональных обязанностей в производстве, что ведет замену физического труда умственным. При этом возрастает нагрузка на его психику, делая человека самым слабым звеном в промышленном производстве. Своевременное промышленное производство требует от человека постоянного улучшения образования, повышения квалификации, улучшения качества профессионального отбора, требует умения, навыка использования цифровой техники, автоматизирован-

ного управления производством, совершенствования всей системы и средств обеспечения безопасности. Но возможности человека со временем заметно отстают от ускоренного развития расширяющихся возможностей современной техники. Это неизбежно создаёт предпосылки к увеличению вероятности риска возникновения аварий. Всё это ведет к увеличению частоты человеческих ошибок, вызванных различными причинами, на всех этапах создания и эксплуатации техники и технологий, которые и создают такое явление, как «человеческий фактор».

Необходимо осуществлять тщательный отбор и подготовку к работе инженеров, техников, операторов по их способности распознать предпосылки аварийной обстановки. Необходимо обучать операторов расширению таких возможностей и прививать им твёрдые навыки для действий в условиях дефицита времени. С учётом возможностей человека, склада его характера, темперамента, реакции на раздражители в условиях стрессовых ситуаций должны отрабатываться требования к надёжности объекта и к средствами обеспечения безопасности.

Нормативную правовую базу в области промышленной безопасности составляют действующие Федеральные законы, нормативные правовые акты Правительства Российской Федерации, федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности.

Правовые основы промышленной безопасности определены Федеральными законами: от 21 июля 1997 г. № 116 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», от 21 ноября 1995 года № 170 «Об использовании атомной энергии», от 27.12.2007 № 184 «О техническом регулировании», от 22.08.95 г. № 151 «Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей», а также постановление Госгортехнадзора России от 18 октября 2002 г. № 61-А. (ПБ 03-517-02) «Общие правила промышленной безопасности для организаций, осуществляющих деятельность в области промышленной безопасности опасных производственных объектов».

Рассмотрим основные положения закона. 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, на обеспечение готовности эксплуатирующих опасные объекты организаций к локализации

и ликвидации последствий возникновения этих аварий. Положения этого закона распространяются на все организации независимо от их организационно-правовых форм собственности, осуществляющие деятельность в области промышленной безопасности опасных производственных объектов на территории Российской Федерации.

Напомню некоторые основные понятия, приведенные в законе № 116:

- промышленная безопасность опасных производственных объектов — это состояние защищенности жизненно важных интересов личности и общества от аварий на опасных производственных объектах;

- авария — это разрушение сооружений и (или) технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, неконтролируемые взрыв и (или) выброс опасных веществ;

- инцидент — отказ или повреждение технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, отклонение от установленного режима технологического процесса;

- технические устройства, применяемые на опасном производственном объекте — это машины, технологическое оборудование, агрегаты, аппаратура, механизмы, применяемые при эксплуатации опасного производственного объекта;

- вспомогательные горноспасательные команды — это нештатные аварийно-спасательные формирования, созданные организациями, эксплуатирующими опасные производственные объекты, на которых ведутся горные работы, из числа работников таких организаций;

- экспертиза промышленной безопасности — это определение соответствия объектов экспертизы промышленной безопасности, предъявляемым к ним требованиям промышленной безопасности.

Опасными производственными объектами являются предприятия или их цехи, участки, площадки, а также иные производственные объекты. Перечень этих объектов указан в Приложении 1 к настоящему Федеральному закону. Опасные производственные объекты подлежат регистрации в государственном реестре.

В законе приведена следующая классификация опасных объектов:

- I класс — опасные производственные объекты чрезвычайно высокой опасности;

- II класс — опасные производственные объекты высокой опасности;

- III класс — опасные производственные объекты средней опасности;

IV класс — опасные производственные объекты низкой опасности.

Классы опасности опасных производственных объектов устанавливаются, исходя из количества опасного вещества или опасных веществ, которые одновременно находятся или могут находиться на опасном производственном объекте.

Требования промышленной безопасности — это условия, запреты, ограничения и другие обязательные требования, содержащиеся в настоящем Федеральном законе, других федеральных законах, федеральных нормах и правилах в области промышленной безопасности.

Они должны соответствовать нормам в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, санитарно-эпидемиологического благополучия населения, охраны окружающей среды, экологической безопасности, пожарной безопасности, охраны труда, строительства, а также обязательным требованиям, установленным в соответствии с законодательством Российской Федерации о техническом регулировании.

Требования промышленной безопасности для объектов использования атомной энергии устанавливаются федеральными нормами и правилами в области использования атомной энергии, принимаемыми в соответствии с Федеральным законом от 21 ноября 1995 года № 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии».

Обоснования безопасности опасного производственного объекта подлежат экспертизе промышленной безопасности.

Правовое регулирование в области промышленной безопасности в обязательном порядке требует учитывать так называемый человеческий фактор при разработке или переработке норм и правил промышленной безопасности.

Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности устанавливают обязательные требования к деятельности в области промышленной безопасности, к работникам опасных производственных объектов, к экспертам в области промышленной безопасности; безопасности технологических процессов на опасных производственных объектах, к порядку действий в случае аварии или инцидента на опасном производственном объекте.

Обязательным требованием к соискателю лицензии для принятия решения о предоставлении ему права на эксплуатацию опасных производственных объектов является наличие документов, подтверждающих:

- ввод опасных производственных объектов в эксплуатацию;
- положительные заключения экспертизы промышленной безопасности на технические устройства, применяемые на опасных производственных объектах, здания и сооружения на опасных производственных объектах.

Организация, эксплуатирующая опасный производственный объект, обязана:

- иметь лицензию на осуществление конкретного вида деятельности в области промышленной безопасности;
- обеспечивать укомплектованность штата работников опасного производственного объекта в соответствии с установленными требованиями;
- допускать к работе на опасном производственном объекте лиц, удовлетворяющих соответствующим квалификационным требованиям и не имеющих медицинских противопоказаний к указанной работе;
- обеспечивать проведение подготовки и аттестации работников в области промышленной безопасности;
- организовывать и осуществлять производственный контроль за соблюдением требований промышленной безопасности;
- создать систему управления промышленной безопасностью и обеспечивать ее;
- обеспечивать наличие и функционирование необходимых приборов и систем контроля за производственными процессами в соответствии с установленными требованиями;
- обеспечивать проведение экспертизы промышленной безопасности зданий, сооружений и технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, а также проводить диагностику, испытания, освидетельствование сооружений и технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, в установленные сроки;
- предотвращать проникновение на опасный производственный объект посторонних лиц (к борьбе с терроризмом);
- обеспечивать выполнение требований промышленной безопасности к хранению опасных веществ;
- заключать договор обязательного страхования гражданской ответственности об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте;

- приостанавливать эксплуатацию опасного производственного объекта самостоятельно или по решению суда в случае аварии или инцидента на опасном производственном объекте;

- осуществлять мероприятия по локализации и ликвидации последствий аварий на опасном производственном объекте, оказывать содействие государственным органам в расследовании причин аварии;

- принимать меры по защите жизни и здоровья работников в случае аварии на опасном производственном объекте.

Работники опасного производственного объекта обязаны:

- соблюдать правила ведения работ на объекте и порядок действий в случае аварии;

- проходить подготовку и аттестацию в области промышленной безопасности;

- незамедлительно ставить в известность своего непосредственного руководителя или в установленном порядке других должностных лиц об аварии или инциденте на опасном производственном объекте;

- приостанавливать работу в случае аварии или инцидента на опасном производственном объекте;

- в установленном порядке участвовать в проведении работ по локализации аварии на опасном производственном объекте.

В целях обеспечения готовности к действиям по локализации и ликвидации последствий аварии организация, эксплуатирующая опасный производственный объект, обязана:

- планировать и осуществлять мероприятия по локализации и ликвидации последствий аварий на опасном производственном объекте;

- заключать договоры на обслуживание с профессиональными аварийно-спасательными службами или с профессиональными аварийно-спасательными формированиями, создавать собственные профессиональные аварийно-спасательные службы или профессиональные аварийно-спасательные формирования, а также нештатные аварийно-спасательные формирования из числа работников;

- обучать работников действиям в случае аварии или инцидента на опасном производственном объекте;

- создавать системы наблюдения, оповещения, связи и поддержки действий в случае аварии и поддерживать указанные системы в пригодном к использованию состоянии.

Экспертизе промышленной безопасности подлежат:

- документация производственного объекта;
- технические устройства, применяемые на опасном производственном объекте;
- здания и сооружения на опасном производственном объекте, предназначенные для осуществления технологических процессов, хранения сырья или продукции, перемещения людей и грузов, локализации и ликвидации последствий аварий.

Экспертизу промышленной безопасности проводит организация, имеющая лицензию на проведение указанной экспертизы, за счет средств ее заказчика. Разработка декларации промышленной безопасности предполагает всестороннюю оценку риска аварии и связанной с ней угрозы; анализ достаточности принятых мер по предупреждению аварий, по обеспечению готовности организации к эксплуатации опасного производственного объекта в соответствии с требованиями промышленной безопасности, а также к локализации и ликвидации последствий аварии на опасном производственном объекте; разработку мероприятий, направленных на снижение масштаба последствий аварии и размера ущерба, нанесенного в случае аварии на опасном производственном объекте.

Настоящим Федеральным законом устанавливается обязательность разработки деклараций промышленной безопасности опасных производственных объектов I и II классов опасности, на которых получают, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются опасные вещества в количествах, указанных в Приложении 2 к настоящему Федеральному закону. Закон требует обязательного страхования гражданской ответственности за причинение вреда в результате аварии или инцидента на опасном производственном объекте.

Имеется приказ федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 21 ноября 2013 г. № 560 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности. Правила безопасности взрывопожароопасных производственных объектов хранения и переработки растительного сырья». Правила разработаны в соответствии с Федеральным законом от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

Правила предназначены для применения: при разработке технологических процессов, разработке документации, эксплуатации, ка-

питальном ремонте, техническом перевооружении, консервации и ликвидации объектов; при изготовлении, монтаже, наладке, обслуживании и ремонте технических устройств, применяемых на объектах; при разработке обоснования безопасности объектов; при проведении экспертизы промышленной безопасности; при подготовке и переподготовке работников объектов в образовательных учреждениях.

Персонал, связанный с эксплуатацией объектов, должен быть обучен и аттестован в области промышленной безопасности, не иметь медицинских противопоказаний к работе и быть обеспечен средствами индивидуальной защиты. Работники организации, эксплуатирующей объекты, не прошедшие проверку знаний либо получившие неудовлетворительную оценку, к самостоятельной работе не допускаются.

Инструктаж должен сопровождаться показом практических навыков и приемов по безопасному обслуживанию оборудования, кнопок аварийного останова оборудования, путей эвакуации, средств связи, сигнализации и завершаться устной проверкой приобретенных работником знаний лицом, проводившим инструктаж.

Доступ на территорию организации, эксплуатирующей объекты, посторонним лицам запрещен. Предусматривается защита персонала от травмирования. К работам на объекте допускаются только лица, специально обученные безопасным методам работы и обеспеченные средствами индивидуальной защиты.

Нахождение персонала в зоне возможного выброса (отвода) пламени и высокотемпературных продуктов взрывного горения пылевоздушной смеси при срабатывании взрыворазрядителей не допускается.

Основные действия персонала в предаварийных ситуациях. Персонал объектов должен уметь свободно ориентироваться в условиях отсутствия освещения по отношению к эвакуационным путям, выходам на лестничную клетку и противопожарную лестницу, а в зависимости от действий по локализации и ликвидации последствий аварии знать расположение средств пожаротушения, пожарных извещателей, телефонов, основных коммуникаций и мест расположения рубильников, задвижек, вентилей и других устройств, предусматриваемых мероприятиями по ликвидации и локализации последствий аварии.

Проверку знания действий персонала в предаварийных и аварийных ситуациях проводит квалификационная (экзаменационная) комиссия эксплуатирующей организации при допуске рабочих, руко-

водящих работников и специалистов к самостоятельной работе, при периодической проверке знаний, а также во время учебных тревог.

К вопросу учёта «человеческого фактора» можно привести содержание приказа Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 17 декабря 2015 г. № 522 «Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии «Общие положения обеспечения безопасности атомных станций» (НП-001-15).

Общие положения устанавливают цели и основные критерии безопасности атомных станций, а также основные принципы и общие требования к техническим и организационным мерам, направленным на достижение промышленной безопасности. У всех работников и организаций, связанных с размещением, сооружением, эксплуатацией атомных станций, проектированием, конструированием и изготовлением их систем и элементов, должна формироваться и поддерживаться культура безопасности.

