

ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

3'2010

Современные проблемы исследования взрывов в жилых и общественных зданиях Украины

Нормативное время прибытия пожарных к месту вызова. Реальность или миф?

Влияние концентрации газообразующего агента на закономерности развития пенококса огнезащитных составов



Моделирование и прогноз техногенных катастроф в нефтегазовой отрасли

Современные возможности геоинформационной системы мониторинга лесных пожаров ГИС ИСДМ-Рослесхоз

Зажигание жидкого топлива сфокусированным потоком светового излучения

ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ

ТОМ 19 • №3 • 2010 FIRE & EXPLOSION SAFETY

Научно-технический журнал
ООО "Издательство "Пожнаука"

The Journal of the Russian Association
for Fire Safety Science ("Pozhnauka")

СОДЕРЖАНИЕ

НОВОСТИ, КОНФЕРЕНЦИИ, ВЫСТАВКИ

Выставка MIPS 2010 встречает специалистов индустрии безопасности

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Красавин А. В. Нормативное время прибытия пожарных к месту вызова. Реальность или миф?

ПРОЦЕССЫ ГОРЕНИЯ

Высокоморная О. В., Кузнецов Г. В., Стрижак П. А. Зажигание жидкого топлива сфокусированным потоком светового излучения

ОГНЕЗАЩИТА

Ненахов С. А., Пименова В. П. Влияние концентрации газообразующего агента на закономерности развития пенококса огнезащитных составов

Тимофеева С. В., Пухова Е. И., Осипов А. Е., Хелевина О. Г. Использование металлопорфиразинов как высокотемпературных катализаторов для получения материалов с силоксановым покрытием пониженной пожарной опасности

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ, СООРУЖЕНИЙ, ОБЪЕКТОВ

Борзых В. Э., Лапик Н. В. Моделирование и прогноз техногенных катастроф в нефтегазовой отрасли

Седов Д. В. Являются ли выходы, ведущие в безопасные зоны, эвакуационными?

Ершов Д. В., Ковганко К. А., Шуляк П. П. Современные возможности геоинформационной системы мониторинга лесных пожаров ГИС ИСДМ-Рослесхоз

СТАТИСТИКА И АНАЛИЗ ПОЖАРОВ

Захматов В. Д. Современные проблемы исследования взрывов в жилых и общественных зданиях Украины

ПОЖАРНАЯ АВТОМАТИКА

Юлдашев Р. Н. "Бойцы невидимого фронта" пожарной сигнализации

ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ. СПРАВОЧНИК

CONTENTS

NEWS, CONFERENCES, EXHIBITIONS

2 Exhibition MIPS 2010 Meets the Specialists of Security Industry

GENERAL QUESTIONS OF FIRE SAFETY

3 **Krasavin A. V.** The Standard Time of Arrival for Fire Brigade to the Place of Accident. Reality or Myth?

COMBUSTION PROCESSES

9 **Vysokomornaya O. V., Kuznetsov G. V., Strizhak P. A.** Ignition of Liquid Fuel by In-Focus Light Radiation Stream

FIRE RETARDANCE

14 **Nenakhov S. A., Pimenova V. P.** Effect of Concentration of Gas-Generating Agent on Regularities of Development Fireproofing Foamed Cokes

27 **Timofeyeva S. V., Pukhova E. I., Osipov A. E., Khelevina O. G.** Usage of Metalloporphyrazines as High Temperature Catalysts in Order to Receive of Fireproof Materials with Siloxan Covering

FIRE SAFETY OF BUILDINGS, STRUCTURES, OBJECTS

31 **Borzykh V. E., Lapik N. V.** Modelling and Prognosing of Anthropogenic Accident in Oil and Gas Industry

36 **Sedov D. V.** Are Exits Conducting in Safe Zones Evacuate Exits?

38 **Yershov D. V., Kovganko K. A., Shulyak P. P.** Modern Possibilities of Geographic Information System of Forest Fire Monitoring GIS ISDM-Rosleshoz

STATISTIC AND ANALYZE OF FIRE

47 **Zahmatov V. D.** Modern Problems of Investigation of Combustions in Residential and Public Buildings of Ukraine

FIRE AUTOMATIC

60 **Yuldashev R. N.** "Private Soldiers of Invisible Front" of Fire Alarm

FIRE-AND-EXPLOSION SAFETY. REFERENCE BOOK

Журнал включен в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК России для публикации трудов соискателей ученых степеней, в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ РАН. Сведения о журнале ежегодно публикуются в Международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям "Ulrich's Periodicals Directory".

Перепечатка материалов только по согласованию с редакцией. Авторы несут ответственность за содержание предоставленных в редакцию материалов и публикацию их в открытой печати.

Выставка MIPS 2010 встречает специалистов индустрии безопасности



С 19 по 22 апреля 2010 г. в "Экспоцентре" на Красной Пресне пройдет XVI Международная выставка "Охрана, безопасность и противопожарная защита" (MIPS 2010).

MIPS проводится с 1995 г. является ведущей выставкой по безопасности в России и странах СНГ. На протяжении многих лет именно это событие знаменует для специалистов рынка безопасности начало весенне-летнего сезона деловой активности.

Выставка пройдет в павильонах № 1 и 8, и на ней будут представлены четыре тематических раздела: технические средства обеспечения безопасности; охранное телевидение и наблюдение; пожарная безопасность и аварийно-спасательная техника; смарт-карты, ID-технологии, банковское оборудование и защита информации.

"Основная особенность MIPS 2010 – это уникальный состав участников. На выставке будут присутствовать все ведущие "игроки" отрасли. В общей сложности это около 300 отечественных и зарубежных компаний, при этом 30 % экспонентов будут представлены впервые", – говорит директор выставки Юлия Родикова.

В числе участников MIPS 2010 такие компании, как Sony, Samsung, Bosch, Tysco, Honeywell, AXIS Communications, ABLOY Oy, Shrack Seconet, CIAS, Comelit, Satel, Mitsubishi, effeff IKON, Fujnon, CBC, AAM Системз, ITV, Луис+, Акьюмен, АРМО-Системы, Siedcom, Формула Безопасности, Скайрос Корпорация, МЗЭП-Охрана, Гран-при, Интегратор, Болид, Аргус-Спектр, БайтЭрг, ИВС-Сигналспециавтоматика, Вокорд, Интегра-С, Систем Сенсор Фаир Детекторс, Теко, PERCo, Урмет Интерком, Группа компаний "Рубеж", КартХолл, ЭВС и др. Актуальный на сегодняшний день список экспонентов MIPS доступен на сайте выставки www.mips.ru.

Отличительная черта MIPS – значительное число международных участников, выбирающих эту выставку для продвижения продукции на российском рынке. География участников MIPS 2010 охватывает более 20 стран мира. В этом году на выставке будут представлены национальные группы Германии, Великобритании, Китая и Тайваня. "Согласно проведенным опросам представителей зарубежных компаний именно MIPS является идеальной платформой для иностранных фирм, выходящих на российский рынок", – отмечает директор охранно-пожарных выставок ITE Group PLC (Лондон) Илья Соболев.

В этом году на MIPS будет продемонстрирован целый ряд премьер: новые разработки будут представлены практически на каждом стенде. Это будет особенно интересно, учитывая, что в числе участников – разработчики с мировым именем. Уже сейчас специалисты могут познакомиться с продукцией, которая будет представлена на выставке, с помощью электронного "Дайджеста новинок" участников MIPS 2010, еженедельно выходящего в отраслевых электронных СМИ и на сайте выставки.

Специализированный раздел выставки MIPS будет посвящен Международной выставке и конференции "Интеллектуальные карты и системы безопасности информационных технологий" – Cardex & IT Security (зал № 3, павильон № 8). Здесь будут продемонстрированы новейшие разработки и передовые решения в сфере ID-технологий, защиты информации, смарт-карт, банковского оборудования. Среди экспонентов – HITACHI-OMRON Terminal Solutions EU, SoftCase, Штрих-М, Терраплинк, Singular Technology Co, Castles Technology Co, КартХолл, РуссКом, HID Global, Adaptive Recognition Hungary Inc., FingerTec, Nedap, Freig Elektronik, YouCard, Digital Identification Solutions, VPS ID System.

Посетителей выставки ждет насыщенная деловая программа. Акцент конференции MIPS будет сделан на безопасности подземных сооружений и вопросах обеспечения безопасности многофункциональных, технически сложных и потенциально опасных зданий и сооружений на этапе их полноценного функционирования. Специалисты обсудят новейшие разработки компаний и изменения нормативно-правовой базы, действующей для технически сложных, уникальных и потенциально опасных объектов.

Отдельное мероприятие будет посвящено пожарной безопасности. Среди вопросов, которые затронут специалисты, – нормативная база отрасли, изменения в ней, соотношение существующих нормативов с новыми, только вступающими в действие. Презентации конкретных технических решений компаний займут отдельное место в рамках программы.

В рамках деловой программы MIPS 2010 планируется проведение открытого выездного заседания НТС Москомархитектуры.

Одним из традиционных событий MIPS является конкурс технических решений "Лучший инновационный продукт", который зарекомендовал себя основным инструментом продвижения новейших достижений в индустрии безопасности. Так, например, по итогам конкурса лучшие изделия получают рекомендации к внесению в Реестр технологий, рекомендованных для применения на объектах г. Москвы, и в Реестр новых технологий Правительства Москвы. Ежегодно на конкурсе свои инновации представляют более 40 компаний.

Уже сейчас специалисты могут зарегистрироваться для бесплатного посещения выставки и получить электронный билет на сайте www.mips.ru. Представители наиболее удаленных регионов нашей страны, которые по каким-либо причинам не смогут посетить MIPS, благодаря совместной акции компаний ITE и DSSL смогут совершить виртуальный тур по выставке. На сайте выставки будет появляться ежедневный видеорепортаж, включающий репортажи со стендов участников, интервью с руководителями ведущих компаний.

Выставка MIPS ждет вас с 19 по 22 апреля 2010 г. в ЦВК "Экспоцентр".



А. В. Красавин
канд. техн. наук, магистрант Российской
академии государственной службы
при Президенте РФ, г. Москва, Россия

УДК 614.811.6

НОРМАТИВНОЕ ВРЕМЯ ПРИБЫТИЯ ПОЖАРНЫХ К МЕСТУ ВЫЗОВА. РЕАЛЬНОСТЬ ИЛИ МИФ?

Технический регламент о требованиях пожарной безопасности установил совершенно новые, отличные от прежних нормативные требования к местам размещения пожарных депо. Анализируется возможность реализации этих требований на практике на фоне имеющихся проблем с технической и кадровой оснащенностью подразделений пожарной охраны.

Ключевые слова: технический регламент, пожарное депо, дислокация подразделений пожарной охраны.

С выходом “Технического регламента о требованиях пожарной безопасности” (далее — Технический регламент) в различных журналах появились статьи уважаемых и авторитетных специалистов в области пожарной безопасности. В статьях разбирались положения принятого закона, анализировались достоинства и недостатки Технического регламента. Немало публикаций было посвящено вопросам дислокации подразделений пожарной охраны. Одна из таких статей, опубликованная в журнале “Охрана труда и социальное страхование” (№1/2010), побудила меня высказать свою точку зрения на тему нормирования мест размещения пожарных депо.

В упомянутой статье указывается на несовершенство прежней нормативной базы, критируются положения СНиП 2.07.01—89* “Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений” и СНиП II-89—80* “Генеральные планы промышленных предприятий”, регламентирующие дислокацию подразделений пожарной охраны. Приводятся статистические данные по времени прибытия к месту вызова первого пожарного подразделения. Сопоставляются нормативы времени оперативного реагирования пожарных, установленные в России и в зарубежных странах. Обосновывается правильность внесенных в Технический регламент требований пожарной безопасности по размещению подразделений пожарной охраны в поселениях и городских округах (10 мин — для города, 20 мин — для сельской местности).

Все в статье правильно, однако вопрос, возможно ли повысить оперативность действий подразделений пожарной охраны до уровня внесенных в закон нормативов, достаточно спорный. Ведь для выполнения установленных требований по размещению пожарных депо потребуются огромные средства, в то время как все последние годы не выделялось даже малой доли этих средств для поддержания технической оснащенности пожарной охраны хотя бы на прежнем уровне (какой был в Советском Союзе), не говоря уже о выполнении дополнительно новых требований, предъявляемых к дислокации подразделений пожарной охраны.

В 90-е годы прошлого века по вполне понятным причинам пожарная техника не приобреталась, ибо на повестке дня в государстве стояло много других, более острых проблем. В 2000-е годы ситуация, казалось бы, должна была измениться в лучшую сторону. Одной из причин, позволивших на это надеяться, был перевод в 2001 году пожарной охраны из системы МВД в МЧС России. Однако никаких движек в лучшую сторону в подразделениях пожарной охраны не произошло. Только в последнее время на пожарную технику стали выделяться средства, которые, однако, до адресата пока не дошли. Так, к примеру, с 2000 года (более 10 лет) для Костромской области на средства федерального бюджета было приобретено 8 пожарных автомобилей и за счет областного еще 7, т. е. ежегодно целый гарнизон пожарной охраны данного субъекта РФ получал в среднем одну пожарную машину. И это притом, что

© Красавин А. В., 2010 г.

в Костромской области общее количество пожарных автомобилей, находящихся ежедневно на боевом дежурстве и в резерве, составляет более 100 единиц. Во Владимирскую область, где гарнизон пожарной охраны имеет штатную численность более 200 пожарных автомобилей, с 2006 года по настоящее время за счет средств федерального и областного бюджетов поступило на вооружение 13 новых машин. Республика Марий-Эл с 2003 года за счет федеральных средств получила 8 пожарных автомобилей, при этом общее количество содержащихся за счет средств федерального бюджета машин составляет чуть менее 100 единиц. В других субъектах РФ складывается аналогичная ситуация, характеризующаяся крайне медленным обновлением парка пожарной техники.

Все это привело к ситуации, когда на сегодняшний день в городских пожарных частях на вооружении находятся автомобили давно ушедшей советской эпохи, требующие ремонта практически после каждого выезда на пожар. В сельской местности нет даже этого, хотя прежде в большинстве колхозов, в большинстве сельских администраций была своя пожарная машина, на которой круглосуточное дежурство вели добровольные пожарные из числа местных жителей.

Таким образом, ситуация с технической оснащенностью пожарной охраны весьма плачевна. Именно поэтому не совсем понятно, каким образом предполагается достичь благих целей, установленных Техническим регламентом, если на сегодняшний день количество пожарной техники, подлежащей списанию, превышает 80 %. Тем не менее нередко приходится слышать призывы, обращенные к органам государственной власти и местного самоуправления, о необходимости строительства новых пожарных депо (например, в статье “Сигнал о пожаре: система реагирования”, опубликованной в журнале “Охрана труда и социальное страхование”).

С учетом той непростой ситуации, в которой оказалась в настоящее время служба пожаротушения, поднимаемые вопросы о строительстве новых депо выглядят несколько несвоевременными, поскольку существует множество других первоочередных проблем.

Во-первых, представляется более целесообразным сначала укомплектовать уже существующие депо современными пожарными автомобилями, а потом думать о строительстве новых, реализуя глобальные задачи по покрытию территории Российской Федерации пожарными депо, как того требует Технический регламент.

Во-вторых, есть еще одна наиважнейшая проблема, которую следует решать в первую очередь (до строительства новых депо), — это люди. Ведь

даже если пожарные депо укомплектовать новой техникой, то это мало повысит эффективность работы службы пожаротушения. Почему? Ответ очевиден: в пожарных депо должны нести боевое дежурство пожарные, которых, к великому сожалению, сегодня катастрофически не хватает.

К примеру, в недавно попавшем ко мне документе, в котором излагаются все оперативные данные по пожарной технике и личному составу на предстоящие сутки дежурства (так называемая строевая записка по одному из субъектов РФ), количество пожарных, приходящихся в среднем на один основной пожарный автомобиль, вызывает недоумение. Как можно эффективно бороться с пожарами, когда в среднем по данному субъекту РФ согласно строевой записке на один пожарный автомобиль, находящийся в боевом расчете, приходится менее двух пожарных, включая водителя?! Так, в одних подразделениях пожарной охраны, где в боевом расчете стоят две пожарные автоцистерны, дежурят три человека; в других подразделениях, где на дежурстве находится один пожарный автомобиль, зачастую дежурит один человек, фактически олицетворяя собой и командира отделения, и водителя, и четырех пожарных. Именно в таком количестве (т. е. шесть человек) личный состав пожарной охраны должен был выезжать (и в прежние времена так и было) на каждой пожарной автоцистерне в соответствии с требованиями приказа МВД России от 18.02.1993 № 67 “Об утверждении типовых штатов подразделений пожарной охраны и типовой структуры аппаратов противопожарной службы МВД, ГУВД, УВД”. Времена изменились: сегодня на пожар (особенно в дотационных регионах) чаще приезжает давно исчерпавшая все ресурсы пожарная автоцистерна с водителем и, в лучшем случае, с одним пожарным.

Такое удручающее положение дел резко контрастирует с установленными в Техническом регламенте временными нормативами, которые соответствуют наиболее жестким требованиям, предъявляемым к времени прибытия пожарных подразделений даже в небольших (по территории) странах ЕЭС. К примеру, в Греции нормативное время прибытия оперативных подразделений пожарной охраны к месту вызова в сельской местности больше установленного в России и не должно превышать 30 мин. И это притом, что общая площадь Греции 130 тыс. км². В России же с площадью территории 130 раз по 130 тыс. км² норматив прибытия пожарных в сельской местности составляет 20 мин. Выполнение этого норматива, судя по всему, ляжет не-посильным бременем на экономику государства.

В журнале “Пожаровзрывобезопасность” (№ 6 и № 9/2009) уже приводилось мнение авторитетного

ученого и практика Н. Н. Брушлинского, согласно которому выполнение данных требований теоретически возможно только в городах, в сельской же местности они не выполнимы в принципе. Но даже для достижения нормативного времени прибытия, установленного для городов и равного 10 мин, потребуется дополнительное построить пожарные депо в количестве, превышающем в несколько раз их число на сегодняшний день, либо обеспечить в городах среднюю скорость движения пожарных автомобилей 50 км/ч. Согласитесь, и первое, и второе выполнимо, пожалуй, лишь в виртуальной реальности.

Однако такие мелочи министерство, разработавшее Технический регламент и установившее известные нормативы, не особенно сильно беспокоят, потому как все санкции за невыполнение нормативного времени прибытия МЧС переложило на органы государственной власти субъектов РФ и органы местного самоуправления.

Очень удобно получается: в случае неудовлетворительных действий подразделений МЧС, приведших к низкой оперативности и превышению установленного законом нормативного времени прибытия, вся ответственность возлагается не на пожарных, а на местные власти. Справедливо будет предположить, что при подобном раскладе, когда МЧС не отвечает за оперативность своих действий, людям в охваченных огнем зданиях долго придется ждать своего спасения в лице доблестной пожарной охраны, ранее считавшейся самой оперативной службой России. Поэтому еще раз согласимся, что требования закона целиком и полностью направлены на заботу о людях, а вот во что выльется эта забота и будут ли эффективными применяемые методы по реанимации пожарной охраны, время покажет.

Кроме этого, следует обозначить еще одну проблему, связанную с определением мест дислокации подразделений пожарной охраны и обусловленную уже не трудновыполнимыми требованиями Технического регламента, о которых говорилось выше, а обилием нормативных технических документов, содержащих требования к размещению пожарных депо. Сложившаяся ситуация не способствует четкости и прозрачности принимаемых решений на стадии проектирования. При этом необходимо отметить, что отсутствие четкости и ясности затрудняет работу не только проектировщиков и заказчиков, но и представителей экспертных и надзорных органов. Недавнее ознакомление с отчетами, подготовленными в одном из регионов РФ по результатам проверок различных объектов, подтвердило отсутствие на сегодняшний день ясности и у право-применителей пожарных норм.

Отчеты, содержащие недостатки с рекомендациями по их устранению, готовились комиссиями в составе нескольких человек, представляющих один из надзорных органов. Примечательно, что каждый из этих специалистов вносил в отчет выявленные недостатки самостоятельно, независимо от других, участвующих в проверке специалистов. В результате в одном из отчетов содержалось целых четыре замечания по дислокации подразделений пожарной охраны, указанные четырьмя разными специалистами. При этом, формулируя замечание по вопросу удаленности подразделений пожарной охраны, они ссылались на требования разных норм. Так, первый проверяющий требовал привести "объект" в соответствие с положениями ст. 76 "Технического регламента о требованиях пожарной безопасности" (10 мин — для города, 20 мин — для сельской местности); второй — в соответствие с требованиями СНиП 2.07.01-89* "Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений" (радиус обслуживания — 3 км); третий — в соответствие со СНиП II-89-80* "Генеральные планы промышленных предприятий" (радиус обслуживания — 2 и 4 км в зависимости от категории производства по взрывопожарной и пожарной опасности); и наконец, четвертый — ссылался на ст. 97 Технического регламента и свод правил СП 11.13130.2009 "Места дислокации подразделений пожарной охраны. Порядок и методика определения" (максимально допустимая удаленность пожарного депо зависит от "цели выезда дежурного караула на пожар и выбранной схемы его развития"). Из этих замечаний становится понятно, каково современное состояние нормативной базы в области пожарной безопасности и каково ее понимание специалистами. С одной стороны, иерархия нормативных актов очевидна, с другой — используются разные единицы измерения (время, расстояние, цели), что, фактически, приводит к допустимости ссылки не только на закон, но и на иные нормы. В нашем случае получается, что на замечание по удаленности пожарного депо необходимо отвечать четыре раза и, что самое удивительное, каждый раз по-разному. Аналогичные примеры можно привести и по другим вопросам пожарной безопасности, регламентируемым нормами.

Подводя итог, отметим, что принятые положения закона, нормирующие дислокацию подразделений пожарной охраны, не только являются невыполнимыми на практике, но и вносят путаницу как в работу исполнителей, так и правоприменителей норм пожарной безопасности.

В то же время в нашей стране имеется уникальный инструментарий для определения оптимального расположения и оснащенности пожарных депо

посредством имитационного моделирования, но по непонятным причинам он у нас остается невостребованным в том объеме, в каком, по оценкам многих ведущих специалистов, это необходимо. В ходе имитационного моделирования оперативной деятельности аварийно-спасательных служб города моделируются (с различной степенью детализации) все те процессы, действия и события, которые происходят с момента поступления вызова на центральный диспетчерский пункт пожарной охраны и до возвращения оперативных подразделений к местам своей дислокации. При этом учитывается множество факторов, в том числе распределение вызовов подразделений пожарной охраны во времени и пространстве, кривизна уличной сети города, транспортная загруженность автомобильных дорог в различное время суток и многое другое. Тем не менее, решения о местах размещения новых пожарных депо в планируемых к застройке районах зачастую принимаются недостаточно обдуманно, без надлежащего обоснования. Исключение составляют, пожалуй, Москва и Санкт-Петербург, утвердившие городские планы развития пожарных депо на основе имитационного моделирования. Органы исполнительной власти, как федеральные, так и субъектов РФ, ответственные за вопросы обеспечения пожарной безопасности, в том числе дислокацию пожарных депо, судя по всему, должны более взвешенно подходить к решению данных вопросов. Тем более что даже зарубежные государства (Германия, Хорватия, Турция и др.) неоднократно прибегали к услугам российских ученых и всегда оставались довольными результатами совместной работы по

моделированию мест размещения пожарных депо с использованием российских компьютерных имитационных систем, не имеющих аналогов в мире.

Сегодня, когда идет активное строительство спортивных сооружений для зимних олимпийских игр 2014 года, представляется крайне важным грамотное и обоснованное размещение подразделений пожарной охраны в Сочи. Оптимизация дислокации пожарных депо предполагает учет многочисленных, в том числе самых мелких, деталей и нюансов, влияющих на время оперативного реагирования пожарных и прибытия их к любому олимпийскому объекту. Такие задачи успешно решаются, как показывает практика, именно с использованием компьютерных имитационных систем. Поэтому представляется целесообразным и совершенно нелишним воспользоваться (в условиях противоречивых требований, предъявляемых современной нормативной базой к местам размещения пожарных депо) новейшими разработками российских ученых в области имитационного моделирования. Это особенно актуально в тех случаях, когда речь идет о важнейших международных проектах, к которым в числе прочих относятся и саммит АТЭС–2012 во Владивостоке, и Универсиада–2013 в Казани, и Олимпиада–2014 в Сочи и т. д. Только используя общепризнанные научные достижения, оптимизирующие дислокацию подразделений пожарной охраны, можно быть уверенным, что принятая дислокация обеспечит минимальное время прибытия пожарных подразделений, создав тем самым предпосылки к надлежащему уровню защиты населения и территорий от пожаров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ: принят Гос. Думой 4 июля 2008 г. : одобр. Советом Федерации 11 июля 2008 г. — М. : ФГУ ВНИИПО, 2008. — 157 с.
2. **Брушлинский Н. Н., Соколов С. В.** К вопросу о нормативах положенности основной и специальной пожарной техники для городов и населенных пунктов России // Пожарное дело. — 2009. — № 1. — С. 39–40.
3. **Востротин В. А.** Сигнал о пожаре: система реагирования // Охрана труда и социальное страхование. — 2010. — № 1. — С. 10–18.
4. **Красавин А. В.** Антикоррупционная экспертиза Федерального закона “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности” // Пожаровзрывобезопасность. — 2009. — Т. 18, № 9. — С. 10–21.
5. **Красавин А. В.** Предложения по внесению изменений в “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности” по результатам правоприменительной практики // Пожаровзрывобезопасность. — 2010. — Т. 19, № 1. — С. 2–6.

Материал поступил в редакцию 24 февраля 2010 г.
Электронный адрес автора: a-krasavin@mail.ru.



ЗНАТЬ – ЗНАЧИТ ПРЕДОТВРАТИТЬ НАША ЦЕЛЬ – ПОМОЧЬ ВАМ В ЭТОМ!

Лицензия Рособрнадзора АА № 000605, рег. № 0603

Свидетельство об аккредитации № НАМЦ-052

Свидетельство об аккредитации МЧС России № ОУ-185

*Серия тематических двухдневных семинаров
по вопросам декларирования пожарной безопасности:
«Помощь в разработке деклараций пожарной безопасности»:*

14–15 апреля 2010 г.

*«Использование программного комплекса ТОКСИ+^{Risk}
для оценки последствий аварий и расчетов
пожарного риска»:*

16–17 июня 2010 г.



WWW.SAFETY.RU

Тел/факс +7 (495) 620-47-42, 789-37-39. E-mail: umc@safety.ru

ООО «ИЗДАТЕЛЬСТВО «ПОЖНАУКА»

ПРЕДЛАГАЕТ ВАШЕМУ ВНИМАНИЮ

Технические средства систем охранной и пожарной сигнализации

А.Н. ЧЛЕНОВ, Т.А. БУЦЫНСКАЯ, И.Г. ДРОВНИКОВА. — Ч. 1. — 316 с.
В.П. БАБУРОВ, В.В. БАБУРИН, В.И. ФОМИН. — Ч. 2. — 300 с.

В учебно-справочном пособии рассмотрены общие вопросы построения систем охранной сигнализации, приведены сведения об основных видах технических средств, составляющих систему: извещателях, приемно-контрольных приборах, системах передачи извещений, оповещателях и блоках питания. Рассмотрены современное состояние рынка средств охранной сигнализации и тенденции его развития.

Большое внимание уделено вопросам проектирования систем охранной сигнализации, требованиям по их монтажу и технической эксплуатации. Рассмотрены особенности применения средств сигнализации в пожаро- и взрывоопасных зонах.

Книга предназначена для практических работников в области систем безопасности и может быть использована как учебное пособие для подготовки и повышения квалификации специалистов соответствующего профиля.

WEB-САЙТ:

www.firepress.ru

ЭЛ. ПОЧТА:

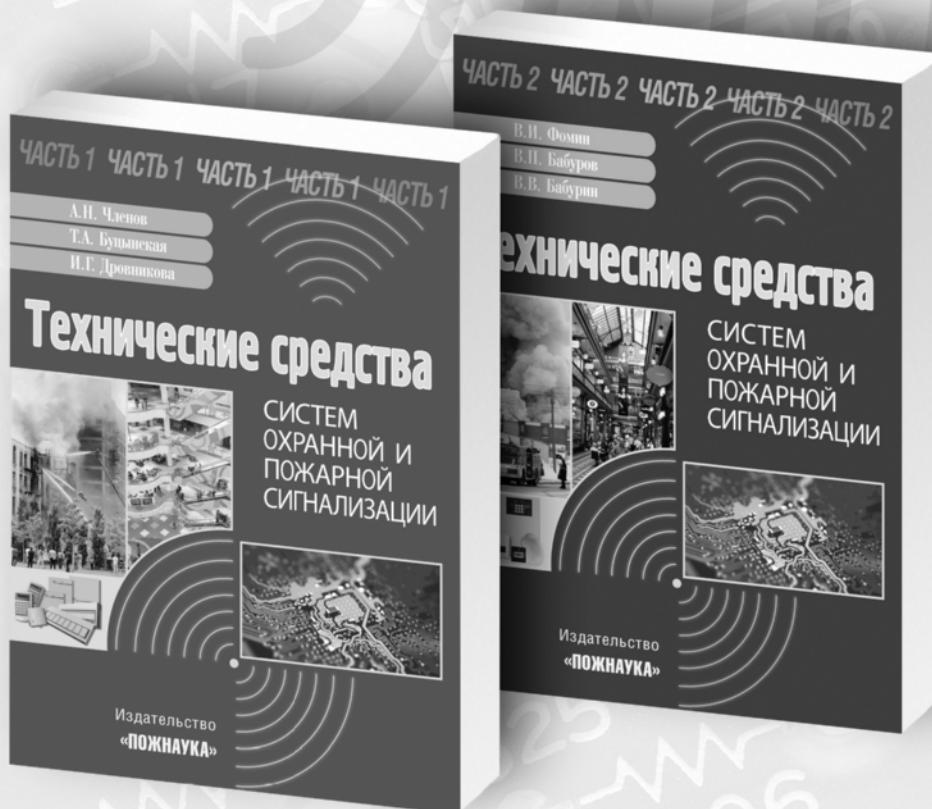
mail@firepress.ru;
izdat_pozhnauka@mail.ru

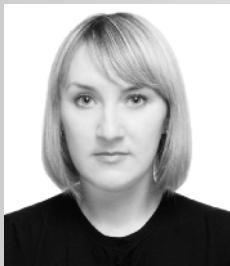
Телефон:

(495) 228-09-03,

тел./факс:

(495) 445-42-34





О. В. Высокоморная
аспирант Томского политехнического университета,
г. Томск, Россия



Г. В. Кузнецов
д-р физ.-мат. наук, профессор
Томского политехнического университета, г. Томск, Россия



П. А. Стрижак
канд. физ.-мат. наук, ассистент
Томского политехнического университета, г. Томск, Россия

УДК 536.468

ЗАЖИГАНИЕ ЖИДКОГО ТОПЛИВА СФОКУСИРОВАННЫМ ПОТОКОМ СВЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Исследованы особенности зажигания пленки жидкого топлива сфокусированным потоком светового излучения. Установлены предельные условия зажигания. Определены зависимости времени задержки воспламенения от мощности и площади зоны действия потока излучения на поверхности жидкости.

Ключевые слова: зажигание, жидкое топливо, световое излучение, пожарная опасность.

Введение

Яркое солнечное излучение нередко приводит к появлению локальных очагов пожаров. Особенno следует отметить возгорания древесины и травяных покрытий под воздействием сфокусированного солнечного потока. Следствием таких возгораний, как правило, являются лесные пожары [1].

Известно [2], что к фокусированию солнечного излучения может приводить отражение света от осколков стекла, металлических поверхностей и ряда других предметов. Сфокусированные энергетические потоки опасны тем, что могут привести к неконтролируемому возгоранию не только твердых, но и жидких горючих веществ, в частности типичных жидких топлив. Особенno следует отметить тонкие пленки горючих жидкостей, на прогрев и испарение которых требуется небольшое количество энергии источника зажигания [3] по сравнению с жидкостями в сосудах и резервуарах [4]. В связи с этим представляет интерес оценка возможности зажигания пленок типичных жидкых топлив сфокусированным потоком солнечного излучения, определение критических условий зажигания, выявление механизмов и режимов процесса.

Цель настоящей работы — численное исследование закономерностей зажигания пленки жидкого топлива сфокусированным потоком излучения и

оценка пожарной опасности анализируемого процесса.

Постановка задачи и метод решения

Физическая постановка задачи предусматривала, что пленка типичного жидкого топлива — керосина испаряется в условиях комнатной температуры. На участке в форме окружности радиусом r_1 (зона действия) на пленку топлива направлен поток излучения мощностью P (рис. 1), представляющий собой сфокусированный пучок солнечного излучения. За счет подводимой энергии жидкость прогревается, и, как следствие, ускоряется процесс ее испарения, что приводит к возрастанию концентрации паров горючего вблизи поверхности жидкости. При достижении критических концентраций компонентов смеси и температур реакция окисления ускоряется, и происходит воспламенение.

Были приняты допущения, не накладывающие существенных ограничений на общность постановки задачи:

1. Пары горючего, формирующиеся в зоне действия излучения, не влияют на поглощение энергии солнечного излучения пленкой топлива.
2. Не учитываются возможные процессы выгорания жидкого вещества.
3. Разогрев парогазовой смеси энергией излучения не рассматривается.

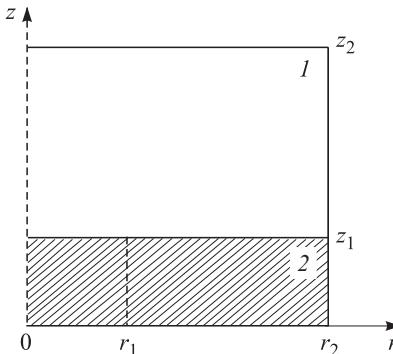


Рис. 1. Схема области решения задачи зажигания: 1 — парогазовая смесь, 2 — пленка жидкого топлива

В качестве условий воспламенения принимались следующие [5]:

1. Тепло, выделяемое в результате химической реакции окисления паров горючего в воздухе, больше тепла, передаваемого от потока излучения пленке жидкого топлива.

2. Температура парогазовой смеси превышает температуру воспламенения паров горючего.

Задача зажигания решалась в цилиндрической системе координат в осесимметричной постановке (см. рис. 1).