Культура безопасности формируется и поддерживается путем:

- установления приоритета безопасности АС над экономическими и производственными целями;
- подбора, профессионального обучения и поддержания квалификации руководителей и персонала в каждой сфере деятельности, влияющей на безопасность;
- строгого соблюдения дисциплины при четком распределении полномочий и персональной ответственности руководителей и исполнителей;
- установления руководителями всех уровней атмосферы доверия и таких подходов к коллективной работе, а также к социально-бытовым условиям жизни персонала, которые формируют потребность позитивного отношения к безопасности;
- понимания каждым работником влияния его деятельности на безопасность АС и последствий, к которым может привести несоблюдение или некачественное выполнение требований программ обеспечения качества, производственных и должностных инструкций, технологических регламентов;
- самоконтроля работниками своей деятельности, влияющей на безопасность;
- понимания каждым руководителем и работником недопустимости сокрытия ошибок в своей деятельности, необходимости выявления и устранения причин их возникновения, необходимости по-

стоянного самосовершенствования, изучения и внедрения передового опыта, в том числе зарубежного;

– установления такой системы поощрений и взысканий по результатам производственной деятельности, которая стимулирует открытость действий работников и не способствует сокрытию ошибок в их работе.

Эксплуатирующая организация должна обеспечить подбор и подготовку персонала, а также создание атмосферы, в которой безопасность рассматривается как жизненно важное дело и предмет личной ответственности всего персонала, и осуществлять непрерывный контроль безопасности АС. В проекте каждой АС должны быть предусмотрены учебно-тренировочный пункт (центр) и лаборатория психофизиологических обследований, обладающие необходимыми для обеспечения качественной подготовки персонала АС учебно-материальной базой, техническими средствами профессионального обучения и штатом специалистов.

Заключение

Правовой основой организации административно-производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности являются Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» и другие подзаконные акты в области промышленной безопасности, действующие на территории Российской Федерации, на данном предприятии.

Культура безопасности — это набор характеристик и особенностей деятельности организаций и поведения отдельных лиц, который устанавливает, что вопросам обеспечения безопасности АС как обладающим высшим приоритетом уделяется внимание, определяемое их значимостью.

РОЛЬ МЫСЛИТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ (МЫШЛЕНИЯ) В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СПЕЦИАЛИСТОВ УЗЧС

А.И. Шершнева, Л.А. Ермакова

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

С каждым годом чрезвычайные ситуации (далее ЧС) становятся более масштабными как по своей структуре, так и по ущербу, который они наносят. Для их предупреждения специалисту необходимо обладать навыками прогнозирования рациональных мыслительных операций, психологической устойчивости, быстрого реагирования на изменения обстановки. От того, насколько быстро он будет анализировать ситуацию и принимать решения, зависят жизни людей, а также тяжесть последствий. При обучении по направлению «управление и защита в ЧС» важно развивать в учащихся определенные виды и быстроту мышления, учитывая их значимость в профессиональной деятельности.

В 1994 году Государственный комитет по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий при Президенте РСФСР был реорганизован в Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий.

Помимо ликвидации последствий стихийных бедствий и катастроф, специалисты УЗЧС занимаются прогнозированием и предупреждением ЧС, а также разрабатывают новые спасательные методы и технологии. Для улучшения качества работы необходимо уже на первых этапах обучения формировать у обучающихся особые навыки мышления, которые позволят им эффективно решать поставленные задачи.

Само понятие мышления в различных областях трактуется по-разному. Однако все они связаны между собой. В любом случае мыслительные операции — это процесс получения новых знаний [1], то есть уменьшение неопределенности в той или иной области. Из этого следует, что мышление является сложной структурой, а не отдельным элементом другой структуры [2].

В подготовке специалистов УЗЧС используется термин профессионального мышления — преобладающего использования приня-

тых в данной профессиональной области способов задания предмета труда, приемов анализа профессиональных ситуаций, путей решения проблемных задач и принятия профессиональных решений [3]. Имеются в виду различные особенности мышления, благодаря которым инженер в области УЗЧС будет обладать способностью быстро и рационально решать сложные, часто меняющиеся задачи. Таким образом, для него станет возможен высоко профессиональный подход к предотвращению и прогнозированию ЧС.

Существует несколько классификаций мышления в профессиональной деятельности. Доцент кафедры «Уголовно-правовые дисциплины» Московского института экономики, менеджмента и права Сорочан В.В. подразделяет мышление на две категории: теоретическое и практическое [4]. В качестве теоретического мышления понимается познание правил и законов, то есть выявление чего-то значимого в явлениях, процессах и объектах в виде тенденций и закономерных связей между ними. Под практическим мышлением подразумевается целостное видение ситуации в профессиональной деятельности, результатом чего является прогнозирование развития ситуации, постановка задач и разработка решений и стратегий.

Выделяются также следующие виды мышления: репродуктивное, продуктивное (творческое), наглядно-образное, словесно-логическое, наглядно-действенное, аналитическое (логическое) и интуитивное. Все они непосредственно взаимосвязаны друг с другом. В профессиональной деятельности специалистов УЗЧС задействованы все его мыслительные способности.

Выпускаясь из высшего учебного заведения, специалист УЗЧС обладает способностью к теоретическому мышлению, что дает ему своеобразную базу для начала своей профессиональной деятельности. При работе в таком учреждении, как МЧС, ему приходится сталкиваться с различными кризисными ситуациями, для решения которых ему необходимо обладать практическим мышлением, в процессе которого будут ставиться реальные задачи. При решении проблем, связанных с ЧС, специалист сначала проводит её декомпозицию, а затем ранжирование, что позволяет выделить наиболее опасную обстановку. В данный момент включается аналитическое (логическое) мышление. Продуктивное (творческое) мышление позволяет находить наиболее эффективное и действенное решение, а с помощью словесно-логического мышления специалист отображает результаты своей мыслительной деятельности в виде понятий, логических конструкций и знаков.

Для тех специалистов, которым приходится выезжать на место ЧС, одним из немаловажных видов является интуитивное мышление. Обычно оно срабатывает на уровне подсознания, то есть обладает малой осознанностью и протекает очень быстро. Безусловно, на данный вид мышления влияет опыт специалиста в его профессиональной деятельности [6, 7].

Среди студентов Высшей школы техносферной безопасности (далее ВШТБ) Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого был проведен опрос. Участникам следовало выбрать тот тип мышления, который они считают наиболее важным в профессиональной деятельности специалиста УЗЧС. Результаты показали, что почти 50% обучающихся по направлению «Техносферная безопасность» в первую очередь ставят аналитическое (логическое) мышление. Ещё 25% отдали свой голос за практическое мышление.

Подобная картина складывается в результате того, что в процессе обучения у студентов ВШТБ формируется понятийный аппарат, который они затем учатся применять на практике. Также учащиеся в процессе решения учебных задач получают навыки логического, аналитического мышления, что позволяет им находить решения сложных и даже неординарных проблем.

К тому же при обучении по направлению «Техносферная безопасность» делается упор на развитие мобильности и гибкости мышления. Специалист должен с быстротой и легкостью использовать свои теоретические знания, анализировать возникшую ЧС, принимать решение, от которого будет зависеть исход событий. При этом для данной профессии необходимо уметь быстро подстраиваться под частые изменения в обстановке, а также постоянно пополнять свои знания и совершенствовать навыки.

Роль мышления в профессиональной деятельности специалистов УЗЧС является одной из главных. Помимо психологической устойчивости и личностных качеств, при обучении бакалавров и магистров данного направления необходимо помнить и о том, что им как будущим специалистам необходимы навыки мышления.

При попадании в чрезвычайную ситуацию специалист должен сохранять рациональность своих мыслительных операций и их мобильность. При этом без теоретических знаний и практического мышления существует угроза неправильного принятия решения.

Каждый специалист УЗЧС должен уметь проводить анализ и синтез происходящих вокруг изменений. Также на основе получен-

ных результатов необходимо уметь прогнозировать развитие событий. В данных процессах участвует логическое мышление.

Необходимо помнить, что специалисты УЗЧС испытывают очень сильную психологическую нагрузку, зачастую они отвечают за жизни сотен и даже тысяч людей. От того, насколько правильное решение они примут, зависят исходы аварийно-спасательных операций, ликвидаций и предупреждений ЧС. Скорость, рациональность, психологическая устойчивость, мобильность, гибкость и развитость всех видов мышления — это именно те качества, которыми должен обладать высококвалифицированный специалист УЗЧС.

Литература

1. Марача В. Московский методологический кружок: основные программы, идеи и формы организации интеллектуальных практик // Философские науки. 2004. № 1.
2. Щедровицкий Г.П. О методе исследования мышления. — М. 2006.
3. Под ред. Булановой-Топорковой М.В. Педагогика и психология высшей школы: Учебное пособие. — Ростов н/Д: Феникс. 2006. 512 с.
4. Сорочан В.В. Психология профессиональной деятельности: Конспект лекций. — М.: МИЭМП. 2005. 70 с.
5. Леонова Н.А. Техническое мышление как критерий оценки педагогического обеспечения преемственности в многоуровневой системе инженерного образования / Леонова Н.А. // Вестник Орловского государственного университета. Новые гуманитарные исследования. — Орел. 2014. № 4 (39). С. 130–134.
6. Леонова Н.А. Педагогическая технология формирования, развития и оценки уровня технического мышления личности в системе непрерывного технического профессионального образования / Леонова Н.А. // Вестник Орловского государственного университета. Новые гуманитарные исследования. — Орел. 2012. № 6 (26). С. 105–110.
7. Леонова Н.А. Теоретические основы концепции преемственности формирования и развития технического мышления / Леонова Н.А. // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета. — Санкт-Петербург. 2009. С.179–184.

ОЦЕНКА ВЗРЫВНЫХ ЯВЛЕНИЙ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТАХ ПРИ ПРЕДУПРЕЖДЕНИИ И ЛИКВИДАЦИИ ЧС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

И.Г. Якушкина

*Санкт-Петербургское государственное казенное учреждение
дополнительного профессионального образования
«Учебно-методический центр по гражданской обороне и защите
от чрезвычайных ситуаций»*

Современный уровень развития общества придает важнейшее значение вопросам применения информационных технологий в сфере предупреждения и ликвидации ЧС. Оперативное управление силами и средствами, привлекаемыми для ликвидации последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий, предполагает тщательный анализ и оценку обстановки, всестороннее обоснование принимаемых решений.

В Российской Федерации существует значительное количество объектов экономики, содержащих в своем производстве взрывоопасные вещества. Особую опасность представляют взрывоопасные производства, склады взрывчатых и легковоспламеняющихся веществ, а также резервуары и сосуды, предназначенные для хранения и транспортировки нефтепродуктов и сжиженных газов, шахты и рудники.

Актуальность проблемы состоит в том, что при авариях, связанных со взрывами на объектах экономики, происходят сильные разрушения и имеют место большие людские потери.

Одним из путей повышения оперативности подготовки и принятия управленческих решений является создание и применение автоматизированных информационных систем местного и объектового уровня, предназначенных для информационного обеспечения органов управления объекта экономики на основе интеграции их информационных ресурсов и комплексной автоматизации процессов управления силами и средствами объектового уровня.

В человеческой деятельности, не связанной с преднамеренными взрывами, в условиях промышленного производства под взрывом следует понимать быстрое неуправляемое выделение энергии, которое порождает воздушную волну и разлет фрагментов объектов производства.

Источником энергии химического взрыва является чрезвычайно быстрое химическое превращение взрывчатых веществ, сопровождающееся выделением энергии для образования ударной волны и образованием некоторого объема газов, способных производить механическую работу.

Энергоносители химических взрывов могут быть твердыми (гексоген, тротил), жидкими (нитроглицерин, нефтяной аммонит), газообразными (объемные взрывы), а также аэрозольными горючих веществ (жидких и газообразных) в окислительной среде (часто в воздухе).

Источником энергии физического взрыва является внутреннее давление сжатого газа под воздействием внешних факторов (пожар, террористический акт).

Физическая детонация при взрыве, возникающем при смешивании горячей и холодной жидкостей сопровождается образованием ударной волны с избыточным давлением в жидкой фазе, достигающей в ряде случаев сотен МПа.

Сила взрывов сжатого и сжиженного газа (пара) характеризуется внутренним давлением, а разрушения вызываются ударной волной от расширяющегося резервуара. Известны многочисленные случаи таких чисто физических взрывов сосудов со сжиженными газами под давлением, не превышающим 4 МПа.

Различают два принципиально разных режима взрывного горения: дефлаграционный и детонационный. Режим детонационного горения принят за расчетный случай для прогнозирования инженерной обстановки при авариях со взрывом. При таком режиме в атмосфере возникают воздушные волны, распространяющиеся со скоростью звука в виде области сжатия, разряжения и скачком на своем фронте давления.

Взрыв может быть воздушным, наземным и подземным. При воздушном и наземном взрыве обычно рассматривают воздушную ударную волну, которая распространяется от эпицентра с вертикальным фронтом. При подземном взрыве воздушная волна ослабляется грунтовой средой.

Взрывы газозвудушных и пылевоздушных смесей образуют класс объемных взрывов. Если взрывы пылевоздушных смесей (далее — ПВС) происходят в замкнутых объемах (помещения), то взрывы газопаровоздушных смесей (далее — ГПВС) могут происходить как в помещениях, так и в неограниченном пространстве.

Таким образом, систематизация крупномасштабных аварий по источникам энергии и условиям аварийного высвобождения пред-

ставляется наиболее удобной для понимания проблемы и для разработки практических мер предупреждения случайных промышленных взрывов и ограничения их поражающей способности.

Автором разработана компьютерная программа, способная определить опасные расстояния за доли секунды. Программа проста в применении и не требует специальной подготовки.

Основой для создания специальных программ вычислительной техники является математическое обеспечение по определению зоны разрушений, исходя из основных факторов, влияющих на параметры взрыва:

- масса и тип взрывоопасного вещества;
- условия хранения или использования взрывоопасных веществ в технологическом процессе;
- место возникновения взрыва;
- объемно-планировочные решения сооружений в месте взрыва.

После установки программы с обычного флэш-накопителя работа с ней заключается в следующем.

Пользователь должен выбрать характер ожидаемого взрывоопасного явления и тем самым определить ту часть программы, с которой он будет работать (рис. 1).

После этого программа предлагает пользователю ввести все требуемые исходные данные. Практически мгновенно программа представляет результат степени опасности по заданной пользователем точке исследования от эпицентра прогнозируемого взрыва.

При прогнозировании последствий взрывов газопаровоздушных смесей (ГПВС) в открытом пространстве принимаются расче-

ВВЕДИТЕ ТИП ВЗРЫВА ПО ПОРЯДКОВОМУ НОМЕРУ: 1. Газовоздушные смеси (в открытом пространстве); 2. Газовоздушные смеси (в помещении); 3. Пылевоздушные смеси (в помещении); 4. Взрывчатые вещества; 5. Разгерметизация магистрального газопровода; (Для выхода из программы нажмите 0) Ваш выбор:
--

Рис. 1. Компьютерная программа «Взрывы». Начальная страница

ты максимального разрушения резервуара, в котором хранится максимальное количество горючего вещества на рассматриваемом объекте.

Объем полусферического облака (рис. 2) радиусом ограничения действия детонационной волны r_0 может быть определен по формуле $V = 2/3 \cdot \pi \cdot r_0^3$, м³. Отсюда:

$$r_0 = \sqrt[3]{3V/2\pi}, \text{ м.} \quad (1)$$

Если учесть, что объем 1 киломоля идеального газа при N условиях равен 22,4, то объем полусферического облака ГПВС:

$$V = \frac{22,4 \cdot k \cdot Q \cdot 100}{M_k \cdot C}, \text{ м}^3, \quad (2)$$

где k — коэффициент, учитывающий долю активного газа, участвующего во взрыве (зависит от способа хранения продукта) (табл. 1);

Q — количество сжиженных углеводородных газов в хранилище до взрыва, кг;

C — стехиометрическая концентрация газа в % по объему (табл. 3);

M_k — молярная масса газа, кг/кмоль.

За внешней границей облака ГПВС — зона действия воздушной ударной волны (ВУВ), величина которой зависит от удаления объекта от центра полусферы.

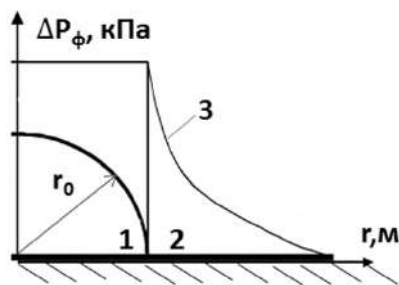


Рис. 2. Схема взрыва ГПВС, характеризующая изменения давления ΔP_ϕ в зависимости от r (табл. 2): r_0 — радиус ограничения действия детонационной волны в виде полусферического облака; 1 — зона детонации в пределах облака ГПВС, 2 — зона разлета продуктов детонации, 3 — изменение давлений при взрыве ГПВС

Таблица 1

Значение коэффициента k в зависимости от способа хранения продукта

№ пп	Коэффициент	Способ хранения продукта
1	1	Для резервуаров с газообразным веществом
2	0,6	Для газов, сжиженных под давлением
3	0,1	Для газов, сжиженных охлаждением (хранящихся в изотермических емкостях)

Таблица 2

**Зависимость давления во фронте ударной волны P_ϕ
от расстояния и от центра взрыва**

r/r_0	0–1	1,01	1,04	1,08	1,2	1,4	1,8	2,7
ΔP_ϕ , кПа	1700	1232	814	568	400	300	200	100
r/r_0	3	4	5	6	8	12	20	40
ΔP_ϕ , кПа	80	50	40	30	20	10	5	2,5

Таблица 3

Характеристика газопаровоздушных смесей

Вещество, характеризующее смесь	Формула вещества, образующего смесь	Характеристики смесей			
		M_r , кг/кмоль	ρ , кг/м	$Q_{смх}$, МДж/кг	C , об. %
Газовоздушные смеси					
Аммиак	CH_3	15	1,180	2,370	19,72
Ацетилен	C_2H_2	26	1,278	3,387	7,75
Бутан	C_4H_{10}	58	1,328	2,776	3,13
Бутилен	C_2H_8	56	1,329	2,892	3,38
Винилхлорид	$\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$	63	1,400	2,483	7,75
Водород	H_2	2	0,933	3,425	29,59
Дивинил	C_4H_6	54	1,330	2,962	3,68
Метан	CH_4	16	1,232	2,763	9,45
Оксись углерода	CO	28	1,280	2,930	29,59
Пропан	C_3H_8	44	1,315	2,801	4,03
Пропилен	C_3H_6	42	3,314	2,922	4,46
Этан	C_2H_6	30	1,250	2,797	5,66
Этилен	C_2H_4	28	1,285	3,010	6,544
Паровоздушные смеси					
Ацетон	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$	58	1,210	3,112	4,99
Бензин авиац.		94	1,350	2,973	2,10
Бензол	C_6H_6	78	1,350	2,937	2,84
Гексан	C_6H_{14}	86	1,340	2,797	2,16
Дихлорэтан	$\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$	99	1,49	2,164	6,54
Диэтиловый эфир	$\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$	74	1,360	2,840	3,38
Ксилол	C_6H_{10}	106	1,355	2,830	1,96
Метанол	CH_4O	32	1,300	2,843	12,30
Пентан	C_5H_{12}	72	1,340	2,797	2,56
Толуол	C_7H_8	92	1,350	2,843	2,23
Циклогексан	C_6H_{12}	84	1,340	2,797	2,28
Этанол	$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$	46	1,340	2,804	6,54

В зависимости от расстояния и от центра взрыва давление во фронте ударной волны P_ϕ определяется по табл. 2, исходя из соотношения:

$$\Delta P_\phi = f(r/r_0), \quad (3)$$

где r — расстояние от центра взрыва до рассматриваемой точки;

r_0 — радиус ограничения действия детонационной волны.

На экран выводятся результаты расчета для конкретного расстояния (рис. 3).

При прогнозировании последствий взрыва ГПВС в производственных помещениях считают, что процесс развивался в режиме детонации. Зону детонационной волны, ограниченной радиусом r_0 , определяют по формуле:

$$r_0 = 1/24^{33} \sqrt{\mathcal{E}}, \text{ м}, \quad (4)$$

где $1/24$ — коэффициент, $\text{м/кДж}^{1/3}$;

$\mathcal{E}$ — энергия взрыва смеси, кДж.

Энергия взрыва смеси для оперативного прогнозирования, когда расчеты ведутся на тот случай, когда свободный объем помещения полностью заполнен взрывоопасной смесью, находится по формуле:

$$\mathcal{E} = \frac{100 \cdot V_0 \cdot \rho_{смх} \cdot Q_{смх}}{C}, \text{ кДж}, \quad (5)$$

где V_0 — объем помещения;

$\rho_{смх}$ — плотность смеси стехиометрического состава, кг/м^3 (табл. 3);

$Q_{смх}$ — удельная теплота взрывчатого превращения единицы массы смеси стехиометрического состава, кДж/кг (табл. 3);

РЕЗУЛЬТАТ РАСЧЕТА:
 $r/r_0=30.338$
 Избыточное давление во фронте ударной волны $P=2.500\text{кПа}$
 Зона безопасного расстояния.
 Запустить пункт ещё раз?(y/n)_

Рис. 3. Пример результатов расчетов при взрыве ГВС в открытом пространстве

C — стехиометрическая концентрация горючего по объему в % (табл. 3).

Давление во фронте воздушной ударной волны за пределами зоны детонационной волны определяется с применением формулы (3) и табл. 2.

При прогнозировании последствий взрывов пылевоздушных смесей энергия взрыва определяется по формуле:

$$\mathcal{E} = m \cdot Q, \text{ кДж}, \quad (6)$$

где Q — удельная теплота сгорания вещества, образовавшего пыль, кДж/кг (табл. 5);

m — расчетная масса пыли, кг.

Оперативное прогнозирование рассчитывается так, что свободный объем будет полностью заполнен дисперсным продуктом. Расчетная масса пылевоздушной смеси стехиометрической концентрации находится по формуле:

$$m = \frac{V_o \cdot C}{1000}, \text{ кг}, \quad (7)$$

где V_o — свободный объем помещения ($V_o = 0,8V_n$), м³;

C — стехиометрическая концентрация пыли, г/м³, $C \approx 3 \cdot \varphi_{\text{нкпр}}$,

где $\varphi_{\text{нкпр}}$ — нижний концентрационный предел распространения пламени (табл. 4, 5).

Давление во фронте воздушной ударной волны определяется с использованием формулы (3) и табл. 2.

Значение характеристик некоторых аэрозолей приведены в таблице 5.

Интенсивность взрыва конденсированных взрывчатых веществ (ВВ) зависит от многих факторов: вида ВВ, эффективной массы, ха-

Таблица 4

Значение нижнего концентрационного распространения пламени $\varphi_{\text{нкпр}}$ для различных веществ

Наименование веществ	$\varphi_{\text{нкпр}}$
Неорганические вещества (сера, фосфор)	2–30 г/м ³
Пластмассы	20–100 г/м ³
Пестициды и красители	30–300 г/м ³
Шерсть	100–200 г/м ³

Таблица 5

Показатели взрывных явлений пыли

Вещество	$\varphi_{\text{нкр}}$	Q , МДж/кг
Полистерол	27,5	39,8
Полиэтилен	45,0	47,1
Метилцеллюлоза	30,0	11,8
Полиоксадиазол	18,0	18,0
Пигмент зеленый (краситель)	45,0	42,0
Пигмент бордо на полиэтилене	39,0	42,9
Нафталин	2,5	39,9
Фталиевый ангидрид	12,6	21,0
Уротропин	15,0	28,1
Адипиновая кислота	35,0	19,7
Сера	2,3	8,2

рактера подстилающей поверхности, расстояния до центра взрыва (определяют приведенный радиус R на рассматриваемом расстоянии) и др.

Избыточное давление P_ϕ рассчитывают на втором этапе, после определения приведенного радиуса зоны взрыва R :

$$R = \frac{r}{\sqrt[3]{2 \cdot \eta \cdot Q \cdot k_{\text{эфф}}}}, \text{ м/кг}^{1/3}, \quad (8)$$

где r — расстояние до центра взрыва ВВ, м;

η — коэффициент, учитывающий характер подстилающей поверхности, принимаемый равным для металла — 1, для бетона — 0,95, для грунта и дерева — (0,6–0,8);

Q — масса ВВ, кг;

$k_{\text{эфф}}$ — тротильный эквивалент рассматриваемого вида ВВ к тротилу, принимаемый по табл. 6.

При величине приведенного радиуса $R \leq 6,2$ м избыточное давление определяется по формуле:

$$\Delta P_\phi = \frac{700}{3(\sqrt{1 + R^3} - 1)}, \text{ кПа}. \quad (9)$$

При $R \geq 6,2$ м избыточное давление определяется из выражения:

Таблица 6

Значения коэффициента $k_{эфф}$

Вид ВВ	$k_{эфф}$
Тротил	1
Тритонал	1,53
Гексоган	1,3
ТЭН	1,39
Толуол	0,9
Аммонал	0,99
Порох	0,66
ТНРС	0,39
Тетрил	1,15

$$\Delta P_{\phi} = \frac{70}{R(\sqrt{\lg R} - 0,332)}, \text{ кПа.} \quad (10)$$

Результаты расчета выводятся на экран (рис. 4):

В 80% случаев разгерметизация магистрального водопровода за счет автотурбализации может трансформироваться во взрыв, оперативный расчет которого ведется также в детонационном режиме.

Вычислим объем трубы:

$$V_{тр} = S \cdot L, \text{ м}^3, \quad (11)$$

где S — площадь сечения трубы; L — длина трубы.

Находим массу газозадушного облака:

$$M_{зв} = V_{тр} \cdot \rho, \text{ кг}, \quad (12)$$

где ρ — плотность газа в трубе.