Математическая модель процесса включала следующие уравнения (при $0 \leq t \leq t_3$):

- уравнение неразрывности парогазовой смеси при $0 < r < r_2$, $z_1 < z < z_2$:

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \Psi}{\partial r} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial r^2} = \omega; \quad (1)$$

- уравнение движения парогазовой смеси при $0 < r < r_2$, $z_1 < z < z_2$:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \omega}{\partial t} + u \frac{\partial \omega}{\partial r} + w \frac{\partial \omega}{\partial z} &= \frac{\partial}{\partial r} \left[v_1(T) \frac{\partial \omega}{\partial r} \right] + \\ &+ v_1(T) \frac{1}{r} \frac{\partial \omega}{\partial r} + \frac{\partial}{\partial z} \left[v_1(T) \frac{\partial \omega}{\partial z} \right] + \beta g \frac{\partial T_1}{\partial z}; \end{aligned} \quad (2)$$

- уравнение энергии для парогазовой смеси при $0 < r < r_2$, $z_1 < z < z_2$:

$$\begin{aligned} \rho_2(T) C_2(T) \left[\frac{\partial T_1}{\partial t} + u \frac{\partial T_1}{\partial r} + w \frac{\partial T_1}{\partial z} \right] &= \\ = \lambda_1(T) \left[\frac{\partial T_1^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T_1}{\partial r} + \frac{\partial T_1^2}{\partial z^2} \right] &+ Q_o W_o; \end{aligned} \quad (3)$$

- уравнение диффузии паров горючего в воздухе при $0 < r < r_2$, $z_1 < z < z_2$:

$$\begin{aligned} \frac{\partial C_r}{\partial t} + u \frac{\partial C_r}{\partial r} + w \frac{\partial C_r}{\partial z} &= \frac{\partial}{\partial r} \left[D_{11}(T) \frac{\partial C_r}{\partial r} \right] + \\ + D_{11}(T) \frac{1}{r} \frac{\partial C_r}{\partial r} + \frac{\partial}{\partial z} \left[D_{11}(T) \frac{\partial C_r}{\partial z} \right] - \frac{W_o}{\rho_{11}(T)}; & \end{aligned} \quad (4)$$

- уравнение баланса при $0 < r < r_2$, $z_1 < z < z_2$:

$$C_r + C_o = 1; \quad (5)$$

- уравнение энергии для пленки жидкого топлива при $r_1 < r < r_2$, $0 < z < z_1$:

$$\begin{aligned} \rho_2(T) C_2(T) \frac{\partial T_2}{\partial t} &= \\ = \lambda_2(T) \left[\frac{\partial T_2^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T_2}{\partial r} + \frac{\partial T_2^2}{\partial z^2} \right]; & \end{aligned} \quad (6)$$

- уравнение энергии для пленки жидкого топлива при $0 < r < r_1$, $0 < z < z_1$:

$$\begin{aligned} \rho_2(T) C_2(T) \frac{\partial T_2}{\partial t} &= \\ = \lambda_2(T) \left[\frac{\partial T_2^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T_2}{\partial r} + \frac{\partial T_2^2}{\partial z^2} \right] + \frac{\partial H(z)}{\partial z}. & \end{aligned} \quad (7)$$

Начальные ($t = 0$) условия:

$$0 \leq r \leq r_2, 0 \leq z \leq z_1: T_2 = T_0;$$

$$0 \leq r \leq r_2, z_1 < z \leq z_2: T_1 = T_0; C_r = 0; \psi = 0; \omega = 0.$$

Границные условия при $0 < t \leq t_3$:

- $z = z_1, 0 \leq r \leq r_1$:

$$\begin{aligned} \lambda_1(T) \frac{\partial T_1}{\partial z} &= \lambda_2(T) \frac{\partial T_2}{\partial z} + Q_u W_u - \\ - H(0) \exp \left(-\frac{r^2}{r_1^2} \right), & \quad T_1 = T_2; \\ - \rho_{11}(T) D_{11}(T) \frac{\partial C_r}{\partial z} &= W_u; - \frac{\partial \psi}{\partial z} = u; \frac{\partial \omega}{\partial r} = w; \end{aligned}$$

- $z = z_1, r_1 < r \leq r_2$:

$$\begin{aligned} \lambda_1(T) \frac{\partial T_1}{\partial z} &= \lambda_2(T) \frac{\partial T_2}{\partial z} + Q_u W_u, T_1 = T_2; \\ - \rho_{11}(T) D_{11}(T) \frac{\partial C_r}{\partial z} &= W_u; - \frac{\partial \psi}{\partial z} = u; \frac{\partial \omega}{\partial r} = w; \end{aligned}$$

- $z = 0, 0 \leq r \leq r_2$:

$$\frac{\partial T_2}{\partial z} = 0;$$

- $z = z_2, 0 \leq r \leq r_2$:

$$\frac{\partial T_1}{\partial z} = 0; \frac{\partial C_r}{\partial z} = 0; \frac{\partial \psi}{\partial z} = 0, \psi = 0;$$

- $r = 0, 0 \leq z < z_1$:

$$\frac{\partial T_2}{\partial r} = 0;$$

- $r = 0, z_1 \leq z \leq z_2$:

$$\frac{\partial T_1}{\partial r} = 0; \frac{\partial C_r}{\partial r} = 0; \frac{\partial \psi}{\partial r} = 0, \psi = 0;$$

- $r = r_2, 0 \leq z < z_1$:

$$\frac{\partial T_2}{\partial r} = 0;$$

- $r = r_2, z_1 \leq z \leq z_2$:

$$\frac{\partial T_1}{\partial r} = 0; \frac{\partial C_r}{\partial r} = 0; \frac{\partial \psi}{\partial r} = 0, \psi = 0.$$

Здесь t — время, с; t_3 — время задержки воспламенения, с; r, z — координаты цилиндрической системы; r_1 — радиус зоны действия излучения, м; z_1 — толщина пленки жидкости, м; r_2, z_2 — размеры области решения, м; ψ — функция тока, $\text{м}^2/\text{с}$; ω — вектор вихря скорости, с^{-1} ; u, w — составляющие скорости конвекции смеси паров горючего и окислителя в проекции на ось r и z соответственно, $\text{м}/\text{с}$; v — кинематическая вязкость, $\text{м}^2/\text{с}$; T — температура, К; β — коэффициент термического расширения, К^{-1} ; g — ускорение свободного падения в проекции на ось z , $\text{м}/\text{с}^2$; ρ — плотность, $\text{кг}/\text{м}^3$; C — удельная теплоемкость, $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$; λ — коэффициент теплопроводности, $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$; Q_o — тепловой эффект реакции окисления паров горючего в воздухе, $\text{МДж}/\text{кг}$; W_o — массовая скорость окисления паров горючего в воздухе, $\text{кг}/(\text{м}^3\cdot\text{с})$; C_r — концентрация паров жидкого горючего вещества; $0 < C_r < 1$; D — коэффициент диффузии паров горючего в воздухе, $\text{м}^2/\text{с}$; C_o — концентрация окислителя; $H(z)$ — плотность теплового потока, $\text{Вт}/\text{м}^2$; Q_i — тепловой эффект испарения жидкости, $\text{кДж}/\text{кг}$; W_i — массовая скорость испарения, $\text{кг}/(\text{м}^2\cdot\text{с})$; $H(0)$ — плотность потока излучения на поверхности жидкости ($z = z_1$), $\text{Вт}/\text{м}^2$; индексы 0, 1, 2, 11 при ρ, λ, C, D и T соответствуют начальному состоянию ($t = 0$), парогазовой смеси, пленке жидкого топлива, парам горючего.

Плотность потока излучения на поверхности жидкости вычислялась по формуле [6]:

$$H(0) = P/S,$$

где P — мощность потока излучения, Вт;

S — площадь зоны действия излучения, м^2 ;
 $S = \pi r_1^2$.

Распределение плотности теплового потока в жидкости определялось по закону Бугера — Ламберта — Бера [6]:

$$H(z_1) = H(0) \exp(-k_\lambda z_1),$$

где k_λ — коэффициент поглощения излучения жидким топливом, м^{-1} .

Метод решения системы уравнений (1)–(7) с начальными и граничными условиями, а также метод оценки достоверности полученных результатов аналогичны методам, используемым при решении задач зажигания в системе *нагретая до высоких температур частица — жидкое топливо — воздух* [3, 4, 7].

Результаты и обсуждение

Моделирование процесса зажигания в рассматриваемой системе (см. рис. 1) выполнялось при следующих значениях параметров [8–11]: начальная температура пленки керосина и воздуха $T_0 = 300$ К; температура воспламенения паров керосина $T_{\text{всп}} = 425$ К; тепловой эффект реакции окисления паров

керосина $Q_o = 42$ МДж/кг; тепловой эффект испарения керосина $Q_i = 261$ кДж/кг; предэкспонент $k_0 = 9 \cdot 10^8 \text{ с}^{-1}$ и энергия активации $E = 193$ кДж/моль реакции окисления в системе *пары керосина — воздух*; мощность излучения $P = 30$ Вт; радиус зоны действия излучения $r_1 = 0,006$ м; коэффициент поглощения излучения керосином $k_\lambda = 6,8 \cdot 10^4 \text{ м}^{-1}$; толщина пленки керосина $z_1 = 0,03$ м; размеры области решения $r_2 = 0,05$ мм, $z_2 = 0,1$ м. Теплофизические характеристики жидкого керосина, его паров и воздуха в зависимости от температуры выбирались согласно [9–11].

Для анализа условий и возможных режимов, а также для определения значений характеристик зажигания в системе *сфокусированный поток светового излучения — пленка жидкого топлива — воздух* (см. рис. 1) варьировались основные параметры источника энергии: мощность P и радиус зоны действия на поверхности жидкости r_1 . Результаты представлены на рис. 2 и 3.

Из рис. 2 и 3 видно, что время задержки воспламенения пленки керосина меняется на несколько порядков при увеличении мощности P и уменьшении радиуса зоны действия потока светового излучения r_1 в выбранных диапазонах. Установленные зависимости можно объяснить тем, что при повышении мощности P и неизменном радиусе r_1 (соот-

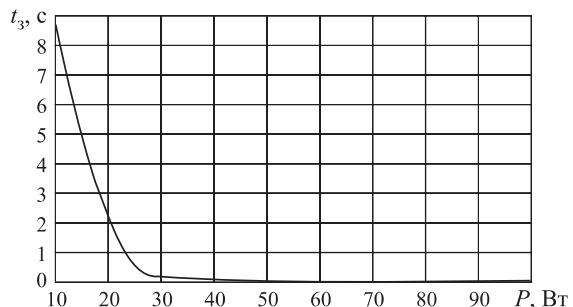


Рис. 2. Зависимость времени задержки воспламенения пленки жидкого топлива от мощности сфокусированного излучения при $r_1 = 0,006$ м

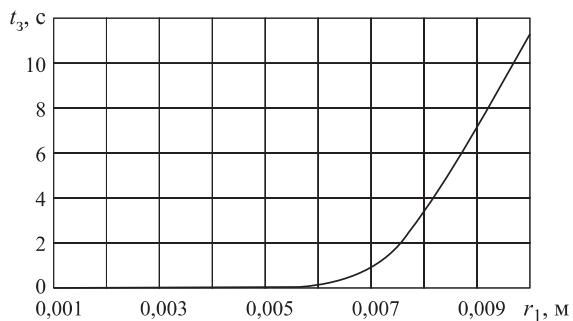


Рис. 3. Зависимость времени задержки воспламенения пленки жидкого топлива от площади зоны действия излучения на поверхности жидкого вещества при $P = 30$ Вт

ветственно неизменной площади зоны действия S) возрастает доля энергии, подводимая к горючей жидкости. Так как плотность теплового потока сфокусированного излучения максимальна на оси симметрии потока (см. рис. 1), то на этом участке с повышением мощности P значительно возрастает доля теплоты, расходуемой на прогрев и испарение жидкости. Из-за ограниченных размеров зоны действия большая часть энергии излучения расходуется на разогрев небольшой площадки на поверхности жидкости. Это приводит к ускорению процесса испарения и увеличению количества вдуваемых в воздух паров с поверхности жидкого вещества. Чем меньше площадь S и больше мощность P , тем быстрее проходит прогрев и испарение пленки жидкого вещества. При увеличении площади зоны действия сфокусированного излучения S уменьшаются масштабы влияния мощности P на инерционность зажигания. Аналогично уменьшаются масштабы влияния площади S на время задержки воспламенения при малых значениях мощности P .

Установленные зависимости (см. рис. 2 и 3) показывают, что условия воспламенения близки к оптимальным при минимальных значениях радиуса r_1 и максимально возможных мощностях P . В то же время в отличие от систем *одиночная разогретая частица малых размеров – жидкое топливо – воздух* [3, 4, 7] для исследуемого процесса трудно выделить предельные условия, при которых зажигания не происходит. Это обусловлено тем, что механизмы воздействия нагретых частиц малых размеров и локального излучения существенно различаются. Частица при контакте с горючим жидким веществом остывает. Ее теплосодержание расходуется на нагрев и испарение жидкости, а также на разогрев формирующейся парогазовой смеси. Поэтому можно выделить предельные значения температур и размеров таких частиц (определить критические условия воспламенения), при которых их энергетического запаса недостаточно для зажигания.

В рассматриваемой системе (см. рис. 1) сфокусированный поток солнечного излучения воздействует на пленку жидкости непрерывно с постоянной мощностью P и неизменными размерами зоны действия, поэтому жидкое вещество прогревается без сокращения поступающей энергии от источника и, как следствие, не снижается массовая скорость испарения. Пары горючего поступают в воздух и перемешиваются с ним. Условия воспламенения реализуются при достижении критических температур парогазовой смеси и концентраций ее компонентов вблизи поверхности пленки жидкого топлива.

Следует отметить, что при варьировании основных параметров источника энергии в рассматриваемой системе (см. рис. 1) не происходило смены ре-

жима или механизма зажигания. Установлено, что при изменении мощности P и радиуса r_1 в широком диапазоне реализуется газофазный механизм зажигания. В отличие от систем *одиночная разогретая частица малых размеров – жидкое топливо – воздух* [3, 4, 7] в рассматриваемой системе возможен только один режим зажигания, который характеризуется формированием зоны воспламенения в малой окрестности поверхности пленки жидкого топлива вблизи оси симметрии зоны действия потока излучения. Этот результат обусловлен тем, что действие сфокусированного потока излучения представляет собой “точечный” нагрев жидкости. Пары горючего поступают в парогазовую смесь с площадки малых размеров. Так как прогрев паров горючего потоком излучения не учитывался, формирующуюся парогазовую смесь может разогреться до критических температур только вблизи зоны действия излучения на поверхности жидкости. Плотность потока излучения максимальна на оси его симметрии, поэтому критические температуры смеси могут быть достигнуты в малой окрестности оси симметрии зоны действия потока излучения.

Анализ рис. 2 и 3 позволяет сделать вывод о том, что сфокусированные потоки излучения являются пожароопасными не только при взаимодействии с древесиной, травяными покрытиями и другими твердыми конденсированными веществами [1], но и с типичными жидкими топливами (керосином, бензином, дизельным топливом, мазутом). Поэтому для предотвращения нерегламентных возгораний жидких топлив на промышленных предприятиях, помимо соблюдения рекомендаций [3, 4, 7], следует исключить возможное взаимодействие потока сфокусированного солнечного излучения с топливами.

Выводы

Установленные закономерности позволяют сделать вывод о существенном различии механизмов зажигания пленок жидкых топлив локальным потоком сфокусированного излучения и разогретыми до высоких температур частицами с ограниченным теплосодержанием. Наличие предельных условий воспламенения для систем с остывающими частицами и отсутствие таковых в системах с непрерывными потоками излучения указывают на высокую пожароопасность, созданную при нагреве небольших формирований типичных горючих жидкостей сфокусированным излучением.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российской фонда фундаментальных исследований (грант № 06-08-00366-а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Щетинский Е. А.** Тушение лесных пожаров : пособие для лесных пожарных. — М. : ВНИИЛМ, 2002. — 104 с.
2. **Даффи Дж., Бекман У.** Солнечная энергетика. Физико-технические основы разработки. — М. : Интеллект, 2009. — 1200 с.
3. **Кузнецов, Г. В., Стрижак П. А.** Численное решение задачи воспламенения жидкого пожароопасного вещества одиночной "горячей" частицей // Физика горения и взрыва. — 2009. — № 5. — С. 42–50.
4. **Кузнецов, Г. В., Стрижак П. А.** Моделирование воспламенения жидкого вещества горячей частицей // Химическая физика. — 2009. — № 5. — С. 90–97.
5. **Vilyunov, V. N., Zarko V. E.** Ignition of Solids. — Amsterdam : Elsevier Science Publishers, 1989. — 442 р.
6. **Яворский Б. М., Детлаф А. А.** Справочник по физике. — М. : Наука, 1979. — 942 с.
7. **Кузнецов Г. В., Стрижак П. А.** Влияние формы разогретой металлической частицы на характеристики процесса зажигания горючей жидкости // Пожаровзрывобезопасность. — 2009. — Т. 18, № 6. — С. 20–24.
8. **Щетников Е. С.** Физика горения газов. — М. : Наука, 1965. — 739 с.
9. **Варгафтик Н. Б.** Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. — М. : ООО "Старс", 2006. — 720 с.
10. Теплотехнический справочник : в 2 т. / Под ред. В. Н. Юрненева, П. Д. Лебедева. — М. : Энергия, 1975. — Т. 1. — 743 с.
11. Теплотехнический справочник : в 2 т. / Под ред. В. Н. Юрненева, П. Д. Лебедева. — М. : Энергия, 1975. — Т. 2. — 896 с.

Материал поступил в редакцию 3 ноября 2009 г.

Электронные адреса авторов: vysokomotnuyy@yandex.ru, elf@tpri.ru, pavelspa@tpri.ru.



Издательство «ПОЖНАУКА»

Представляет новую книгу

**А. Я. Корольченко, Д. О. Загорский
КАТЕГОРИРОВАНИЕ ПОМЕЩЕНИЙ И ЗДАНИЙ ПО ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ
И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ. — М. : Пожнаука, 2010. — 118 с.**



В учебном пособии изложены принципы категорирования помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности, содержащиеся в современных нормативных документах. На примерах конкретных помещений рассмотрено использование требований нормативных документов к установлению категорий. Показана возможность изменения категорий помещений путем изменения технологии или внедрения инженерных мероприятий по снижению уровня взрывопожароопасности и повышению надежности технологического оборудования и процессов.

Пособие рассчитано на студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям "Пожарная безопасность", "Безопасность технологических процессов и производств", "Безопасность жизнедеятельности в техносфере", студентов строительных вузов и факультетов, обучающихся по специальности "Промышленное и гражданское строительство", сотрудников научно-исследовательских, проектных организаций и нормативно-технических служб, ответственных за обеспечение пожарной безопасности.

121352, г. Москва, ул. Давыдовская, д. 12, стр. 7;
тел./факс: (495) 228-09-03; e-mail: mail@firepress.ru



С. А. Ненахов
канд. хим. наук,
ведущий научный сотрудник
НПП "Теплохим", г. Москва, Россия



В. П. Пименова
канд. хим. наук, зам. директора
по научной работе НПП "Теплохим",
г. Москва, Россия

УДК 661.174

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ГАЗООБРАЗУЮЩЕГО АГЕНТА НА ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ПЕНОКОКСА ОГНЕЗАЩИТНЫХ СОСТАВОВ

Методами термометрии, термогравиметрии, дифференциального сканирующего анализа изучены особенности поведения газообразующего агента — меламина в широком диапазоне концентраций в аммонийфосфатных составах в присутствии высокомолекулярного водорода и в его отсутствие. Показано, что, помимо общеизвестной функции газообразующего агента, меламин также обеспечивает стефановский характер движения эндотермического фронта превращений сквозь толщу покрытия. Кроме того, продукты разложения меламина непосредственно участвуют в "строительстве" кокса и "способствуют" развитию термоокислительных реакций в присутствии высокомолекулярного углеводорода. Показано, что с ростом концентрации меламина в изученном диапазоне концентраций такие свойства составов, как коэффициент вспенивания, предельное время нагрева субстрата под вспенивающимися покрытиями, изменяются по s-образным кривым, т. е. можно говорить о двух критических концентрациях меламина. В диапазоне между этими критическими концентрациями имеет место значительное изменение свойств пенококса. Ниже первой критической концентрации меламина изменение свойств составов очень незначительно. Выше второй критической концентрации меламина во вспенивающемся, коксующемся составе коэффициент вспенивания и теплоупротивление кокса перестают увеличиваться, что может быть связано с удалением из системы газообразных продуктов, которые из-за избыточности не могут быть поглощены системой, и ростом дефектности пенококса.

Ключевые слова: огнезащитные составы, вспенивающиеся краски, газообразующий агент, меламин, термогравиметрия, дифференциальный сканирующий анализ, эндотермический процесс, пенококс, коэффициент вспенивания, высокомолекулярный углеводород, наполнитель, полифосфат аммония, фронт превращений, термоокисление, коэффициент теплопроводности.

Введение

Известно [1], что во вспенивающихся огнезащитных покрытиях важную роль играют газообразующие агенты, способствующие вспениванию кокса. Газообразование происходит вследствие термического разложения веществ и испарения низкомолекулярных компонентов. Применительно к аммонийфосфатным коксующимся составам традиционным газообразующим агентом является меламин [2]. Начало изучения процесса термического разложения меламина было положено в работе [3]. Позже [4] были изучены термические явления при отжиге меламина в воздухе и азоте методом дифференциальной сканирующей калориметрии и термогравиметрии; показано, что основной сублимационный пик меламина лежит в диапазоне температур 330–380 °C: продукт полностью возгоняется (испаряется), прежде чем температура достигнет 380 °C.

Меламин считается одним из самых эффективных газообразующих агентов во вспенивающихся и коксующихся составах на основе фосфатов аммония. Вместе с тем многие аспекты поведения меламина в огнезащитных вспенивающихся составах до сих пор остаются неясными.

Во-первых, это вопросы, связанные с газообразованием. При разложении твердого меламина и образовании газообразных продуктов объем единицы массы вещества возрастает (при равных давлениях) примерно в 1000 раз. Замечено, что при высоких значениях коэффициента вспенивания (30 и выше) в натурных испытаниях пенококс растрескивается по истечении небольшого промежутка времени, что заметно снижает ресурс работоспособности огнезащитного покрытия. Очевидно, что часть образующихся газообразных продуктов участвует в образовании пены, а часть улетучивается из системы.

© Ненахов С. А., Пименова В. П., 2010

Образование продуктов разложения в глубоких слоях огнезащитной фазы может быть чревато возникновением высоких давлений и разрушением пенококса, т. е. должна существовать некая предельная концентрация меламина, выше которой объем вспенивающейся массы не будет увеличиваться, а продукты разложения будут уходить из системы. Выполнить прямые исследования температурного поведения механических свойств, напряжений, сплошности пенококса, увеличивающегося в объеме в десятки раз, например, методами термомеханического анализа достаточно сложно. Но можно попытаться решить эту задачу с “другого конца”, а именно посредством изучения влияния концентрации меламина на характеристики термосопротивления пенококса: морфологию, величину вспенивания и теплофизические свойства.

Во-вторых, неясна роль теплоты сублимации меламина в эндотермическом процессе, характерном для вспенивающихся составов, а также степень вклада меламина в общий эндотермический процесс.

В-третьих, представляет интерес вопрос, участвуют ли продукты разложения меламина в “строительстве” пенококса или лишь раздувают пузырьки пены, а избыток рассеивается.

Как это ни странно, публикаций, посвященных изменению структуры и свойств пенококсов при изменении концентрации газообразующего агента вспенивающейся фазы в огнезащитных составах мало. Имеются работы, в которых описаны составы в широких пределах концентраций, но в них приведены результаты исследований, выполненных только методом термогравиметрии [1] и (или) калориметрии. Системные исследования, посвященные изучению влияния концентрации компонентов на такие характеристики, как коэффициент вспенивания, время достижения предельной температуры, практически отсутствуют. Вернее, публикации такого рода имеются, но, например, в [6] концентрация меламина изменяется с шагом 1 % в очень узкой концентрационной области — от 1 до 5 % масс. В литературе описаны рецептуры огнезащитных вспенивающихся составов, где фигурирует соотношение ПФА : меламин [2] 2 : 1 и 3 : 1, но, как подчеркивают сами авторы, без доказательств оптимальности этого соотношения. В отсутствие систематических экспериментальных данных о влиянии концентраций компонентов на основные характеристики пенококса в широком диапазоне практически невозможно оптимизировать эти составы.

В настоящей статье была поставлена задача системного изучения влияния концентрации газообразующего агента — меламина во вспенивающейся фазе огнезащитных материалов на характеристики

пенококса (коэффициент вспенивания, теплофизические характеристики).

В данной работе изучался широкий диапазон концентраций меламина — от нуля до верхней границы диапазона, которая, если ее выразить через соотношение ПФА : меламин, составляет традиционно 2 : 1. Если “критическая” концентрация лежит в изучаемом диапазоне, то концентрация меламина в рецептуре может быть оптимизирована. Если “критическая” концентрация лежит выше верхней границы этого диапазона, то ее поиск представляет лишь академический интерес. Проблема изучалась на составах без высокомолекулярного углеводорода, где варьировалось только соотношение между компонентами *полифосфат аммония – пентаэритрит – меламин*, а также на составах с высокомолекулярным углеводородом.

1. Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследования использовали смеси, представляющие собой вспенивающуюся основу огнезащитных коксующихся лакокрасочных материалов. Были приготовлены две группы составов:

первая — смесь полифосфата аммония, пентаэритрита, меламина и диоксида титана, соотношение компонентов в которой варьировали таким образом, чтобы концентрация меламина в смеси изменялась от 0 до 24 % масс. с шагом примерно 5 % масс.;

вторая — 20 % пленкообразующей фазы (высокомолекулярного углеводорода) и 80 % вспенивающейся фазы (той же смеси, что и в первой группе составов); концентрация меламина в смеси изменилась от 0 до 25 % масс. Соотношение ПФА : пентаэритрит было постоянно во всех рецептурах и составляло 2 : 1 вес. ч. Содержание диоксида титана принято равным 1/2...1/4 количества меламина, за исключением композиции с нулевой концентрацией меламина, где концентрация диоксида титана составляла 1 % масс.

Для приготовления смесей использовали: полифосфат аммония (Exolit AP422, *Clariant*, Германия), пентаэритрит (Charmor PM 40, *Perstorp*, Швеция), меламин (*Melafine*, *DSM*, Голландия), диоксид титана (Kemira 660, *Kemira*, Финляндия), высокомолекулярный углеводород — сополимер винил-ацетата и винилового эфира версатиковой кислоты в виде водной дисперсии (*Mowilith DM 230*, *Celanese Corporation*, Германия) с размером частиц от 0,1 до 1,0 мкм.

Смеси готовили в лабораторном диспергаторе ЛДУ-3МПР с добавлением воды (технической) в количестве примерно 30 % масс. к общей массе смешиваемых сухих компонентов. Сухие компоненты

по очереди загружали в водную среду. После загрузки очередной навески производили перемешивание смеси рамной мешалкой в течение 10–15 мин при скорости вращения ее якоря от 250 до 750 мин⁻¹. Общее время подготовки одного образца составляло: для первой группы 50 мин, для второй — 55 мин. Дисперсность жидких составов, определенная методом клина [7], в обеих группах составов равнялась 30–50 мкм.

Для выполнения огневых испытаний жидкие составы наносили на стальные пластины (сталь Ст. 3) размером 140 × 80 × 1 мм таким образом, чтобы получился ровный слой с одинаковой для всех образцов толщиной. Из каждого состава готовили по два образца покрытий на стальной подложке. Для термогравиметрических и калориметрических испытаний составы наносили на полиэтиленовые подложки. Покрытия сушили в течение одних суток при нормальных лабораторных условиях, затем при температуре 60 °C в течение 2 ч и снова в течение не менее 2 сут в нормальных лабораторных условиях. Толщину покрытий для огневых испытаний контролировали электромагнитным толщиномером “Константа К5” с точностью до 1 мкм. В среднем толщина покрытий составляла (1,00 ± 0,07) мм. Покрытия первой группы имели очень низкую адгезию к стальной подложке и отличались хрупкостью.

В ходе нагрева покрытий до температуры 1000 °C изучали кинетику нагрева стальных пластин под огнезащитным покрытием с помощью методики огневых испытаний: покрытия подвергали воздействию одномерного теплового потока в соответствии со стандартной кривой пожара [8] до достижения стальной подложкой температуры 500 °C [9]. После нагрева и охлаждения образцов определяли коэффициент вспенивания, изучали морфологию коксового остатка. Образцы покрытий в ходе огневых испытаний (особенно составы первой группы) показали достаточно высокую текучесть на вертикально расположенных стальных пластинах, поэтому коэффициент вспенивания определяли как отношение среднего арифметического высоты вспенивания к средней толщине исходного образца в трех различных по высоте стальной пластины позициях. Поскольку такой способ не учитывает часть пены, вытекшей за нижний край стальной пластины, можно строго говорить не об абсолютном значении коэффициента вспенивания, а о некотором относительном значении. Сравнивая сечение кокса в пределах пластины с сечением кокса, вытекшего за нижний край пластины, можно сказать, что фигурирующие далее значения коэффициента вспенивания $K_{\text{всп}}$ могут быть занижены на 25–30 %. Но поскольку соотношение сечений кокса в пределах пластины и вытекшей за край пластины коксовой массы примерно

одинаково для всех изученных образцов, то говорить о тенденции изменения коэффициента вспенивания вполне уместно.

Изменение массы составов и тепловые эффекты в ходе нагрева со скоростью 10 °C/мин начиная с комнатной температуры до 800 °C изучали в потоке воздуха 100 мл/мин с помощью универсального прибора SDT Q600 фирмы Thermal Analysis Instruments (США) [10] с программным комплексом TA Universal Analysis V3.9A.

2. Результаты исследования

2.1. Термограммы нагрева стальных пластин под покрытиями

Кинетика нагрева стальных пластин под огнезащитными покрытиями, как правило, включает три стадии (участка):

первая — быстрый нагрев исходного покрытия до температуры начала физико-химических превращений; скорость нагрева на этой стадии определяется коэффициентом теплопроводности покрытия и его толщиной;

вторая — медленный нагрев; скорость нагрева определяется эндотермическим отъемом тепла на образование пенококса. Считается, что на этой стадии фронт физико-химических превращений проходит от внешней стороны покрытия к границе раздела с металлом, оставляя позади себя вспененный кокс. Время прохождения фронта через толщину покрытия определяет протяженность соответствующего участка на термограмме нагрева металлического субстрата под огнезащитным покрытием [11]. Такого рода задачи называют “стефановскими” [12], мы будем именовать этот эндотермический участок также термограммой;

третья — нагрев; скорость нагрева определяется теплопроводностью и толщиной вспененного кокса.

Кинетика нагрева стальных пластин под покрытиями для составов с различной концентрацией меламина, содержащих и не содержащих высокомолекулярный углеводород (ВМУ), проиллюстрирована типичными термограммами на рис. 1.

Из рисунка видно, что термограммы составов обеих групп (с высокомолекулярным углеводородом и без него) качественно подобны. В отсутствие в составах меламина термограммы имеют вид, близкий к параболе, а “стефановский” (эндотермический) участок практически отсутствует. С ростом концентрации меламина термограммы трансформируются к виду, типичному для вспенивающихся огнезащитных покрытий. На термограммах появляется второй участок с низкой скоростью нагрева — “стефановский” (эндотермический), за ним следует третий участок нагрева с промежуточным значением

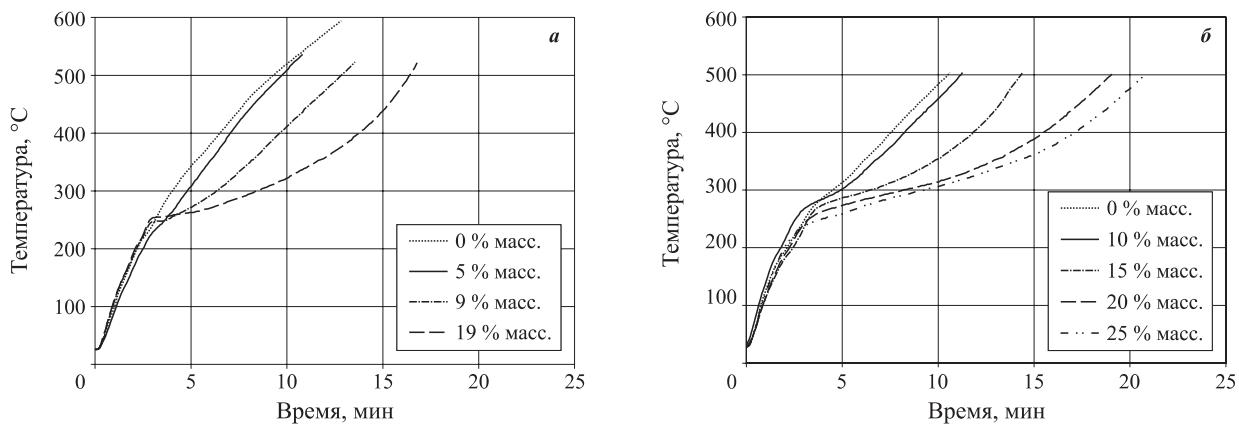


Рис. 1. Термограммы нагрева стальных пластин под огнезащитными покрытиями с составами, отличающимися концентрацией меламина: *а* — без ВМУ; *б* — с ВМУ

скорости (немного больше, чем на втором участке, но меньше, чем на первом). “Стефановский” участок начинается при температуре порядка 250 °С и с ростом концентрации меламина становится все более выраженным: протяженность его увеличивается, а скорость нагрева снижается. На третьем участке скорость нагрева с ростом концентрации меламина также снижается.

Рассмотрим подробнее особенности основных участков термограмм. На первом участке, как и следовало ожидать, все изученные образцы (толщина слоя у образцов первой группы составов равна ($1 \pm 0,5$) мм) ведут себя практически одинаково (рис. 2): скорость нагрева составляет (89 ± 15) °С/мин, временная протяженность участка 2–2,8 мин. Изменение концентрации меламина никак не влияет на поведение покрытия на первом участке термограммы. Зависимость скорости от концентрации меламина для группы составов с высокомолекулярным углеводородом имеет ступенчатый характер со снижением скорости нагрева от 120 до 85 °С/мин, т. е. до величины, характерной для первого участка в первой группе составов. Временная протяженность области составляет 1,7–2,9 мин. Высокое начальное значение скорости нагрева (≈ 120 °С/мин) во второй группе составов при низкой концентрации меламина (до скачка к меньшим значениям скорости) может быть связано с высоким содержанием высокомолекулярного углеводорода, имеющего низкую теплопроводность, и (или) со структурными различиями композиций.

Временная протяженность второго участка термограммы с ростом концентрации меламина возрастает (рис. 3) симбатно по слабой экспоненте в обеих группах составов. Кривая для составов с высокомолекулярным углеводородом лежит выше: при нулевой концентрации меламина состав с ВМУ в 5 раз эффективнее состава без ВМУ.

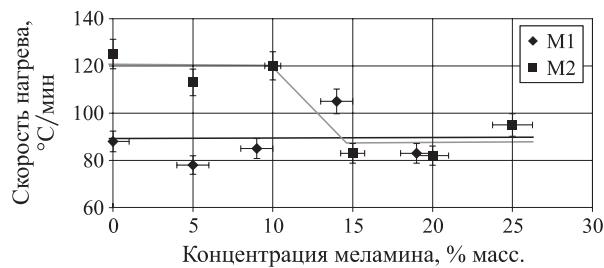


Рис. 2. Зависимость скорости нагрева стальных пластин под огнезащитными покрытиями на первом участке термограмм от концентрации меламина в составе: М1 — без ВМУ; М2 — с ВМУ

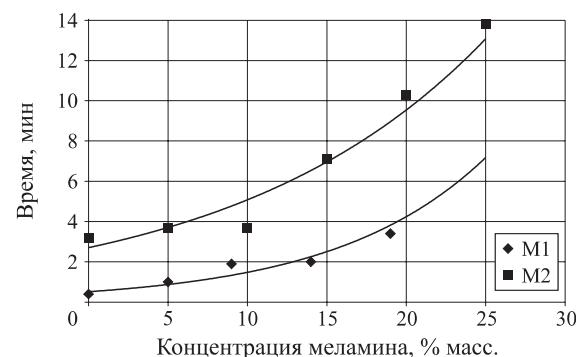


Рис. 3. Длительность второго (“степановского”) участка термограмм нагрева подложек в зависимости от концентрации меламина: М1 — без ВМУ; М2 — с ВМУ

Скорость нагрева стальных подложек на втором (“степановском”) участке термограмм (рис. 4) с ростом концентрации меламина в разных группах составов обнаруживает определенные различия. Так, в первой группе составов (без ВМУ) с ростом концентрации меламина можно говорить о трех концентрационных областях: в области малых концентраций (0–5 % масс.) скорость нагрева падает несущественно; в области средних концентраций (5–10 % масс.) — существенно снижается; в области

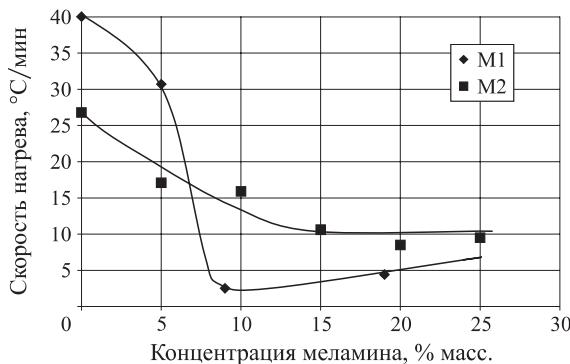


Рис. 4. Зависимость скорости нагрева на втором участке термограммы подложек в зависимости от концентрации меламина: M1 — без ВМУ; M2 — с ВМУ

концентраций более 10 % масс. — слабо возрастает. Общее изменение скорости достигает порядка величины. При концентрации меламина 9 % масс. имеет место столь низкое значение скорости нагрева, что второй участок термограммы выглядит практически как горизонтальная полка или истинно стефановский процесс. Температурные границы второй области термограммы (ΔT) с увеличением концентрации меламина показывают тенденцию к сужению диапазона температуры. Так, в области малых концентраций меламина (до 5 % масс.) величина ΔT составляет 115 °C, а при концентрации 9 % масс. и более — 10–30 °C. Во второй группе составов (с высокомолекулярным углеводородом) общий диапазон концентрационного изменения скоростей сильно сужается (общее изменение не превышает 2,5 раз), скорость нагрева снижается с ростом концентрации меламина вплоть до 15 % масс. и далее практически не изменяется.