РЕЗУЛЬТАТ РАСЧЕТА
Радиус возможных полных разрушений: 8.250м
Радиус возможных сильных разрушений: 13.751м
Радиус возможных средних разрушений: 19.251м
Радиус возможных слабых разрушений: 27.501м
Запустить пункт ещё раз? (y/n)

Рис. 4. Пример результатов расчетов при взрыве ВВ

По принципу адекватности находим массу тротила:

$$M_{\text{тнт}} = \alpha_{\text{пвс}} \cdot M_{\text{гво}},$$

где $\alpha_{\text{пвс}}$ — коэффициент эмпирической зависимости, для сжиженного газа равен 0,5;

$M_{\text{гво}}$ — масса газовоздушного облака.

Применяя закон «подобия», мы всегда сможем оценить зоны возможных разрушений.

Итак, была создана программа, выполняющая оперативные расчеты величины избыточного давления во фронте ударной волны и радиусов поражающего действия ударной волны до рассматриваемой точки от центра взрыва. Программа имеет практическое значение для штабов ГО ЧС городов и областей, а также для промышленных предприятий для оценки взрывоопасности помещений, зданий и сооружений.

Литература

1. Андросов А.С. Теория горения и взрыва: Учебное пособие / А.С. Андросов, И.Р. Бегишев, Е.П. Салеев — М.: АГППС МЧС России. 2007. 240 с.
2. Гаценко В.П., Королев В.А. Прогнозирование последствий взрывных явлений и гражданская защита в чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени: Учебное пособие. — М.: МГТУ им. Баумана. 2009. 98 с.
3. Медведев В.В., Тихонов Н.Д. Теория горения и взрыва: Учебное пособие — М.: МГТУ ГА. 2013. 150 с.
4. Чагаев В.П., Тарабаев Ю.Н., Репринцев В.А. Теория горения и взрыва. АГЗ. — Новогорск. 2008. 146 с.

**МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ ДОСМОТРОВЫХ
МЕРОПРИЯТИЙ ПО ТРЕБОВАНИЯМ ТРАНСПОРТНОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ
ТРЕБОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
ПРИ ПРОВЕДЕНИИ МАССОВЫХ МЕРОПРИЯТИЙ
(КК–2017 И ЧМ–2018). ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УСТРОЙСТВ
ПОДАВЛЕНИЯ РАДИОЛИНИЙ УПРАВЛЕНИЯ
ВЗРЫВНЫХ УСТРОЙСТВ «КАМЫШ-С»**

М.Б. Бродов

СПб НИУ ИТМО

**Организация досмотровых мероприятий при проведении
массовых мероприятий (КК–2017 и ЧМ–2018)**

Проведение Чемпионата мира по футболу 2018 года будет проходить в 11 городах РФ: Москва, Санкт-Петербург, Калининград, Нижний Новгород, Казань, Самара, Саранск, Волгоград, Ростов-на-Дону, Сочи, Екатеринбург.

В процессе подготовки к кубку конфедераций (КК)–2017 и ЧМ–2018 не планируется возводить новые транспортные объекты. Существующей в городах организаторах инфраструктуры достаточно для обслуживания болельщиков. Основная работа во время подготовки к этим мероприятиям направлена на организацию транспортной логистики. Города разработали транспортные мастер-планы, в которых рассчитаны все маршруты болельщиков в дни проведения соревнований. Данные документы легли в основу объединенного транспортного плана, который был успешно представлен в автономную некоммерческую организацию (АНО) «Транспортная дирекция — 2018» в министерстве транспорта РФ.

В проведении КК–2017 и ЧМ–2018 для комфортного передвижения пассажиров организованы пункты пропуска:

– Воздушные аэропорты: Шереметьево, Домодедово, Внуково (Москва), Пулково (Санкт-Петербург), Казань (Казань), Сочи (Адлер);

– Автомобильные: Торфяновка, Ивангород, Брусничное (Ленинградская обл.), Бурачки (Псковская обл.);

– Морские: Пассажирский порт (Санкт-Петербург).

Была разработана стратегия транспортного обеспечения Кубка конфедераций FIFA 2017 года и чемпионата мира по футболу FIFA 2018 года в РФ (далее — Стратегия) в соответствии с частью 1 статьи 15 Федерального закона «О подготовке и проведении в Российской Федерации чемпионата мира по футболу FIFA 2018 года, Кубка конфедераций FIFA 2017 года и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» и пунктом 13 плана мероприятий по реализации Федерального закона «О подготовке и проведении в Российской Федерации чемпионата мира по футболу» и утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2016 г. № 2858-р.

Целями Стратегии является обеспечение устойчивого, своевременного, эффективного, безопасного и комфортного перемещения зрителей Кубка конфедераций FIFA 2017 года и чемпионата мира по футболу FIFA 2018 года в Российской Федерации.

Основные направления организации транспортного обеспечения в период подготовки и проведения спортивных соревнований — это разработка и реализация комплекса мер по обеспечению безопасности перевозок и транспортной безопасности, в том числе с учетом положений разрабатываемого проекта Указа Президента Российской Федерации об особенностях применения усиленных мер безопасности в период проведения чемпионата мира по футболу FIFA 2018 года в Российской Федерации.

Система централизованного управления пассажирскими перевозками в период подготовки и проведения спортивных соревнований реализуется путем создания двухуровневой системы управления пассажирскими перевозками на федеральном и региональном уровнях.

Главными направлениями деятельности при подготовке к проведению ЧМ — 2018 являются:

- планирование мероприятий по транспортной безопасности, которое включает категорирование, оценку уязвимости вокзалов, разработку и утверждение планов обеспечения транспортной безопасности ОТИ;
- мероприятий по оснащению вокзальных комплексов инженерно-техническими средствами обеспечения транспортной безопасности;
- организация досмотровых и охранных мероприятий;
- организация системы видеонаблюдения.

В статье рассматриваются технические системы и средства досмотра, интеллектуального видеонаблюдения, которые проходят

сертификационные испытания согласно методике, утверждённой приказом ФСБ РФ.

Система досмотра предназначена для обеспечения безопасности объекта путем досмотра багажа, ручной клади, посетителей и пассажиров на предмет выявления фактов проноса запрещенных предметов и веществ, с применением системы видеонаблюдения, систем радиационного контроля и психоэмоционального состояния человека.

Система досмотра состоит из (табл. 1–3):

1. Оборудования досмотра пассажиров (арочные металлодетекторы, сканеры персонального досмотра);
2. Оборудования досмотра багажа пассажиров (интроскопы);
3. Дополнительного оборудования досмотра пассажиров (ручные металлодетекторы, сканеры обуви, детекторы взрывчатых веществ, детекторы опасных жидкостей);
4. Специализированного оборудования и программное обеспечение (ПО) системы радиационного контроля и системы психоэмоционального состояния человека;
5. Оборудование и программное обеспечение (ПО) системы видеонаблюдения;
6. Программное обеспечение (ПО) диспетчеризации досмотровых участков;
7. Оборудования коммутационных узлов, кабельных трасс и каналов.

В 2011–2013 годах по Комплексной программе были организованы досмотровые зоны для досмотра скоростных поездов «Сапсан»

Таблица 1

Спецификация оборудования досмотра участка

Наименование	Количество
Интроскоп Rapiscan 620XRW	2
Арочный металлодетектор Metor 6M	4
Радиоволновый сканер Rapiscan Secure 1000 SP	1
Радиационный монитор Янтарь-1 ПЗ	4
Стол для личных вещей пассажиров	2
Ручной металлодетектор Поиск-4M	4
Сканер обуви SAMD	2
Видеокамера внутренняя стационарная	8
Видеокамера внутренняя поворотная	2
АРМ оператора	4

Таблица 2

Спецификация зонального коммутационного узла

Наименование	Количество
Шкаф 19», 600 × 473 мм, 9U	1
Оптоволоконная коммутационная панель, 24 порта SC	1
Органайзер кабелей	2
Модуль силовых розеток	1
Коммутационная панель RJ45, 24 порта	1
Коммутатор	1
ИБП	1

Таблица 3

Спецификация комплекта экспресс-анализа

Наименование	Количество
Детектор ВВ Пилот-М	1
Детектор опасных жидкостей	1

на 8 вокзалах, находящихся на линиях Москва–Санкт-Петербург (3), Москва–Нижний Новгород (3), Санкт-Петербург–Хельсинки (2) и 20 железнодорожных вокзалах Южного и Северо-Кавказского федеральных округов, а также вокзалы Казань и Владивосток.

Интеграция системы досмотра с системой охранного телевидения

Оснащение железнодорожных вокзалов системами охранного телевидения (СОТ) и их модернизация проводятся в соответствии с проектом «Транспортная безопасность» инвестиционной программы ОАО «РЖД».

Устройство подавления радиолиний управления взрывных устройств «Камыш-С»

Все здания вокзалов и досмотровые павильоны (зоны), участвующие в проведении КК-2017 и ЧМ-2018 по футболу, должны быть оснащены устройствами подавления радиолиний управления взрывных устройств «Камыш-С» производства ФКУ НПО «СТиС» (г. Москва). Предусматривается использование прибора «Камыш-С» в носимом исполнении (рис. 1–4).



*Рис. 1. Общий вид прибора
«Камыш-С»*



*Рис. 2. Общий вид прибора
«Камыш-С»*



*Рис. 3. Общий вид прибора
«Камыш-С»*



*Рис. 4. Общий вид прибора
«Камыш-С»*

Сборка, настройка и последующая эксплуатация блокиратора должна осуществляться в соответствии с Руководством по эксплуатации прибора ИУЯД.462715.003РЭ.

1. Назначение изделия

Постановщик помех (далее — блокиратор) с комплектом контрольно-диагностического оборудования (КДО) предназначен для блокирования радиоуправляемых взрывных устройств (РВУ) при проведении работ по обезвреживанию подозрительных на РВУ предметов, защиты техники и личного состава при движении по опасным районам следования.

Отличительной особенностью изделия должно являться наличие нескольких оперативно программируемых произвольных «частотных окон» с пониженным уровнем излучения для обеспечения беспомеховой связи служб обеспечения безопасности вне зоны проведения работ по обезвреживанию РВУ и связи саперного расчета с руководителем работ.

2. Состав изделия

1	Блокиратор, в составе:	1 к-т
1.1	блок формирования помех (рис. 5.)	1 шт.
1.2	комплект антенн	1 к-т
1.3	комплект выносных антенн	1 к-т
1.4	пульт дистанционного управления	1 шт.
1.5	устройство управления (на базе защищенного компьютера типа Notebook)	1 шт.
1.6	аккумуляторная батарея	2 шт.
1.7	модуль питания от сети переменного тока 220В	1 шт.
1.8	зарядное устройство от сети переменного тока 220В	1 шт.
1.9	преобразователь 12В/220В (для питания зарядного устройства от бортовой сети автомобиля 12В)	1 шт.
1.10	комплект жгутов и кабелей	1 к-т
1.11	удлинитель на катушке (электропитания от сети 220В)	1 шт.
1.12	удлинитель на катушке (пульта дистанционного управления)	1 шт.
1.13	удлинитель на катушке (устройства управления)	1 шт.
1.14	монтажный комплект для установки на автомобиле	1 к-т
1.15	комплект эксплуатационной документации	1 к-т
1.16	комплект транспортной многоразовой упаковки	1 к-т
2	Контрольно-диагностическое оборудование, в составе (рис. 6):	1 к-т
2.1	устройство управления (на базе компьютера типа Notebook)	1 шт.
2.2	аппаратура КДО (сканирующий радиоприемник, комплект согласованных нагрузок, коммутатор, аттенюатор)	1 шт.
2.3	комплект жгутов и кабелей	1 к-т
2.4	удлинитель на катушке (устройства управления КДО)	1 шт.
2.5	комплект эксплуатационной документации	1 к-т
2.6	комплект транспортной многоразовой упаковки	1 к-т

3. Тактические характеристики

1. Вид помехи — заградительная шумовая.

2. Блокиратор должен обеспечивать блокировку радиосигнала управления возможного РВУ в заявленном диапазоне постановки помех с возможностью командного (оператором) открытия частотных «окон» для работы радиосетей в диапазоне помехи.