Второй участок термограммы можно также охарактеризовать скоростью движения фронта превращений. Поскольку теоретически обоснованных соотношений для скорости прохождения фронта сквозь толщу вспенивающегося покрытия пока не предложено, мы воспользуемся обычным соотношением для скорости, т. е. определим скорость прохождения фронта V через толщу покрытия как частное от деления толщины исходного покрытия $H_{\text{пп}}$ на продолжительность второго участка t_2 : $V = H_{\text{пп}} / t_2$.

Зависимость скорости движения эндотермического фронта вспенивания в толще исходного покрытия от концентрации меламина представлена на рис. 5. В первой группе составов при нулевой концентрации меламина скорость составляет 2,42 мм/мин. С ростом концентрации меламина скорость сначала резко уменьшается, а с концентрацией примерно 9 % масс. и выше темп изменения скорости заметно снижается. В целом в изученном диапазоне концентрации меламина скорость движения фронта превращений снижается на порядок величины. Во второй

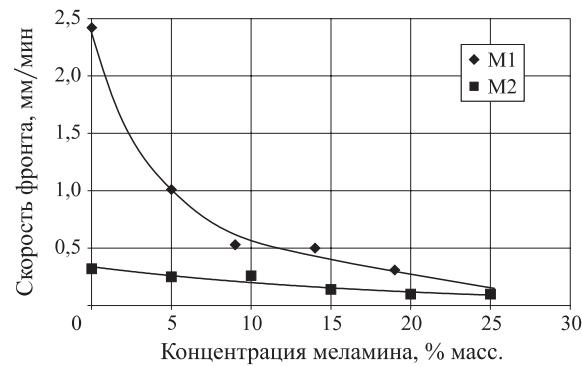


Рис. 5. Зависимость кажущейся скорости движения фронта превращений от концентрации меламина: M1 — без ВМУ; M2 — с ВМУ

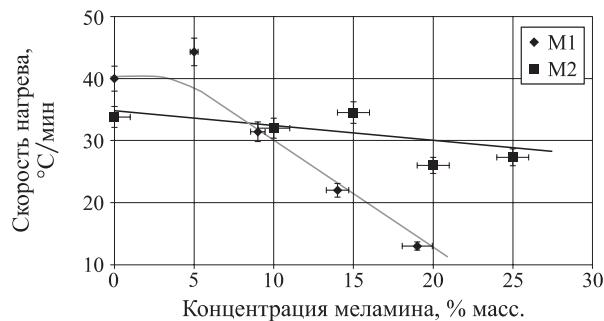


Рис. 6. Зависимость скорости нагрева на третьем участке термограмм от концентрации меламина: M1 — без ВМУ; M2 — с ВМУ

группе составов, содержащих ВМУ, изначально (при нулевой концентрации меламина) кажущаяся скорость движения эндотермического фронта довольно мала — 0,32 мм/мин, и с ростом концентрации она изменяется мало — всего на 0,2 мм/мин. И насколько позволяют судить полученные результаты, начиная с концентрации 15 % масс. скорость, достигнув величины примерно 2 мкм/с, практически перестает зависеть от концентрации меламина в системе.

С увеличением концентрации меламина изменение временной протяженности третьего участка термограмм (области действия пенококса) в первой группе составов характеризуется слабой тенденцией к росту (с 6 до 10 мин), а во второй группе — практически отсутствует. В первой группе составов скорость нагрева на третьем участке в пределах малых концентраций (до 5 % масс.) составляет порядка 40 °C/мин и не зависит от концентрации; при дальнейшем увеличении концентрации меламина скорость снижается и при концентрации 19 % масс. составляет 13 °C/мин (рис. 6). Во второй группе составов скорость нагрева на третьем участке термограммы во всем изученном диапазоне концентраций меламина изменяется мало — снижается практически линейно примерно от 34 до 26 °C/мин.

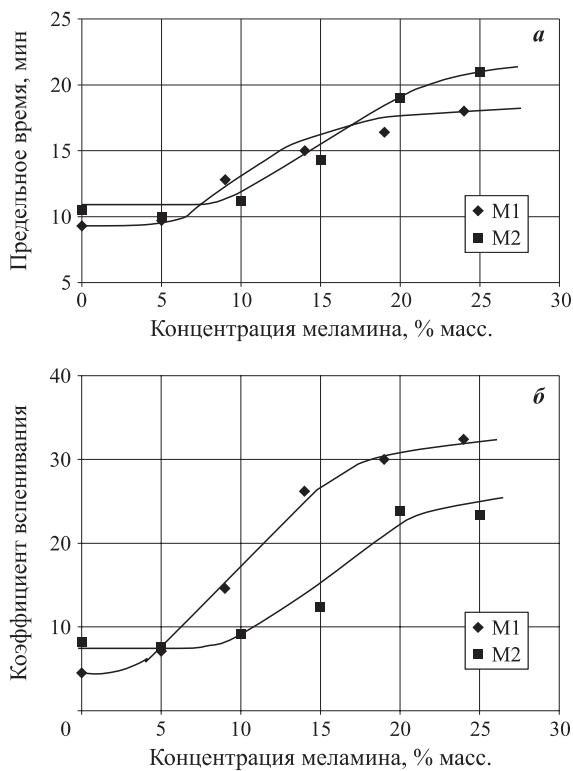


Рис. 7. Зависимость предельного времени (а) и коэффициента вспенивания (б) от концентрации меламина в составах: М1 — без ВМУ; М2 — с ВМУ

2.2. Вспенивание и предельное время нагрева

Концентрационные зависимости предельного времени T_{500} и коэффициента вспенивания для обеих групп составов представлены на рис. 7. Обе зависимости в изученном диапазоне концентраций меламина имеют с-образный характер, т. е. в области малых концентраций меламина (примерно до 5–7 % масс.) изменение обоих параметров незначительно, что совпадает с данными работы [6]. В области средних концентраций (примерно от 7 до 15–17 % масс.) кривые демонстрируют быстрый рост: коэффициент вспенивания для первой группы составов возрастает в шесть раз, предельное время — почти в два раза. При дальнейшем увеличении концентрации меламина кривые зависимостей выполняются. При этом концентрационные зависимости предельного времени для обеих групп составов достаточно близки количественно, а зависимость коэффициента вспенивания для второй группы составов, содержащих ВМУ, несколько “сдвинута” в сторону больших концентраций меламина.

2.3. Морфология пенококса

Пенококс составов первой группы на начальной стадии формирования обладает высокой текучестью (низкой вязкостью). Так, составы с концентра-

цией меламина $C_m = 0; 5$ и 9 % масс. демонстрируют сильное отекание вспененного кокса на вертикально расположенной стальной пластине, но нигде пластина не оголяется до стали. На других составах имело место частичное оголение стальной пластины в ходе эксперимента. Оголение стальной пластины свидетельствует о том, что в отсутствие высокомолекулярного углеводорода пенококс плохо смачивает стальную поверхность (другими словами, адгезия пенококса к стальной поверхности очень низка).

У образцов первой группы морфология кокса различна. При малых концентрациях меламина или в его отсутствие расширение слоя при формировании кокса имеет место, но в этом случае уместнее говорить о *вспущенном* коксе, когда в сплошной коксовой массе образуется большое количество пор различного размера (максимальная протяженность до 5 мм). У составов с концентрацией меламина 9 % масс. и выше регистрируется вспененная структура с ячейками небольшого размера. Появление следов озоления обнаруживается начиная с образца с концентрацией меламина 9 % масс., а с повышением его концентрации степень озоления возрастает.

Пенококс составов второй группы (с высокомолекулярным углеводородом) в целом демонстрирует те же концентрационные закономерности развития, что и пенококс составов первой группы. Но оголение пластины у составов этой группы практически отсутствует и отекание меньше, чем у составов первой группы. Пенококс составов второй группы показывает наличие хорошей адгезии со стальной подложкой при отслаивании в холодном виде. Кокс в черной и белой (озоленной) фазах характеризуется большой хрупкостью.

2.4. Термогравиметрия и калориметрия

На рис. 8 приведены типичные термогравиметрические (ТГ) кривые для составов без ВМУ и с ВМУ с нулевым и высоким содержанием меламина. На графиках рис. 8 представлена также разность в остаточной массе для составов без меламина и с его максимальным количеством. На ТГ-кривых для составов без высокомолекулярного углеводорода видно, что остаточная масса в присутствии меламина снижается с ростом температуры несколько быстрее, нежели в системе без меламина. Особенно значительно это различие в диапазоне 300–550 °C, но с дальнейшим ростом температуры оно снижается, стремясь к нулю. Остаточная масса при температуре 800 °C составляет порядка 15 % масс. Можно полагать, что в присутствии меламина в температурном диапазоне выравнивания остаточной массы (580–800 °C) происходит либо дополнительное

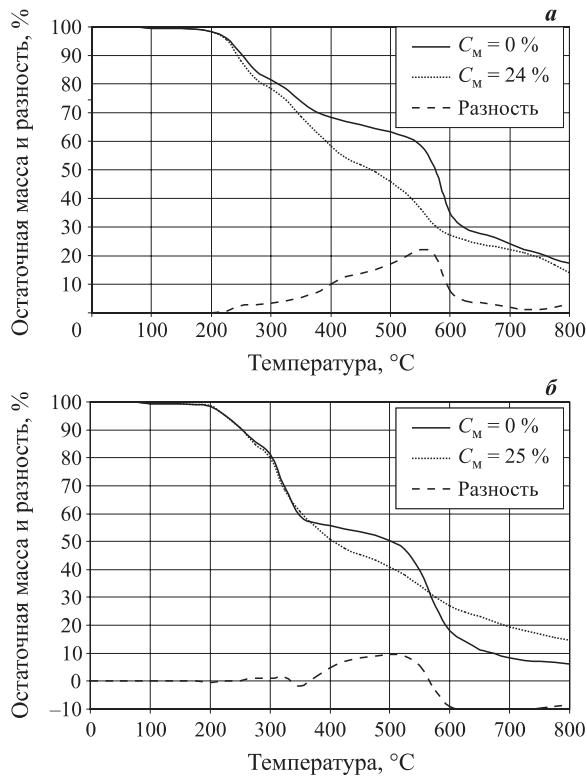


Рис. 8. Термогравиметрические кривые составов без ВМУ (а) и с ВМУ (б) при различных концентрациях меламина C_m

связывание продуктов реакции, либо поглощение кислорода.

ТГ-кривые для составов с высокомолекулярным углеводородом с меламином и без него практически сливаются вплоть до температуры 370 °С. В температурной области 370–550 °С большему количеству меламина соответствует большая потеря массы. В диапазоне температур 550–800 °С картина изменяется радикальным образом: составам с меламином соответствует более высокая остаточная масса. Зависимость остаточной массы от концентрации меламина показана на рис. 9: она не линейна и имеет с-образный вид.

Остаточная масса составов первой группы (с ВМУ) в зависимости от концентрации меламина для различных температур представлена на рис. 10. Как видно из рисунка, с увеличением температуры характер кривых меняется. При температуре 350 °С остаточная масса убывает слабо и линейным образом. При температуре 500 °С зависимость усиливается, но остается линейной; ее можно представить трендом: $M_{\text{ост}} = 61,0 - 0,7C_m$ (где $M_{\text{ост}}$ — остаточная масса). Здесь коэффициент при концентрации меламина C_m близок к единице, т. е. потеря массы близка к концентрации вводимого газообразующего агента — меламина. При температуре 600 °С и выше зависимости имеют минимум при концентрации

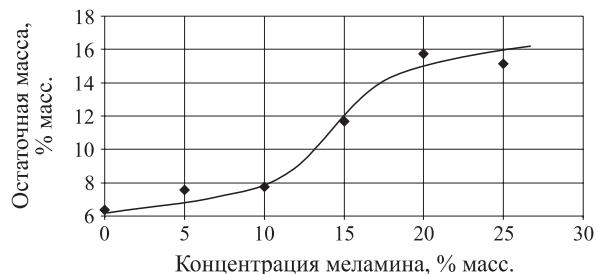


Рис. 9. Зависимость остаточной массы составов с ВМУ от концентрации меламина при температуре 800 °С

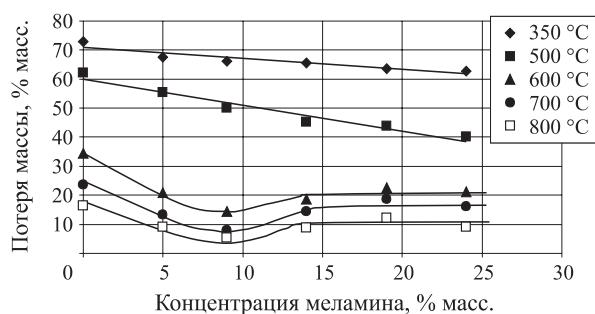


Рис. 10. Температурная зависимость остаточной массы составов без ВМУ от концентрации меламина

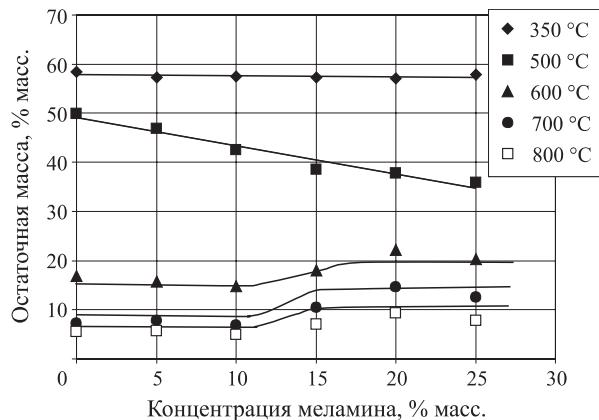


Рис. 11. Температурная зависимость остаточной массы составов с ВМУ от концентрации меламина

примерно 10 % масс., затем остаточная масса несколько возрастает, и далее ход кривой практически не зависит от концентрации меламина, хотя температурное влияние на убыль остаточной массы сохраняется. Подчеркнем, что начиная с концентрации меламина 14 % остаточная масса не зависит от концентрации меламина.

Зависимость остаточной массы образцов второй группы при различных температурах от концентрации меламина показана на рис. 11. Данные, представленные на этом рисунке, приведены с учетом инертного несгорающего наполнителя — диоксида титана. Видно, что концентрация меламина

мало влияет на ход гравиметрических кривых при температуре 350 °C и ниже; при температуре 500 °C зависимость сохраняет линейный характер: угол наклона линейного тренда показывает, что из каждой единицы массы введенного меламина примерно 60 % образуют летучий продукт. При более высоких температурах (600 °C и выше) убыль остаточной массы с увеличением концентрации меламина сменяется на рост: некоторое увеличение остатка наблюдается в диапазоне концентраций примерно от 10 до 20 % масс. меламина; в крайних диапазонах концентраций (0–10 % масс. и выше 20 % масс.) при температурах 600; 700 и 800 °C концентрация меламина мало влияет на ход гравиметрических кривых.

Результаты измерения тепловых эффектов методом дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) в составах без высокомолекулярного углеводорода для разных концентраций меламина представлены на рис. 12. Из рисунка видно, что кривая для состава с нулевой концентрацией меламина лежит в экзотермической области и, более того, имеет два ярко выраженных экзотермических пика в температурных диапазонах 300–370 и 500–600 °C и один слабый экзотермический пик в районе 450 °C. С появлением в композиции меламина ДСК-кривые смещаются в эндотермическую область, и на них фиксируются очевидные эндотермические пики в районе 330; 350–400 (при высоких концентрациях меламина) и 500 °C. Для всех составов с меламином характерен эндотермический ход ДСК-кривых при температуре выше 570 °C.

Сопоставление ДСК-кривых для составов с меламином с ДСК-кривыми для индивидуальных компонентов (см. рис. 12б) позволяет идентифицировать тепловые эффекты, характерные для смеси компонентов:

- 189 °C — перекристаллизация пентаэритрита;
- 304 °C — эндотермическое разложение пентаэритрита;
- 331 °C — эндотермическое разложение меламина;
- 365 °C — эндотермическое разложение ПФА;
- 404 °C — экзотермический эффект окисления пентаэритрита;
- 429 °C — экзотермический эффект термоокисления продуктов разложения в смеси.

Говоря об исследованиях смесей ПФА — пентаэритрит — меламин методом ДСК, нельзя не упомянуть работу С. Пажелла с соавторами [4], в которой изучены индивидуальные компоненты триады, бинарные, тройные смеси и смеси с различными полимерами в потоке воздуха и в азоте. Правда, смеси ограничены соотношениями: 1 : 1; 2 : 1 и

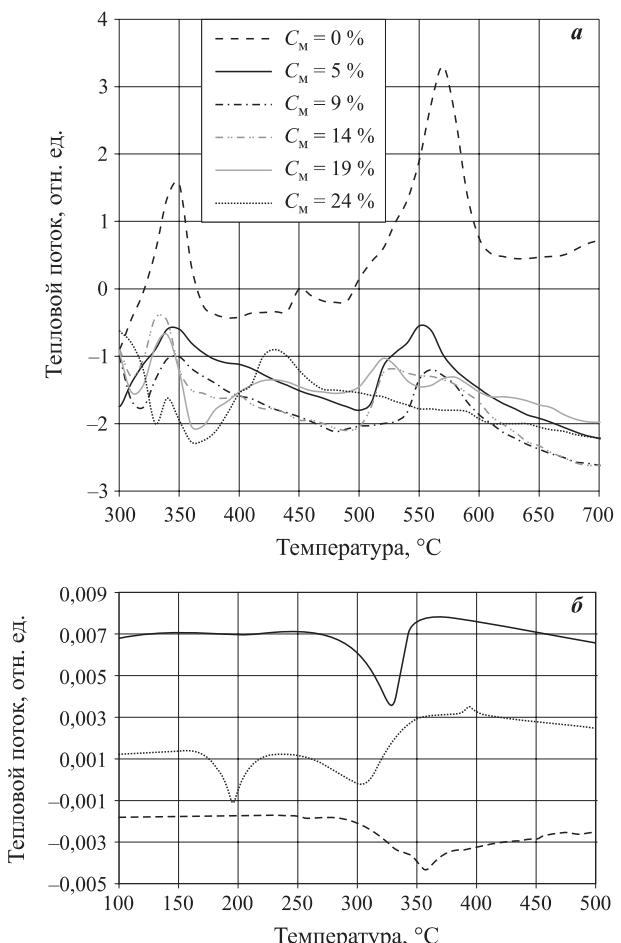


Рис. 12. ДСК-кривые для составов без ВМУ с различным содержанием меламина (*а*) и для индивидуальных компонентов (*б*): сверху вниз: меламин, ПФА, пентаэритрит

2 : 1 : 1. Данные этой работы и наши результаты во многом совпадают. Авторы [4] очень большое внимание уделили разработке методики оценки концентрации пентаэритрита в смесях на основе оценки энталпии первого эндотермического пика. Авторы считают, что имеющиеся на ДСК-кривых смесей экзотермические эффекты обусловлены массовыми потерями с ростом температуры, но у нас нет оснований так считать, тем более что существуют и другие мнения [13]. С нашей точки зрения, эти экзотермические эффекты обусловлены окислением продуктов реакции.

ДСК-кривые для составов с высокомолекулярным углеводородом представлены на рис. 13. Здесь, как и для первой группы составов, первый по температуре эндотермический пик при 189 °C обусловлен перекристаллизацией пентаэритрита. Кривая для состава без меламина лежит в экзотермической области и имеет очевидные локальные максимумы тепловыделения при температурах 350 и 640 °C. ДСК-кривые с меламином смещаются в эндотермическую область. Самая большая поглощенная

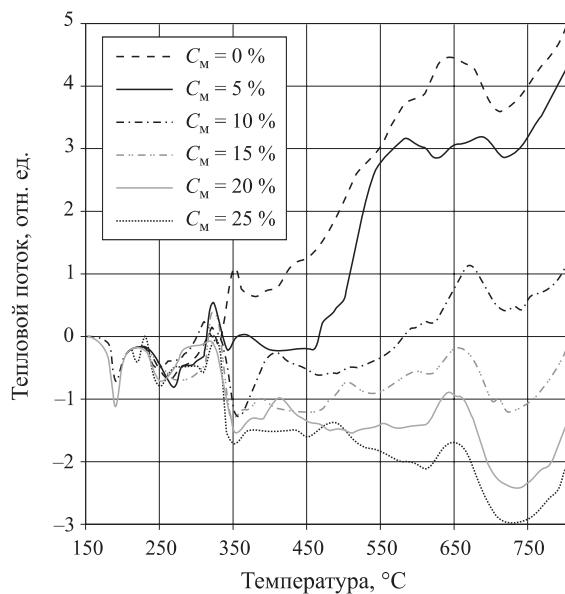


Рис. 13. ДСК-кривые для составов с ВМУ при различных концентрациях меламина

теплота характерна для состава с концентрацией меламина 15 % масс., при дальнейшем увеличении его концентрации количество поглощенной теплоты уменьшается. Очевидные эндотермические области располагаются в диапазоне 330–360 °C (эндотермическое разложение меламина и ПФА) и в районе 720 °C. Экзотермические максимумы лежат в диапазоне 320–350 и 650–670 °C. Составам с высокомолекулярным углеводородом соответствует большая экзотермичность, нежели составам без него, особенно при концентрации меламина более 15 % масс.

3. Обсуждение результатов

3.1. Роль меламина в огнезащитных вспенивающихся составах

Прежде всего заметим, что у бинарной системы ПФА — пентаэритрит существует некий слабый огнезащитный эффект и в отсутствие меламина. Интерес к таким системам [6] означает, что существует определенная практическая значимость этих систем. Добавление меламина к бинарной системе ПФА — пентаэритрит сообщает этой, теперь уже тройной, системе (триаде) ряд новых эффектов.

Основным эффектом с полным основанием можно назвать стефановский характер поведения системы с меламином, т. е. появление на термограмме нагрева почти горизонтальной температурной “полки”. Рассмотренные выше данные ДСК подтверждают, что меламин сообщает системе эндотермическое поведение. Даже если бы не появлялся пенококс с присущим ему низким коэффициентом теплопроводности, то уже только этот эффект представлял бы практический интерес. Отсюда следует простой

вывод: дальнейший поиск реагента с подходящим по температуре эндотермическим эффектом и большой величиной удельного эндотермического эффекта (даже не обладающего вспенивающим действием) представляет очевидный практический интерес.

Изменение концентрации меламина в триаде ПФА — пентаэритрит — меламин сопровождается снижением скорости нагрева на втором участке термограммы. Это означает, что в идеально согласованной системе (рецептуре) в принципе можно получить горизонтальную “полку” (с нулевым наклоном, с нулевой скоростью роста температуры на втором участке термограммы). Изменение концентрации меламина в триаде ПФА — пентаэритрит — меламин приводит также к увеличению длительности второго участка термограммы или, что то же самое, к снижению скорости движения “стефановского” фронта (зоны, где происходят физико-химические превращения с эндотермическим эффектом) сквозь толщу исходного покрытия.

Второй по важности эффект, который привносится меламином в триаду, — это вспенивание кокса. Как показано выше, коэффициент вспенивания составов с меламином (без ВМУ) увеличивается в шесть раз. В большинстве литературных источников рассматривается только этот эффект от присутствия меламина [14] — газообразование при разложении меламина и участие газа в формировании пены. Благодаря вспениванию на термограммах нагрева стальных образцов с покрытием до 500 °C появляется третий участок термограммы с углом наклона больше, чем на втором эндотермическом участке, но почти на порядок меньше, чем на первом участке нагрева исходного покрытия. Это связано как с низкой теплопроводностью пенококса, так и с его толщиной (т. е. коэффициентом вспенивания).

И наконец, третий эффект от действия меламина — это участие продуктов его разложения в “строительстве” пенококса, например посредством конденсации углерода и азота [9]. Выполненные в данной работе термогравиметрические исследования показали, что остаточная масса с ростом концентрации меламина возрастает, а это означает, что часть меламина — точнее продуктов его разложения — активно встраивается в кокс и (или) способствует связыванию атмосферного кислорода в составах с высокомолекулярным углеводородом.

Концентрационные особенности влияния меламина. Как уже отмечалось выше, сила перечисленных эффектов зависит от концентрации меламина, если последняя изменяется в достаточно широких пределах. В нашей работе концентрация меламина изменялась от 0 до 25 % масс. В системе

ПФА – пентаэритрит – меламин (т. е. в отсутствие высокомолекулярного углеводорода) в изученном диапазоне концентраций зависимости всех свойств от концентрации носят нелинейный характер, а для большинства параметров еще и имеют две точки перегиба, что можно трактовать как изменение механизмов процессов с изменением концентрации меламина. Концентрационные зависимости “интегральных” свойств (коэффициент вспенивания, предельное время нагрева) имеют S-образный характер, что свидетельствует о существовании двух “критических” концентраций, разделяющих эти три области.

В области малых концентраций меламина (от 0 до 5 % масс.) практически не изменяются такие характеристики, как скорость роста температуры на втором и третьем участках термограммы, предельное время T_{500} и коэффициент вспенивания $K_{\text{всп}}$. А вот эффективная скорость движения эндотермического фронта значительно снижается. Учитывая, что потеря массы в этой концентрационной области близка к количеству вводимого в смесь меламина, можно утверждать, что из трех возможных эффектов в этой области работает главным образом эндотермический эффект разложения, а освободившиеся газы большей частью покидают систему по системе пор и практически не участвуют во вспенивании и коксообразовании.

Область средних концентраций меламина (от 5 до 14 % масс.) — это область эффективного изменения всех параметров. Так, на термограммах появляется и с ростом концентрации увеличивается “степановская” область. Сильно уменьшается скорость роста температуры на втором и третьем участках термограммы, возрастают предельное время T_{500} и коэффициент вспенивания $K_{\text{всп}}$. Потеря массы с ростом концентрации меламина изменяется по кривым с максимумом, т. е. она вначале растет, а затем начинает снижаться. Эту совокупность данных можно трактовать так, что с увеличением концентрации меламина выше 5 % масс. эффективно действуют все три процесса — эндотермический разложение, участие в формировании структуры кокса и его вспенивание.

В области высоких концентраций меламина (более 14 % масс.) скорость роста показателей, отвечающих за теплофизические свойства, снижается. Интенсивность изменения кажущейся скорости движения “степановского” фронта сильно замедляется. Изменение скорости нагрева на втором участке термограммы меняет тенденцию с уменьшения на рост. Скорость нагрева на втором участке, предельное время и коэффициент вспенивания практически не изменяются с варьированием концентрации. Это можно трактовать так, что по достижении вто-

рой критической концентрации меламина ($C_{\text{м,кр}} = 14\% \text{ масс.}$) все превышающее эту концентрацию количество меламина (продуктов его разложения) сразу же уходит из системы в силу избыточности, но при этом потеря массы композиции с увеличением концентрации меламина снижается.

Рост остаточной массы композиций с увеличением концентрации меламина можно трактовать двояким образом. С одной стороны, продукты разложения меламина и продукты разложения других компонентов могут образовывать нелетучий (возможно, достаточно высокомолекулярный) остаток и участвовать в формировании коксовой структуры. С другой стороны, сильная экзотермичность высокотемпературной ветки (составы с ВМУ) может свидетельствовать о том, что при высоких температурах происходит сильное окисление продуктов разложения кислородом воздуха по всему объему. При малых концентрациях меламина эти эффекты, по-видимому, очень малы, что может быть связано не столько с низкой реакционной способностью компонентов, сколько со структурой пенококса (особенно в поверхностном слое), препятствующей в силу отсутствия пор и (или) трещин доступу кислорода в пенококс. С ростом концентрации меламина наиболее вероятным механизмом нам представляется разрушающее действие газообразных продуктов разложения меламина и, как следствие, появление сквозных пор и образование трещин в его объеме вследствие усиления хрупкости затвердевших слоев пенококса (при температурах 600 °C и выше), сквозь которые кислород поступает в объем образца. Если бы кислород взаимодействовал на поверхности образца, то маловероятно, что прирост массы был бы столь значительным. Рассмотренные механизмы не альтернативны, а скорее дополняют друг друга.

Ослабление в области высоких концентраций меламина силы всех трех эффектов (эндотермического, вспенивания, участия в образовании кокса) может быть обусловлено выходом соотношения компонентов в смеси *ПФА – пентаэритрит – меламин* за рамки стехиометрического и улетучиванием во внешнюю среду избыточных, не вступивших в реакцию продуктов разложения меламина при прогрессирующем нарушении сплошности пенококса.

Уход из системы избыточного объема газа не может не сопровождаться разрушением складывающейся структуры пены, особенно при достаточно больших толщинах исходного сухого слоя. Избыток газа, выделяющегося в поверхностных слоях, может приводить к разрушению складывающейся структуры, но сама структура может при этом оставаться достаточно подвижной и потому подверженной “самозалечиванию”. Выход избытка газа

из глубинных слоев покрытия через сформировавшийся достаточно жесткий пенококс должен сопровождаться появлением протяженных пространственных дефектов, которые далее под давлением вспенивающихся нижележащих слоев могут разрастаться до макродефектов. Достаточно эффективные в тонких слоях, такие системы (покрытия) не будут работоспособны в толстых слоях. Есть основания предполагать, что в данном контексте под “большими толщинами” надо понимать слои покрытия толщиной более 0,8 мм.

В связи с изложенными концентрационными особенностями поведения меламина во вспенивающейся триаде ПФА – пентазиритрат – меламин оптимальным следует считать количество меламина, равное 14 % масс. Оптимальное соотношение в весовых долях может выглядеть так: соотношение ПФА : меламин = 3,9 : 1 вес. ч.; ПФА : пентазиритрат : меламин = 4 : 2 : 1. Именно на смесях такого состава, т. е. с соотношением ПФА : меламин = 4 : 1, проводились исследования, результаты которых изложены в [14] (правда, в системе также присутствовала меламиноформальдегидная смола).

3.2. Роль высокомолекулярного углеводорода

Изложенные зависимости и комментарии для триады компонентов, не содержащей высокомолекулярный углеводород, такие как концентрационная зависимость предельного времени, скорость нагрева на втором участке термограммы и скорость движения “степановского” фронта, в целом характерны и для системы, содержащей высокомолекулярный углеводород. Однако имеются и существенные различия. В данном случае высокомолекулярный углеводород — это сополимер винилацетата и винилового эфира версатиковой кислоты в количестве от 16 до 24 % масс. в сухом остатке. Критические концентрации меламина в составах с ВМУ смещаются в область более высоких значений (см. рис. 7), а рост коэффициента вспенивания прекращается начиная с концентрации меламина примерно 20 % масс.

Характер термогравиметрических кривых для смесей с высокомолекулярным углеводородом изменяется и количественно, и качественно. На рис. 14 показано изменение массы для обеих групп составов с ростом концентрации меламина относительно состава без меламина. В составах первой группы (без ВМУ) с ростом концентрации меламина до 10 % масс. потеря массы возрастает относительно исходной системы при всех температурах. При дальнейшем росте концентрации меламина потеря массы снижается (для температур 500–800 °C) и приближается к исходной системе. В составах второй

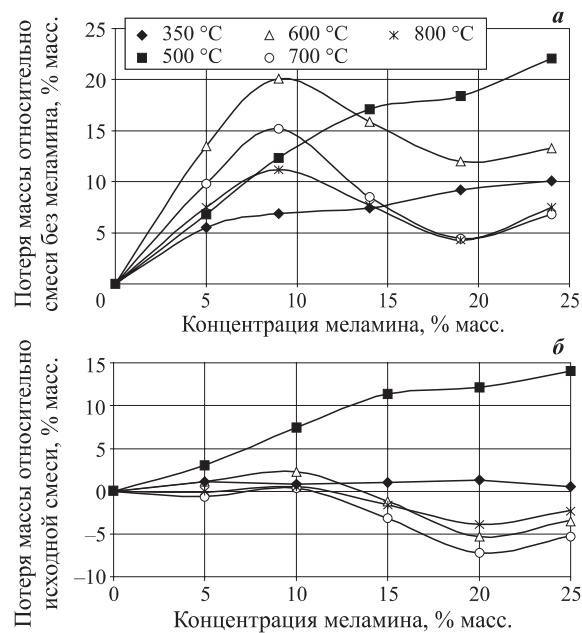


Рис. 14. Концентрационные зависимости потери массы при ТГ-анализе для смеси без ВМУ (а) и с ВМУ (б)

группы (с ВМУ) при температуре 350 °C потери массы почти не изменяются с концентрацией меламина; при температуре 500 °C они приближаются к количеству меламина в составах; при температуре 600 °C и выше потери массы вплоть до 10 % масс. меламина соизмеримы с потерями в исходной системе, но выше этой концентрации меламина имеет место существенный привес. С ростом концентрации меламина концентрация высокомолекулярного углеводорода в композициях несколько снижается. Столь значительный привес можно объяснить поглощением кислорода из окружающей образец атмосферы и его связыванием в термоокислительных процессах с высокомолекулярным углеводородом, что подтверждается также наличием экзотермического пика в составах с ВМУ в диапазоне температур 600–700 °C. Быструю доставку кислорода можно объяснить наличием сквозных пор (по которым покидают систему низкомолекулярные летучие продукты разложения) и развитием сетки микротрещин в образце.

Хотя предельное время во второй группе составов с ростом концентрации меламина в целом несколько возрастает, это происходит только из-за снижения скорости нагрева на втором участке термограммы и возрастания временной протяженности этого участка. На третьем участке термограммы показатели ухудшаются в системе с высокомолекулярным углеводородом. При концентрации меламина 10 % масс. и выше скорость нагрева на третьем участке термограмм во второй группе составов (с высокомолекулярным углеводородом) начинает существенно превышать аналогичный параметр

системы без высокомолекулярного углеводорода. Это хорошо коррелирует с сильной экзотермичностью высокотемпературного плеча ДСК-кривых, т. е. меламин хотя и подавляет экзотермический эффект, привносимый термоокислением высокомолекулярного углеводорода, но не до конца.

Поскольку отекание пенококса на стальных пластинах во второй группе образцов было ниже, чем в первой, это дает основание утверждать, что высокомолекулярный углеводород повышает вязкость системы в расплавленном состоянии, предшествующем формированию жесткого кокса.

3.3. Роль наполнителя в огнезащитных вспенивающихся составах

Исходя из общих соображений, диоксид титана выполняет несколько функций в расплаве продуктов, из которых формируется пенококс. Во-первых, диоксид титана может играть роль зародышеобразователя пенной структуры [1, 15, 16] и элемента жесткого каркаса кокса [17]. Он также может значительно влиять на реологию формирующегося кокса, увеличивая вязкость системы. Это важно в тот момент, когда система приходит в состояние, характеризующееся низкой вязкостью вследствие высокой температуры и разложения исходных компонентов на низкомолекулярные продукты. Простые расчеты показывают, что при достаточно мелкодисперсном наполнителе (порядка 1 мкм) и размере элементарной пенной ячейки порядка 100 мкм достаточно около 2 % масс. наполнителя для выполнения им функции зародышеобразователя. Весь остальной наполнитель нужен для повышения вязкости. Во второй группе образцов с ростом концентрации меламина одновременно возрастаала концентрация диоксида титана с 1 до 8 % масс. и степень отекания пенококса на стальной пластине заметно снижалась, в то время как концентрация высокомолекулярного углеводорода снижалась с 48 до 32 % масс., а концентрация меламина повышалась. В первой группе образцов, не содержащих высокомолекулярный углеводород, отекание пенококса было значительно больше при тех же концентрациях диоксида титана, т. е. без высокомолекулярного углеводорода требуется большее количество диоксида титана для подавления отекания (повышения вязкости) формирующегося пенококса.

Выводы

1. Изучено влияние концентрации газообразующего агента (меламина) на закономерности развития пенококса на основе составов *полифосфат аммония – пентаэритрит – меламин* в широкой области изменения составов с помощью комплекса методов. Показано, что меламин в триаде *ПФА –*

пентаэритрит – меламин сообщает смеси три эффекта, придающих теплозащитные свойства огнезащитным покрытиям: первый — торможение движения внешнего теплового потока скоростью движения “степановского” (эндотермического) фронта превращений (где происходит поглощение тепла) сквозь толщу исходного покрытия; второй — участие в формировании массы (твердой или жидкой) фазы, способной к коксованию и вспениванию; третий — образование парогазовой фазы, обеспечивающей вспенивание кокса и, соответственно, снижение теплопроводности образующегося кокса.

2. Способность меламина к сообщению составам трех перечисленных эффектов делает его достаточно универсальным продуктом в данной смеси (*полифосфат аммония – пентаэритрит – меламин*). Однако это означает, что улучшение огнезащитных характеристик составов возможно по пути поиска компонентов (добавок), усиливающих действие отдельных эффектов.

3. Изменение концентрации меламина в смеси *полифосфат аммония – пентаэритрит – меламин* от 0 до 24 % масс. показало, что зависимость основных свойств от концентрации имеет S-образный характер, что позволяет говорить о двух “критических” концентрациях меламина, разделяющих концентрационные области, в которых превалирующие механизмы процессов отличаются. Наиболее интенсивное изменение характеристик пенококса, сообщающих покрытиям огнезащитный эффект, происходит в “средней” области концентраций — от 5 до 14 % масс. В крайних областях ($C_m \leq 5$ % масс. и $C_m \geq 14$ % масс.) концентрационные изменения характеристик выражены слабо. Можно полагать, что в области малых концентраций меламина все три эффекта, определяющие теплозащитные свойства, проявляются слабо. В области высоких концентраций меламина практически вырождается концентрационный эффект теплопроводности вспененного кокса, хотя эндотермический эффект продолжает возрастать с повышением концентрации меламина. Видимо, он нивелируется экзотермическим эффектом термоокисления высокомолекулярного углеводорода. Прямыми доказательством могло бы послужить применение методов термогравиметрии и дифференциальной сканирующей калориметрии не в потоке воздуха, а в инертной среде, например в азоте. Рассмотрены доказательства того, что термоокисление по всей глубине пенококса может быть связано с отсутствием “сплошности”, обусловленной наличием сквозных пор или сетки микротрешин.

4. На основании полученной совокупности данных можно утверждать, что оптимальное соотношение компонентов в смеси *полифосфат аммо-*

ния – пентаэритрит – меламин составляет 4 : 2 : 1, или по концентрации меламина 14 % масс. (при концентрации диоксида титана 4 % масс.). Однако, как неоднократно утверждалось в литературе, любые изменения в составе требуют заново проверять его на оптимальность концентрационных соотношений.

5. Добавление в смесь *полифосфат аммония – пентаэритрит – меламин* высокомолекулярного углеводорода (в данном случае сополимера винил-ацетата и винилового эфира версатиковой кислоты в концентрации от 16 до 24 % масс. соответственно) соотношение ПФА : сополимер изменяется от 1 : 1 до 2 : 1, что улучшает реологические свойства массы в предоксовом состоянии. В целом наличие в смеси сополимера не изменяет качественной картины изменения характеристик, только критические концентрации меламина смещаются в область более высоких значений ($C_{M1} = 10$ % масс.; $C_{M2} = 20$ % масс.). Сужается диапазон изменения коэффициента вспенивания по сравнению с обычной триадой *полифосфат аммония – пентаэритрит – меламин*, слабой

становится зависимость скорости нагрева стально-го образца под пенококсом от концентрации меламина. Это происходит потому, что высокомолекулярный углеводород, с одной стороны, улучшает параметры, отвечающие за термосопротивление системы, а с другой — привносит ощутимое теплоизделие (экзотермичность) вследствие термоокислительной реакции.

6. Принимая во внимание концентрацию меламина, с которой начинается приращение остаточной массы пенококса в смеси *ПФА – пентаэритрит – меламин* с сополимером (связывая это явление с интенсивным проникновением кислорода воздуха по сквозным порам и (или) трещинам с последующим химическим связыванием), следует допустить, что оптимальной является концентрация меламина 15 % масс. для смесей *ПФА – пентаэритрит – меламин – сополимер*, в пределах которой подозревать существование сетки микротрещин нет оснований, или по соотношению ПФА : меламин, соответственно, 2,6 : 1.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Vandersall H. L.** Intumescant Coating Systems. Their Development and Chemistry // J. Fire and Flamm. — 1971. — No. 2. — P. 97–140.
2. **Futterer Th.** New Developments in Intumescant Fire-Protection-Combinations for Thermoplastic // Fire Retardant Coating II : Proceeding II European Conference, Germany, Berlin, 2007. — P. 69–101.
3. **Costa L., Camino G.** // J. Thermal Anal. — 1988. — Vol. 34 — P. 423.
4. **Pagella C., Raffaghello F., De Favery D. M.** Differential Scanning Calorimetry of Intumescant Coatings // Polymers Paint Colour Journal. — 1998. — Vol. 188, No. 4402. — P. 16–18.
5. **Camino G., Costa L., Trossarely L.** // Polym. Degrad. & Stab. — 1984. — Vol. 6. — P. 243–252.
6. **Deppe B., Pfaffenrot H., Krusse D., Derr L.** Fire Retardant Coatings under Climatic Stress // Fire Retardant Coatings III : Proceedings of Conference, 18–19 September, Germany, Berlin.
7. **ГОСТ 52753–2007.** Материалы лакокрасочные. Метод определения степени перетира. — Введ. 2008–07–01. — М. : Стандартинформ, 2007.
8. **ГОСТ 30247.0–94.** Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования. — Введ. 1996–01–01. — М. : Изд-во стандартов, 1996.
9. **Колганова М. Н., Левитас Ф. А., Московская А. М.** Инструкции по определению теплоизолирующих свойств вспучивающихся покрытий по металлу. — М. : ВНИИПО, 1980.
10. New Q600 Simultaneous TGA/DSC (SDT) Addition in Thermal Analysis. URL: <http://www.themandp-lab.com/news/new-thermal-analysis-equipment.htm> (дата обращения: 08.12.2009).
11. **Charles E. Anderson, JR, Jerome Dziuk, JR, William A. Mallow** and John Buckmaster. Intumescence Reaction Mechanisms // Journal of Fire Science. — 1985. — Vol. 3. — P. 161.
12. **Buckmaster J., Anderson Ch., Nachman A.** A Model for Intumescant Paints // Int. J. Eng. Sci. — 1986. — Vol. 24, No. 3. — P. 263–276.
13. **Taylor A. P., Sale F. R.** // Polymers Paint Colour Journal. — 1992. — Vol. 182. — P. 122.
14. **Wang Zhenyu, Han Enhou, Ke Wei.** Influence of Nano-LDHs on Char Formation and Fire-Resistant Properties of Flame-Retardant Coating // Progress in Organic Coatings. — 2005. — Vol. 53. — P. 29–37.
15. **Scholz H. A., Savill E. E.** // US. 2,566,964 assigned to US Gypsum Company (September 1951).
16. **Christianson C. J.** // US. 2,681,326 assigned to Sherwin-Williams Company (June 1954).
17. **Ненахов С. А., Пименова В. П., Натейкина Л. И.** Влияние наполнителей на структуру пенококса на основе полифосфата аммония // Пожаровзрывобезопасность. — 2009. — Т. 18, № 7. — С. 51–58.

Материал поступил в редакцию 11 декабря 2009 г.
Электронный адрес авторов: nenakhov.st@list.ru.

**С. В. Тимофеева**

канд. хим. наук, доцент, начальник кафедры Ивановского института Государственной противопожарной службы МЧС РФ, г. Иваново, Россия

**Е. И. Пухова**

аспирант Ивановского государственного химико-технологического университета, г. Иваново, Россия

**А. Е. Осипов**

адъюнкт Ивановского института Государственной противопожарной службы МЧС РФ, г. Иваново, Россия

**О. Г. Хелевина**

д-р хим. наук, заслуженный деятель науки РФ, профессор Ивановского государственного химико-технологического университета, г. Иваново, Россия

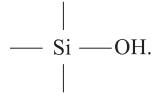
УДК 578.84+541.138

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТАЛЛОПОРФИРАЗИНОВ КАК ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ С СИЛОКСАНОВЫМ ПОКРЫТИЕМ ПОНИЖЕННОЙ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ

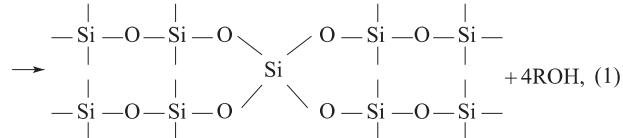
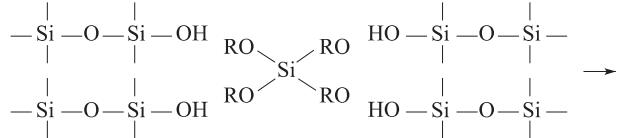
Изучено структурирование жидких силоксановых каучуков металлопорфиразинами. Показано, что металлопорфиразины проявляют свою катализическую активность только при повышенных температурах. Использование в качестве катализаторов структурирования жидких силоксановых каучуков СКТН позволяет получать силоксановые композиции, стабильные при комнатной температуре. Это имеет большое значение для разработки новых технологических процессов при производстве защитных материалов пониженной пожарной опасности, в частности при получении рулонных текстильных материалов с силоксановым покрытием.

Ключевые слова: силоксановый каучук, металлопорфиразин, катализатор, вулканизация.

Материалы пониженной пожарной опасности с вулканизированным покрытием на основе жидких низкомолекулярных силоксановых каучуков представляют значительный интерес в силу их использования для создания средств индивидуальной защиты [1]. Эти материалы обладают пониженной горючестью, высокой водо- и маслобензостойкостью, а также максимально высокой морозостойкостью (-70°C). Выпускаемые в промышленном масштабе в России низкомолекулярные жидкие силоксановые каучуки СКТН содержат по концам макромолекул силанольные группы, по которым и происходит вулканизация жидких каучуков СКТН методом поликонденсации [2]:



Вулканизация низкомолекулярных силоксановых каучуков СКТН осуществляется по схеме [3]:



Для вулканизации жидких низкомолекулярных силоксановых каучуков СКТН используются различные структурирующие агенты: тетраэтооксицилан, представляющий собой полный эфир ортокремниевой кислоты и этилового спирта $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$, а также частично омыленные эфиры — этилсиликаты (этилсиликат-40, этилсиликат-32 и др.). В качестве катализаторов вулканизации жидких силоксановых каучуков используются различные оловоорганические соединения: октоат олова, дибутилдилауринат олова, дибутилдиацетоксистаннат и др. Недостатком композиций на основе жидких каучуков СКТН, содержащих структурирующие агенты и оловоорганические катализаторы, является малое время их стабильности при комнатной температуре (5–15 мин), после чего происходит сильное загущение композиций, что делает невозможным их использование при производстве рулонных текстильных материалов с силоксановым покрытием.

© Тимофеева С. В., Пухова Е. И., Осипов А. Е., Хелевина О. Г., 2010

Целью настоящей работы был поиск катализаторов структурирования жидких каучуков, проявляющих каталитическую активность только при повышенных температурах. Цель была достигнута путем использования в качестве высокотемпературных катализаторов металлопорфиразинов олова, железа, меди, кобальта.

В табл. 1 приведены составы композиций на основе жидких низкомолекулярных силоксановых каучуков СКТН марок А, Б, В и Г и продолжительность их стабильности при комнатной температуре. Из данных табл. 1 видно, что продолжительность стабильности композиций при комнатной температуре, содержащих порфиразины олова, железа, меди и кобальта, составляет 14–18 сут, тогда как продолжительность композиций, содержащих обычно применяемые оловоорганические катализаторы — октоат олова или дигидролауринат олова, — 10–15 мин. При температурах 150–160 °С композиции, содержащие металлопорфиразины, отверждаются за время, соизмеримое со временем, необходимым для отверждения композиций, содержащих обычно применяемые оловоорганические катализаторы. Такие свойства композиций на основе жидких низкомолекулярных силоксановых каучуков СКТН, содержащих в качестве катализаторов металлопорфиразины, объясняются высокой термической и химической стабильностью металлопорфиразинов [4, 5]. Деметаллирование металло-

порфиразинов с образованием реакционноспособных металлосилоксанов при взаимодействии со структурирующими силоксановыми мономерами — этилсиликатом-40, тетраэтоксисиланом — происходит только при повышенных температурах, тогда как октоат олова, дигидролауринат олова и другие оловоорганические соединения проявляют свою каталитическую активность при комнатной температуре, что связано с их лабильностью. Оловоорганический катализатор взаимодействует со структурирующим силоксановым мономером с образованием стабильного силоксана, обладающего большей реакционной способностью по сравнению с силоксановыми отвердителями — этилсиликатом-40, тетраэтоксисиланом и другими структурирующими соединениями [6].

Высокая реакционная способность металлосилоксана объясняется большей полярностью связи М—О и большей способностью металлов к координации.

При взаимодействии жидких силоксановых каучуков с реакционноспособными металлосилоксантами происходит вулканизация жидких каучуков с выделением этилового спирта и образованием гельфракции. Проведенное исследование позволяет сделать заключение о наибольшем влиянии на каталитическую активность центрального иона металла порфиразина, тогда как строение лиганда оказывает меньшее влияние.

Таблица 1. Составы композиций на основе низкомолекулярных силоксановых каучуков СКТН и продолжительность их стабильности при 25 °С

| Компонент, свойство материала | Содержание компонентов, масс. ч., на 100 масс. ч. каучука | | | | | | |
|--|---|-----|-----|-----|-----|--------|--------|
| Жидкий силоксановый каучук: | | | | | | | |
| СКТН марки А | 100 | — | — | — | 100 | — | 100 |
| СКТН марки Б | — | — | 100 | — | — | 100 | — |
| СКТН марки В | — | — | — | 100 | — | — | — |
| СКТН марки Г | — | 100 | — | — | — | — | — |
| Отвердитель: | | | | | | | |
| этилсиликат-40 | 10 | — | 15 | 12 | — | — | 12 |
| тетраэтоксисилан | — | 15 | — | — | 12 | 10 | — |
| Катализатор: | | | | | | | |
| порфиразин олова | 0,5 | 1,0 | — | — | — | — | — |
| порфиразин железа | — | — | 1,0 | — | — | — | — |
| порфиразин меди | — | — | — | 1,0 | — | — | — |
| порфиразин кобальта | — | — | — | — | 1,0 | — | — |
| октоат олова | — | — | — | — | — | 1,0 | — |
| дигидролауринат олова | — | — | — | — | — | — | 1,0 |
| <i>Свойства материала с защитным покрытием</i> | | | | | | | |
| Продолжительность стабильности композиции при 25 °С, сут | 15 | 14 | 17 | 16 | 18 | 15 мин | 10 мин |
| Продолжительность отверждения композиции, мин: | | | | | | | |
| при 150 °С | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 4,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 |
| при 160 °С | 2,0 | 2,0 | 2,5 | 2,5 | 2,0 | 2,0 | 2,0 |

Таблица 2. Состав композиций на основе низкомолекулярных силоксановых каучуков СКТН и свойства защитных материалов с силоксановым покрытием

| Компонент, свойство материала | Содержание компонентов, масс. ч., на 100 масс. ч. каучука | | | | | | |
|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Силоксановый каучук: | | | | | | | |
| марка А | 100 | — | — | — | 100 | 100 | — |
| марка Б | — | — | 100 | — | — | — | 100 |
| марка В | — | — | — | 100 | — | — | — |
| марка Г | — | 100 | — | — | — | — | — |
| Структурирующий агент: | | | | | | | |
| этилсиликат-40 | 10 | — | 15 | 12 | — | — | 12 |
| тетраэтоксисилиан | — | 15 | — | — | 12 | 10 | — |
| Катализатор: | | | | | | | |
| порфиразин олова | 0,5 | 1,0 | — | — | — | — | — |
| порфиразин железа | — | — | 1,0 | — | — | — | — |
| порфиразин меди | — | — | — | 1,0 | — | — | — |
| порфиразин кобальта | — | — | — | — | 1,0 | — | — |
| октоат олова | — | — | — | — | — | — | 2,0 |
| дибутилдилауринат олова | — | — | — | — | — | 2,0 | — |
| <i>Свойства материалов с силоксановым покрытием</i> | | | | | | | |
| Воспламеняемость, с | 50 | 55 | 53 | 54 | 57 | 42 | 40 |
| Термозащитные свойства, кал/см ² | 62 | 63 | 65 | 67 | 70 | 63 | 60 |
| Водоупорность, мм вод. ст. | 800 | 850 | 820 | 830 | 840 | 750 | 740 |
| Водонепроницаемость, ч | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 |
| Истираемость, г/(кВт·ч) | 370 | 350 | 345 | 348 | 340 | 363 | 360 |
| Морозостойкость, °С | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 | -70 |
| Масса 1 м ² , г | 235 | 237 | 240 | 245 | 242 | 246 | 243 |
| Содержание гель-фракции, % | 95 | 97 | 96 | 98 | 96 | 96 | 94 |

В табл. 2 приведены составы композиций на основе жидких низкомолекулярных силоксановых каучуков СКТН и свойства получаемых защитных материалов с силоксановым покрытием. Из данных табл. 2 видно, что защитные материалы с силоксановым покрытием, полученные с использованием в качестве катализаторов металлопорфиразинов, по своим свойствам аналогичны материалам, полученным с применением традиционных оловоорганических катализаторов, но их устойчивость к действию открытого пламени несколько выше по сравнению с материалами, полученными с использованием октоата олова или дибутилдилаурината олова.

Таким образом, композиции на основе жидких низкомолекулярных силоксановых каучуков СКТН различных марок, содержащие в качестве высокотемпературных катализаторов структурирования металлопорфиразины олова, железа, меди и кобальта, длительное время стабильны при комнатной температуре, в то время как при 150–160 °С быстро отверждаются — в течение 2–3 мин. Это позволяет использовать эти композиции в технологических процессах производства защитных текстильных материалов.

Экспериментальная часть

Металлопорфиразины получены по методу [7]. Композиции готовили путем смешения жидкого низкомолекулярного силоксанового каучука СКТН, отвердителя и катализатора до образования гомогенной массы.

Стабильность композиций определяли визуально по потере текучести пасты, обусловленной началом гелеобразования.

Силоксановые композиции наносили ножевой раклей двумя штрихами на тканевую основу, в качестве которой использовали капроновую ткань арт. 56007, и подвергали термообработке при 160 °С в течение 2 мин. После охлаждения материал с вулканизированным силоксановым покрытием сматывали в рулон.

Характеристики материала определяли следующим образом:

- воспламеняемость при воздействии открытого пламени — по ГОСТ Р 50810–95;
- термозащитные свойства — по методике [11];
- водонепроницаемость по Кошелю — по ГОСТ 22944–78;
- водоупорность — на пенетрометре по ГОСТ 3816–81, изм. № 2, 3;
- истираемость — по ГОСТ 8975–75;

- морозостойкость в статических условиях — по ГОСТ 15162–82;
- массу 1 м² — по ГОСТ 17073–71.

Содержание гель-фракций в отверженных силоксановых пленках определяли следующим образом. Композиции на основе жидких силоксановых каучуков ножевой раклей наносили на стекло, обработанное термофиксированным при 160 °C фторсодержащим водомаслоотталкивающим препаратом Кратан (по ТУ 2484-120-05800142-2002) или Flurotex FO-53 (Италия). Нанесенные на стекло композиции подвергали термообработке при 160 °C

в течение 2 мин. Полученные пленки взвешивали, а затем из них экстрагировали посредством бензола неотверженную золь-фракцию в течение суток при комнатной температуре. Оставшуюся гель-фракцию высушивали, взвешивали и определяли ее процентное содержание по отношению к взятой на веске.

Работа выполнена при поддержке гранта Российской фонда фундаментальных исследований № 09-03-97504 р_центра

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тимофеева С. В., Осипов А. Е., Хелевина О. Г. Материалы пониженной пожарной опасности на основе отверженных жидких силоксановых каучуков // Пожаровзрывобезопасность. — 2009. — Т. 18, № 5. — С. 25–30.
2. Долгов О. Н., Воронков М. Г., Гринблат М. П. Кремнийорганические жидкие каучуки и материалы на их основе. — Л. : Химия, 1975. — 112 с.
3. Гофманн В. Вулканизация и вулканизующие агенты. — Л. : Химия, 1968. — С. 367–369.
4. Тарасевич М. Р., Радюшкина К. А. Катализ и электрокатализ металлопорфиринаами. — М. : Наука, 1982. — С. 29–32.
5. Акопов А. С., Березин Б. Д., Клюев В. И., Морозова Г. Г. Термоокислительная деструкция металлфталоцианинов на воздухе // Ж. неорг. химии. — 1975. — Т. 20, вып. 5. — С. 264–268.
6. Борисов С. Н., Воронков М. Г., Лукевич Э. Я. Кремнеэлементоорганические соединения. — М. : Химия, 1966. — С. 321–323.
7. Advances in Inorganic Chemistry and Radiochemistry / Ed. H. J. Emeleus, A. G. Sharpe. — New York, London : Acad. Press., 1965. — Vol. 7. — P. 28–105.
8. Пат. 2120213 Российская Федерация, МПК7 C 09 K 21/146. Способ определения термозащитных свойств материалов / Дорохов А. М., Некраха А. В.; опубл. 20.11.98., Бюл. № 23. — 3 с.

*Материал поступил в редакцию 16 февраля 2010 г.
Электронный адрес авторов: timofeeva63@bk.ru.*



В. Э. Борзых

д-р физ.-мат. наук, профессор
Тюменского Государственного нефтегазового университета, г. Тюмень, Россия



Н. В. Лапик

аспирант Тюменского Государственного нефтегазового университета, г. Тюмень, Россия

УДК 519.713;519.711:53

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗ ТЕХНОГЕННЫХ КАТАСТРОФ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Рассмотрены причины и источники возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера. Предложены структурные решения задач автоматизированного мониторинга, моделирования и прогнозирования чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: моделирование, прогноз, мониторинг, техногенный, чрезвычайная ситуация, надежность, автоматизация технологических процессов.

В настоящее время в нефтегазовой отрасли России налицо системный кризис, поскольку затронута вся система отрасли вместе с внутренними и внешними связями, как горизонтальными, так и вертикальными. Причем управление рисками не может выступать некой панацеей, способной смягчить последствия аварий и катастроф, а также прогнозировать и предупреждать их в будущем. Сегодня требуется системный подход к решению системных задач, т. е. необходим анализ всей системы на предмет как генерирования управляющих воздействий, так и получения значимого отклика от системы.

Существующая система сбора, хранения и анализа информации не дает возможности решить задачи управления стратегическими рисками, прогнозирования и предупреждения аварий и катастроф в нефтегазовой отрасли. Только научный мониторинг с привлечением широкого круга ученых позволит разрешить поставленные задачи. Очевидно, что ключевую роль в этом процессе будет играть моделирование (в частности, компьютерное), а также анализ информационных потоков на базе новых информационных технологий.

Рассмотрим обозначенные выше задачи в более узком интервале, а именно для объектов нефтяных и газовых промыслов. Чрезвычайно высокий уровень добычи, суровые климатические условия, бездорожье, трудности доставки оборудования и высокая стоимость строительно-монтажных работ обуславливают необходимость разработки экономичных,

эффективных и надежных методов и средств для промысловой обработки нефти и газа и применения их при обустройстве нефтяных и газовых промыслов.

За последние годы в законодательстве ужесточены требования к эксплуатации месторождений и установок подготовки нефти и газа. Например, были введены новые правила (нормы), ограничивающие общее количество выбрасываемых в окружающую среду вредных веществ и устанавливающие штраф за сверхнормативные выбросы. Не менее важным требованием является повышение надежности и бесперебойности работы установок.

К безопасности объектов нефтегазовой отрасли предъявляются наиболее повышенные требования. Это касается надежности и исправности оборудования для добычи, хранения, переработки и транспортирования нефти и газа, обеспечения взрывобезопасности и пожарной безопасности объектов, экологической безопасности.

К опасным и вредным производственным факторам, которые могут возникнуть при обслуживании объектов нефтяных и газовых промыслов, относятся: повышенная загазованность, повышенная или пониженная температура рабочей зоны, повышенные уровни шума и вибрации на рабочем месте, недостаточная освещенность, движущиеся детали машин и механизмов и др. Эти факторы в основном обусловлены:

- необходимостью работы во взрыво- и пожароопасных помещениях;

- необходимостью обслуживания фонтанной арматуры, сепараторов, компрессоров, нефте- и газопроводов и другого оборудования, находящегося под высоким давлением;
- выделением из газа и конденсата компонентов, которые представляют опасность для здоровья людей, а при определенных условиях становятся взрыво- и пожароопасными;
- применением в некоторых технологических процессах легковоспламеняющихся жидкостей, пожароопасных материалов, вредных веществ (метанола, диэтиленгликоля и др.);
- необходимостью выполнения работ с применением газа и открытого огня.

Большое значение для обеспечения безопасности и оздоровления условий труда работников, обслуживающих нефтяные, газовые и газоконденсатные скважины, установки комплексной подготовки газа, компрессорные станции, установки подготовки нефти и другие объекты, имеет:

- качественная проводка скважин;
- обустройство месторождений в строгом соответствии с проектом, с соблюдением требований охраны труда, пожарной безопасности;
- применение автоматизации и телемеханизации в технологических процессах добычи нефти и газа и подготовки их к дальнейшему транспортированию;
- строгое соблюдение правил техники безопасности и пожарной безопасности при обслуживании и ремонте добывающих объектов и системы транспортирования нефти и газа.

Объектами мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций являются потенциальные источники чрезвычайных ситуаций, например пожароопасные процессы сепарации, подготовки и транспортирования нефти и газа по трубопроводам. На любой из этих операций возможна разгерметизация оборудования и трубопроводов, что может стать причиной выброса легковоспламеняющихся жидкостей и воспламеняющихся газов в производственные помещения и на территорию промышленного объекта с возможностью последующего воспламенения или взрыва их от источника воспламенения. Основными взрыво- и пожароопасными, вредными и токсичными веществами, находящимися в производстве, являются нефть с попутным нефтяным газом, деэмульгаторы, метanol.

Причины возникновения аварийных ситуаций и неполадок технологического процесса можно условно объединить в следующие группы:

1. Отказы (износ) оборудования, которые, по мнению аналитиков, составляют 30–40 %. К основным причинам отказа оборудования относятся:

- прекращение подачи энергоресурсов (электроэнергии, газа и т. п.), что может привести к нарушению нормального режима работы установки, выходу параметров за критические значения и созданию аварийной ситуации;
- коррозия и эрозия оборудования, трубопроводов оборудования и трубопроводов, что может стать причиной их разгерметизации (чаще всего подобные разрушения имеют локальный характер и не приводят к серьезным последствиям);
- физический износ, механические повреждения или температурная деформация оборудования и трубопроводов, что может привести как к частичному, так и полному разрушению конструкций и возникновению аварийной ситуации любого масштаба;
- эксплуатация аппаратов, оборудования и трубопроводов при параметрах, выходящих за пределы, указанные в технических условиях или паспортах;
- неисправность предохранительных клапанов и несоблюдение сроков их ревизии;
- пропуск газонефтяной смеси во фланцевых соединениях в результате разрыва прокладок; трещины, значительное уменьшение толщины стенок трубопроводов и аппаратуры из-за коррозии, пропуски через дефекты в сварных швах, чрезмерные пропуски в сальниковых и торцевых уплотнениях насосов и т. д.;
- неисправность контрольно-измерительных приборов и средств автоматики;
- несвоевременное и некачественное проведение ремонтных работ;
- неисправность средств пожаротушения и приборов определения взрывоопасных концентраций.

2. Ошибочные действия персонала, которые представляют особую опасность при пуске и остановке оборудования, ведении ремонтных и профилактических работ, связанных с неустойчивыми переходными режимами, освобождением и заполнением оборудования опасными веществами. В случае неправильных действий обслуживающего персонала существует возможность разгерметизации системы и возникновения крупномасштабной аварии.

3. Внешние воздействия природного и техногенного характера:

- грозовые разряды и разряды от статического электричества;
- смерчи, ураганы, лесные пожары;
- снежные заносы и понижение температуры воздуха;
- опасности, связанные с опасными промышленными производствами, расположенными в районе объекта;

- опасности, связанные с перевозкой опасных грузов в районе расположения объекта;
- специально спланированная диверсия.

Важную роль в функционировании объектов нефтяной и газовой промышленности играют информационно-измерительные системы, так как успех процесса зависит от строгого контроля и поддержания в заданном режиме основных технологических параметров, а также от контроля качества выходного продукта. Поддержание с заданной точностью на заданном уровне параметров быстротекущих технологических процессов при ручном управлении оказывается невозможным. Следовательно, технологический процесс, отвечающий современным требованиям, немыслим без оснащения технологических установок соответствующими системами автоматического управления.

Применение автоматизированных систем управления и контроля за технологическим процессом позволяет до минимума сократить степень участия в нем человека. Это повышает не только уровень надежности и качества процесса (снижается количество выбросов вредных веществ в окружающую среду), но и уровень безопасности работ, выполняемых персоналом.

При проектировании сложных управляющих комплексов встает задача обеспечения требований как по точности и качеству управления, так и по надежности и эффективности их функционирования. Особенность функционирования систем обеспечения безопасности и противоаварийных систем состоит в том, что, постоянно находясь в рабочем режиме, они контролируют состояние объекта управления, не оказывая на него никакого воздействия до возникновения аварийной ситуации. При возникновении такой ситуации системы должны оперативно распознать и сформировать управляющее воздействие по ее предотвращению. Для выполнения возложенных на систему функций она должна периодически получать сигналы с датчиков физических параметров объекта, на их основе оценивать состояние объекта и область его допустимых значений и только при выходе из этой области формировать противоаварийные воздействия [1].

В связи с этим основными функциями противоаварийной автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУТП) являются:

- сбор и первичная обработка (аналого-цифровое преобразование, измерение, масштабирование) информации о технологическом процессе и технологическом оборудовании;
- регистрация контролируемых параметров и событий в соответствии с технологическим процессом;

- автоматическое регулирование технологических параметров;
- дистанционное управление технологическим оборудованием, насосными агрегатами, компрессорами, исполнительными механизмами;
- сбор информации о состоянии и работе исполнительных механизмов, схем автоматического управления, регулирования и технологической защиты;
- распознавание предаварийных и аварийных ситуаций;
- распознавание отказов функций управления и сигнализация при их возникновении;
- управление системами пожаротушения и противоаварийной защиты;
- диагностика технических средств системы;
- регистрация аварийных событий, запись параметров, приведших к этому;
- обмен информацией между уровнями системы и вышестоящей системой управления.

Для обеспечения надежности функционирования автоматизированных систем управления широко применяются различные методы резервирования (структурная или аппаратурная избыточность), информационная и временная избыточность, системы диагностики и самодиагностики.

Данные о технологическом объекте, получаемые противоаварийной АСУТП, являются основой для оценки воздействия, прогнозирования, планирования и управления процессом. Отказ системы представляет собой случайное событие и неизбежно ведет к экономическим, производственным, экологическим потерям (остановка или сокращение производства, ремонт отказавшей системы, ликвидация последствий аварий или катастроф). Риск является неизбежным атрибутом эксплуатации техники и одним из важнейших показателей безопасности [2].

Одна из важнейших задач совершенствования технологического процесса — внедрение таких систем автоматизированного и автоматического управления, которые устранили бы случайный характер изменений параметров. Математическое моделирование позволяет в некоторых случаях предсказать ход технологического процесса и может использоваться как инструмент прогнозирования.

При любой аварии или катастрофе важно понимать, что время осмысления информации, принятия и реализации решений управляющей системой не коррелирует со временем развития процессов в объекте управления, а это может привести к необратимости процесса.

Главное в разрабатываемой концепции — это предвидение и предупреждение, основанные на научном прогнозировании.

Самым неблагоприятным исходом аварии (или цепочки аварий) в нефтегазовой отрасли является экологическая катастрофа. Для экологических катастроф техногенного происхождения применяют следующую классификацию [3]:

- катастрофы, связанные с загрязнением природной среды;
- катастрофы, связанные с механическими нарушениями природной среды;
- катастрофы, связанные с потерей генофонда и биоразнообразия.

С экологической катастрофой в нефтегазовой отрасли можно справиться либо проводя реабилитационные мероприятия (постфактум), либо предвидя возможность их возникновения (предфактум). Прогнозирование экологических катастроф в нефтегазовой отрасли требует дальнейших научных изысканий на основе широкого использования ИТ-технологий. В крайне опасном состоянии находится инфраструктура: технологический парк нефтегазовой отрасли, трубопроводы, дороги, геологоразведка, буровое, эксплуатационное, коммунальное хозяйство. Возникает замкнутый круг: на полноценный ремонт, поддержку и обновление инфраструктуры не хватает средств, поскольку значительную часть ресурсов приходится направлять на ликвидацию последствий бедствий, аварий и катастроф, а эти затраты растут, так как инфраструктура не обновляется.

Одним из решений проблем оценки рисков, связанных со стратегическими решениями на разных уровнях, может стать развертывание в высшей школе, в частности в Тюменском нефтегазовом университете, исследований, ориентированных на получение соответствующих методик. Кроме того, создание таких методик позволит поднять на новый качественный уровень подготовку практических специалистов нефтегазовой отрасли. Организация междисциплинарных исследований, направленных на разработку математических и алгоритмических средств, адекватных сложности поставленной проблемы, позволит решить проблему оценки системной устойчивости развития и обеспечения экспертизы ряда стратегически важных технологических проектов. Перспективным направлением можно считать разработку научно-методических основ сценарного подхода к решению задачи.

Первым шагом на этом пути может стать создание проблемного центра с привлечением большого количества научно-педагогических сотрудников университета, установление тесных связей с Институтом проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, Институтом прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН, ООО “Газобезопасность”, учеными-кол-

легами из Томска, Новосибирска, Екатеринбурга, Уфы, Санкт-Петербурга, Иркутска, Перми, Москвы.