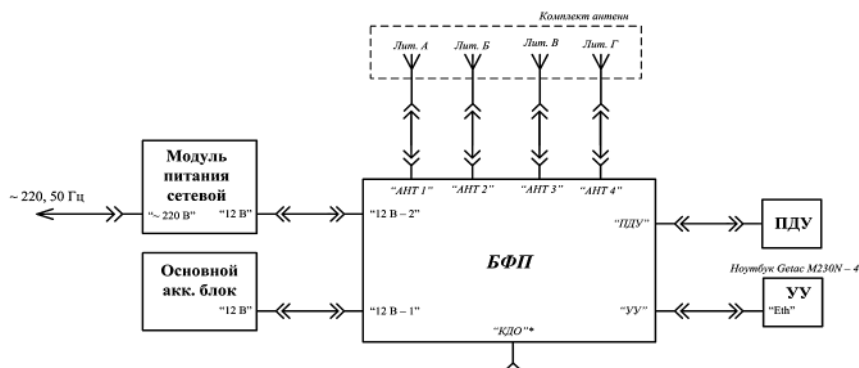
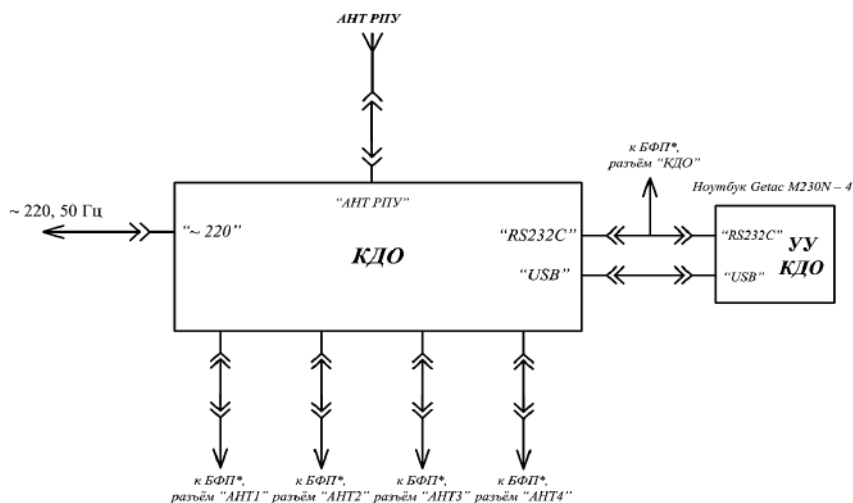


Рис. 5. Блок формирования помех.

БФП — блок формирования помех; КДО — комплект дополнительного оборудования; ПДУ — пульт дистанционного управления; УУ — устройство управления



Примечание: 1 — * Подключение осуществляется при необходимости.
2 — Все соединительные кабели и разъемы, представленные на схеме, входят в комплект поставки оборудования

Рис. 6. Комплект дополнительного оборудования

3. Блокиратор должен иметь защиту от перегрева, от аварии антенно-фидерных устройств (КЗ, ХХ, неподключении антенн, нарушении контактов), снижения электропитания ниже допустимого

уровня, при скачках электропитания выше допустимого уровня, при переполновке питания, при внезапном включении и выключении электропитания.

4. Должна быть предусмотрена индикация аварийных ситуаций АФУ и питания, снижения выходной мощности более чем на 50%.

5. Пульт дистанционного управления блокиратором должен обеспечивать:

- включение/выключение помех;
- включение/выключение всех «окон» одновременно;
- индикацию аварийных ситуаций;
- индикацию степени разряда аккумуляторной батареи.

6. На корпусе блокиратора должны располагаться органы управления и индикации, дублирующие пульт дистанционного управления.

7. Устройство управления блокиратора (компьютер) должно иметь возможность:

– полного и сокращенного тестирования (диагностики) оборудования блокиратора с выдачей на дисплей информации о состоянии основных узлов блокиратора;

- программировать частотные диапазоны «окон»;
- управления несколькими блокираторами;
- осуществлять вышеуказанные операции при работе непосредственно с блокиратором и на удалении до 50 м по проводной линии.

8. Должна обеспечиваться работа проводной линии управления в условиях помех от блокиратора.

9. Должна быть предусмотрена возможность управления несколькими блокираторами (в сети).

10. КДО должно позволять осуществление проверки основных параметров блокиратора с индексацией величин параметров и ведением протокола проверки:

- параметров электропитания (напряжения и потребляемого тока) в различных режимах работы блокиратора, в том числе при работе на антенно-фидерные устройства;
- выходной мощности (по каналам на согласованной нагрузке);
- спектральной плотности «шума» по каналам;
- параметров «окон» (частота, ширина и глубина).

11. Спектр и параметры окон должны проверяться КДО при работе на согласованную нагрузку и при работе всех каналов на антенны, в т.ч. на расстоянии до 50 м. Основное назначение контроля спектра:

– исключить существенное изменение спектра при сохранении выходной мощности;

– исключить невыполнение требований к «окнам».

12. Компьютер КДО должен быть защищен от правки протоколов проверки.

4. Технические характеристики

1. Диапазон рабочих частот блокиратора: 20–2500 МГц.

2. Количество «окон» спектра — не менее 9.

3. Параметры «окон»:

– минимальная ширина — 25 кГц;

– точность установки — 12,5 кГц;

– шаг установки ширины — 25 кГц;

– глубина окон — не менее 10 дБ.

4. Суммарная мощность излучения — не менее 75 Вт. Должен обеспечиваться подъем излучаемой мощности в частотных участках 140–174, 430–470 МГц и диапазонах частот сотовых систем связи.

5. Должна обеспечиваться работа блокиратора при следующих источниках питания:

– от собственной съемной необслуживаемой аккумуляторной батареи;

– от бортовой сети автомобилей напряжением 11–15 В постоянного тока с учетом кабеля питания длиной до 5 м;

– сети переменного тока напряжением 176–242 В, частотой 50 Гц;

6. Должно обеспечиваться автоматическое переключение на собственный аккумулятор при пропадании напряжения внешней сети с отключением излучения помехи на время не более 0,1 секунды.

7. Должна обеспечиваться возможность подключения запасной аккумуляторной батареи с автоматическим переключением аккумуляторов.

8. Потребляемая блокиратором мощность, Вт, не более:

– 550 Вт от источника постоянного тока напряжением 11–15 В;

– 700 Вт от однофазной сети переменного тока 220 В 50 Гц.

9. Непрерывное время работы от одного аккумулятора — не менее 1 часа.

10. Непрерывное время работы от внешней сети — не менее 8 часов.

5. Конструктивные требования

1. Габаритные размеры блокиратора — не более $480 \times 400 \times 400$ мм (без учета антенн).
2. Масса носимого модуля блокиратора не должна превышать 32 кг.
3. Масса, конструкция и габариты блокиратора должны позволять:
 - подносить изделие одним оператором на расстояние до 50 м (за ручки на корпусе блокиратора или при помощи плечевого ремня);
 - дистанционно подтягивать изделие без опрокидывания или раскачивания к оператору или к объекту, подозреваемому на наличие РВУ (на салазках, являющихся элементом конструкции блокиратора);
 - устойчиво устанавливать изделие (без опрокидывания) на месте обследования на поверхности с уклоном до 30 градусов;
 - крепить изделие и его составные части на автотранспорте.
4. Комплект выносных антенн должен иметь магнитное крепление на крыше автомобиля.
5. Длина жгута пульта дистанционного управления — 5 метров.
6. Должна быть предусмотрена конструктивная защита от ошибок при подключении антенн, жгутов и кабелей за счет применения разных типов разъемов.
7. Аккумуляторные батареи должны иметь быстросъемную конструкцию, а также должны быть утеплены для работы зимой.
8. Цвет корпуса изделия — зеленый (защитный).
9. Индикация на блокираторе и пульте дистанционного управления должна быть различима при ярком освещении и в темноте.
10. Устройства управления блокиратором и КДО должны быть выполнены на базе компьютера в защищенном от внешних воздействий (удары, влага, пыль, осадки) исполнении со специальным программным обеспечением.

6. Требования живучести и стойкости к внешним воздействиям

1. Условия эксплуатации блокиратора:
 - температура окружающей среды — от минус 40 до плюс 55 °С;
 - относительная влажность воздуха — до 98% при температуре плюс 25 °С;
 - рабочее атмосферное давление — 450–850 мм. рт. ст.
2. Условия применения КДО — помещение, автомобиль.

7. Требования надежности

Срок эксплуатации блокиратора — 5 лет.

Гарантийный срок эксплуатации блокиратора — 1 год.

8. Требования к транспортабельности

Блокиратор и КДО должны иметь упаковочную (транспортную) тару многократного применения (кейсы PELI) для доставки изделия автомобильным, железнодорожным и авиационным (в герметизированных отсеках) транспортом.

Вес одного места упаковки — не более 50 кг.

9. Требования безопасности

Конструкция блокиратора должна обеспечивать при эксплуатации безопасность обслуживающего персонала.

Места установки приборов «Камыш-С» определены, исходя из следующих условий:

- вся территория досмотровой зоны должна находиться в зоне гарантированного действия системы блокирования радиоуправляемых взрывных устройств;

- для исключения возможности несанкционированного включения или переконфигурирования прибор должен быть недоступен для лиц, не относящихся к персоналу досмотровых зон;

- прибор не должен находиться на пути движения людей, проходящих досмотр;

- для оперативного реагирования на обнаружение подозрительных предметов прибор должен быть максимально доступен для персонала досмотровых зон;

- размещение прибора должно быть выполнено с учетом минимально допустимых расстояний до другого оборудования ИТСО, устанавливаемого в досмотровых зонах.

Конфигурирование прибора (программирование «окон прозрачности») осуществляется по месту в соответствии с информацией о функционирующих в районе установки прибора технологических радиосетях. Сведения о технологических радиосетях предоставляются их владельцами (различные подразделения ж.д., службы радиолокации и т.д.). При программировании «окон прозрачности» долж-

ны быть учтены параметры радиосетей, развертываемых оперативно при проведении работ по обезвреживанию обнаруженных подозрительных предметов.

К работе с прибором допускаются лица, прошедшие соответствующий инструктаж по технике безопасности, имеющие группу по электробезопасности не ниже третьей и изучившие Руководство по эксплуатации прибора.

Запрещается прикасаться к антеннам прибора при включенном излучении.

Блокиратор радиоуправляемых взрывных устройств с перестраиваемой формой спектра помехи и возможностью одновременной работы радиосетей укомплектован ноутбуком (рис. 7)

Защищенный ноутбук Getac M230 — это новейшая модель из серии прочных портативных компьютеров Getac.

Оснащённый технологией Intel® Centrino® и процессором Core™ Duo ноутбук обеспечивает стабильный беспроводный доступ и высокие эксплуатационные показатели при выполнении различных задач.

Оборудованный опциональным графическим контроллером NVIDIA и жидкокристаллическим дисплеем с высокой разрешающей способностью, M230 отлично приспособлен для работы с различными картографическими и графическими приложениями. Кроме того, ультрасовременный удобочитаемый жидкокристаллический дисплей QuadraClear™ предоставляет возможность работы с M230 на открытом воздухе даже при воздействии прямых солнечных лучей.

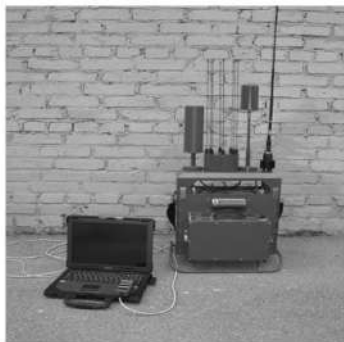


Рис. 7. Ноутбук Getac M230 (M230N — 4N2 NV)

Встроенный WLAN и дополнительное коммуникационное решение WWAN обеспечивают постоянный доступ пользователя к сети без каких-либо задержек. Для работы в агрессивных условиях окружающей среды, где безопасность всегда имеет значение, Getac M230 укомплектован встроенным картридером для защиты важных данных.

Ноутбук Getac M230 выполнен в корпусе из магниевого сплава и оснащён ударостойким жёстким накопителем, водонепроницаемой клавиатурой и тачпадом, что соответствует требованиям военного стандарта надёжности MIL-STD-810G и степени защиты IP65 от частиц и воды. Это позволяет использовать ноутбук Getac M230 в самых экстремальных условиях.

Заключение

Таким образом, основной проблемой при подготовке к проведению Кубка конфедераций FIFA 2017 и чемпионата мира по футболу 2018 года, организации досмотровых мероприятий и охраны объектов остается необходимость дополнительного финансирования закупки досмотрового оборудования и технических средств охраны.

В заключении хочется отметить, что принимаются все возможные меры по организации обеспечения транспортной безопасности объектов транспортной инфраструктуры, задействованной в проведении чемпионата мира по футболу.

Литература

1. Пивоваров А.Н. Транспортная безопасность объектов, средства укреплённости объектов и инженерно-технические системы охраны. Ч. 1, Ч. 2. 2014. — СПб.: ЗАО «Сивел». 261 с.
2. Сильников М.В., Узун Л.С., Чернышев М.В., Шишкин В.Н. Инновационные технические средства взрывоподавления и взрывозащиты для работы в условиях чрезвычайной ситуации // В сборнике: Технологии обеспечения комплексной безопасности, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций — проблемы, перспективы, инновации XVI международная научно-практическая конференция. Материалы конференции. 17–19 мая 2011 года. — Москва: МЧС России, 2011. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ). 2011. С. 149–154.

3. Сильников М.В., Лазоркин В.И. Оценка возможности дополнения систем обеспечения безопасности особо важных объектов средствами активной защиты // Известия РАН. 2011. № 67. С. 1–7.