Краткосрочная перспектива выглядит следующим образом. Системный подход, как метод научного поиска, позволяет структурировать задачу и установить пути ее решения. Решение задачи имеет смысл разбить на составляющие, а затем найти определяющие системные связи для установления необходимых воздействий.

Структурный вид задачи моделирования и прогнозирования ЧС может быть представлен следующим образом:

1. Анализ и накопление фактического материала о произошедших авариях и кризисных явлениях. На этом этапе создается банк данных с элементами базы знаний и с привлечением экспертов.

2. Построение на основе банка данных физических, математических и экономических моделей процессов. Ввиду относительной быстротечности большинства процессов полученная система будет системой реального времени. Следовательно, необходимы модели, основанные на параллельных вычислениях. Численно модели необходимо развернуть на распределенном кластере с возможностью терминального доступа через дублируемые линии связи.

3. Регулярное проведение многовариантных расчетов с применением этих моделей и пополнение базы знаний.

Таким образом реализуется сценарная модель развития ситуации. В качестве примера можно рассмотреть задачу ликвидации фонтана на газовой скважине. Известно, что для ее решения обычно применяется метод отсекания пламени. Однако он может быть дополнен тремя инновациями:

- введением в водяную струю веществ с эндотермическим эффектом при нагреве и использованием ударных волн в качестве оттесняющих экранов фронта пламени. Ударную волну можно сгенерировать двумя способами — электроразрядом в газожидкостной среде и с помощью взрывчатых веществ;
- использованием пористого жидкостного охлаждения для защиты теплонагруженных конструкций. Пористые материалы могут быть получены в результате самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) в режиме так называемого электротеплового взрыва (ЭТВ);
- применением различных высокосорбционных материалов для уменьшения экологической нагрузки, так как при авариях имеет место значительное загрязнение окружающей среды углеводородами. Для этих целей могут быть использованы новые материалы, получаемые из отходов полипропилена во вращающемся реакторе.

Решение всех задач, конечно же, подразумевает привлечение большого количества специалистов в различных областях науки и техники. Предложенная структура решения проблемы основывается на эвристическом предположении, что наибольшие воздействия можно осуществить при быстром протекании процессов и локализации объемов. Кроме того, это предположение объединяет столь разрозненные на первый взгляд задачи. Решая круг поставленных задач, мы будем вынуждены рассмотреть и ряд научных проблем, связанных с ними. Это вопросы экспертного анализа сложных систем, физического и математического моделирования быстропротекающих процессов (горения, взрыва, тепловой и огневой защиты, получения новых материалов с уникальными свойствами, электрофизических процессов, получения нанопорошков и т. д.). Многие из этих проблем на определенном этапе становятся самостоятельными, как то автоматизированный мониторинг состояния опасных объектов,

так, организация высокопроизводительных параллельных вычислений, методы инициирования СВ-синтеза, разработка способов оттеснения фронта пламени при пористом и струйном охлаждении, получение термокинетических эффективных параметров при горении и взрыве, термохимическая деструкция полимеров с образованием коксового остатка, зарождение и распространение ударной волны в газожидкостных системах, сорбция нефтепродуктов в частично термически деструктированных полимерных материалах, движение пленки расплава в поле действия массовых сил и т. п.

Как уже было отмечено выше, для реализации проекта необходимо интегрированное усилие многих научно-педагогических кадров университета, поэтому важно создание скоординированного реестра потенциальных возможностей для этих кадров.

В заключение хотелось бы отметить, что реализация проекта позволит осуществить тесную связь науки, производства и образовательного процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Половко А. М., Гуров С. В.** Основы теории надежности. — 2-е изд., перераб. и доп. — СПб.: БХВ – Петербург, 2006. — 704 с.: ил.
- Дианов В. Н.** Диагностика и надежность автоматических систем : учебное пособие. — 2-е изд., стереотипное. — М. : МГИУ, 2005. — 160 с.
- Владимиров В. А., Воробьев Ю. Л.** и др. Управление риском. Риск, устойчивое развитие, синергетика. — М. : Наука, 2000. — 432 с.

Материал поступил в редакцию 2 февраля 2010 г.
Электронный адрес авторов: kafedra5@yandex.ru.



Издательство «ПОЖНАУКА»

Представляет новую книгу

А. А. Антоненко, Т. А. Буцынская, А. Н. Членов. ОСНОВЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ КОМПЛЕКСНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ : учебно-справочное пособие / Под общ. ред. д-ра техн. наук А. Н. Членова. — М. : ООО “Издательство “Пожнаука”, 2010. — 250 с.

В учебно-справочном пособии изложены основы современного подхода к проблеме комплексного обеспечения безопасности объектов хозяйствования с помощью технических средств и систем, приведены сведения о технической эксплуатации комплексных систем безопасности, а также справочно-методическая информация для решения практических задач эксплуатации. Дано основное содержание эксклюзивной разработки — ГОСТ Р 53704-2009 “Системы безопасности комплексные и интегрированные”, входящего в отраслевой комплект нормативно-технической документации по данной проблеме.

Книга предназначена для практических работников в области систем безопасности и может быть использована как учебное пособие для подготовки и повышения квалификации специалистов соответствующего профиля.

121352, г. Москва, ул. Давыдовская, д. 12, стр. 7;
тел./факс: (495) 228-09-03; e-mail: mail@firepress.ru



Д. В. Седов

канд. техн. наук, преподаватель
ФГOU ВПО "Восточно-Сибирский институт
МВД России", капитан внутренней службы,
г. Иркутск, Россия

УДК 614.8

ЯВЛЯЮТСЯ ЛИ ВЫХОДЫ, ВЕДУЩИЕ В БЕЗОПАСНЫЕ ЗОНЫ, ЭВАКУАЦИОННЫМИ?

В свете обновляющейся нормативной базы в области пожарной безопасности анализируется нормативная трактовка понятия эвакуационного выхода.

Ключевые слова: эвакуационный выход, безопасная зона.

В последнее время отмечается серьезное реформирование нормативной базы в области пожарной безопасности. Старые требования развиваются и конкретизируются, вводятся новые понятия о способах защиты людей при пожаре. Одним из нововведений является устройство так называемых безопасных зон.

Безопасной зоной согласно статье 2 "Технического регламента о требованиях пожарной безопасности" [1] называется зона, в которой люди защищены от воздействия опасных факторов пожара или в которой опасные факторы пожара отсутствуют. Под данное понятие подходят и территории, прилегающая к зданию, на которую ведут выходы из него, и специальные помещения (бункеры), оборудованные противопожарными стенами и системами противодымной вентиляции, и открытые площадки, находящиеся выше нулевой отметки, имеющие требуемую устойчивость при пожаре и спроектированные с возможностью использования автолестниц и других технических средств спасания людей.

Безопасные зоны согласно статье 51 [1] являются одним из средств защиты людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и (или) ограничения его последствий. Кроме того, наличие безопасных зон является неотъемлемым условием безопасной эвакуации людей из здания. Ведь, как сказано в статье 53 [1], "безопасная эвакуация людей из зданий, сооружений и строений при пожаре считается обеспеченной, если интервал времени от момента обнаружения пожара до завершения процесса эвакуации людей в безопасную зону не превышает необходимого времени эвакуации людей при пожаре".

Таким образом, безопасная зона является одним из ключевых понятий [1], и если вероятность того, что люди успеют вовремя эвакуироваться в безопасную зону, равна единице, то индивидуальный пожарный риск становится равным нулю (см. формулу для расчета величины индивидуального пожарного риска, приведенную в [2]).

В связи с введением понятия безопасной зоны были скорректированы формулировки и для других центральных понятий пожарной безопасности, таких как эвакуационный выход, эвакуационный путь (путь эвакуации) и эвакуация. Согласно статье 2 [1] **эвакуационный выход** — это выход, ведущий на путь эвакуации, непосредственно наружу *или в безопасную зону*; **эвакуационный путь (путь эвакуации)** — это путь движения и (или) перемещения людей, ведущий непосредственно наружу *или в безопасную зону*, удовлетворяющий требованиям безопасной эвакуации людей при пожаре; **эвакуация** — это процесс организованного самостоятельного движения людей непосредственно наружу *или в безопасную зону* из помещений, в которых имеется возможность воздействия на людей опасных факторов пожара.

Введение понятия безопасной зоны расширяет требования к эвакуационным выходам, которые декларировались ранее в п. 6.9* СНиП 21-01-97* [3]. Согласно данному документу выходы являлись эвакуационными, если они вели: 1) из помещений первого этажа наружу (непосредственно, через коридор, через вестибюль (фойе), через лестничную клетку, через коридор и вестибюль (фойе), через коридор и лестничную клетку); 2) из помещений любого этажа, кроме первого, непосредственно на лестничную

© Седов Д. В., 2010

клетку или на лестницу 3-го типа; в коридор, ведущий непосредственно на лестничную клетку или на лестницу 3-го типа; в холл (фойе), имеющий выход непосредственно на лестничную клетку или на лестницу 3-го типа; 3) в соседнее помещение (кроме помещения класса Ф5 категории А или Б) на том же этаже, обеспеченное выходами, указанными выше (выход в помещение категории А или Б допускается считать эвакуационным, если он ведет из технического помещения без постоянных рабочих мест, предназначенного для обслуживания вышеуказанного помещения категории А или Б).

Как видно из п. 6.9* [3], в нем нет упоминаний о безопасной зоне.

Однако, несмотря на явное развитие требований пожарной безопасности в Российском законодательстве, некоторые специалисты придерживаются консервативного мнения о том, что выходы, ведущие в безопасную зону, все же не являются эвакуационными. Свою позицию они подкрепляют тем, что в статье 89 [1], в которой закреплены требования пожарной безопасности к эвакуационным выходам, о новом понятии безопасной зоны ничего не сказано. Действительно, сравнительный анализ п. 6.9* [3] и статьи 89 [1] показывает, что формулировки п. 6.9* [3], в которых понятие безопасной зоны не фигурировало, были практически дословно перенесены в статью 89 [1], поэтому в ней и не содержится упоминаний о безопасной зоне.

Для того чтобы прояснить ситуацию, связанную с тем, какие выходы считать эвакуационными, а какие нет, хотелось бы отметить особенность формулировки статьи 89 [1], как, впрочем, и п. 6.9* [3].

В статье 89 [1] сказано, что “к эвакуационным выходам из зданий, сооружений и строений относятся выходы, которые…”. Обращаем внимание на слово “относятся”. Это означает, что в статье дается простое перечисление тех выходов, которые относятся к эвакуационным. Но это вовсе не означает, что выходы, ведущие в безопасные зоны, не являются эвакуационными (!). Формулировка статьи 89 [1] лишь дает понять, что те выходы, которые в ней перечислены, относятся к эвакуационным, и не более того.

Поясним сказанное другими словами. Действительно, в статье 89 [1] не говорится, что выходы, ведущие в безопасные зоны, являются эвакуационными. Но в ней также не говорится, что данные выходы эвакуационными не являются. В статье нет формулировки, которая бы гласила, что выходы, которые не подходят под перечисленные признаки, не являются эвакуационными. Поэтому вопрос о том, можно ли считать эвакуационными выходы, которые ведут в безопасные зоны, по нашему мнению, можно считать закрытым.

Если кто-то также считает, что статьи 2 и 89 Федерального закона № 123 [1] в части, касающейся эвакуационных выходов, противоречат друг другу и в данном вопросе нет ясности, то хотелось бы заметить, что ни одна из указанных статей не исключает требований другой. Отсюда следует, что статьи 2 и 89 данного Федерального закона не противоречат, а напротив, дополняют друг друга.

Все вышеизложенное позволяет сделать вывод о том, что выходы, ведущие в безопасные зоны, являются эвакуационными и должны обязательно учитываться при расчете времени эвакуации из здания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ: принят Гос. Думой 4 июля 2008 г. : одобр. Советом Федерации 11 июля 2008 г. — М. : ФГУ ВНИИПО, 2008. — 157 с.
2. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности : приложение к Приказу МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382 : зарегистрирован в Минюсте РФ 6 августа 2009 г., рег. № 14486 [электронный ресурс]. URL : <http://www.mchs.gov.ru> (дата обращения: 10.02.2010).
3. СНиП 21-01-97*. Пожарная безопасность зданий и сооружений : утв. Минстроем России 13 февраля 1997 г. : ввод. в действие с 1 января 1998 г. — М. : ГУП ЦПП, 2002.

*Материал поступил в редакцию 11 февраля 2010 г.
Электронный адрес автора: sedov_irk@list.ru.*



Д. В. Ершов

канд. техн. наук, заведующий лабораторией мониторинга лесных экосистем Центра по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН (ЦЭПЛ РАН), г. Москва, Россия



К. А. Ковганок

научный сотрудник лаборатории мониторинга лесных экосистем Центра по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН (ЦЭПЛ РАН), г. Москва, Россия



П. П. Шуляк

старший научный сотрудник лаборатории мониторинга лесных экосистем Центра по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН (ЦЭПЛ РАН), г. Москва, Россия

УДК 528.9

СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ ГИС ИСДМ-РОСЛЕСХОЗ

С 2003 г. информационная система дистанционного мониторинга лесных пожаров ИСДМ-Рослесхоз используется для поддержки управленческих решений по обнаружению, учету и тушению лесных пожаров на неохраняемых и эпизодически охраняемых территориях лесного фонда России. В рамках этой системы функционирует геоинформационная система (ГИС), обеспечивающая интеграцию в единую геоинформационную среду оперативных данных по пожарам для оценки и контроля пожарной обстановки. Рассмотрена структурная организация ГИС мониторинга лесных пожаров. Приводится описание картографических продуктов, ежедневно формируемых ГИС-сервером ИСДМ-Рослесхоз в автоматическом режиме. Описаны функциональные возможности настольных ГИС, позволяющие в реальном режиме времени получать спутниковые продукты среднего и высокого пространственного разрешения со спутниковых систем TERRA/AQUA-Modis, SPOT-HRV/HRVIR, Landsat-TM/ETM+ и др. Перечислены основные направления развития ГИС мониторинга лесных пожаров.

Ключевые слова: геоинформационная система, спутниковые продукты, мониторинг, лесные пожары, лесной фонд, пожарная опасность.

Введение

С 2003 г. информационная система дистанционного мониторинга лесных пожаров ИСДМ-Рослесхоз используется в ФГУ “Авиалесоохрана” Федерального агентства лесного хозяйства (Рослесхоз) для поддержки управленческих решений по обнаружению, учету и тушению лесных пожаров на неохраняемых и эпизодически охраняемых территориях лесного фонда России [1, 2]. Для этого в лесном фонде были определены зоны космического мониторинга I и II уровней, приходящиеся соответственно на территории авиационной охраны с эпизодическим наблюдением и не охраняемые авиацией. С 2005 г. мониторинг лесных пожаров на этих территориях лесного фонда России ведется регулярно космическими средствами наблюдения.

ИСДМ-Рослесхоз является одной из крупных в мире систем подобного класса, сопоставимых по уровню решаемых задач с системами США и Канады [3, 4]. Одной из основных ее особенностей является то, что в ИСДМ интегрирован оптимальный

набор информации для оперативной оценки текущей пожарной обстановки в лесах Российской Федерации. Система обеспечивает пользователей ежедневными данными по пожарам, регистрируемым наземными, авиационными и спутниковыми средствами наблюдения, метеорологической информацией и данными регистрации грозовых разрядов.

В системе реализована автоматизированная технология детектирования действующих лесных пожаров, оценка пройденных пожарами площадей и степени повреждения огнем лесных массивов по спутниковым данным среднего и низкого пространственного разрешения в диапазоне от 250 м до 1 км (TERRA/AQUA-Modis, NOAA-AVHRR, SPOT-VGT) [5, 6]. В последние годы в ИСДМ в течение пожароопасного сезона осуществляется сбор данных высокого пространственного разрешения с таких спутниковых систем, как SPOT-2,4 (HRV/HRVIR), Landsat-5,7 (TM/ETM+), “Ресурс-ДК” и др., для выборочной оценки и верификации пройденных пожарами площадей лесного фонда РФ.

© Ершов Д. В., Ковганок К. А., Шуляк П. П., 2010

Основной целью использования ГИС на данном этапе развития ИСДМ-Рослесхоз является интеграция в единую геоинформационную среду вышеуказанных данных для оценки и контроля пожарной обстановки. Сложная архитектура системы (рис. 1) и распределенное хранение данных в ее информационных центрах требуют проведения анализа существующих геоинформационных систем на предмет функциональных возможностей ГИС-анализа, перспективности их расширения и адаптации к задачам ИСДМ-Рослесхоз.

В качестве базового программного обеспечения используется линейка программных продуктов, разработанных Институтом исследования окружающей среды США (Environmental Systems Research Institute Inc., ESRI), обладающим 40-летним опытом работы и разработки современных ГИС-технологий в области исследования окружающей среды.

1. Структурная организация ГИС ИСДМ

По территориальному охвату лесного фонда России геоинформационная система подразделяется на федеральный, окружной, региональный и локальный уровни.

На федеральном уровне ГИС используется для ежедневного предоставления информации по текущей пожарной обстановке в лесах в масштабах всей страны с целью принятия стратегических решений при чрезвычайных пожарных ситуациях, а также оценки последствий пожаров и учета текущих изменений.

На уровне федеральных округов ГИС необходима для решения таких задач, как оценка пожарной обстановки в лесах в масштабах отдельного федерального округа и обеспечение этими данными внутри- и межведомственных организаций и администраций субъектов.

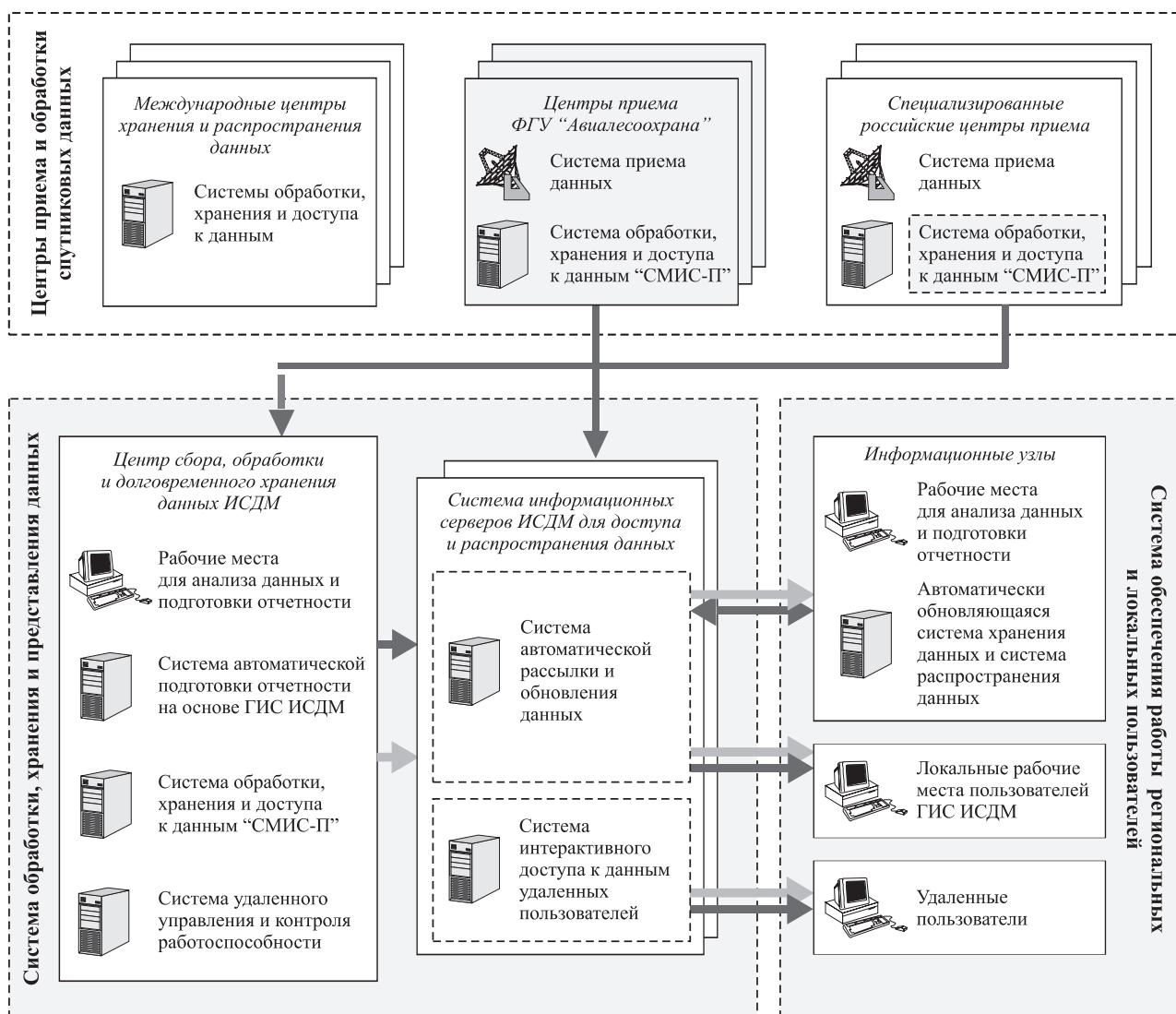


Рис. 1. Архитектура построения системы спутникового мониторинга лесных пожаров ИСДМ-Рослесхоз

На региональном уровне ГИС используется для оперативной оценки текущей пожарной обстановки в зоне ответственности авиабазы и департамента лесного хозяйства субъекта РФ, принятия оперативных решений по обнаружению и тушению лесных пожаров, учета лесных пожаров и подготовки ежемесячной и годовой отчетности.

На локальном уровне ГИС предназначена для оперативной оценки пожарной обстановки в зоне ответственности авиаотделений и лесничеств и может использоваться в качестве информационной поддержки при тушении лесных пожаров.

На федеральном уровне большинство информационных продуктов ежедневно формируется посредством автоматизированной обработки исходной

информации и представление их на WEB-серверах ИСДМ-Рослесхоз. Для этого ГИС-сервер ежедневно в заданный момент времени обращается с запросом к единой базе данных ИСДМ (MySQL-серверам) в целях получения необходимых характеристик для построения тематических карт. Затем выполняется пространственный анализ данных, подготовка типовых карт на основе шаблонов и передача их в хранилище готовых информационных продуктов ИСДМ. Как только продукты попадают в хранилище, они автоматически становятся доступны на WEB-серверах системы. По этой схеме создаются карты очагов крупных лесных пожаров (более 25 га для европейской части России и более 200 га для Сибири): карты действующих лесных пожаров,



Рис. 2а. Примеры картографических продуктов

прироста пройденной огнем площади за сутки и возникших лесных пожаров (рис. 2а). Эта информация формируется на основе ежедневных отчетных данных, поступающих от субъектов РФ, а также по результатам космического мониторинга.

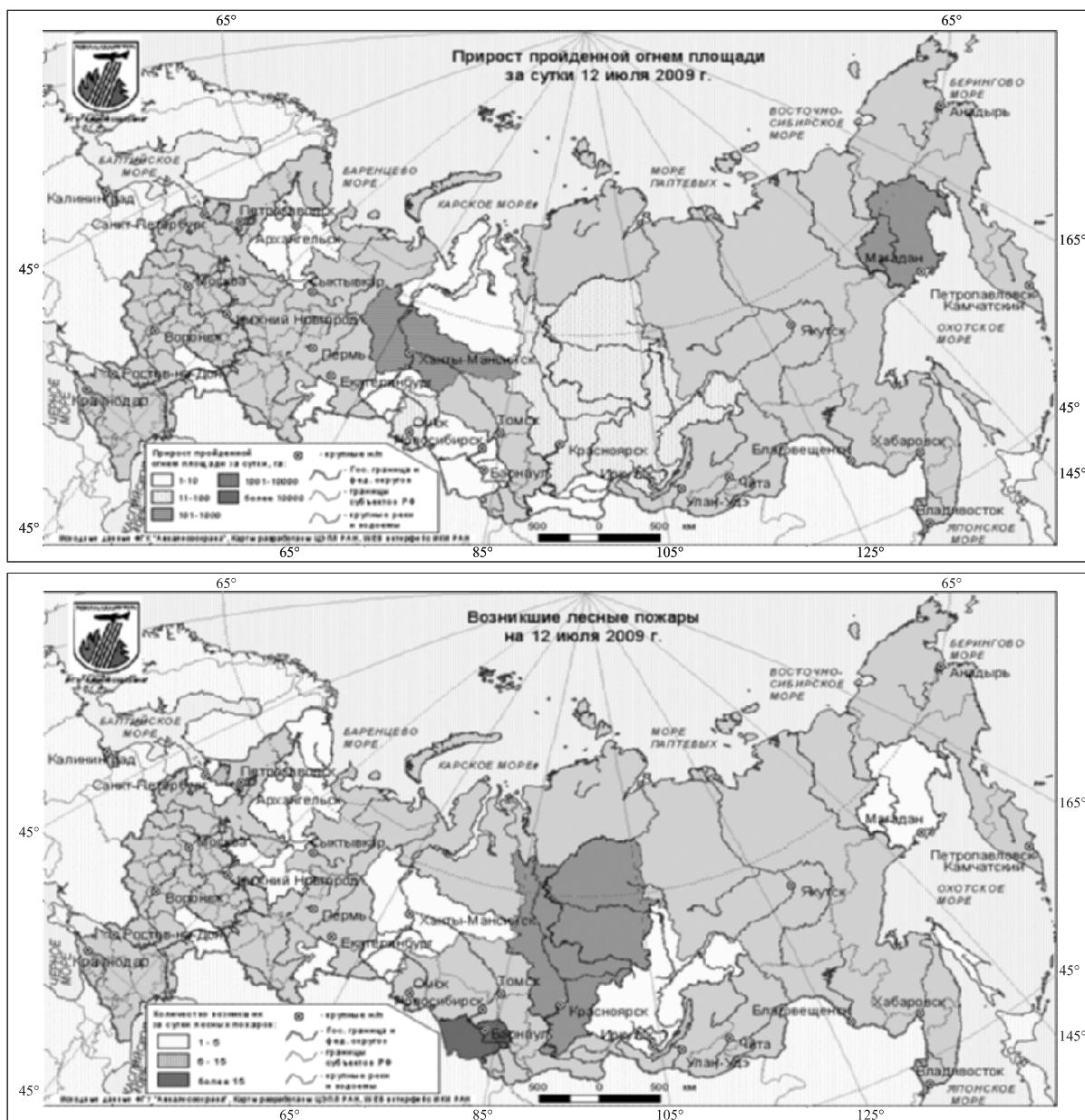
Кроме этого, формируется порядка 360 картографических продуктов на основе данных метеорологической службы России (Росгидромет) и системы наземной грозопеленгации ФГУ "Авиалесоохрана" (разработчик НТЦ "Инфокомплекс"). В их состав входят фактические и прогнозные показатели ночных и суточных осадков, максимальной температуры воздуха, классов пожарной опасности по методикам В. Г. Нестерова, ПВ-1 и ПВ-2 [7] и "грозоопасности" (плотность распределения грозовых разрядов

положительной амплитуды). Эти карты создаются как для всей территории лесного фонда России, так и на уровне федеральных округов или отдельных субъектов (рис. 2б).

Для других уровней используются настольные ГИС на базе программных продуктов ArcGIS 9 и ForsGIS 2 (Fire Objects and Remote Sensing GIS) [8], функционально адаптированные к работе с базами данных ИСДМ-Рослесхоз.

2. Функциональные возможности настольных ГИС ИСДМ

Кроме ГИС-технологии серверного типа, предусмотрена возможность использования настольных ГИС для интерактивной работы с оперативной



по пожарной обстановке в лесах

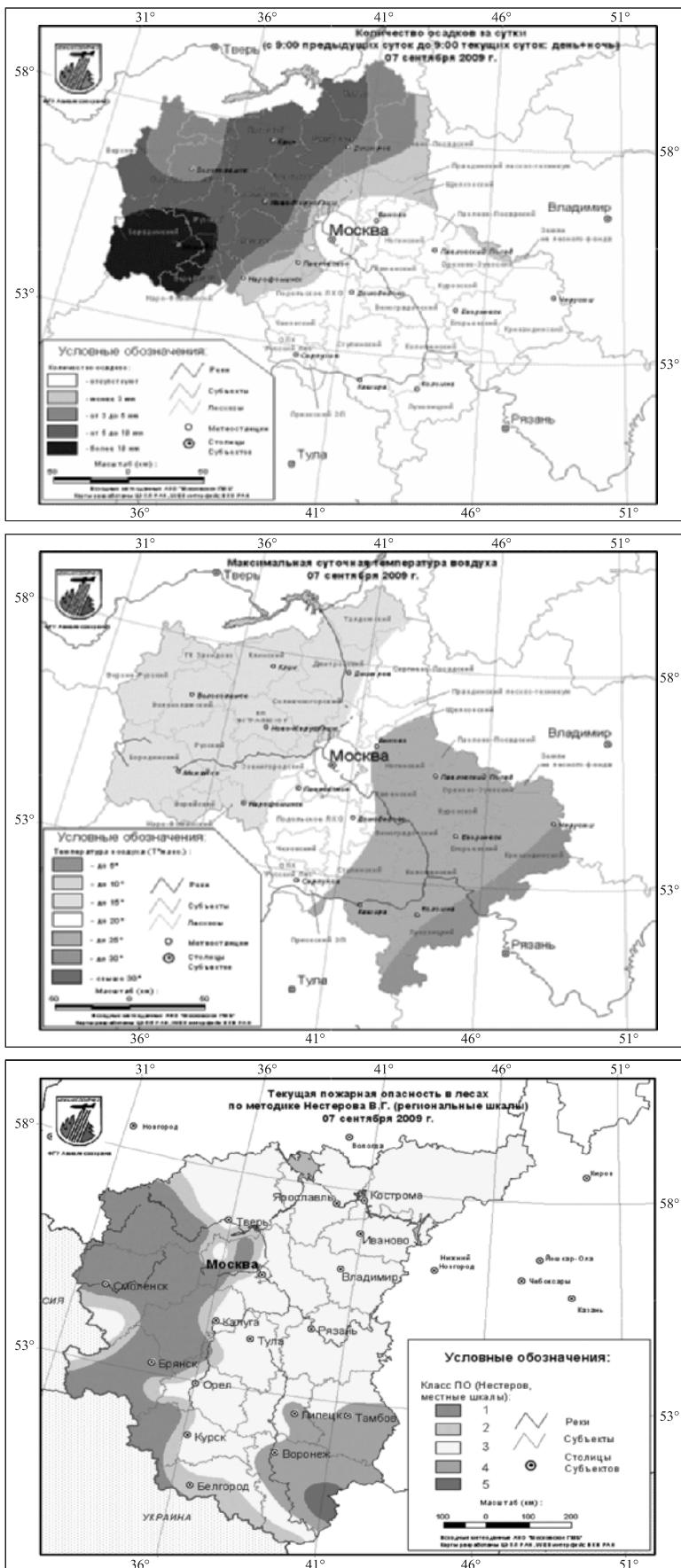


Рис. 2б. Примеры картографических продуктов по данным метеонаблюдений

информацией по пожарам, доступной на информационных серверах ИСДМ-Рослесхоз. С этой целью в ГИС организовано два способа получения информации, а именно удаленный доступ к единой базе данных ИСДМ-Рослесхоз и получение фрагментов базы данных на запрашиваемый регион на локальном компьютере. В обоих случаях ГИС-интерфейс работает с базой данных однотипно. Для локальной базы вместе с ГИС поставляется внешний модуль обновления данных. Перед тем как загрузить в рабочее окно геоинформационной системы набор оперативных слоев, пользователь формирует на карте прямоугольную область, ограничивающую по географическим координатам территорию мониторинга. Далее через диалоговое окно ему предоставляется возможность определить временной интервал и состав интересующей информации. После запуска модуля на экране происходит обновление картографических слоев с оперативной информацией по пожарам, грозам и метеонаблюдениям в виде точечных, линейных и полигональных объектов (рис. 3).