4. Сильников М.В., Чернышев М.В., Шишкин В.Н. Обзор ядерно-физических методов обнаружения взрывчатых веществ // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2013. № 11–12 (65–66). С. 14–21.

5. Сборник докладов VI Международный форум «Безопасность на транспорте». Россия, Санкт-Петербург 6–7 апреля 2016 г.

6. Сборник докладов одиннадцатой международной научно-практической конференции «Технические средства противодействия террористическим и криминальным взрывам». Россия, Санкт-Петербург 6–8 октября 2015 г.

7. Сборник докладов VII Международный форум «Безопасность на транспорте». Россия, Санкт-Петербург 6–7 апреля 2017 г.

8. Сборник докладов одиннадцатой международной научно-технической конференции «Проблемы обеспечения безопасности и противодействия терроризму». Россия, Санкт-Петербург 12–14 апреля 2016 г.

9. Федеральный закон от 09.02.2007 № 16 — ФЗ «О транспортной безопасности» (с изм. и доп., вступившими в силу в 2014 году).

10. Постановление Правительства Российской Федерации № 678 от 16 июля 2016 г. «О требованиях по обеспечению транспортной безопасности, в том числе требованиях к антитеррористической защищенности объектов (территорий), учитывающих уровни безопасности для различных категорий объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств морского и речного транспорта». — М. 74 с.

11. Постановление Правительства РФ № 969 от 26 сентября 2016 г. «Об утверждении требований к функциональным свойствам технических средств обеспечения транспортной безопасности и Правил обязательной сертификации технических средств обеспечения транспортной безопасности».

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ ТЕРРОРИСТИЧЕСКИМ УГРОЗАМ

К.В. Клименко

*Санкт-Петербургский университет Государственной
противопожарной службы МЧС России*

В современных условиях важнейшую роль в процессе противодействия террористическим угрозам играет информация, на основе которой формируются и реализуются решения, ведется оценка их выполнения и организуется взаимодействие исполнителей.

На современном этапе, как никогда, предъявляются самые жесткие требования к качеству информации, которая должна максимально точно отражать реальный ход событий, к тому же она должна предоставляться в форме, обеспечивающей ее немедленную обработку и отображение современными цифровыми технологиями.

Развитие информационных технологий в последние годы вызвало появление больших массивов информационных, коммуникационных, аудио-видеоданных, которые необходимо осознать, структурировать и анализировать для принятия эффективных мер противодействия террористическим угрозам. При этом одновременно с ускорением темпов развития информационных технологий сокращается время, отпущенное на принятие оптимальных управленческих решений, тем более решений, принимаемых в условиях ЧС.

Технологии принятия решений в кризисных ситуациях можно обозначить как организационно-информационные технологии, которые имеют ряд общих характеристик:

- направлены на увеличение объема информации по рассматриваемой проблеме;
- позволяют получить конкретную информацию, недостающую на данный момент с точки зрения человека, принимающего решение;
- порождают альтернативные варианты решений, которые можно сравнить;
- позволяют работать в кризисных ситуациях, становясь своеобразным антикризисным инструментарием;
- объединяют усилия целых коллективов, создавая соответствующий синергетический эффект.

В этих условиях для информационной поддержки решения задач противодействия террористическим и криминальным угрозам могут использоваться системы поддержки принятия решений (далее — СППР). СППР помогает пользователю найти решения, которые именно ему представляются наилучшими, но которые без ее помощи было бы трудно или даже невозможно отыскать из-за очень большой сложности решаемой задачи. С помощью СППР может производиться поиск решений неструктурированных и слабоструктурированных задач.

Один из наиболее продуктивных путей построения СППР связан с методологией создания экспертных систем в области управления, которые должны удовлетворять следующим требованиям:

- поддерживать постановку слабо структурированных задач;
- поддерживать принципы разработки и функционирования открытых систем, каковыми являются управленческие системы;
- поддерживать функции лиц принимающих решения (далее — ЛПР), как аккумулирующего, коммутирующего и координирующего информационного центра;
- поддерживать функции ЛПР по подготовке, принятию и исполнению решений;
- использовать методы инженерии для представления и использования нечеткой информации;
- использовать точные методы из теории управления и статистики, а также разнообразные другие методы моделирования поведения объекта управления и формирования решений;
- интегрироваться с другими технологиями, такими как ГИС, базы данных и др.

Современные информационные системы интеллектуальной поддержки процессов разработки и реализации управленческих решений СППР представляют собой системы, максимально приспособленные к решению задач управленческой деятельности, являются инструментом, призванным оказать помощь ЛПР.

Для решения часто повторяющихся однотипных задач применяются автоматизированные информационные системы.

При построении модели проблемной ситуации исследуют структуру процесса принятия решений.

Основные компоненты информационной технологии, используемой в экспертной системе, представлены на рисунке.

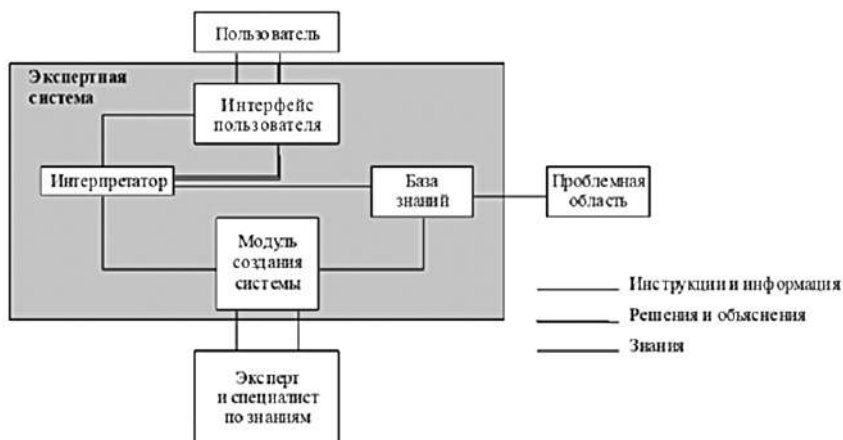


Рис. Основные компоненты информационной технологии экспертных систем

Литература

1. Березовский Б.А., Гнедин А.В. Задача наилучшего выбора. — М.: Наука. 1984. 196 с. СПбГУЭФ. 2011. 190 с.
2. Кравченко Т.К. Математические и инструментальные методы экономики. 1992.
3. Трофимова Л.А, Трофимов В.В. Управленческие решения (методы принятия и реализации): учебное пособие Л.А. Трофимова, В.В. Трофимов. — СПб.: 2011.

АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ПРОХОЖДЕНИЯ DTMF-СИГНАЛА ЧЕРЕЗ ТРАКТЫ СУПЕРГЕТЕРОДИННОГО ПРИЁМНИКА В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРЕДНАМЕРЕННЫХ ПОМЕХ

А.Л. Ипатов

*Брянский филиал Всероссийского института повышения квалификации
сотрудников Министерства внутренних дел Российской Федерации*

Для подавления приёмника РУВУ могут применяться различные виды организованных помех. Основными видами помех, которые сравнительно просто реализуются в блокираторах РУВУ, являются: шумовая заградительная помеха, шумовая помеха в части полосы, полигармоническая помеха, ответная (ретранслированная) помеха. На рис. 1 приведены спектральные характеристики распространённых видов помех и обозначено: G_j — спектральная плотность мощности помех, P_j — мощность передатчика помех, W_s — диапазон частот РУВУ, F_h — полоса частот подавляемого приёмника.

Наиболее универсальной и устойчивой к различным способам помехоустойчивости, применяемых в РУВУ, является шумовая заградительная помеха (рис. 1, а), модель которой представляет собой ограниченный по полосе аддитивный белый гауссовский шум (АБГШ) со спектральной плотностью мощности G_j

$$G_j = \frac{P_j}{W_s}. \quad (1)$$

Заградительная помеха должна перекрывать частотный диапазон РУВУ и при соответствующей мощности блокиратора РУВУ в состоянии подавить приёмник РУВУ при любых способах перестройки частоты.

Мощность шумовой помехи может быть использована более эффективно за счёт сосредоточения её в ограниченной полосе частот, значительно меньшей, чем диапазон частот РУВУ. Такую помеху принято называть шумовой помехой в части полосы (сосредоточенной по спектру помехой, помехой с частичным перекрытием спектра сигнала РУВУ) (рис. 1, б). Спектральная плотность мощности шумовой помехи в части полосы G_j может быть представлена в виде двух уравнений:

$$G_j = \begin{cases} P_j & \text{в полосе } \gamma W_s, \\ \gamma & \text{в полосе } W_s, \\ 0 & \text{в полосе } (1-\gamma)W_s, \end{cases} \quad (2)$$

где γ — коэффициент, характеризующий часть полосы, занимаемую помехой ($0 \leq \gamma \leq 1$).

Из (2) следует, что спектральная плотность мощности шумовой помехи в части полосы возрастает в $1/\gamma$ раз по сравнению со спектральной плотностью мощности заградительной помехи (1). Станция шумовых помех с равномерно распределённой мощностью в пределах полосы γW_s подавляет частотные элементы сигнала с вероятностью γ . Вероятность того, что частотные элементы сигнала не подавляются помехой, равна $(1 - \gamma)$.

С целью повышения эффективности блокиратора РУВУ спектр шумовой помехи в части полосы целесообразно скачкообразно по случайному закону перемещать по всему диапазону частот, занимаемому РУВУ. При данной модели помехи для любого отношения сигнал-помеха P_s/P_j имеет место оптимальное значение части подавляемой полосы γ_{opt} , при которой помехоустойчивость РУВУ будет минимальной. Помеха с такими параметрами является наихудшей для РУВУ.

Для РУВУ эффективной помехой при определённых условиях является полигармоническая помеха (многотональная помеха), представляющая собой набор из ℓ немодулированных гармонических ко-

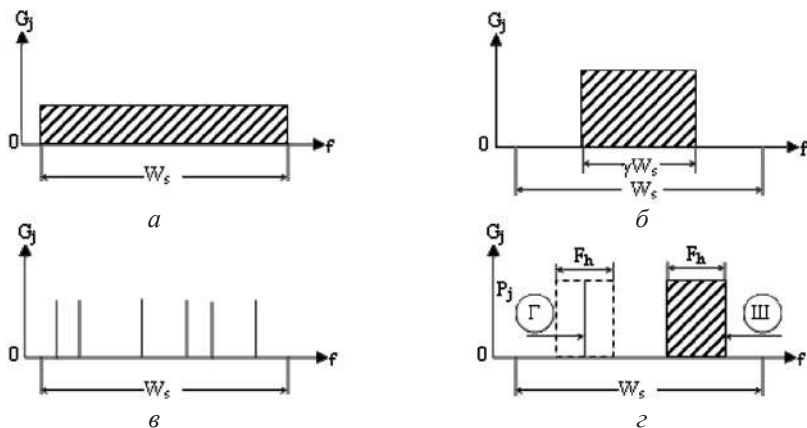


Рис. 1. Немодулированные гармонические колебания

лебаний равной мощности, распределённых по диапазону частот W_s в соответствии с заданной постановщиком помех стратегией (рис. 1, в),

$$J(t) = \sum_{i=1}^{\ell} \sqrt{\frac{2P_{j\text{ооб}}}{\ell}} \cos(\omega_{ji}t + \varphi_{ji}). \quad (3)$$

Для создания эффективной полигармонической помехи требуется достаточно точное наведение узкополосных помех на центральные частоты каналов РУВУ, а также обеспечение на входе i -го канала приёмника РУВУ определённого соотношения мощности помехи P_j и мощности сигнала P_s

$$\frac{P_j}{\ell} = \frac{P_s}{\alpha}, \quad (4)$$

где α — некоторое положительное число (параметр распределения мощности), выбираемое постановщиком помех в соответствии с заданной стратегией таким образом, чтобы оптимизировать эффективность помехи.

Эффективность гармонической помехи, действующей в том же канале, в котором находится и сигнал, зависит от разности фаз между помехой и сигналом. При неблагоприятных фазовых соотношениях и равенстве $P_j = P_s$ помеха может полностью подавить полезный сигнал.

На рис. 2 показана структурная схема радиолинии управления подрывом радиоуправляемого взрывного устройства, функционирующая в условиях применения блокиратора. Точки A_1 и A_2 условно обозначают антенные системы соответственно передающей и приёмной сторон радиолинии, а точки $A_{\text{П1}}$ и $A_{\text{П2}}$ — антенные устройства (системы) приёмника и передатчика блокиратора РУВУ.

С помощью передающей антенны энергия радиосигнала преобразуется в энергию электромагнитного поля, распространяющегося в виде электромагнитных волн в окружающем пространстве. Посредством приёмной антенны энергия сильно ослабленного электромагнитного поля высокой частоты преобразуется в энергию электрических колебаний, являющихся входным сигналом для приёмника (рис. 3).

На рис. 3 показана структурная схема радиоприёмного устройства DTMF сигнала, где А — приёмная антенна, ВЦ — входная цепь, УРЧ — усилитель радио частоты, ПЧ — преобразователь частоты, Г — гетеродин, ЧД — частотный детектор, УНЧ — усилитель низкой частоты.