Визуализация спутниковых изображений в ГИС реализована методом динамической подкачки данных с сервера подготовки растровых продуктов ИСДМ. Созданная технология позволяет пользователю перемещаться по карте, одновременно подгружая фрагменты изображения. В зависимости от скорости в сети Интернет задержка может колебаться в интервале от 5 до 30 с. Преимуществом такого подхода является возможность получения спутникового изображения одного и того же размера, несмотря на разрешение запрашиваемой территории. Достигается это за счет изменения разрешения запрашиваемого изображения, вычисляемого с учетом экранного масштаба карты. ГИС передает на сервер через HTTP-протокол информацию о географических координатах, размере изображения и его разрешении. По заданным параметрам сервер подготовки спутниковых продуктов формирует необходимый пользователю растровый продукт и передает ГИС-ссылку

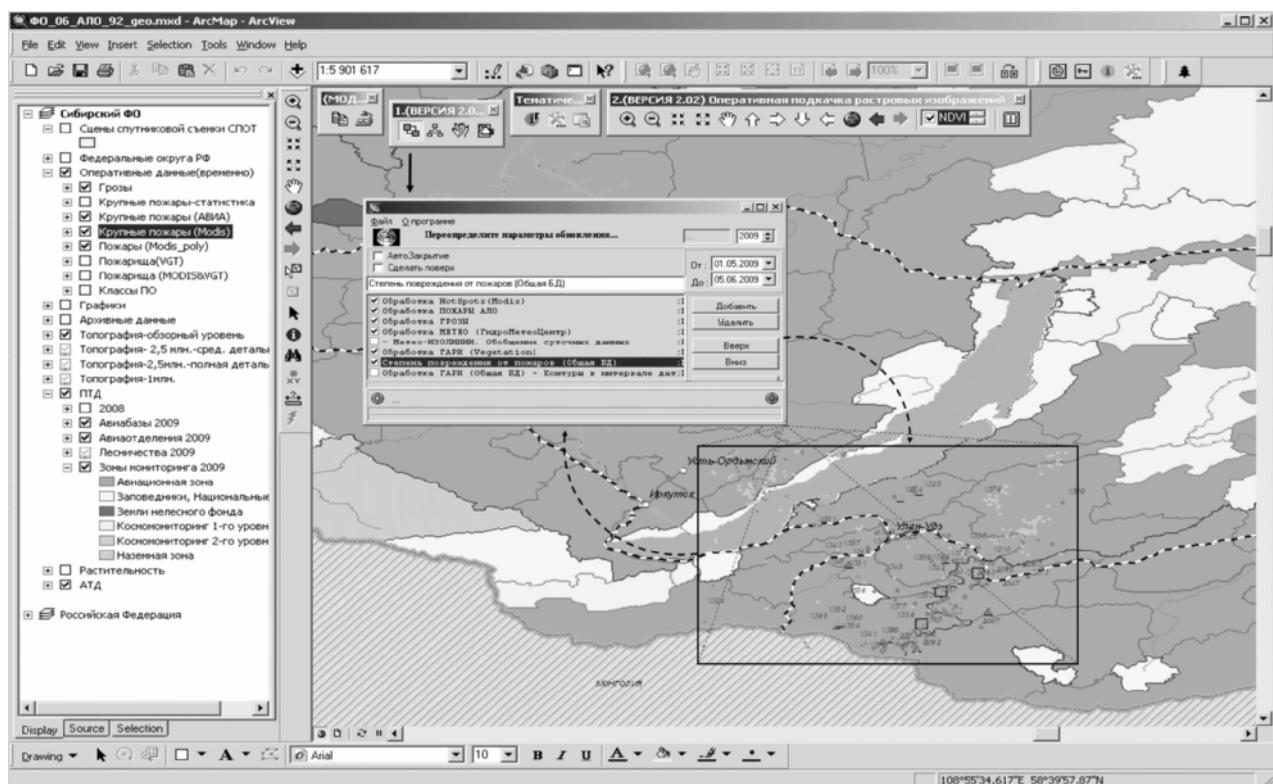


Рис. 3. Пример обновления данных по пожарам на территории Республики Бурятия

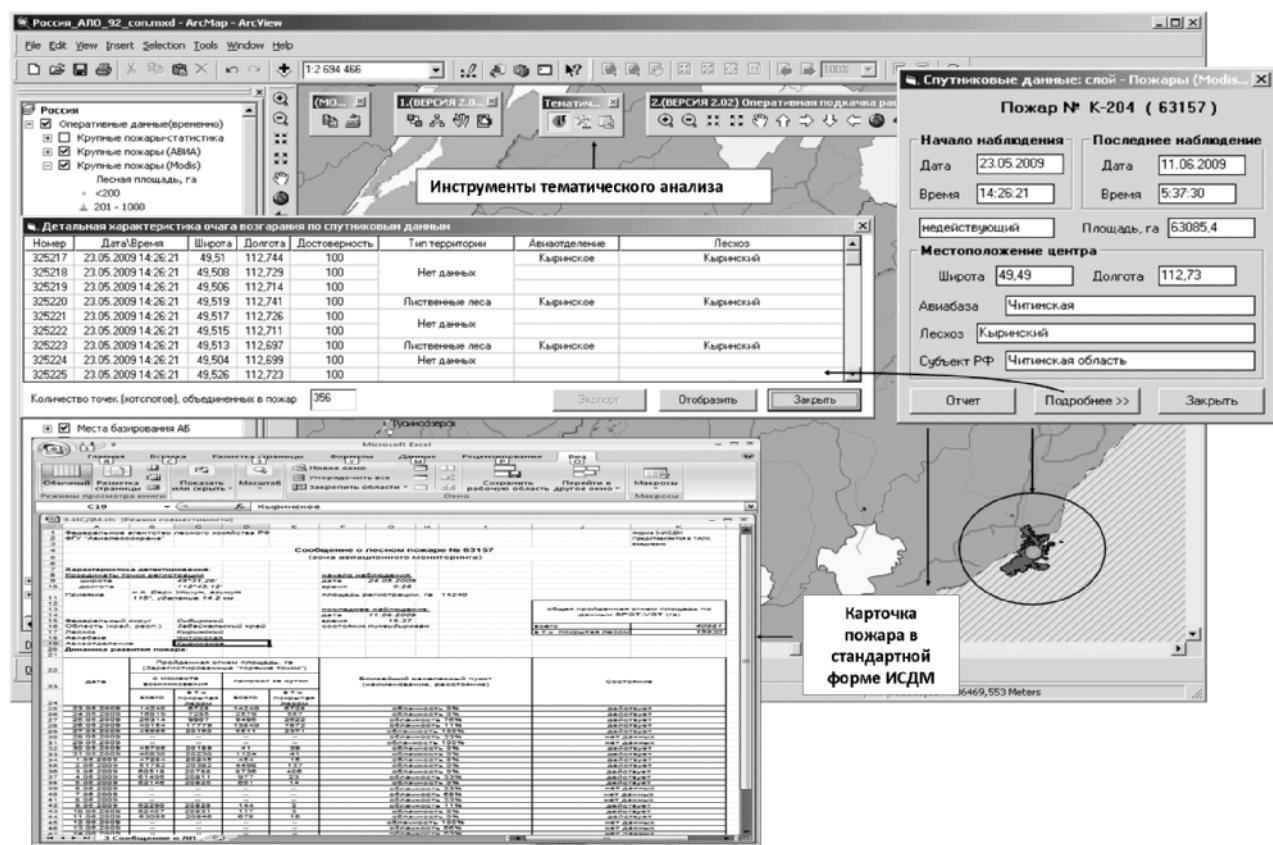


Рис. 4. Пример получения информации по пожарам, детектированным по спутниковым данным Modis

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ, СООРУЖЕНИЙ, ОБЪЕКТОВ

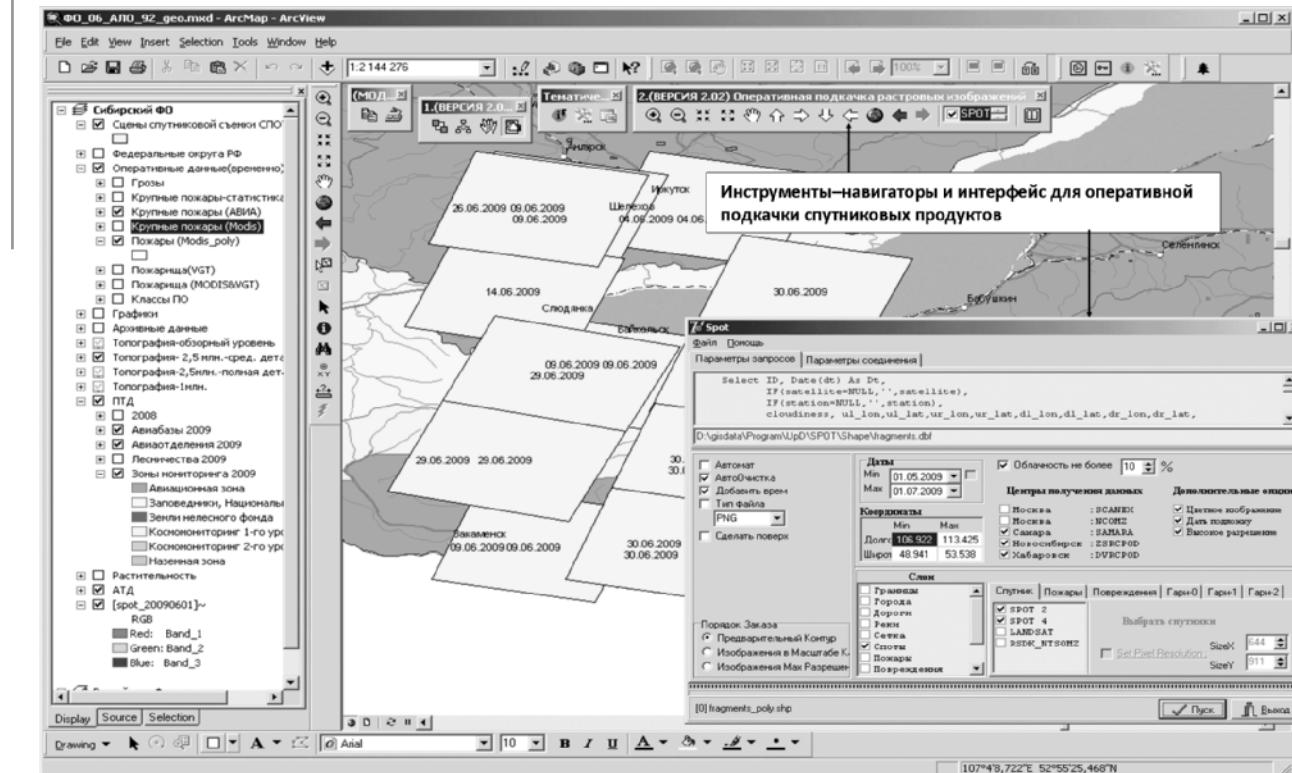


Рис. 5. Пример реализации запросов к базе данных высокого пространственного разрешения SPOT

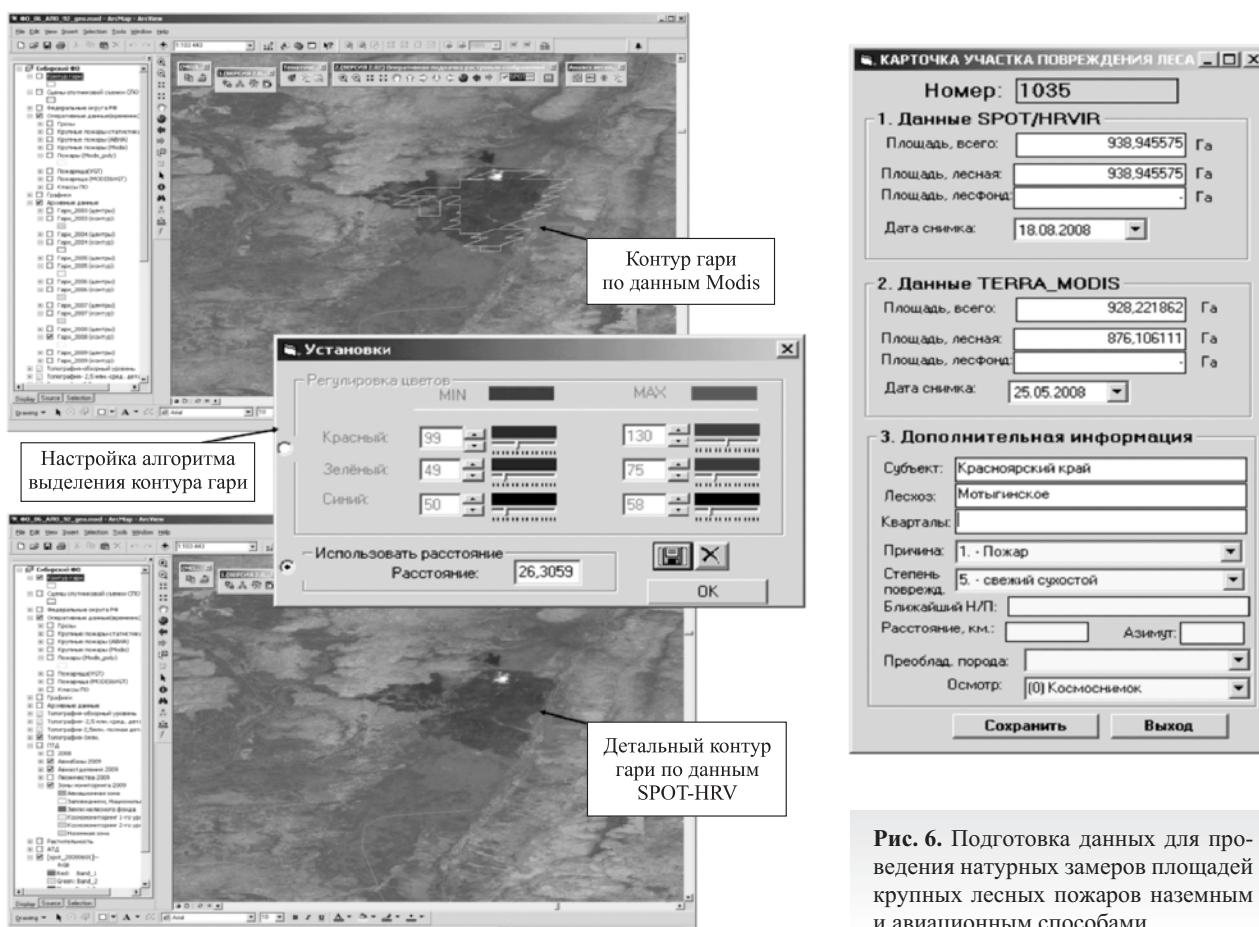


Рис. 6. Подготовка данных для проведения натурных замеров площадей крупных лесных пожаров наземным и авиационным способами

на скачивание. Для изображений высокого пространственного разрешения предусмотрена опция просмотра контуров сцен без визуализации изображений для предварительного поиска необходимого набора данных по интересующей территории (рис. 4).

Геоинформационная система имеет также возможность отображать тематическую информацию по пожарам, грозовым разрядам и данные метеонаблюдений в интегрированном виде (например, карточка пожара: дата обнаружения, площадь, географические координаты, субъект, лесничество и др.) и формировать стандартные отчетные аналитические формы ИСДМ-Рослесхоз в формате Microsoft Excel (рис. 5).

В ГИС также функционирует модуль с набором инструментов, предназначенных для информационной поддержки по проведению натурных замеров площадей крупных лесных пожаров наземным и авиационным способами [9]. На подготовительном этапе с помощью запросов эксперт получает в ГИС контур гари, сформированный с помощью алгоритмов обработки изображений среднего разрешения Modis, и космический снимок высокого разрешения. С помощью инструмента уточнения контура гари по снимку высокого разрешения формируется детальный контур, оценивается площадь, периметр и другие необходимые характеристики (рис. 6). При наличии в ГИС картографической информации о распределении лесного фонда и лесного массива в зоне гари до пожара вычисляются соответственно их площади. Результат может быть сохранен в форматах ArcGIS (шнейп-файл) или экспортирован в формат GPS-приемников (NMEA-стандарт). Модуль также позволяет работать в ArcGIS в реальном режиме времени с GPS-приемником типа GARMIN (модель Garmin Extrex Vista C) с возможностью отображения и сохранения контуров (треков) и полигонов в формате шейп-файла. Окончательно подготовленный материал используется для проведения натурных обследований и авиаоблетов гарей в целях оценки площадей повреждения огнем лесной растительности.

3. Основные направления развития ГИС ИСДМ

В рамках действующей системы дистанционного мониторинга лесных пожаров ИСДМ-Рослесхоз основные направления развития геоинформационных технологий будут связаны с созданием сервер-

ных ГИС-приложений, обеспечивающих пользователей в реальном режиме времени информационными продуктами и инструментами для оценки и моделирования:

- текущей и прогнозной пожарной опасности в лесах по условиям погоды на основе российских и зарубежных методик;
- текущей пожарной обстановки в лесах и действующих очагов пожаров;
- вероятности возникновения пожаров от природных и антропогенных источников;
- риска возникновения верховых пожаров и чрезвычайных пожарных ситуаций в лесах;
- запасов лесных горючих материалов (или проводников горения) до и после пожара;
- последствий лесных пожаров, включая пирогенные эмиссии углерода и других парниковых газов.

Большинство перечисленных направлений находится на стадии исследований и апробации, выполняемых в рамках научно-исследовательских проектов Федерального агентства лесного хозяйства, Российской академии наук, Минобрнауки и федеральных целевых программ Российской Федерации.

Выводы

В рамках Информационной системы дистанционного мониторинга лесных пожаров ИСДМ-Рослесхоз создана и эксплуатируется геоинформационная система, обеспечивающая пользователей оперативной информацией по действующим пожарам, основанной на наземных, авиационных и спутниковых данных, данных грозовой активности и метеонаблюдений.

Реализована технология получения в реальном режиме времени спутниковых продуктов среднего и высокого пространственного разрешения со спутниковых систем TERRA/AQUA-Modis, SPOT-HRV/HRVIR, Landsat-TM/ETM+ и др.

В ИСДМ-Рослесхоз используются серверные ГИС-технологии автоматической подготовки оперативных картографических продуктов по пожарной обстановке и пожарной опасности в лесах по условиям погоды.

Созданы инструменты для анализа и подготовки информационной поддержки по проведению натурных замеров площадей крупных лесных пожаров наземным и авиационным способом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

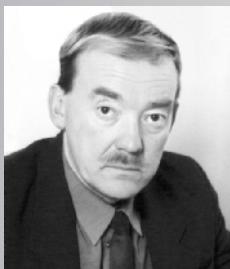
1. **Беляев А. И., Ершов Д. В., Лупян Е. А., Романюк Б. В., Сухинин А. И., Тащилин С. А.** Национальная система сбора, обработки и анализа информации о природных пожарах и ее сопряжение с международными и региональными информационными сетями // Управление

лесными пожарами на экорегиональном уровне : материалы Международного научно-практического семинара (Хабаровск, Россия, 9–12 сентября 2003 г.). — М. : Изд-во “Алекс”, 2004. — С 156–166.

2. **Беляев А. И., Коровин Г. Н., Лупян Е. А.** Состояние и перспективы развития Российской системы дистанционного мониторинга лесных пожаров // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов : сборник научных статей. — Вып. 3. — М. : ООО “Азбука-2000”, 2006. — Т. 1. — С. 341–350.
3. **Burgan R. E.** 1988 Revisions to the 1978 National Fire-Danger Rating System. United States Department of Agriculture, Forest Service : Research Paper SE-273. — Southeastern Forest Experiment Station, Asheville, North Carolina, 1988. — 39 р.
4. **Turner J. A., Lawson B. D.** Weather in the Canadian Forest Fire Danger Rating System : a user guide to national standards and practices. — Canadian Forest Service, Pacific Forestry Centre, Victoria, BC. Information Report BC-X-177, 1978. — 40 р.
5. **Барталев С. А., Егоров В. А., Лупян Е. А., Уваров И. А.** Оценка площади повреждений наземных экосистем Северной Евразии пожарами в 2001–2003 годах по спутниковым данным инструмента SPOT-Vegetation // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса : сборник научных статей. — М. : GRANP-Poligraph, 2005. — Т. 2. — С. 354–366.
6. **Егоров В. А., Барталев С. А., Лупян Е. А., Уваров И. А.** Мониторинг повреждений растительного покрова пожарами по данным спутниковых наблюдений // Известия вузов : Геодезия и аэрофотосъемка, 2006. — Вып. 2. — С. 98–109.
7. **Коровин Г. Н., Самусенко И. Ф., Поломина З. С., Гришман З. М., Вонский С. М., Жданко В. А.** Оценка пожарной опасности в лесу и расчет параметров лесных пожаров на ЭВМ : методические указания. — Л. : ЛенНИИЛХ, 1977. — 64 с.
8. **Ершов Д. В., Коровин Г. Н., Шуляк П. П., Дворкина Н. Б., Ковганко К. А., Петров П. В., Лупян Е. А., Мазуров А. А., Прошин А. А., Флитман Е. В., Барталев С. А., Тацкилин С. А., Абушенко Н. А., Беляев А. И., Рыбникова Л. А.** Российская система дистанционного мониторинга лесных пожаров // ArcReview. — 2004. — № 4. — С. 21–23.
9. Информационный отчет о результатах работ по бесперебойному функционированию и расширению возможностей блока оперативного учета пожаров ИСДМ-Рослесхоз и верификации данных мониторинга лесных пожаров // Гос. контракт № Р-11К-09/2 от 05.06.2009 г., 2009. — 29 с.

Материал поступил в редакцию 1 октября 2009 г.

Электронные адреса авторов: ershov@ifl.rssi.ru,
pavel@ifl.rssi.ru, kkovganko@narod.ru.



В. Д. Захматов
д-р техн. наук, профессор ИТГИП НАНУ,
г. Киев, Украина

УДК 614.83

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗРЫВОВ В ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ УКРАИНЫ

Рассмотрены вопросы исследования истинных причин серии криминальных и террористических взрывов, произошедших на Украине с начала 2008 г. по настоящее время и участившихся в период предвыборной кампании. Автор в качестве независимого эксперта расследовал большинство из описанных в статье взрывов. Показаны сходные характеристики этих взрывов и сделан вывод, что общей причиной их является развитый криминальный рынок продажи взрывчатых веществ на Украине, а также политика правительства Украины, скрывающая наличие этого рынка и не ведущая никакой борьбы с ним, в частности путем ужесточения ответственности за воровство, хранение и продажу взрывчатых веществ.

Ключевые слова: взрывчатые вещества, объемные взрывы, взрывоопасные газовоздушные и паровоздушные смеси, поражающие осколки, ударные волны, возгорания, пожары, фугасное воздействие, бризантное воздействие, осколочное воздействие.

За последние годы на Украине произошло множество взрывов бытового газа. Так, в 2009 г. было зарегистрировано 82 случая, потерпевших 124 чел., погибших 70 чел. Из них только в IV квартале 2009 г. зафиксировано 12 случаев, потерпевших 25 чел., погибших 16. Во всех случаях названа одна причина взрывов — нарушения техники безопасности.

За январь 2010 г. по официальным данным произошло 24 взрыва, пострадало 49 чел., из них 24 погибших. В эту статистику входит и случай в больнице № 7 (г. Луганск). Однако из этих случаев ряд взрывов имел катастрофические последствия, не похожие на взрывы газа, причины и характер которых рассмотрим ниже.

Проблемы исследования истинных причин взрывов в жилых и общественных зданиях всегда актуальны, так как их последствия, как правило, имеют катастрофический характер: убитые и тяжелораненые; множество людей, лишившихся жилья; громадные убытки, в том числе большие компенсации потерпевшим. Расследование взрывов может идти по двум версиям. Первый сценарий: взрыв газа — исследуются причины взрывов — виновны жители, случайно или умышленно открывшие газовые краны и впустившие газ в комнаты. Если виновны неисправности газовой системы, то виноваты сотрудники газового хозяйства, своевременно не устра-

нившие неисправности газовых систем. Следствием этой версии является возмещение газовыми фирмами всех убытков, быстрое расследование в силу простоты версии и, соответственно, быстрое закрытие возбужденного уголовного дела. В пользу принятия в различных конкретных случаях этой версии свидетельствует крайне тревожное реальное, современное положение дел в газовом хозяйстве Украины: в частности, официальные цифры свидетельствуют о том, что от 50 до 80 % узлов деталей труб газового хозяйства давно выработали свой ресурс и требуют немедленной замены.

Это обстоятельство также может служить хорошим поводом для злоумышленников, решивших сыграть на современных реальных трудностях газового хозяйства на Украине и организовать криминальные или террористические взрывы в общественных и жилых многоквартирных зданиях. Поиски истины в таких случаях требуют длительного и трудного расследования с учетом мнений ряда специалистов, сбора разнообразных доказательств вины злоумышленников. Помимо этого расследования, возникает необходимость поиска мэрией города источника финансирования, чтобы компенсировать все расходы и убытки многочисленных потерпевших, а также быстро предоставить жилье людям из разрушенных и соседних с ними квартир, находящихся

вокруг эпицентра взрыва, в которых проживание не представляется возможным.

За последние годы на Украине произошел ряд реальных взрывов газа в жилых домах, в которых не приходится сомневаться из-за наличия множества очевидных доказательств взрыва газа в пострадавших квартирах. В то же время есть случаи взрывов, которые даже при относительно поверхностном расследовании вызывают серьезные сомнения в том, что это были взрывы газа. Правительство Украины, видимо, настолько привыкло к регулярным взрывам газа в жилых домах, что, даже не ожидая результатов расследования, в первый же день взрыва объявляет средствам массовой информации, что, вне всяких сомнений, произошел взрыв газа или газовых баллонов в доме и сразу определяет виновника: им становится либо территориальное управление газового хозяйства, допустившее аварийное состояние газовых сетей, коммуникаций, распределительных узлов и плит, либо сотрудники жилищно-эксплуатационной конторы, имеющие дело с газовыми баллонами.

Руководство страны регулярно и все чаще объявляет населению, что Украина идет в Европейское сообщество и приоритетными в стране являются европейские ценности. Однако, если мы обратимся к европейскому опыту, то в Европе политические и административные деятели, функционеры никогда не позволяют себе делать подобные заявления, пока следствие и суд не вынесут вполне обоснованные решения на основе заключений государственных и обязательно независимых высококвалифицированных экспертов, как правило известных ученых в области физики горения и взрыва или специалистов с большим опытом расследований. При этом в истинно демократическом обществе суды не принимают дела к рассмотрению, если нет заключения независимых экспертов. В подобных расследованиях, особенно если взрывы имели большой общественный резонанс ввиду их масштабности и множества жертв, обязательно участвуют известные высококвалифицированные ученые, имеющие многолетний стаж практических и экспериментальных работ в области взрывов. В СССР к расследованию катастрофических взрывов, которые, как правило, имели место на оборонных предприятиях, военных объектах и гораздо реже — в общественных и жилых зданиях, на транспорте, привлекались известные ученые, как правило доктора наук, специалисты по технологии боеприпасов и взрывчатых веществ, физике горения и взрыва. Этим ученым и их помощникам предоставлялась полная возможность провести независимое расследование эпицентра взрыва, опросить свидетелей и дать официальное заключение

по собственным материалам и результатам расследования официальной экспертизы.

Рассмотрим наиболее интересные случаи взрывов, происшедшие в период с 2006 по 2010 гг.

1. В 2006 г. из Криворожского рудоуправления было украдено 10 т тротила (ТНТ). Месяц спустя последовал взрыв в подъезде пятиэтажного жилого дома (г. Кривой Рог), погибло более 10 чел. К расследованию были привлечены эксперты-взрывники рудоуправления, единогласно давшие заключение о том, что взорвалось примерно 60–80 кг ТНТ (два стандартных мешка гранулированного ТНТ). В подъезде, где прогремел взрыв, на первом этаже проживал сотрудник рудоуправления, замешанный в краже. Установленное экспертами место эпицентра взрыва совпало с квартирой этого сотрудника. Тем не менее окончательным официальным заключением явился взрыв бытового газа из газовой сети. Следствие быстро закончилось, “Нафтогаз Украины” по решению суда был вынужден оплатить все убытки.

2. В 2007 г. произошел взрыв, разрушивший два подъезда жилого пятиэтажного дома в Днепропетровске, погибли 10 чел. Характер разрушения не совпадал с версией газового взрыва. Тем не менее официальная версия — взрыв газа из-за резкого перепада давления в газовой сети. “Нафтогаз Украины” по решению суда снова был вынужден оплатить все убытки. До сих пор сидят в тюрьме три руководящих сотрудника Днепропетровского отделения “Нафтогаза Украины”.

3. Видимо, эти два случая побудили “Нафтогаз Украины” привлечь квалифицированного независимого эксперта для расследования следующей аварии. Мне пришлось как независимому эксперту, приглашенному “Львовгазом” через департамент безопасности “Нафтогаза”, осмотреть места трех катастроф, трактовавшихся как газовые взрывы: во Львове и Дрогобыче — взрывы жилых домов, в Болеславе — взрыв больницы.

Во Львове взрыв жилого дома по ул. Костенко произошел 7 февраля 2008 г. Мною было обследовано место взрыва в течение 4 часов — с 10 ч утра 9 февраля. Обследование проводилось путем визуального осмотра места происшествия, были изучены фотографии, сделанные специалистами “Львовгаза” 7 и 8 февраля, а также фотографии, сделанные при моем осмотре.

Результатом этого взрыва было полное разрушение двух этажей трехэтажного здания, находившегося посреди двора, а также серьезные повреждения обращенных к пострадавшему зданию тыльных стен зданий вокруг, которые составляли этот двор. Анализ характера разрушений показал: “ровно срезаны” взрывной волной капитальные стены

домов XIX века старой австрийской постройки; выбиты оконные рамы и двери. Одна из оконных рам пролетела почти по прямой траектории расстояние 25 м и выбила раму в доме напротив. Взрывной волной и крупными осколками нанесены серьезные повреждения окружающим зданиям в этом дворе.

Во взорванном доме, в комнате, где, предположительно, был эпицентр взрыва, обрушились массивные балочные перекрытия между этажами. Профиль этих разрушений позволил предполагать, что произошел взрыв компактного заряда конденсированного, детонирующего, взрывчатого вещества массой 25–30 кг по тротиловому эквиваленту (ТНТЭ). Масса заряда была рассчитана по традиционной методике подрыва здания, представляющего собой систему замкнутых пустотелых коробок без внутренних, а только с внешними капитальными стенами, что позволяет использовать один сосредоточенный заряд для достижения эффекта полного разрушения всего здания. При этом масса заряда, не контактирующего вплотную ни с одной из капитальных стен, зависит в основном от объема помещения и толщины внешних стен. Для обрушения всего дома заряд должен располагаться на первом этаже.

В нашем случае заряд располагался на втором этаже, поэтому разрушены были только два верхних этажа, а на первом была разрушена частично лишь комната под эпицентром взрыва. На место расположения заряда указывало множество признаков: профиль разрушенных внешних капитальных стен; проваленные перекрытия с дубовыми балками, расположенными с малыми интервалами друг от друга; выбитый фрагмент стены над оконным проемом первого этажа (в других помещениях первого этажа таких разрушений не было обнаружено), а также выбитое окно с рамой. В других окнах первого этажа были выбиты только стекла. Наличие ярко выраженного эпицентра взрыва и вышеописанных разрушений позволило сделать однозначное экспертное заключение о том, что это был взрыв сосредоточенного заряда бризантного взрывчатого вещества (БВВ), а также примерно определить его массу. В мою задачу не входили более детальные исследования вида БВВ на базе проведения химических анализов проб, взятых на месте вокруг эпицентра взрыва, поскольку эта задача может быть выполнена лишь официальными органами МВД Украины.

Показано, что эквивалентный заряд объемно-детонирующей газовоздушной смеси составляет от 500 до 1380 м³ из расчета, что на расстоянии 2–3 м от капитальной стены сила взрыва 1 кг ТНТ по фугасному воздействию эквивалента соответственно от 46 до 20 м³ метановоздушной объемно-детонирующей смеси (ОДС). Это намного превышает

объем комнаты, в которой находился эпицентр взрыва. Если бы взрыв ОДС произошел в нескольких соседних комнатах и коридоре, имеющих суммарный объем 700–800 м³, тогда наблюдалась бы совершенно иная картина разрушений, без ярко выраженного эпицентра, определенного по профилю разрушения капитальных стен, пола и толстых дубовых балок перекрытия между вторым и первым этажами.

Был проведен расчет массы заряда по ТНТЭ, достаточного для разрушения пола и дубовых балок при предположительном расположении его на расстоянии 0,5–1 м от балки. Определенная масса заряда составила 25–35 кг, что совпало с результатами первой расчетной версии.

По третьей версии проводились расчеты массы заряда по ТНТЭ, способного выбить раму с признаком определенного ускорения, достаточного для того, чтобы она, будучи выбитой из оконного проема второго этажа и пролетев расстояние 25 м, выбила окно с рамой на втором этаже дома напротив.

Во всех расчетах масса заряда по ТНТЭ составляла от 25 до 35 кг. Была определена также примерная скорость детонации заряда — от 4000 до 5000 м/с, что нехарактерно для газовоздушных взрывов. Опыт и литературные источники [1, 2] в области исследований характера разрушающего воздействия взрывов ОДС, образовавшихся при аварийном выбросе, показывают, что разрушение капитальных стен, перебитие балок и других относительно прочных несущих конструкций возможно при взрыве метановоздушной ОДС с минимальной массой от 100 до 2000 кг, занимающей объем от 260 до 5200 м³. Для аварийно образовавшихся ОДС нехарактерно разрушение капитальных стен и перекрытий в зданиях при наличии легкоразрушаемых конструкций — окон, дверей, перегородок, быстро разрушающихся и снижающих давление в помещении эпицентра взрыва [3–5].

Профиль и характер ровного разрушения капитальных стен, перебитие балок только в одной комнате, фрагментное разрушение стены первого этажа и оконного проема под комнатой, где произошел взрыв, характер направленного воздействия взрывной волны во дворе и окружающих зданиях являются несомненными признаками взрыва мощного конденсированного заряда бризантного взрывчатого вещества. Эти признаки полностью исключают только первичный газовоздушный взрыв, но не отрицают его как последующий взрыв, после основного взрыва сосредоточенного заряда. Против версии взрыва газа свидетельствует и отсутствие запаха газа до взрыва, а также то, что в поврежденных соседних домах на протяжении нескольких часов

после взрыва газовая система работала нормально, пока ее не отключили ввиду аварийной обстановки.

4. Аналогичный случай со взрывом был зафиксирован в подвальном помещении больницы в г. Болехове в мае 2008 г., где также присутствовали явные признаки взрыва заряда конденсированного, близантного взрывчатого вещества: ярко выраженный эпицентр взрыва, характер разрушения толстых стен подвала старого кирпичного здания постройки конца XIX – начала XX века, а также фрагментные разрушения стен и окон первого этажа вокруг эпицентра взрыва. Кроме того, если принять версию взрыва газа, то необъяснимым остается вопрос, как газ попал в подвал здания, если повреждение газовой трубы обнаружено во дворе не менее чем в 3 м от стен здания. Для этого случая возможна версия взрыва сжиженного газа в подвале из найденных в этом подвале пустых газовых баллонов. Для г. Болехова характерна кустарная заправка баллонов сжиженным газом, что намного повышает опасность утечки газа и последующих взрывов.

5. Весьма интересным в расследовании был взрыв на седьмом этаже девятиэтажного жилого дома по ул. Самборской г. Дрогобыча, произошедший 23 сентября 2008 г. Как известно из классических работ [1, 2, 6, 7, 9] по исследованию динамики различных видов ОДС, избыточное давление в подавляющем большинстве объемных взрывов составляет не более 6–8 кгс/см². В условиях замкнутого помещения “мягкий”, относительно низкоскоростной взрыв может привести к разрушению только сплошных, легкоразрушаемых конструкций — перегородок, дверей, окон. Обнаружены признаки ОДС: обрушение наименее прочных стен без их дробления; множественные признаками обугливания легковоспламеняющихся (бумажных и искусственных обоев, пластмассы) и горючих (ткани, дерево) материалов; хлопья черной сажи. Анализ разрушений строительных конструкций стен, окон аварийной квартиры и соседних с ней помещений, как результата воздействия взрывной волны, позволил установить местонахождение эпицентра взрыва — в помещении № 1, над расположенным в данном месте диваном, по целому комплексу следующих признаков:

- 1) расположение вмятины, пробоины и характер центрического растрескивания стены перекрытия между комнатами;
- 2) обугливание мягких покрытий дивана;
- 3) разбитое окно с рамой и балконным металлическим ограждением;
- 4) равномерный сдвиг капитальной, наружной стены, ширина трещины от эпицентра 4,0–4,5 см;

5) трещина с серединой над эпицентром и характерное крестообразное обваливание штукатурки с потолка, частично сгоревшие поврежденные провода и место исчезнувшего (упавшего) светильника, указывающие на возможный источник зажигания — инициации взрыва;

6) выбитое окно на кухне седьмого этажа при сохранении целой кухни;

7) “поясное” расположение выбитых снаружи кирпичей и начало трещины между торцевой капитальной наружной стеной и боковыми, наружными, капитальными стенами; характер расширения трещин вверх от уровня эпицентра взрыва; отход верхней части торцевой наружной капитальной стены от здания, а также других боковых и внутренних стен.

Характер разрушений в комнате, где был эпицентр взрыва, нетипичен для взрыва газовоздушных смесей в основном из-за отсутствия равномерности воздействия и в то же время не соответствует взрыву заряда конденсированных взрывчатых веществ (КВВ) из-за отсутствия признаков близантного воздействия. Больше всего это напоминает более мощный паровоздушный взрыв, источником которого в данном случае послужила, видимо, емкость с легковоспламеняющейся жидкостью (растворитель, лак, ацетон и т. п.). Хозяева при уходе из квартир, возможно, забыли закрыть емкость пробкой или закрыли ее неплотно. В результате в комнате № 1 создалась взрывоопасная паровоздушная смесь (ПВС), скорость детонации которой может достигать 3000 м/с и более, что на 50–100 % превышает скорость детонации объемно-детонирующей газовоздушной смеси (ОДГВ), а мощность разрушающего воздействия образующейся взрывной волны — до 3 раз [9].

Картину происшествия можно представить следующим образом. Хозяева зашли в квартиру, с порога почувствовали запах паров горючей жидкости, оставленной ими в квартире, и поспешили открыть окна для ее проветривания. При этом они, естественно, открыли дверь в комнату № 1, впустив тем самым туда свежий воздух, который разбавил ПВС до взрывоопасной концентрации, а затем зажгли свет (есть версия, что свет зажегся автоматически, что и послужило источником взрыва). Причем, судя по направленности действия взрывной волны, искра, инициирующая взрыв, образовалась, видимо, в верхнем светильнике, а не в выключателе, что объясняет дискообразную направленность действия взрывной волны (ОДГВ). Эта волна “отодвинула” капитальную стену, выбила раму с окном, сломала на уровне эпицентра взрыва перегородку и, отразившись от поперечной капитальной стены, за которой находились ванная и кухня, создала узкую, локальную ударную волну, выбившую окно с рамой и вдребезги разбившую перегородку в смежную

комнату, практически не повредив при этом кухню. Такое неравномерное воздействие типично для паровоздушных ОДС, образовавшихся в замкнутом сложном (с перегородками) объеме быстро и неравномерно, в результате чего наблюдается нестационарное сочетание “мертвых” зон, фугасного (сдвигающего) и бризантного (дробящего) воздействия.