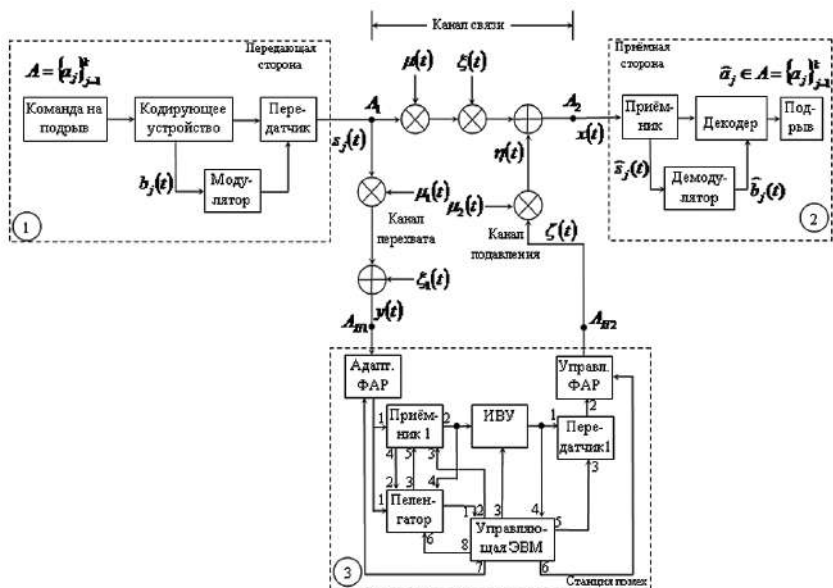


Рис. 2. Структурная схема радиолинии управления подрывом PUBU

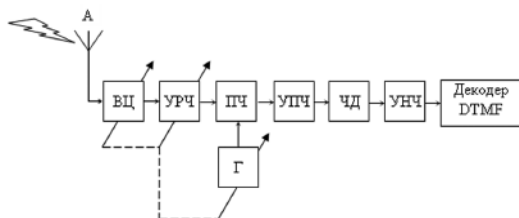


Рис. 3. Структурная схема радиоприёмного устройства DTMF сигнала

Одновременно с частотно-модулированным DTMF сигналом на антенну приёмника поступают различные электромагнитные волны, составляющие понятие «помеха», однако пока рассматривается вариант приёма сигнала DTMF без помехи.

DTMF сигнал проходит входную цепь (ВЦ), основным назначением которой является передача сигнала от антенны ко входу УРЧ и предварительная фильтрация помех на частотах побочных каналов приёма, а также интенсивных по уровню помех. Обычно ВЦ представляет из себя пассивный четырёхполосник, содержащий колебательный контур, настроенный на частоту принимаемого сигнала. После прохождения ВЦ спектр DTMF сигнала не изменяется.

После ВЦ сигнал поступает на УРЧ, где он усиливается на принимаемой частоте. Кроме усиления УРЧ должен обеспечивать частотную избирательность. Спектр DTMF сигнала не изменяется.

Затем сигнал поступает на преобразователь частоты (ПЧ), который предназначен для переноса спектра радиосигнала из одной области радиочастотного диапазона в другую. Перенос спектра происходит без изменения вида и параметров модуляции, то есть линейно.

Затем DTMF сигнал поступает на частотный детектор (ЧД) — это устройство, предназначенное для получения напряжения, изменяющегося в соответствии с законом изменения частоты входного сигнала. Частотное детектирование осуществляется в устройствах, соединяющих в себе инерционные линейные и безинерционные нелинейные элементы. Принцип частотного детектирования состоит в преобразовании частотно модулированного колебания в линейной системе в колебание с другим видом модуляции с последующим детектированием преобразованного колебания безинерционной нелинейной цепью.

Преобразовать частотно-модулированное колебание можно в колебание следующих видов:

- амплитудно-частотно-модулированное (АЧМ), у которого амплитуда меняется в соответствии с изменением частоты колебания. Затем АЧМ колебание детектируется амплитудным детектором (АД);
- фазочастотное с последующим фазовым детектированием;
- импульсы с переменной скважностью с последующим детектированием импульсным детектором.

После частотного детектора DTMF сигнал принимает следующий вид (рис. 4).

Для декодирования DTMF сигнал поступает в декодер DTMF, где в первую очередь выделяются в данном сигнале энергию вось-

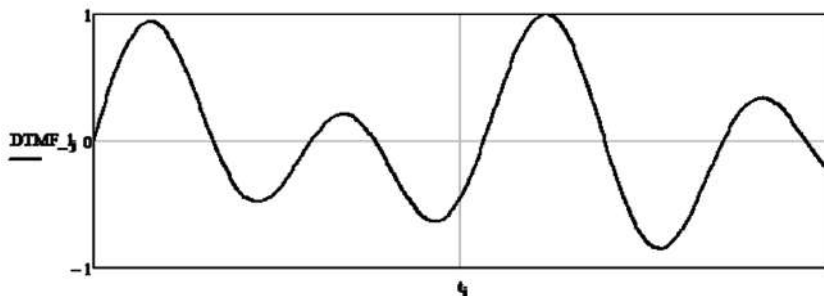
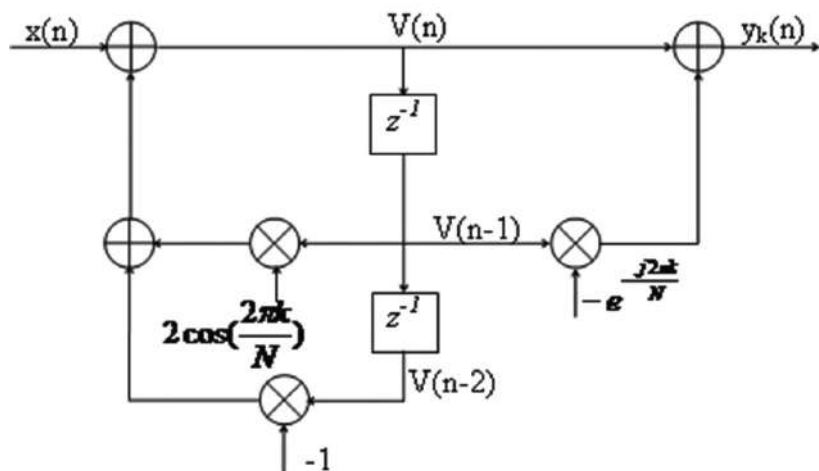


Рис. 4. Структурная схема радиоприёмного устройства DTMF сигнала

ми частотных составляющих: четыре для нижней части и четыре для верхней части спектральной области основных гармоник. Это осуществляется с применением фильтров Гертцеля, настроенных на указанные частоты. Алгоритм Гертцеля применяется для вычисления энергетического спектра DTMF сигнала. В принципе вычислить энергетический спектр сигналов можно с использованием быстрого преобразования Фурье. Однако следует заметить, что для приёма DTMF сигнала применение быстрого преобразования Фурье нецелесообразно, так как для отдельных частот дискретное преобразование Фурье можно вычислить быстрее с помощью алгоритма Гертцеля, чем осуществление быстрого преобразования Фурье для всех гармоник. Для вычисления отдельных спектральных составляющих алгоритм Гертцеля требует меньшего числа операций, чем прямое преобразование Фурье. Поточковый граф фильтра, реализующего алгоритм Гертцеля, приведен на рис. 5.

$$H(z) = \frac{(1 - e^{\frac{-j2\pi k}{N}})z^{-1}}{1 - \alpha z^{-1} + z^{-2}} = \frac{z(z - e^{\frac{-j2\pi k}{N}})}{z^2 - \alpha z + 1}, \quad (5)$$



Передаточная функция имеет два комплексно-сопряженных корня $P_{1,2} = e^{\pm j2\pi k/N}$ и поэтому может быть переписана следующим образом:

$$H(z) = \frac{z(z - e^{\frac{-j2\pi k}{N}})}{(z - e^{\frac{j2\pi k}{N}})(z - e^{\frac{-j2\pi k}{N}})} = \frac{z}{z - e^{\frac{j2\pi k}{N}}}. \quad (6)$$

Из сравнения полученной формулы и формулы дискретного преобразования Фурье следует, что фильтр Гертцеля вычисляет дискретное преобразование Фурье, однако осуществляет при этом меньше арифметических операций.

Можно заключить: алгоритм декодирования DTMF сигнала основан на вычислении с использованием дискретного преобразования Фурье (фильтров Гертцеля) энергии на 4 частотах нижней группы, 4 частотах верхней группы и 8 удвоенных гармониках DTMF сигналов. После каждого кадра из N отсчётов входного процесса определяются максимальные отклики для верхней и нижней групп частотных каналов, осуществляется проверка статуса DTMF сигнала декодирование его в цифру. Если же в двух соседних «кадрах» статус DTMF сигнала выполнен и он декодируется в одну и ту же цифру, то цифра считается действительной. После декодирования она запоминается в памяти буфера цифр.

Для того чтобы цифра не была обнаружена (пропущена), достаточно либо нарушения статуса в одном из двух соседних «кадров», либо декодирования её в другую цифру.

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Абдулалиев Ф.А. 6
Аксенов В.Н. 9
Алфимов В.Н. 17
Ананьев С.Ю. 130
Андропова Ю.А. 27
Андрюшкин А.Ю. 33
Аракчеев А.В. 117

Б

Байрамуков В.Ю. 37
Балобанов А.А. 42
Бардин А.В. 46
Бардулин Е.Н. 58
Бикметов Р.Р. 58
Богданова Е.М. 62
Боева А.А. 66
Бойко Д.А. 69
Бойко Е.Н. 74, 83
Болтёнкова Е.А. 27
Борисов А.А. 108
Бородин М.П. 94
Бродов М.Б. 310
Булата П.В. 102
Булатов О.Г. 145

В

Виролайнен И.А. 269
Владимиров Д.Р. 108
Власова Т.В. 112

Г

Гавахунова Р.А. 117, 269
Галкин И.А. 121
Глебов Н.Б. 225
Гравит М.В. 46
Грачев Л.П. 102
Гремин Ю.В. 127
Григорьев М.Н. 74, 83

Д

Добряков Б.Н. 213
Долгобородов А.Ю. 130
Дружинин П.В. 145
Дубов С.О. 117
Душенков С.А. 156, 169

Е

Евдокимов В.И. 181
Елисеев И.Б. 58
Ермакова Л.А. 142, 296
Есаков И.И. 102

Ж

Жернаков П.Б. 145

З

Зайцев А.И. 152
Запороженко Я.И. 156
Зыбина О.А. 269

И

Иванов М.С. 102
Иванов Ю.В. 9
Ивахнюк Г.К. 232
Ипатов А.Л. 327

К

Кадочникова Е.Н. 33
Капустин В.К. 37
Кириленко В.Г. 130
Кириллов А.А. 74
Клименко К.В. 324
Кожевин Д.Ф. 248
Козлова О.Н. 219
Козлов А.С. 169
Колбанев И.В. 130
Коробейникова Е.Г. 181
Котов И.Ю. 66

Котомин А.А. 156, 169
Криворотов А.С. 265
Кузьменко В.В. 184

Л

Лаптенков Б.К. 219
Лебедев В.Т. 37, 265, 269
Лобжа М.Т. 205
Лосев М.А. 42

М

Марченко М.А. 232
Меркулов Ю.Ю. 213
Минеева А.Н. 152
Минкин Д.Ю. 37, 112
Мисюрин Ю.А. 17, 219
Морозов В.А. 258
Мурзаева З.А. 6

Н

Норсеева М.Е. 205

О

Орлова Д.Н. 265
Охочинский М.Н. 74, 83

П

Перменов Д.Г. 17
Петров Ю.В. 258
Пивоваров А.Н. 225
Поляков А.С. 248
Поташев Д.А. 181
Приймак В.В. 232
Пугачев С.А. 33

Р

Раутлехт С.А. 276
Рыжко А.С. 241

С

Сабурова И.А. 152
Седов В.П. 265

Сердюкова А.С. 244
Симонова М.А. 127
Смирнова М.М. 17
Солк С.В. 213
Сорокин И.А. 248
Стольников Л.Г. 254
Столяров П.Н. 17, 219
Стрелецкий А.Н. 130
Сухов В.Д. 258
Суясова М.В. 265

Т

Телегина А.И. 244
Точилин Ю.Г. 121

У

Уваров С.А. 74, 83
Упырева В.В. 102
Устинов А.А. 265, 269

Ф

Фомин А.В. 276
Фоминич Э.Н. 108
Фомин Н.В. 281

Х

Харченко В.В. 156

Ч

Чернов В.В. 121

Ш

Шапиро Б.И. 286
Шевцов С.Е. 213
Шевченко А.А. 130
Шершнева А.И. 142, 296
Шидловский Г.Л. 66