В результате взрыва ОДС, видимо, произошло распыление в виде локальных струй оставшейся в емкости ЛВЖ. Эти струи, распространяясь неравномерно в помещениях с разрушенными перекрытиями, создали локальные среды ОДС, детонирующие последовательно еще и в других комнатах и коридоре. Произошло образование самоподдерживающейся взрывной волны, несущей за своим фронтом спутный поток распыленной горючей жидкости и ее паров, которые, послойно смешиваясь со встречным потоком воздуха, привели к серии последовательных взрывов по траектории распространения взрывной волны. Эта траектория определялась сложной аэродинамической обстановкой, многократным отражением и сложением волн вследствие наличия несущих толстых прочных стен, тонких малопрочных перегородок, легкоразрушаемых дверей, окон и мебели. Например, взрывная волна из комнаты, где находился эпицентр взрыва, проникла в соседнюю комнату сквозь пролом в середине перегородки и широкую щель вверху, между потолком и наклонившейся перегородкой. В результате смешения идущего за взрывной волной спутного потока распыленной горючей смеси и свежего воздуха в этой комнате образовалась ОДС, работающая следующим образом:

- 1) выбив окно и дверь с рамами, обрушила балконное ограждение лоджии;

- 2) вдребезги (бризантное действие) разбила перегородку (стену) между помещениями и перегородку, отделяющую прихожую; выбила входную дверь квартиры и проникла в коридор;

- 3) сломала (перебила снизу) плиту потолочно-го перекрытия, выбив один конец плиты из паза над наружной стеной, в результате чего перебитая пли-та упала на пол;

- 4) выбила дверь во внутренний коридор квартиры № 95, проломила стену в квартиру № 96 и, соединившись с другой волной со стороны кухни, сломала перегородку.

Далее в коридоре произошло сложение волн в комплексе с эффектами их отражения от стен и торцов коридора, самоподдерживающихся взрывов горючей смеси. В результате была выбита дверь в лифт и вдребезги разбит электроощит напротив. При этом взрывная волна со спутной горючей смесью ворвалась в шахту лифта и, устремившись вниз, выдавила наружу двери лифтов на всех нижележащих этажах,

и особенно сильно на первом этаже, что позволяет предположить еще один локальный взрыв вследствие отражения взрывной волны от дна шахты лифта.

Взрывная волна из коридора распространилась по лестничной клетке вниз и вверх, выбив стекла в коридорных окнах на всех этажах, а на восьмом и шестом этажах частично повредила входные двери в квартиры. Этой волной были выдавлены и выброшены наружу рамы окон и двери из комнаты, где был эпицентр взрыва, и соседней с ней комнаты на расстояние 70–80 м, где они и были обнаружены 23–24 сентября.

Как отмечено в трудах [1, 2, 6], при розливе ЛВЖ и последующем длительном испарении ее из горловины открытого сосуда в замкнутом помещении создаются взрывоопасные ПВС, потенциальная мощность взрыва которых определяется объемом воздуха в данном помещении. Если инициирование объемного взрыва ПВС произошло в одной комнате, и далее взрывная волна со спутной паровоздушной горючей смесью распространялась в соседнюю комнату, то в последней наблюдаются более сильные разрушения, чем в первой, что имело место в нашем случае, когда взрывная волна последовательно прошла по ряду комнат и квартир, а затем в коридор и шахту лифта.

В литературе [1, 2, 7, 9] неоднократно отмечалась возможность резкого ускорения горения паровоздушной смеси и перехода в объемный взрыв с самоподдерживающейся взрывной волной за счет серии последовательных взрывов при смешении спутного потока горючей среды с воздухом. В области непосредственно за взрывной волной происходит нагрев горючей смеси с временной выдержкой, достаточной для возникновения локального взрыва. Дальнейшее распространение взрывной волны происходит при ее медленном затухании и периодической подпитке серией последовательных локальных взрывов. Отмечено наличие нескольких “мертвых” зон с практическим отсутствием разрушений в различных помещениях.

Очаговый характер разрушений легко привязывается к местам подпитки взрывной волны свежим воздухом, а “мертвые” зоны и зоны фугасного воздействия — к местам наличия опорных стен (экранов или застойных зон с недостатком окислителя в углах помещений). При этом в зонах локальных ускорений (взрывов) скорость детонации паровоздушной среды может достигать 3160 м/с [1, 3, 6].

Таким образом, только версия паровоздушного взрыва с образованием самоподдерживающейся взрывной волны может объяснить имеющуюся картину сочетания локальных зон бризантных разрушений, фугасных сдвигов и проломов, локальных, далеко распространяющихся взрывных разрушительных

волн, дистанционного метания рам и дверей в сочетании с “мертвыми” зонами, не затронутыми действием взрывной волны.

6. В мае 2008 г. прокуратура Ивано-Франковской области по требованию “Ивано-Франковскгаза” пригласила меня в качестве независимого эксперта для расследования взрыва в школе ДОСААФ в г. Ивано-Франковске. По официальной версии это был взрыв бытового газа из газовой сети. Я доказал, что это был паровоздушный взрыв растворителя (ацетона), применявшегося при ремонте класса школы, где находился эпицентр взрыва. Эта позиция автора была дважды успешно защищена на судебных заседаниях.

7. 24 декабря 2008 г. произошла трагедия в г. Евпатории (Крым). В пятиэтажном доме прогремел взрыв, в результате которого разрушены два подъезда, 35 квартир, погибли под завалами 27 чел., спасены 32 чел. Была создана межведомственная государственная комиссия из ведущих ученых и специалистов Украины в области систем подачи газа и эксплуатации сосудов высокого давления. Испытания газовой системы микрорайона, в котором находился взорванный дом, показали, что она работает в соответствии с нормативными документами и, следовательно, взрыв не был следствием утечки газа из этой системы. Затем эксперты изучали расположение баллонов с кислородом и газом МАФ (аналог ацетилена) и исправность замочных клапанов на них. В результате сразу была выдвинута версия о том, что причиной взрыва послужила утечка газа из двух поврежденных баллонов, в одном из которых содержался газ МАФ, а в другом — кислород. Городской совет Евпатории не был согласен с выводами официальной комиссии и создал собственную депутатскую группу по изучению причин взрыва дома, предоставив ей полномочия проводить по факту взрыва различные консультации со специалистами, делать запросы в инстанции и привлекать к работе экспертов.

Анализ результатов осмотра места происшествия и фотографий, сделанных в первый и последующие дни после катастрофы, позволил установить отсутствие основных признаков газовоздушного взрыва: 1) многие строительные конструкции сильно разрушены; 2) нет следов обугливания и сажи на сохранившихся стенах; 3) ряд свидетелей показал, что они слышали звук взрыва и почувствовали запах после него, как при разрыве снаряда; 4) наличие множества мелких осколков конструкций дома и стекол.

Анализ фотографий и осмотр места происшествия позволили установить местонахождение эпицентра взрыва, а именно в комнате второго этажа, по сочетанию следующих признаков:

- разрушена внутренняя стена с характерным изломом у пола ближе к окну. Это разрушение четко видно на фотографиях, сделанных на месте после взрыва, и зафиксировано в день осмотра. На других этажах степень разрушений уменьшается по мере удаления вверх и вниз от второго этажа;
- чугунная пятисекционная батарея выброшена взрывной волной из комнаты, где был эпицентр взрыва, с высоты 4,6 м и, пролетев на расстояние 34 м, упала на проезжую часть улицы;
- наличие характерного вылома в выходящей во двор опорной стене дома;
- ровное (как будто срезанное) разрушение горизонтальных перекрытий у опорной вертикальной стены, неравномерное разрушение таких перекрытий у противоположной стены, с характерным уменьшением степени разрушения по мере удаления вверх и вниз от второго этажа;
- профиль разрушения и разлома стен подвала; сохранившиеся в подвале мебель и посуда не сдвинуты со своих мест при взрыве;
- наличие множественных осколочных повреждений тыльной стены магазина, наиболее частое напротив предполагаемого эпицентра взрыва.

Примерная масса заряда взрывчатого вещества была определена по тротиловому эквиваленту в рамках традиционного метода расчета подрыва бескаркасного здания сосредоточенно-неконтактным зарядом, расположенным внутри помещения и не прилегающим к опорной стене. При этом достигается эффект полного обрушения здания на месте с разбросом отдельных крупных осколков, к которым в нашем случае относятся батарея и фрагмент балконной решетки. В случае разрушения бескаркасного крупноблочного здания с наружными, внутренними продольными и поперечными стенами из крупных блоков пиленного известняка высотой в этаж, с поверхностными сборно-монолитными железобетонными поясками из крупнопустотных типовых плит. Поэтому при расчете разрушенная часть дома между двумя опорными неразрушенными стенами может быть представлена как отдельное бескаркасное здание с одной внутренней опорной стеной и внешними опорными стенами, полностью разрушенными взрывом. Рассчитанная масса заряда составляет около 60 кг для кирпичного здания и от 25 до 35 кг — для крупноблочного бескаркасного здания.

Эквивалентный объем газовоздушной смеси, взрыв которой способен полностью разрушить это здание, составляет 1200–1450 м³. Объем одного этажа разрушенного дома составляет около 600 м³, следовательно, газовоздушная смесь во взрывоопасной концентрации должна была заполнить не менее

двух этажей или подвал и первый этаж. Один баллон газа МАФ в идеальных условиях может создать не более 300 м³ взрывоопасной смеси. Кроме того, зимой газ из баллона, хранящегося в теплой комнате подвала, должен был выйти на улицу, а не внутрь подвала, где более плотный влажный воздух. При этом взрыв мог произойти только в одном помещении подвала и снаружи. В результате могли быть выбиты окна, двери во взорванном доме и в соседних домах, вспучен пол первого этажа, но не могли быть разрушены опорные стены и целиком дом.

Версии о взрыве газа противоречит еще одно важное обстоятельство: газ МАФ обладает резко выраженным запахом, и трудно себе представить, чтобы никто из 59 жителей дома, оказавшихся под завалом, и более удачливых их соседей не почувствовали запах газа (в течение длительного процесса образования большого взрывоопасного облака) и не подняли тревогу по этому поводу. Тем более что раньше жители дома неоднократно обращались к властям по поводу резкого запаха газа МАФ во дворе их дома.

Выброшенная взрывной волной на проезжую часть батарея могла находиться только в комнате, где был эпицентр взрыва, поэтому справедливым будет допущение, что стены комнаты и батарея составляли твердую оболочку заряда и разлетелись с одинаковой начальной скоростью; при этом пустотельные конструкции стен разрушились. По дальности выброса батареи была установлена ее начальная скорость — около 70 м/с, а затем по эмпирической формуле определен порядок скорости детонации взрывчатого вещества — от 6000 до 7500 м/с. Это позволяет предположить, что заряд взрывчатого вещества представлял собой смесь гексогена — 25 кг (стандартный мешок, похожий на мешок с сахаром), гранулированного тротила — 30–40 кг, аммомата — 40–50 кг, аммонита — 50–60 кг. Таким образом, очевидна весьма вероятная версия о незаконном хранении криминально приобретенного взрывчатого вещества в квартире второго этажа. Причиной взрыва мог быть открытый огонь, длительный нагрев, совместное хранение заряда с детонатором, сильный удар, а главное то, что при хранении взрывчатого заряда в жилом доме рано или поздно неизбежно происходит взрыв с трагическими последствиями.

Процесс взрыва можно описать следующим образом. Образовавшаяся сильная сферическая взрывная волна полностью разрушила одну опорную стену и все перегородки между другими ближайшими опорными стенами на уровне второго этажа преимущественно, в результате чего здание приподнялось и обрушилось на месте. Отсутствие разлета крупных осколков (кроме батареи) объясняется малой

прочностью пустотелых крупноблочных конструкций, разрушившихся на месте.

Если смотреть с фронтальной части дома, после инициирования взрыва часть образовавшейся взрывной волны разрушила левую опорную стенку и в значительной мере отразилась от нее, как от мощного экрана. Другая часть взрывной волны разрушила фронтальную стену, выбросила на мостовую пяти секционную батарею из комнаты, где был эпицентр взрыва, как единственный металлический, тяжелый, трудноразрушаемый предмет. Остальные предметы, находившиеся в этой комнате (мебель, стены и пр.), были разрушены мощной взрывной волной. Выброшенная наружу батарея по пути вырвала часть балконной решетки, перелетела крышу магазина, не задев ее (что говорит о высокой скорости ее движения), и упала с решеткой на проезжую часть. Учитывая малую разницу (20 см) высот расположения батареи, балконной решетки и конька крыши магазина, а также то, что другие батареи не были выброшены взрывной волной, представляется бесспорным факт нахождения эпицентра взрыва в комнате, где находилась данная батарея. Это могла быть разрушенная комната квартиры № 23 или комната полностью разрушенной квартиры № 22, находящихся на втором этаже и выходящих окнами на проезжую часть по ул. Некрасова.

Одновременно с этими разрушениями другие части взрывной волны, усиленные частью взрывной волны, отраженной от опорной стены второго подъезда дома, полностью разрушили внутренние перегородки и перекрытия секции дома на уровне второго этажа, а также выходящую во двор часть несущей стены. Результатом такого разрушения, приближенно имитирующего профессиональный подрыв здания, явилось то, что конструкции секции дома, ограниченные опорными стенами, не разлетелись в разные стороны, а осели на месте, не завалив ни двор, ни расположенный поблизости одноэтажный магазин, ни проезжую часть улицы. Единственными далеко разбросанными опасными крупными "осколками" были вышеупомянутые батарея и решетка.

Такой характер разрушения секции дома по уровню второго этажа с последующим оседанием секции дома, практически без серьезных повреждений других секций, достаточно убедительно свидетельствует о взрыве мощного заряда близантного взрывчатого вещества с высокой скоростью детонации, который создал мощную взрывную волну с очень кратким временем воздействия.

Таким образом, налицо убедительные доказательства криминального оборота взрывчатых веществ на Украине. Например, в г. Керчи в марте 2009 г. в одном из гаражей было найдено 175 кг тротила и

гексогена, расфасованных в заряды по 5 и 10 кг (излюбленный террористами размер упаковки ВВ). Официальный представитель Крымского УВД заявил, что эта “безобидная”, некриминальная находка предназначена для глушения рыбы в море.

Анализ евпаторийского взрыва, 175 кг тротила и гексогена, обнаруженные в одном из гаражей Керчи, взрыв дома во Львове, странные пожары крупнейших баз боеприпасов и взрывчатых веществ в Лозовой и Новобогдановке свидетельствуют о существовании на территории Украины интенсивно действующего подпольного рынка взрывчатых веществ, а также о том, что правительство не может (или не хочет) принимать должных мер по обеспечению учета и сохранности большого количества (168) баз и складов взрывчатых веществ и боеприпасов. Такая обстановка грозит большой опасностью для жителей Украины — массовыми жертвами иувечьями при неизбежных взрывах, всегда сопутствующих подпольному обороту взрывчатых веществ.

8. В мае 2009 г. была сделана попытка вывезти на грузовом автомобиле со склада боеприпасов в Новобогдановке несколько десятков боеприпасов, содержащих в сумме более 150 кг взрывчатого вещества по тротиловому эквиваленту. К счастью, СБУ пресекло эту попытку. Корреспонденты газеты “Сегодня” попросили меня дать экспертную оценку потенциальной разрушительной силе этого количества взрывчатки. Я ответил, что, по моему мнению, этого достаточно, чтобы полностью разрушить девятиэтажный дом с пятью подъездами.

9. Необходимо отметить, что в период с 2004 по 2008 гг. произошло четыре катастрофических пожара на крупнейших на Украине базах хранения ракет и артиллерийских боеприпасов. В советский период в течение 8 лет я руководил крупной научно-исследовательской разработкой новых средств тушения штабелей ящиков с ракетами и боеприпасами. Поэтому я имею основание полагать (а анализ материалов СМИ дает этому подтверждение), что упомянутые пожары возникли вследствие квалифицированно осуществленных поджогов, а правительство Украины не привлекало для их тушения имеющуюся в пожарных частях Украины новейшую технику (семь многоствольных установок “Импульс-3М” на шасси танков Т-62). Видимо, были удачные попытки скрыть крупномасштабную нелегальную продажу боеприпасов за рубеж.

10. Число и частота террористических актов с применением взрывчатых веществ неуклонно растут на Украине. Так, 7 мая 2009 г. в г. Днепропетровске в зале игровых автоматов было применено зажигательное устройство, похожее по характеру действия (скорости развития и мощности пожара) на боевое. При осмотре помещения и сгоревших

игральных автоматов были обнаружены явные признаки действия высоких температур (более 1000 °C): из сгоревших 60 игровых автоматов несколько имели признаки оплавления металлических деталей, обгорания и деформации стен помещения и строительных конструкций. Как известно, пожарная нагрузка в типовых игорных залах мала и не может обеспечить имевшие место быстрое развитие пожара, высокие температуры и закрытие пламенем выхода.

11. В г. Мелитополе 2 июня 2009 г. в помещении Сбербанка на первом этаже девятиэтажного жилого дома произошел взрыв по официальной версии (серия взрывов по показаниям свидетелей). Пострадало 32 чел., из них 3 тяжело; повреждено 3 припаркованных напротив Сбербанка машины. По показаниям свидетелей перед взрывом в Сбербанк вошли два человека с большими пакетами, один из которых они оставили у входа, а другой — внутри помещения. Затем они быстро вышли, и вскоре прогремели взрывы. Налицо классический случай теракта.

12. При расследовании взрыва, произшедшего в начале октября 2009 г. в г. Днепропетровске, официальные эксперты после недолгого колебания признали наличие на газовой трубе достаточно мощного заряда взрывчатого вещества, разрушившего трубу и образовавшего гораздо более мощный взрыв газа, убивший проходившего рядом бизнесмена. В устройстве было применено очень дорогое иностранное следящее инициирующее устройство. Налицо явное намерение замаскировать теракт под случайный взрыв газа из газового трубопровода.

Это первый случай на Украине, когда официальная экспертиза дала заключение о криминальном применении заряда взрывчатого вещества.

13. 18 января 2010 г. в пятиэтажном здании больницы № 7 г. Луганска на четвертом этаже в отделении реанимации больницы произошел взрыв, по официальной версии двух баллонов с кислородом. Погибло 16 чел., еще трое, находившиеся в непосредственной близости от эпицентра взрыва, были доставлены в больницу с травматическими ампутациями конечностей, множественными осколочными ранениями, сплошными ожогами; шестеро госпитализировано с ранениями. В результате взрыва обрушились перекрытия до 5-го этажа, включая 4, 3 и 2-й этажи, повреждена крыша, имели место множественные обрушения стен-перегородок.

Расчеты массы заряда по ТНТЭ, проведенные по методике [3] определения величины заряда ТНТ для разрушения междуэтажных перекрытий и стен помещения, а также по версии взрыва двух 40-литровых баллонов, заполненных стехиометрической смесью метана и кислорода, показали практически совпадающие результаты — от 20 до 30 кг ТНТ.

Анализ последствий взрывного воздействия, таких как: бризантный (дробящий) характер разрушений здания больницы, включая четыре междуэтажных перекрытия, фрагмент несущей, фронтальной стены здания, а также проведенные расчеты однозначно позволяют сделать заключение, что это был мощный взрыв заряда конденсированного взрывчатого вещества, для которого характерен уровень давления в эпицентре взрыва 210 000–387 000 атм и дробление (разрушение) любых материалов, расположенных в радиусе до нескольких метров от эпицентра взрыва, а отнюдь не объемный взрыв паровоздушных, газовоздушных облаков при участии кислорода из баллонов с максимальным давлением 30–40 атм, не обладающих разрушительным воздействием на прочные материалы и конструкции. Характер разрушения двух баллонов на 15–25 крупных осколков с отрывом днища и горловины от корпусов, а также пробитие третьего, рядом расположенного баллона одним из образовавшихся крупных осколков позволяет сделать вывод, что взрывы произошли внутри этих баллонов.

Известны случаи полного разрушения кислородных баллонов с образованием осколков в результате возгорания внутри баллона кислорода и каким-то образом попавшего внутрь горючего газа (пропан, метан, ацетилен) и последующего взрыва внутри баллона с возрастанием давления до 100–200 МПа [9, 10].

Попробуем качественно оценить результаты такого взрыва, если в баллон специально злоумышленниками закачаны метан и кислород во взрывоопасной концентрации по нижнему пределу взрываемости. Два кислородных баллона вместимостью по 40 л ($2 \cdot 40 = 80$ л) под давлением 150 атм (15 МПа) могут содержать минимальный теоретический объем (МТО) метанокислородной смеси в соотношении (% об.) 41 : 59, или 4900 л (3,5 кг) метана и 7100 л (5,45 кг) кислорода. Рассчитанное избыточное давление на фронте воздушной ударной волны для стехиометрической смеси метана и кислорода, учитывая, что максимальный к.п.д. взрыва газового облака, достигаемый лишь при сферической детонации, не превышает 40 % [2], получаем $P = 256$ МПа = 2560 атм. Результаты расчета подтверждают [9, 10], что такого давления вполне достаточно для разрыва баллона с высокоскоростным разлетом осколков. Энергию, выделившуюся при взрыве, можно оценить как $E = 195$ МДж, что по тротиловому эквиваленту соответствует $(0,3 \cdot 195 \text{ МДж}) / (0,9 \cdot 4,52 \text{ МДж}) = 14 \text{ кг ТНТ}$, где 0,3 — коэффициент перехода тепловой энергии газовоздушного взрыва в УВ, а 0,9 — коэффициент перехода тепловой энергии взрыва ТНТ в энергию УВ.

Однако начальное давление при взрыве тротила 21 ГПа (210 000 атм), а давление ОДС в нашем случае составляет 256 МПа (2560 атм). Учитывая разницу начальных давлений, можно сказать, что проведенные расчеты по оценке ТНТ-эквивалента практически совпадают. Взрыв двух баллонов не изменяет качественного различия взрыва ТНТ и ОДС.

Взрыв МТО смеси метана с кислородом обеспечивает на порядок большее начальное давление в УВ по сравнению с метановоздушной смесью. Повышение давления при объемном взрыве носит пространственно-равномерный характер и является в основном результатом роста в нем температуры, поэтому в боевые ОДС добавляют мелкодисперсные порошки с высоким тепловым эффектом сгорания. Избыточное давление в проходящей волне может достигать 2 МПа, а давление, действующее на элементы конструкции, — 10 МПа за счет отражений и в случае инициирования локальных взрывов поджатой ОДС [2], что как раз имеет место в нашей версии, когда струи ОДС из разрушенного баллона при наиболее вероятной неполной детонации во внутреннем объеме баллона реагируют за его пределами, образуя локальные зоны с повышенным давлением и УВ с усиленным разрушающим эффектом. Поэтому использование двух специально изготовленных баллонов со взрывоопасной смесью в качестве нетрадиционных бомб вполне позволяет допустить имеющийся характер разрушений. Кстати, ОДС в баллонах при определенном уровне квалификации их заполнения вполне можно разбавить порошком металла алюминия, магния, муки, мелкими опилками или порошковым ВВ — гексогеном, аммонитом или др., значительно усиливающим бризантный эффект.

Анализ предоставленных и имеющихся в открытых источниках материалов, а также проведенные расчеты однозначно свидетельствуют:

- не было случайного взрыва нормально заполненных газовых и кислородных баллонов по причине нарушения техники безопасности;
- имел место взрыв специально подготовленного мощного заряда взрывчатого вещества или взрывчатой смеси с высоким бризантным эффектом, соответствующего по фугасному эффекту взрыву заряда 25–30 кг ТНТ (тротила);
- заряд мог быть размещен в баллонах в виде смеси кислорода и горючего газа с вероятной примесью порошкообразного металла (алюминий, магний) или взрывчатого вещества, например гексогена.

Корректность данных выводов подтверждается их соответствием положениям фундаментальных научных трудов в области физики горения и взрыва,

а также совпадением результатов трех независимых расчетов массы заряда ВВ.

14. На станции Лужаны 25 января 2010 г. около 17 ч 20 мин произошел взрыв во втором купе 3-го вагона во время остановки поезда № 628 Киев – Черновцы (рис. 1). Свидетели (пассажиры) слышали мощный хлопок, видели вылетающие в окна вещи, матрацы. Во всем вагоне повыбивало стекла; взрывной волной были смяты несколько перегородок между купе. На проводнице почти полностью обгорела одежда и волосы, вся она была в ожогах. Сразу после взрыва начался пожар. Пассажиры попытались потушить пожар огнетушителями.

В результате пожара были разрушены перегородки купе, разбиты оконные стекла, выдавлена дверь из купе № 2, где был эпицентр взрыва. Проводники с сильными ожогами верхних дыхательных путей и верхушек легких доставлены в реанимацию, еще трое получили тяжелые ожоги. Всего от ожогов пострадали 9 пассажиров. Через 1,5 ч после прибытия поезда в Киев СБУ обнародовала информацию о том, что причиной взрыва в третьем вагоне был газовый баллон, который проводники внесли в поезд без соблюдения правил техники безопасности.

Баллона или его осколков на месте происшествия не нашли, хотя поезд стоял на станции и баллон не иголка. По словам проводника, он действительно занес в поезд баллон, который до этого несколько часов находился на морозе при минус 30 °C, а в вагоне температура была 26 °C. Поэтому, после того как баллон пролежал некоторое время в тепле, он начал “травить”, проводник почувствовал запах газа и попытался выбросить баллон из тамбура вагона на улицу, но именно в этот момент баллон взорвался. При взрыве образовался огненный шар, нанесший ожоги 1, 2 и 3-й степеней двум проводникам (находятся в реанимации), а также четырем пассажирам, которых выпишут из больницы не ранее чем через неделю. Еще три пассажира, обратившиеся в больницу, якобы имели легкие осколочные ранения.

При взрыве газа в купе объемом 8 м³ с содержанием горючего газа на нижнем концентрационном пределе (НКП) 5,28 % во взрыве будет участвовать

не более 300 г метана, и взрывная волна будет слабой с перепадом давления не более 9 кПа (0,009 атм). При таком давлении вероятность разрушения простого оконного стекла составляет не более 1 %, а разрушение усиленного вагонного стекла просто невозможно, тем более в коридоре. Невозможно также разрушение перегородок между купе и выдавливание двери из купе в коридор. Маловероятно образование и огненного шара, создающего сильный ожог верхних дыхательных путей и верхушек легкого.

При взрыве газа в купе с содержанием газа на верхнем концентрационном пределе (ВКП) 11,4 % во взрыве будет участвовать более 800 г газа, и перепад давления может достигать 24 кПа, что не может вполне объяснить ограниченное разрушение окон, выдавливание перегородок между купе и образование огненного шара. Учитывая размеры купе (1,8×1,8×2,5 м), принимая расстояние эпицентра взрыва от стенок около 1 м и учитывая, что соотношение 1 кг ТНТ по фугасному воздействию соответствует 177 м³ ОДС на этом расстоянии, получаем тротиловый эквивалент около 45 г, как в ручной гранате.

Анализ экспериментальных данных и практического опыта позволяет распределить по степени разрушающего и поражающего воздействия взрывные и ударные волны, исходя из основного критерия — перепада давления $P_{\text{пр}}$ на фронте волны:

- 12–28 кПа — ограниченное повреждение деталей строений: внутренних перегородок, дверей, рам и пр.;
- 5 кПа — отсутствие разрушений; безопасно для человека и считается нижним порогом поражения человека;
- 3 кПа — отсутствие разрушений; безопасно для человека; возможно частичное повреждение остекления.

Остается невыясненным важный вопрос: каким образом и за какое время создалась эта взрывоопасная газовоздушная среда со стехиометрической концентрацией и почему пассажиры и проводник не почувствовали специфического запаха газа? В начальный период движения поезда, как правило, происходит интенсивное движение людей в вагоне, двери открываются и закрываются, поэтому вопрос об образовании взрывоопасной среды сомнителен. Как правило, взрывоопасная концентрация газовоздушной смеси образуется в замкнутом помещении в течение относительно длительного времени — нескольких минут или десятков минут, а взрыв происходит, когда открываются двери в это помещение и появляется источник инициирования взрыва, например нажимают выключатель.

Наиболее вероятен взрыв относительно маломощного зажигательного устройства или боеприпаса,



Рис. 1. Взрыв в поезде № 628 Киев – Черновцы

сработавшего через заданное время после отхода поезда или по дистанционно переданному сигналу. В эту версию вполне укладывается характер полученных ранений и разрушений.

Анализ вышеупомянутых материалов показывает, что налицо явные тенденции “списать” взрывы террористического характера, как и в предыдущих сценариях, а также взрывы от неосторожного обращения со взрывоопасной жидкостью (Дрогобыч) и от криминально заправленных баллонов с жидким газом (Болехов) на неисправности газовой системы или нарушения техники безопасности при работе с газовыми баллонами. Такое объяснение может пройти на фоне многочисленных взрывов газа по стране, происшедших за последние годы. Криминалит всегда умело пользуется трудной для страны ситуацией, а в официальных органах нет достаточного количества квалифицированных экспертов с глубокими знаниями физики горения и взрыва и современных работ по этим вопросам. Но главное не в квалификации независимых экспертов, а в позиции правительства, упорно скрывающего от народа истинное положение дел со взрывчатыми веществами на Украине. Тем более что взрыв газа наиболее легко, быстро и удобно оформить как результат расследования. *Версия взрыва газа и объявление виновными территориальных газовых фирм или жилищно-эксплуатационных контор (“Львовгаз”, “Дрогобычгаз”, ЖЭК Евпатории и др.) наиболее просты при расследовании и оформлении уголовных дел.*

15. В Николаеве 4 февраля произошел взрыв газа в трехэтажном доме. Этот взрыв, единственный из описанных выше, имеет явные и неоспоримые признаки взрыва бытового газа: произошло возгорание и взрыв с последующим пожаром, нет сильных повреждений, выбито только окно в комнате, где произошел взрыв.

16. В Одессе 5 февраля в 9 утра прогремел взрыв в подъезде дома № 40 по ул. Греческой, в центре исторической части Одессы. Как только директор похоронного бюро вошел под арку, раздался сильный хлопок, из трубы у входа повалил густой дым, а из окон дома посыпалось стекла. Директор с многочисленными ранениями и сильными ожогами был доставлен в больницу, где его немедленно прооперировали. Сотрудники оперативно-следственной группы и пиротехники установили, что сработало самодельное взрывное устройство, реагирующее на движение. Устройство было прикреплено к силовому кабелю в арке здания, в непосредственной близости от газового стояка с явной целью одновременно разрушить и его, чтобы вызвать взрыв газа и замаскировать криминальный характер взрыва. Мэр Одессы Эдуард Гурвиц считает, что взрыв про-

изошел не случайно, а чтобы создать атмосферу страха в городе. Это, пожалуй, единственная правильная оценка мотивов террористического взрыва из уст украинского чиновника высокого ранга. Год назад мэр Евпатории А. П. Даниленко оценил вышеописанный взрыв как чисто криминальный из-за наличия масштабного рынка ВВ.

17. На подъезде к Кривому Рогу 6 февраля был взорван железнодорожный путь, и только внимательность машиниста, остановившего состав в нескольких метрах от разрушенных рельсов, спасла поезд от крушения. Это, пожалуй, единственный случай, когда официальные органы не выдвинули версию о газовых баллонах, а просто обошли этот случай молчанием — не было никаких официальных заявлений, кроме краткого комментария “оранжевого” руководства железной дороги о том, что разрыв рельса с сильным повреждением шпалы произошел из-за перепада температур. Очередной официальный идиотизм! Как же тогда работают железные дороги в Сибири, на Крайнем Севере, в Монголии, где перепады температур за сутки достигают до 30–40 °C.

Последней каплей вышеописанной серии замаскированных терактов на Украине перед выборами было задержание 5 февраля возле здания Дома Профсоюзов на Майдане Незалежности органами СБУ и МВД лица грузинской национальности Чхапелия, имевшего при себе около 400 г ТНТ (стандартная шашка, или 2 шашки по 200 г, или 4 по 100 г ТНТ), электродетонаторы и инициирующее устройство. По сведениям СБУ, Чхапелия возможный торговец ВВ и оружием. Возможно, что он имел задание передать ВВ исполнителю или должен был сам осуществить провокационные взрывы на Софиевской площади во время собиравшего Юлией Тимошенко митинга на поддержку своей кандидатуры при выборах Президента. Не исключено, что она и была главным заказчиком этой провокации. По неподтвержденным данным имела место подготовка террористических взрывов в Киеве — Оболонь, Запорожье, Днепропетровске и, возможно, в других городах Украины. Смысл этих терактов, как и доказанного теракта в Луганске, — дестабилизация обстановки на Украине и срыв выборов Президента. “Оранжевая” власть любой ценой хочет сохранить свои позиции в стране, не останавливаясь перед массовым пролитием крови граждан Украины. В день выборов в Киевской области члены БЮТ забрасывали выборные участки дымовыми шашками, а в Луганской области задержан правоохранительными органами член избирательного штаба БЮТ, минировавший избирательные участки (12). А не под его ли руководством проводились вышеописанные террористические взрывы в Луганске? Возможно, при

хорошо проведенном расследовании ниточки из Луганского штаба БЮТ потянутся и в Кривой Рог, Одессу, Орджоникидзе, — не очень далеко расположенные от Луганской области. В демократических странах даже при наличии меньших подозрений правительство немедленно подает в отставку. Дальнейшее нахождение правительства Ю. Тимошенко у власти представляет реальную опасность для граждан Украины.

Серия террористических взрывов на Украине продолжается и после выборов: они стали уже ежедневными, после того как вечером 7 февраля наметился, а во второй половине дня стал очевидным проигрыш Ю. Тимошенко на выборах. Несмотря на признание результатов выборов международными наблюдателями и ведущими странами мира, ВОНА продолжает борьбу, только ее методы из грязных стали еще и кровавыми. Одним из ярких доказательств того, что правительство Тимошенко скрывает истинные причины взрывов, является уничтожение взорванных объектов (после извлечения всех пострадавших из-под завалов) с целью не допустить любую возможность корректного расследования. Другим доказательством является практика обнародования причин взрыва в первые часы после того, как взрыв произошел, что было сделано лично Тимошенко в г. Луганске, когда еще не могло быть никаких результатов объективного расследования. Ни в одном из случаев обнародованная правительством сразу после происшествия версия взрыва не изменялась после окончания работы следственной комиссии.

18. В г. Орджоникидзе Днепропетровской обл. в среднем подъезде двухэтажного жилого дома 8 февраля в 5 ч 10 мин утра произошел взрыв бытового газа (по официальной версии, как всегда на Украине времен тимошенковского правительства) (рис. 2). Однако результаты взрыва не похожи на взрыв бытового газа: разрушены несущие конструкции, и произошло обрушение шести квартир первого подъ-

езда. Из-под завалов спасено 6 чел., из дома эвакуировано 16 жителей, госпитализировано 7 чел. Хозяйка квартиры, где, предположительно, произошел взрыв, находится в реанимации в тяжелом состоянии. При первом осмотре места аварии не обнаружено следов ОД взрыва: нет на стенах черных хлопьев копоти — сажи, нет следов обгорания, нет следов возникновения пожара после взрыва, нет у потерпевших баротравм легких и верхних дыхательных путей, а также характерного, термического вздутия волос, обширных отслоений участков кожи. Стены здания разрушены, а не упали целыми, нет характерного скручивания металлических балок и выброса оконных рам.