Я

Яковлев С.М. 156
Якушкина И.Г. 300
Янковский Б.Д. 130

СОДЕРЖАНИЕ

Применение здоровьесберегающих технологий в образовательном процессе как фактор, определяющий социальную среду в системе обеспечения безопасности будущих работников особо опасных предприятий 6

Ф.А. Абдулалиев, З.А. Мурзаева

Санкт-Петербургский университет

Государственной противопожарной службы МЧС России

К вопросу о системе оповещения на потенциально опасных объектах 9

В.Н. Аксенов, Ю.В. Иванов

Военный учебно-научный центр Военно-Морского Флота

«Военно-морская академия» им. Н.Г. Кузнецова»,

«Центр управления в кризисных ситуациях

Главного управления МЧС России

по Ставропольскому краю», г. Ставрополь

Разложение октогена при больших плотностях заполнения реакционного объема и при отсутствии отвода продуктов распада из зоны реакции 17

П.Н. Столяров, Ю.А. Мисюрин, М.М. Смирнова,

Д.Г. Перменов, В.Н. Алфимов

Центральный научно-исследовательский институт

химии и механики, г. Москва

Повышение взрывобезопасности при транспортировке сжиженных природных газов путем применения мембранных предохранительных устройств 27

Ю.А. Андропова, Е.А. Болтёнова

Санкт-Петербургский политехнический

университет Петра Великого

Совершенствование способов повышения безопасности производственного оборудования на предприятиях нефтегазовой отрасли 33

А.Ю. Андрюшкин, Е.Н. Кадочникова, С.А. Пугачев

Балтийский государственный технический университет

«Военмех» им. Д.Ф. Устинова,

Санкт-Петербургский университет Государственной

противопожарной службы МЧС России

Разработка наноуглеродных матриц для надежного кондиционирования и безопасного хранения отработанного ядерного топлива 37

В.Ю. Байрамуков, В.К. Капустин, В.Т. Лебедев, Д.Ю. Минкин

Петербургский институт ядерной физики

им. Б.П. Константинова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»

Подготовка инженерных кадров МЧС России, обеспечивающих разработку, производство, управление и эксплуатацию средств и систем обеспечения безопасности 42

А.А. Балобанов, М.А. Лосев

Санкт-Петербургский университет

Государственной противопожарной службы МЧС России

Угледородный режим пожара 46

М.В. Гравит, А.В. Бардин

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Комплексная экономическая безопасность Российской Федерации в чрезвычайных ситуациях 58

Е.Н. Бардулин, Р.Р. Бикметов, И.Б. Елисеев

Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России

Структура системного анализа и прогнозирования техногенных рисков на особо важных объектах и объектах критической инфраструктуры 62

Е.М. Богданова

Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России

Применение модифицированного огнезащитного покрытия для защиты металлических конструкций 66

А.А. Боева, Г.Л. Шидловский, И.Ю. Котов

Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России

Сущность задач автоматизации мониторинга безопасности особо важных объектов и объектов критической инфраструктуры 69

Д.А. Бойко

Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России

Инновационный подход к укреплению национальной безопасности России с помощью подземных хранилищ сырой нефти 74

Е.Н. Бойко, М.Н. Григорьев, А.А. Кириллов,

М.Н. Охочинский, С.А. Уваров

Балтийский государственный технический университет

«Военмех» им. Д.Ф. Устинова

Логистический анализ международной практики использования стратегических запасов сырой нефти в качестве инструмента обеспечения национальной безопасности 83

Е.Н. Бойко, М.Н. Григорьев, М.Н. Охочинский, С.А. Уваров

Балтийский государственный технический университет

«Военмех» им. Д.Ф. Устинова

Инновации подготовки персонала системы-112 в обеспечении комплексной безопасности населения РФ 94

М.П. Бородин

Санкт-Петербургский университет Государственной

противопожарной службы МЧС России

Многоочаговое инициирование горения и детонации посредством стримерного СВЧ-разряда 102

П.В. Булата, И.И. Есаков, Л.П. Грачев, В.В. Упырева,

М.С. Иванов

СПб НИУ ИТМО,

ООО «Проблемная Лаборатория «Турбомашины»,

АО Московский радиотехнический институт РАН,

ООО «ВНХ-Энерго», ООО Альфа Стил

Электромагнитные средства поражения современных технических средств обеспечения безопасности 108

Э.Н. Фоминич, Д.Р. Владимиров, А.А. Борисов

Военный институт (инженерно-технический)

ВА МТО им. А.В. Хрулева

Мониторинг безопасности сложных производственных систем в условиях технико-экономических рисков 112

Д.Ю. Минкин, Т.В. Власова

Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова

Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»,

Санкт-Петербургский университет Государственной

противопожарной службы МЧС России

Оптимизация конструкции корпусов спринклерных оросителей с целью повышения их коррозионной стойкости..... 117

Р.А. Гавахунова, С.О. Дубов, А.В. Аракчеев

ООО «Форносовское научно-производственное предприятие «Гефест»

Система подготовки подразделений по противодействию терроризму и борьбе с пиратством с применением систем имитации оружия..... 121

И.А. Галкин, В.В. Чернов, Ю.Г. Точилин

Военный учебно-научный центр Военно-Морского Флота

«Военно-морская академия» им. Н.Г. Кузнецова»,

Главное командование Военно-Морского Флота

Нормативное обоснование необходимости оценки пожарного риска на пассажирских судах 127

Ю.В. Гремин, М.А. Симонова

Санкт-Петербургский университет Государственной

противопожарной службы МЧС России

Быстрогоорящие механоактивированные составы на основе алюминия и твердых окислителей 130

А.Ю. Долгобородов, Б.Д. Янковский, С.Ю. Ананьев,

А.Н. Стрелецкий, В.Г. Кириленко, А.А. Шевченко, И.В. Колбанев

Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН,

Объединенный институт высоких температур РАН,

Национальный исследовательский ядерный

университет «МИФИ», Московский физико-технический институт

(государственный университет)

Анализ профессиональной деятельности бакалавров и магистров по направлению «Техносферная безопасность»..... 142

Л.А. Ермакова, А.И. Шершинева

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Особенности охраны и обороны военных объектов в арктической зоне Российской Федерации..... 145

П.В. Дружинин, О.Г. Булатов, П.Б. Жернаков

ВА МТО им. А.В. Хрулева

Влияние фугасного воздействия взрыва на людей 152

А.И. Зайцев, И.А. Сабурова, А.Н. Минеева

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Численное двумерное моделирование фугасного действия взрыва в воздушной среде модельных зарядов на основе экспериментальных данных..... 156

С.А. Душенюк, Я.И. Запорожченко, А.А. Котомин,

В.В. Харченко, С.М. Яковлев

ФГУП «СКТБ «Технолог»

Детонационная способность гетерогенных взрывчатых систем 169

А.С. Козлов, А.А. Котомин, С.А. Душенюк

ФГУП «СКТБ «Технолог»

Анализ отечественных патентов на изобретения (1994–2016 гг.) в области создания интумесцентных антипиренов 181

Е.Г. Коробейникова, Д.А. Поташев, В.И. Евдокимов

Санкт-Петербургский университет Государственной

противопожарной службы МЧС России,

Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины

им. А.М. Никифорова МЧС России

Актуальная классификация и основные требования Гост к средствам индивидуальной защиты органов дыхания 184

В.В. Кузьменко

Санкт-Петербургское Государственное казенное учреждение

дополнительного профессионального образования

«Учебно-методический центр по гражданской обороне

и чрезвычайным ситуациям»

Апробация единой программы обучения работников организаций в области комплексной безопасности 205

М.Т. Лобжа, М.Е. Норсеева

Санкт-Петербургский университет Государственной

противопожарной службы МЧС России

Проблемы обеспечения показателей качества броневых стёкол 213

Ю.Ю. Меркулов, Б.Н. Добряков, С.В. Солк, С.Е. Шевцов

АО «НИИ ОЭП», г. Сосновый Бор

Разложение октогена в высокотемпературной области 219

П.Н. Столяров, Ю.А. Мисюрин, О.Н. Козлова, Б.К. Лаптенков

Центральный научно-исследовательский институт

химии и механики, г. Москва,

Чебоксарский Государственный Университет им. И.Н.Ульянова,

г. Чебоксары

Проблемы обеспечения транспортной безопасности для морских объектов в свете новых нормативно-правовых документов	225
---	------------

А.Н. Пивоваров, Н.Б. Глебов

*Государственный университет морского и речного флота
им. адм. С.О. Макарова*

Технологический аудит как главный критерий промышленной безопасности объектов нефтегазового комплекса.....	232
---	------------

В.В. Приймак, М.А. Марченко, Г.К. Ивахнюк

*Санкт-Петербургский университет Государственной
противопожарной службы МЧС России*

Системный подход как средство повышения уровня безопасности и эффективности физической защиты критически важных и потенциально опасных объектов	241
--	------------

А.С. Рыжко

*Санкт-Петербургский университет Государственной
противопожарной службы МЧС России*

Телефонный терроризм – прелюдия к настоящей угрозе	244
--	------------

А.С. Сердюкова, А.И. Телегина

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Форма, размеры и мощность модельного очага пожара для испытаний огнетушителей	248
--	------------

И.А. Сорокин, Д.Ф. Кожевин, А.С. Поляков

*Санкт-Петербургский университет Государственной
противопожарной службы МЧС России*

Анализ факторов, влияющих на безопасность людей в зданиях при пожарах.....	254
---	------------

Л.Г. Стольникова

*Санкт-Петербургский университет Государственной
противопожарной службы МЧС России*

Структурно-временной подход для моделирования разрушения алюминиевых кольцевых образцов электромагнитным методом.....	258
--	------------

В.А. Морозов, Ю.В. Петров, В.Д. Сухов

Санкт-Петербургский государственный университет

**Перспективы применений наноклерода для улучшения
огнезащитных свойств интумесцентных покрытий.....265**

М.В. Суясова, В.Т. Лебедев, А.С. Криворотов, В.П. Седов,

А.А. Устинов, Д.Н. Орлова

*Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова
Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»*

**Влияние наноклерода и микросфер на огнезащитные
свойства интумесцентных составов269**

А.А. Устинов, В.Т. Лебедев, И.А. Виролайнен,

Р.А. Гавахунова, О.А. Зыбина

*Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова
Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого*

**Обоснование применения вероятностных методов оценки
показателей риска276**

А.В. Фомин, С.А. Раутлехт

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

**Фотометрические методы определения безопасных условий
рабочего места281**

Н.В. Фомин

ГБОУ гимназия № 73 «Ломоносовская гимназия»

**Нормативная правовая база обеспечения безопасности особо
опасных производственных объектов.....286**

Б.И. Шапиро

*Санкт-Петербургское государственное казенное учреждение
дополнительного профессионального образования
«Учебно-методический центр по гражданской обороне и защите
от чрезвычайных ситуаций»*

**Роль мыслительных операций (мышления) в
профессиональной деятельности специалистов УЗЧС296**

А.И. Шершнева, Л.А. Ермакова

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

**Оценка взрывных явлений на промышленных объектах
при предупреждении и ликвидации ЧС с использованием
информационных технологий300**

И.Г. Якушкина

*Санкт-Петербургское государственное казенное учреждение
дополнительного профессионального образования
«Учебно-методический центр по гражданской обороне и защите
от чрезвычайных ситуаций»*

Методы организации досмотровых мероприятий по требованиям транспортной безопасности и дополнительные требования транспортной безопасности при проведении массовых мероприятий (КК–2017 и ЧМ–2018). Использование устройств подавления радиоприёмников управления взрывных устройств «Камыш-С» 310

М.Б. Бродов

СПб НИУ ИТМО

Информационные технологии в решении задач противодействия террористическим угрозам 324

К.В. Клименко

Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России

Анализ процессов прохождения DTMF-сигнала через тракты супергетеродинного приёмника в условиях воздействия преднамеренных помех 327

А.Л. Ипатов

Брянский филиал Всероссийского института повышения квалификации сотрудников Министерства внутренних дел Российской Федерации

Алфавитный указатель 334

Ответственность за достоверность информации, точность фактов, цифр и цитат, а также за то, что в материалах нет данных, не подлежащих открытой публикации, несут авторы. В соответствии с Законом РФ «О средствах массовой информации» редакция имеет право не вступать в переписку с авторами. При перепечатке материалов ссылка на сборник Трудов VI Мемориального семинара профессора Б.Е. Гельфанда и XIII Международной научно-практической конференции 24–26 октября 2017 года обязательна.

Комплексная безопасность и физическая защита

Труды

VI мемориального семинара профессора Б.Е. Гельфанда

XIII Международной научно-практической конференции

Печатается в авторской редакции.
Компьютерная верстка: М.В. Медведева

Подписано в печать 27.03.2018.
Формат 148x210. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 34.05
Тираж 500 экз. Заказ №
Отпечатано в типографии «Любавич».
ООО «Первый издательско-полиграфический холдинг»,
Санкт-Петербург, Б. Сампсониевский пр., 60, лит. «У».
Тел.: (812) 603 25 25.
Цена свободная.