Зато есть явные признаки взрыва заряда конденсированного ВВ — дробящее, локально ограниченное действие на близлежащие предметы. Разрушение окон сопровождалось разлетом с высокой скоростью осколков, фрагментов, обвалом частей здания. Стены были выдавлены и раздроблены. Давление газов от эпицентра взрыва распространялось радиально во всех направлениях. Взрыв сопровождался кратковременным возникновением малого пламени. На это обстоятельство указывает то, что ожоги получила только хозяйка квартиры, находящаяся в реанимации. Взрывное действие преобладало над термическим.

19. В многострадальном Луганске в девятиэтажном доме в квартире на девятом этаже 9 февраля около 01.30 ночи по традиционной официальной версии взорвался газ. Труп хозяина квартиры без наличия больших ожогов был найден на улице возле дома: очевидно, его выбросило взрывной волной. Квартира была полностью разрушена, обвалена промежуточная стена через несколько секунд после взрыва, серьезно пострадала соседняя квартира, осколками повреждены соседние дома, несущая стена в подъезде, что характерно скорее для взрыва заряда бризантных ВВ. Из дома спасатели эвакуировали 70 жителей.



Рис. 2. Взрыв газа в жилом доме в г. Орджоникидзе Днепропетровской обл., Украина

В такой обстановке Украине необходимо на практике смелее использовать один из важных признаков цивилизованной, демократической страны — независимую экспертизу. Только при этом необходимо привлекать настоящих ученых с большим опытом и знаниями, а не скороспелых экспертов, которых быстро и за соответствующую плату готовят множество фирм, самостоятельно присвоивших себе права подготовки экспертов в такой сложной и весьма ответственной области, как физика горения и взрыва.

На рис. 3 приведен график, иллюстрирующий плавное нарастание количества взрывов накануне начала предвыборной кампании и резкий всплеск их количества непосредственно в период предвыборной кампании.

Анализ приведенного материала подтверждает сделанный ранее вывод о наличии крупного криминального рынка взрывчатых веществ на Украине, предназначенного в основном для экспорта взрывчатых веществ за рубеж для криминальных и террористических организаций. Поэтому он представляет большую опасность не только для жителей Украины, но и для России, стран Европы и Ближнего Востока, где действует ряд террористических организаций, снабжаемых высококачественными взрывчатыми веществами с Украины. Украинское правительство не только не принимает никаких мер

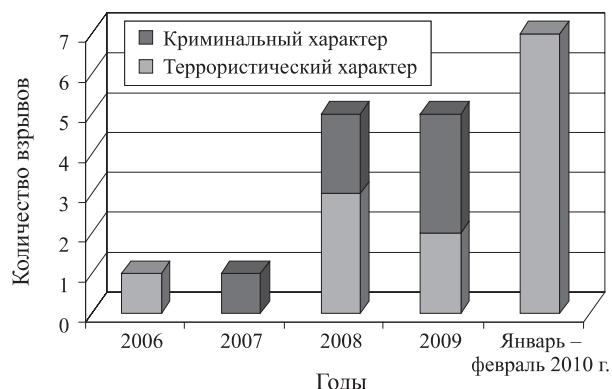


Рис. 3. График нарастания числа взрывов

по ликвидации криминального рынка взрывчатых веществ на Украине, но и всячески скрывает его, как убедительно показывают материалы данной статьи.

В связи с вышеизложенным мы приываем СМИ начать кампанию по привлечению внимания правительства России и Европейского сообщества к неотложному решению этой чрезвычайно актуальной проблемы с целью обеспечения безопасности граждан Украины, России и стран Европы и оградить их от последствий криминального оборота взрывчатых веществ на Украине, резкое возрастание террористических проявлений которого пришлось на время работы правительства Тимошенко и предвыборной кампании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Маршалл В.** Основные опасности химических производств. — М. : Мир, 1989.
2. **Гельфанд Б. Е., Сильников М. В.** Поражающие факторы взрыва / СПИГПС. — СПб., 2005. — 270 с.
3. Руководство по подрывным работам. — М. : Изд. МОСССР, 1969. — 464 с.
4. **Захматов В. Д.** Непростой выпадок — гарячими слідами вибухів газу у житлових і громадських спорудах // Надзвичайна ситуація. — 2008. — № 11. — С. 38–41.
5. **Захматов В. Д.** Криминальный рынок взрывчатых веществ на Украине : Технические средства противодействия террористическим и криминальным взрывам : труды Пятой Международной научно-практической конференции (октябрь 2009 г., Санкт-Петербург). — СПб., 2009. — С. 165–170.
6. **Беляев А.** Горение, детонация и работа взрыва конденсированных систем. — М. : Наука, 1968.
7. **Чиженко В. П.** Взрывобезопасность кислородных баллонов // Технические газы. — 2009. — № 6. — С. 64–65.
8. **Гельфанд Б. Е., Сильников М. В.** Газовые взрывы. — СПб. : Изд-во “Астерион”, 2007. — 240 с.: ил.
9. **Таубкин С. И.** Пожар и взрыв, особенности их экспертизы. — М., 1999. — 600 с.
10. **Чиженко В. П.** Анализ причин взрыва кислородных баллонов, приведшего к групповому несчастному случаю // Технические газы. — 2008. — № 6. — С. 62–64.
11. Типовая инструкция по охране труда при наполнении кислородом баллонов и обращении с ними у потребителей. — М. : ОАО “Гипрокислород”, 1991.
12. Приговор: пять лет умозаключений // Еженедельник “Зеркало недели”. — 2010. — № 6–7 (786–787). — С. 4.

Материал поступил в редакцию 9 февраля 2010 г.
Электронный адрес автора: z-impulse@rambler.ru.



P. N. Юлдашев
эксперт, ЗАО "ЮМ", г. Москва, Россия

УДК 614.842.435:654.924.5

“БОЙЦЫ НЕВИДИМОГО ФРОНТА” ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

Несмотря на то что современные пожарные извещатели внешне похожи друг на друга, минимальные изменения в конструкции корпуса, не говоря уже об алгоритмах определения состояния “Пожар”, влияют на точность и эффективность работы прибора. Эти тонкости закладываются на этапе разработки и производства извещателей. Какие же технические решения, используемые производителями, определяют уровень надежности, количество ложных срабатываний и устойчивость извещателей? И на какие параметры следует обращать внимание при выборе дымовых извещателей?

Ключевые слова: характеристики пожарных извещателей, пожарный сертификат, дымовые извещатели, критерии выбора извещателей, сравнение извещателей, FireSensor.

Если сравнивать борьбу с возникновением пожаров с военными действиями, то главные “разведчики” в армии пожарной сигнализации — это дымовые оптико-электронные пожарные извещатели [1]. От их своевременного и надежного срабатывания во многом зависит исход битвы. В настоящее время именно на дымовые оптико-электронные извещатели возлагается “обязанность” быстрого обнаружения пожара по дымовому признаку: по статистике около 90 % пожаров начинается с тления материалов с выделением дыма. По этой же причине согласно приложению “М” свода правил СП 5.13130.2009 [2] приоритет отдается дымовым извещателям.

“Боеготовность” дымового извещателя зависит от конструкции извещателя, в частности дизайна дымовой камеры, а также от качества используемых электронных компонентов, уровня защищенности от электромагнитных помех и т. д. Наряду с определяющей качественной особенностью дымового извещателя — своевременным обнаружением дыма в соответствии с техническими требованиями нового ГОСТ Р 53325–2009 [3], немаловажно отсутствие, вернее, что практически более реально, минимальное количество ложных срабатываний.

Совершенство технических решений, используемых в разработке извещателей, определяет их надежность. Все существующие в настоящее время на рынке дымовые извещатели конструктивно похожи друг на друга. Тем не менее каждый разработчик

по-своему видит дизайн дымовой камеры, пытаясь решить противоречавшие друг другу задачи: максимально уменьшить проникновение фонового освещения и пыли внутрь камеры и одновременно обеспечить достаточный доступ для дыма (причем под разными углами по отношению к корпусу извещателя).

Кроме дизайнерских решений, важны алгоритмы, на основании которых микропроцессор (если таковой имеется в извещателе), при условии, что он неадресный, определяет, когда и при каких параметрах коммутировать состояние “Пожар”.

Ни для кого не секрет, что, несмотря на то что все предлагаемые на рынке дымовые извещатели имеют пожарный сертификат, далеко не все из них на практике подтверждают свое качество. Обычно это проявляется в большом количестве ложных срабатываний или же наоборот — в несрабатывании на дым в концентрациях, при которых должно коммутироваться состояние “Пожар” (0,05–0,2 дБ/м). В особенности “осечки” в работе извещателей проявляются со временем — под воздействием внешних факторов, таких как пыль, электромагнитные помехи и т. п.

За последние лет 10 произошло существенное развитие в области разработки и производства пожарных дымовых извещателей, во многом благодаря улучшению технической базы производителей, в частности появлению современного оборудования

© Юлдашев Р. Н., 2010



Дымовой пожарный извещатель FireSensor S



Тепловой пожарный извещатель FireSensor T

для тестирования извещателей. Кроме испытательной камеры — аэродинамической трубы (“дымового канала”), которая обязательна для испытаний пожарных извещателей, в арсенале конструкторского бюро желательно наличие помещения для тестирования извещателя в условиях реального пожара, где можно проводить испытания извещателей на срабатывание на пять разных типов дыма согласно ГОСТ Р 53325–2009 [3].

Благодаря наличию такого помещения, например, у производителя извещателей FireSensor — нового продукта на нашем рынке, а также оснащению по последнему слову техникой лаборатории и производственной линии, производителем найдены оптимальные решения в конструкции извещателей, не только отвечающие обязательным требованиям ГОСТ Р 53325–2009 [3], но и обеспечивающие надежную работу в течение всей службы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Неплохов И.** Чувствительность дымового извещателя и ее контроль // Алгоритм безопасности. — 2007. — № 5. — С. 40.
2. **СП 5.13130.2009.** Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования : утв. Приказом МЧС РФ от 25.03.2009 № 175 : ввод. в действие 01.05.2009. — М. : ВНИИПО, 2009. — 97 с.
3. **ГОСТ Р 53325–2009.** Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования. Методы испытаний : утв. Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18.02.2009 № 101-ст : введ. в действие 01.05.2009. — М. : Стандартинформ, 2009. — 84 с.

*Материал поступил в редакцию 19 января 2010 г.
Электронный адрес автора: info@yut.ru.*



ООО “Издательство “Пожнаука”
121352, г. Москва, ул. Давыдковская, д. 12, стр. 7
тел./факс: (495) 228-09-03, 445-42-34
e-mail: mail@firepress.ru, firepress@gmail.com
<http://www.firepress.ru>

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

ООО “Издательство “Пожнаука” более 15 лет успешно работает в области информационного обеспечения. На страницах выпускаемой нами учебной, справочной, нормативной и научно-практической литературы публикуется информация для высококвалифицированных специалистов и руководителей. В наших изданиях Вы можете разместить сведения о продукции и услугах, предоставляемых Вашим предприятием.

Научно-техническая литература и периодика, выпускаемые ООО “Издательство “Пожнаука”, распространяются по всей территории Российской Федерации, в странах СНГ, Балтии и в ряде зарубежных стран.

Специализированный журнал “Пожаровзрывобезопасность”

Издается с 1992 г. Периодичность — 12 номеров в год. С октября 2001 г. журнал включен в Перечень периодических научных и научно-технических изданий РФ, рекомендуемых для публикации основных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора наук. В статьях журнала рассматриваются теоретические вопросы и способы практического обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений, технологических процессов и оборудования.

Журнал “Пожарная безопасность в строительстве”

Издается с декабря 2004 г. Полноцветное рекламное научно-практическое издание. Публикует статьи рекламного и аналитического характера, модельный ряд, справочник по фирмам-производителям и услугам. Тематика Приложения посвящена проблемам комплексной безопасности строительных объектов, включая огнестойкость материалов и конструкций, пожаро- и взрывоустойчивость зданий и сооружений, новым технологическим решениям в области пожарной автоматики и сигнализации, а также проблемам сертификации и стандартизации.

Виды рекламы в журнале “Пожаровзрывобезопасность” и расценки на ее размещение

1. Реклама на обложке (полноцветная):

- 2-я полоса — 28 000 руб. + 1 черно-белая полоса бесплатно;
3-я полоса — 25 000 руб. + 1 черно-белая полоса бесплатно;
4-я полоса — 35 000 руб. + 2 черно-белых полосы бесплатно.

2. Рекламная статья: 1/1 черно-белой полосы — 15 000 руб.

3. Статья обзорно-аналитического, проблемного, научно-технического характера — бесплатно.

4. Рекламные вклейки:

| Размер модуля | Стоимость полноцветного модуля, руб. |
|---------------------------|--------------------------------------|
| 1/1 полосы (215 × 300 мм) | 28 000 |
| 1/2 полосы (190 × 137 мм) | 15 000 |

5. Реклама справочного характера (название компании, контактные данные, перечень предлагаемых услуг и продукции — 500 печатных знаков) — 2300 руб.

Тираж: 5000 экз.

Спецпредложение!

Для наших рекламодателей мы предоставляем возможность бесплатного распространения буклетов и листовок на выставках в г. Москве, в которых данный номер журнала будет принимать участие.

**ПРЕДЛАГАЕМ ВАМ СЛЕДУЮЩИЕ ИЗДАНИЯ
В СФЕРЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

СПЕЦИАЛЬНОЕ АНТИКРИЗИСНОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ! С ФЕВРАЛЯ 2010 г.

| Авторы | Наименование | ISBN | Цена, руб./экз. |
|--|---|-------------------|-----------------|
| СУПЕРСКИДКИ | | | |
| <i>Баранин В. Н.</i> | Экономика чрезвычайных ситуаций и управление рисками. — 2004. — 332 с. | 5-901-283-02-5 | 70 |
| <i>Корольченко А. Я., Корольченко О. Н.</i> | Средства огнезащиты: справочник. — 2006. — 258 с.: ил. | 5-903049-04-4 | 100 |
| <i>Собурь С. В.</i> | Пожарная безопасность: справочник. — Изд. 2-е, с изм. — 2005. — 292 с. | 5-98629-001-1 | 50 |
| <i>Собурь С. В.</i> | Пожарная безопасность сельскохозяйственных предприятий: справочник. — 2005. — 88 с. | 5-98629-004-6 | 36 |
| <i>Собурь С. В.</i> | Пожарная безопасность складов: справочник. — Изд. 2-е, с изм. — 2004. — 240 с. | 5-98629-004-6 | 50 |
| <i>Собурь С. В.</i> | Установки пожаротушения автоматические: справочник. — Изд. 4-е, с изм. — 2004. — 408 с.: ил. | 5-98629-008-9 | 50 |
| <i>Теребнев В. В., Артемьев Н. С., Грачев В. А.</i> | Транспорт: наземный, морской, речной, воздушный, метро: учебное пособие. — 2007. — 383 с. | 5-903049-09-5 | 280 |
| <i>Теребнев В. В., Артемьев Н. С., Подгрушинский А. В.</i> | Леса, торфяники, лесосклады. — 2007. — 358 с. | 5-903049-12-5 | 280 |
| <i>Теребнев В. В., Артемьев Н. С., Подгрушинский А. В.</i> | Объекты добычи, переработки и хранения горючих жидкостей и газов: учебное пособие. — 2007. — 325 с. | 5-903049-11-7 | 280 |
| <i>Шароварников А. Ф., Молчанов В. П., Воевода С. С., Шароварников С. А.</i> | Тушение пожаров нефти и нефтепродуктов. — Изд. 2-е, испр. и доп. — 2007. — 380 с. | 978-5-91444-002-9 | 310 |
| <i>Шароварников А. Ф., Шароварников С. А.</i> | Пенообразователи и пены для тушения пожаров. Состав. Свойства. Применение. — 2005. — 335 с. | 5-903049-02-X | 120 |
| НОВИНКИ | | | |
| | Своды правил. Системы противопожарной защиты. — 2009. — 618 с. | 978-5-91444-012-8 | 1500 |
| | Федеральный закон “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности”. — 2010. — 150 с. | | 220 |
| <i>Бабуров В. П., Бабурин В. В., Фомин В. И.</i> | Автоматические установки пожаротушения: учебно-справочное пособие. — 2009. — 294 с. | 978-5-91444-011-1 | 400 |
| <i>Бондарь В. А.</i> | Электрооборудование для взрывоопасных и пожароопасных зон производств различных отраслей промышленности. — 2009. — 126 с. | 978-5-91444-004-3 | 220 |
| <i>Грачев В. А., Поповский Д. В., Теребнев В. В.</i> | Газодымозащитная служба: учебно-методическое пособие. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — 2009. — 328 с. | 978-5-91444-007-4 | 350 |
| <i>Долговидов А. В., Теребнев В. В.</i> | Автоматические установки порошкового пожаротушения. — 2008. — 322 с. | 978-5-91444-005-X | 310 |
| <i>Корольченко А. Я.</i> | Пожарная опасность материалов для строительства: учебное пособие. — 2009. — 217 с. (Пособие написано с учетом требований Федерального закона № 123-ФЗ “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности”!) | 978-5-91444-013-5 | 350 |

| Авторы | Наименование | ISBN | Цена, руб./экз. |
|---|--|---------------------|------------------------------|
| Корольченко А. Я., Загорский Д. О. | Категорирование помещений и зданий по взрыво-пожарной и пожарной опасности. — 2010. — 118 с. (Книга написана с учетом требований Федерального закона № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности") | 978-5-91444-015-9 | 250 |
| Корольченко А. Я., Корольченко О. Н. | Средства огнезащиты. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — 2009. — 560 с.: ил. | 978-5-91444-010-4 | 540 |
| Корольченко Д. А., Громовой В. Ю. | Огнетушители. Устройство. Выбор. Применение (Книга написана с учетом требований Федерального закона № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности") | | Выходит в феврале 2010 г. |
| Смелков Г. И. | Пожарная безопасность электропроводок. — 2009. — 328 с. (Книга написана с учетом требований Федерального закона № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности") | 978-5-9901554-2-8 | 540 |
| Членов А. Н., Буцынская Т. А., Дровникова И. Г., Бабуров В. П., Бабурин В. В., Фомин В. И. | Технические средства систем охранной и пожарной сигнализации: учебно-справочное пособие: в 2 ч. — 2009. — Ч.1. — 316 с.; Ч. 2 — 300 с. (Книга написана с учетом требований Федерального закона № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности") | 978-5-91444-008-1 | 950 |
| Брушилинский Н. Н., Корольченко А. Я. | Моделирование пожаров и взрывов. — 2000. — 492 с. | | 540 |
| Горшков В. И. | Тушение пламени горючих жидкостей. — 2007. — 268 с. | 5-903049-08-7 | 250 |
| Грачев В. А., Собурь С. В. | Средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД): пособие. — Изд. 2-е, с изм. и доп. — 2007. — 224 с.: ил. | 5-98629-006-2 | 345 |
| Корольченко А. Я. | Процессы горения и взрыва: учебник. — 2007. — 266 с.: ил. | 978-5-91444-001-2 | 450 |
| Корольченко А. Я., Корольченко Д. А. | Основы пожарной безопасности предприятия. Полный курс пожарно-технического минимума: учебное пособие. — 2008. — 314 с. | 5-903049-10-9 | 300 |
| Корольченко А. Я., Корольченко Д. А. | Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов и средства их тушения: справочник: в 2 ч. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — 2004. — Ч. I. — 713 с.; Ч. II. — 774 с. | 5-901283-02-3 | 2500 |
| Корольченко А. Я., Трушкин Д. В. | Пожарная опасность строительных материалов: учебное пособие. — 2006. — 232 с. | 978-5-91444-006-7 | 250 |
| Пилигин Л. П. | Обеспечение взрывоустойчивости зданий с помощью предохранительных конструкций. — 2000. — 224 с.: ил. | 5-901283-03-1 | 240 |
| Подстаков В. В., Теребнев В. В. | Подготовка пожарных-спасателей. Противопожарная служба гражданской обороны. — 2007. — 288 с.: ил. | 5-901520-06-8-006-2 | 345 |
| Собурь С. В. | Заполнение проемов в противопожарных преградах: пособие. — Изд. 2-е, с изм. и доп. — 2006. — 168 с. | 5-98629-005-4 | 90 |
| Собурь С. В. | Краткий курс пожарно-технического минимума: учебное пособие. — Изд. 3-е, с изм. и доп. — 2007. — 296 с.: ил. | 978-5-98629-016-4 | 140 |
| Собурь С. В. | Огнетушители: учебно-справочное пособие. — Изд. 5-е, с изм. — 2008. — 80 с. | 978-5-98629-020-1 | 50 |
| Собурь С. В. | Пожарная безопасность общественных и жилых зданий: справочник. — Изд. 3-е, с изм. и доп. — 2007. — 192 с.: ил. | 978-5-98629-014-0 | 125 |
| Собурь С. В. | Пожарная безопасность предприятия. Курс пожарно-технического минимума: пособие. — Изд. 12-е, перераб. — 2008. — 496 с.: ил. | 978-5-98629-023-2 | 250 |

| Авторы | Наименование | ISBN | Цена, руб./экз. |
|--|---|--------------------------------|-----------------|
| Собурь С. В. | Пожарная безопасность промпредприятий: справочник. — Изд. 2-е, с изм. — 2007. — 176 с. | 5-98629-013-5 | 110 |
| Собурь С. В. | Пожарная безопасность: справочник. — Изд. 3-е, с изм. и доп. — 2007. — 272 с. | 5-98629-012-7 | 145 |
| Собурь С. В. | Установки пожарной сигнализации: учебно-справочное пособие. — Изд. 5-е, с изм. и доп. — 2006. — 280 с. | 5-98629-003-8 | 150 |
| Теребнев В. В. | Справочник руководителя тушения пожара. Тактические возможности пожарных подразделений: справочник. — 2007. — 256 с.: ил. | 5-902604-06-0 | 330 |
| Теребнев В. В., Артемьев Н. С., Грачев В. А. | Справочник спасателя-пожарного: справочник. — 2006. — 528 с. | 5-91017-019-8 | 385 |
| Теребнев В. В., Артемьев Н. С., Подгрушный А. В. | Здания повышенной этажности: учебное пособие. — 2006. — 240 с. | 5-903049-06-0 | 300 |
| Теребнев В. В., Артемьев Н. С., Шадрин К. В. | Основы пожарного дела: учебное пособие. — 2006. — 328 с. | 5-91017-016-3 | 390 |
| Теребнев В. В., Грачев В. А., Теребнев А. В. | Организация службы начальника караула пожарной части: пособие. — 2007. — 216 с.: ил. | 5-901520-06-8-006-2 | 340 |
| Теребнев В. В., Грачев В. А., Шехов Д. А. | Подготовка спасателей-пожарных. Пожарно-строительная подготовка: учебно-методическое пособие. — 2008. — 350 с. | 5-91017-019-9 | 460 |
| Теребнев В. В., Подгрушный А. В. | Пожарная тактика. Основы тушения пожаров. — 2008. — 512 с. | 5-91017-019-8 | 595 |
| Теребнев В. В., Теребнев А. В. | Управление силами и средствами на пожаре: учебное пособие. — 2006. — 264 с. | 5-98135-009-1 | 330 |
| Теребнев В. В., Теребнев А. В., Подгрушный А. В., Грачев В. А. | Тактическая подготовка должностных лиц органов управления силами и средствами на пожаре: учебное пособие. — 2006. — 304 с. | 5-98135-004-0 | 330 |
| Теребнев В. В., Ульянов Н. И., Грачев В. А. | Пожарная техника: учебное пособие: в 2 т. — 2007. — Т. 1: Пожарно-техническое вооружение. Устройство и применение. — 328 с.; Т. 2: Пожарные машины. Устройство и применение. — 328 с.: ил. | 5-91017-016-4 5-91017-016-5 | 495 |
| Теребнев В. В., Шадрин К. В. | Подготовка спасателей-пожарных. Пожарно-профилактическая подготовка: учебное пособие. — 2007. — 270 с. | 5-91017-019-8 | 420 |
| | Электронная версия комплекта типовых инструкций по пожарной безопасности для руководителя предприятия | | 980 |

ВНИМАНИЮ ПОДПИСЧИКОВ ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДАНИЙ!

ООО “Издательство “Пожнauка” продолжает подписку на 2010 г. на комплект журналов “Пожаровзрывобезопасность” и “Пожарная безопасность в строительстве”.

| | Стоимость, руб. |
|---|-----------------|
| 1-е (2-е) полугодие 2010 г. | |
| Комплект журналов “Пожаровзрывобезопасность” (6 номеров) и “Пожарная безопасность в строительстве” (3 номера) | 3790 |
| Журнал “Пожарная безопасность в строительстве” (3 номера) | 1140 |

Подписка осуществляется через следующие агентства:

| Название организации | Телефон/факс | Адрес | Индекс в каталоге |
|------------------------------------|----------------------------|--|-------------------|
| Агентство подписки и розницы "АПР" | (495) 974-11-11 | 123995, г. Москва, просп. Маршала Жукова, д. 4 | 83647 |
| Агентство "РОСПЕЧАТЬ" | (495) 921-25-50 | 123995, г. Москва, просп. Маршала Жукова, д. 4 | 83340 |
| Агентство "ВСЯ ПРЕССА" | (495) 787-34-47, 787-36-31 | 127015, Москва, ул. Новодмитровская, д. 5А | — |
| Агентство "ИНТЕР-ПОЧТА" | (495) 500-00-60, 684-55-34 | 129090, г. Москва, пер. Васнецова, д. 4, стр. 2 | — |
| Агентство "УРАЛ-ПРЕСС XXI" | (495) 789-86-37, 789-86-36 | 125040, г. Москва, ул. Нижняя Масловка, д. 11-13 | — |
| Агентство "Артос-ГАЛ" | (495) 981-03-24 | г. Москва, ул. 3-я Гражданская, д. 3, стр. 2 | 107564 |
| ООО "Информнаука" | (495) 787-38-73, 152-54-81 | 125190, г. Москва, ул. Усиевича, д. 20 | — |
| ЗАО "МК-ПЕРИОДИКА" | (495) 672-70-12, 672-72-34 | 111524, г. Москва, ул. Электродная, д. 10 | — |

ПЕРЕЧЕНЬ ОРГАНИЗАЦИЙ, распространяющих литературу "Издательства "Пожнаука"

| Название организации | Адрес | Телефон/факс |
|---------------------------------------|--|---|
| 1. Альфа-библиос | 109240, г. Москва, ул. Гончарная, д. 3, стр. 1, ком. 15 | (495) 298-06-41, 933-81-08 |
| 2. Бизнес-пресса | 191119, г. Санкт-Петербург, ул. Разъезжая, д. 39 | (812) 764-56-01, 764-57-00 |
| 3. ДиА Медиа | 127560, г. Москва, а/я 97 | (495) 158-63-45, 500-62-28 |
| 4. Дом Техники на Ленинском проспекте | 119334, г. Москва, Ленинский просп, д. 40 | (495) 137-60-38 |
| 5. Ивкнига | 153038, г. Иваново, ул. Кудряшова, д. 98 | (4932) 56-15-76, 56-20-77, 56-15-01, 53-78-72 |
| 6. Издательский дом "ИНФРА-М" | 127282, г. Москва, ул. Полярная, д. 31в | (495) 380-05-40, 363-42-60, 363-92-12 |
| 7. Книжный дом ЦУПЛ | 111123, г. Москва, ш. Энтузиастов, д. 56 | (495) 788-50-30 |
| 8. КНОРУС | 129100, г. Москва, ул. Б. Переяславская, д. 46 | (495) 680-72-54, 680-91-13 |
| 9. НИЦ "Норматив-информ" | 109417, г. Москва, Рязанский просп., д. 82, кор. 5, а/я 37 | (495) 382-08-39 |
| 10. НТЦ "ИРАМ" | 162627, Вологодская обл., г. Череповец, ул. Металлургов, д. 12 | (8202) 57-43-68 |
| 11. Оптимал-Тверь | 170024, г. Тверь, просп. 50 лет Октября, д. 3Б, оф. 503 | (422) 42-81-08, 42-81-37 |
| 12. Техническая книга | 660049, г. Красноярск, ул. К. Маркса, д. 78, 2-й этаж | (3912) 40-77-83, 27-52-86 |
| 13. Т-Книга | 460052, г. Оренбург, ул. Салмышская, д. 25, к. 4 | (3532) 77-49-06 |
| 14. Урал ИнфоСервис | 620138, г. Екатеринбург, а/я 23 | (343) 349-04-55, 349-05-75, 349-04-50 |

Образец заявки для оформления заказа на литературу

| |
|--|
| Название организации (полностью), реквизиты (ИНН/КПП обязательно) |
| Наименование и количество заказываемой литературы |
| Вид доставки: • самовывоз; • почтовая (ВНИМАНИЕ! + 25 % от стоимости заказа) |
| Почтовый адрес, тел./факс, e-mail, контактное лицо |

**Желающие сделать заказ в "Издательстве "Пожнаука" (г. Москва)
могут отправить заявку в отдел распространения:**

- по почте: 121352, г. Москва, ул. Давыдовская, д. 12, стр. 7; • по тел./факсу: (495) 228-09-03, 445-42-34;
- по e-mail: mail@firepress.ru, firepress@gmail.com.



К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Направляемые в журнал “ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ” статьи должны представлять собой результаты научных исследований и испытаний, описания технических устройств и программно-информационных продуктов, проблемные обзоры и краткие сообщения, комментарии и собственно нормативно-технические документы, справочные материалы и т. п. Методы расчета и экспериментальные данные автора должны быть оформлены в соответствии с рекомендациями КОДАТА. Остальные численные данные, за исключением общезвестных величин, следует снабжать ссылками на первоисточник. Научные статьи должны иметь практическую направленность. В начале работы (например, во введении) целесообразно кратко изложить состояние проблемы и место в ней данной задачи. В конце публикации желательны краткие выводы с указанием научной новизны и практической полезности материала.

Редакция просит авторов при подготовке рукописи руководствоваться изложенными ниже правилами.

1. Статья должна быть представлена на бумажном и магнитном носителях или может быть послана в редакцию по электронной почте (mail@firepress.ru). Статья должна быть ясно изложена, тщательно отредактирована и подписана авторами.

2. Текст статьи должен быть напечатан через 2 интервала без помарок и вставок на одной стороне стандартного листа формата А4 с левым полем 3 см. При первой ссылке на рисунки и таблицы в тексте на полях проставляются их номера.

3. Материал статьи излагается в такой последовательности:

- номер УДК (универсальная десятичная классификация);
- название статьи (на русском и английском языках);
- имена, отчества и фамилии всех авторов (полностью), должности, степени, звания и название организации (полностью) (на русском и английском языках), фотографии авторов, контактные телефоны, почтовый и электронный адреса. Число авторов — не более трех от одной организации и не более четырех от разных организаций. Авторами являются лица, принимавшие участие во всей работе или ее главных разделах. Лица, участвовавшие в работе частично, указываются в сносках;
- аннотация (на русском и английском языках);
- ключевые слова (на русском и английском языках);
- текст статьи;
- цитируемая литература;
- рисунки и подписи к ним.

4. Сокращения и условные обозначения физических величин должны соответствовать действующим международным стандартам. Формулы и буквенные обозначения должны быть четкими и ясными. При возможности неоднозначного понимания формул и обозначений: показатели и другие надстрочные знаки отмечаются простым карандашом дугой \cup , а подстрочные — дугой \cap ; заглавные буквы подчеркиваются двумя черточками снизу, строчные — сверху (например, \underline{Q} и $\bar{\Omega}$); греческие буквы подчеркиваются красным карандашом. Все буквенные обозначения, входящие в формулы, должны быть расшифрованы с указанием единиц измерения. Размерность всех характеристик должна соответствовать системе СИ.

5. Иллюстрации (на бумажном носителе и электронные версии) прилагаются отдельно. Фотографии должны быть сделаны с хорошего негатива контрастной печатью (файлы растровых изображений представляются с разрешением не менее 300 dpi, черно-белая штриховая графика — 600 dpi). Файлы векторной графики представляются в формате той программы, где они созданы. Все иллюстрации должны иметь сквозную нумерацию. Чертежи в качестве иллюстраций не приемлемы.

6. Таблицы должны быть составлены лаконично и содержать только необходимые сведения, однотипные таблицы строятся одинаково. Цифровые данные следует округлять в соответствии с точностью эксперимента. Сведения в таблицах и на рисунках не должны повторяться.

7. Цитируемая литература должна быть оформлена в виде общего списка в порядке цитирования или по алфавиту. В тексте ссылка на литературу отмечается порядковой цифрой в квадратных скобках, например [1]. Литература в списке дается на языке оригинала. Библиографические данные приводятся по титульному листу издания. Порядок изложения элементов библиографического описания определяется требованиями ГОСТ 7.1–2003 и ГОСТ Р 7.0.5–2008.

8. Отклоненные статьи автору не возвращаются. Просьба редакции о переработке материала не означает, что он принят к печати.

9. Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Приглашаем Вас к сотрудничеству на страницах нашего журнала.

The Standard Time of Arrival for Fire Brigade to the Place of Accident. Reality or Myth?

Krasavin A. V., Cand. of Technics, Undergraduate Student of Russian Academy of Public Administration under the President of the Russian Federation, Moscow, Russia

Technical enactment about fire safety requirements established absolutely new normative requirements to the placement of fire stations. Possibility of putting these requirements into practice against the background of available problems with technical and staff availability of fire prevention subdivisions is examined in this article.

Key words: technical enactment, fire station, stationing of fire prevention subdivisions.

Ignition of Liquid Fuel by In-Focus Light Radiation Stream

Vysokomornaya O. V., Postgraduate Student of Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

Kuznetsov G. V., Dr. of Physics-Mathematics, Professor of Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

Strizhak P. A., Cand. of Physics-Mathematics, Assistant of Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

Specialties of combustible liquid film ignition by in-focus stream of light radiation are investigated. Limited conditions of ignition are established. Dependencies of ignition time delay from power and square of radiation coverage on liquid surface are determined.

Key words: ignition, liquid fuel, light radiation, fire hazard.

Effect of Concentration of Gas-Generating Agent on Regularities of Development Fireproofing Foamed Cokes

Nenakhov S. A., Cand. of Chemistry, Leading Scientist of SPE "Teplohim", Moscow, Russia

Pimenova V. P., Cand. of Chemistry, Deputy Director of Scientific Effort of SPE "Teplohim", Moscow, Russia

In this paper results of studying are stated by thermometry methods, thermogravimetry, the differential scanning analysis of features of behaviour of the gas-forming agent (melamine) in a wide range of concentration in phosphate-ammonium/spirit compositions in the presence of high-molecular hydrogen and in its absence. It is shown, what besides well-known function of the gas-forming agent melamine also provides "Stephan" character of movement endothermic front of transformations through thickness of a coating. In addition, products of the melamine decomposition directly participates in "building" of coke and in development of thermal oxidation in the presence of high-molecular hydrocarbon. With concentration of the melamine growth in the studied range of concentration such properties of compositions as the foaming factor, limiting time of heating of a steel substratum under foaming coatings will change on s-shaped curves. That is it is possible to speak about two critical melamine concentrations. In a range of concentration between these critical concentration considerable change of properties foamed coke takes place. Below the first critical concentration change of properties is not enough. Above the second critical melamine concentration in foaming, coked structure foaming factor, thermal resistance of coke practically cease to increase that can be connected with removal from system of gaseous products which are superfluous and cannot be absorbed system, number and size of defects of foamed coke increases.

Key words: fireproofing compositions and coatings, foaming paints, gas-generating agent, melamine, thermogravimetry, differential scanning analysis, endothermic, penoks, the rate of foaming, high-molecular hydrocarbons, filler, ammonium polyphosphate, the front of transformations, thermal oxidation, thermal conductivity.

Usage of Metalloporphyrazines as High Temperature Catalysts in Order to Receive of Fireproof Materials with Siloxan Covering

Timofeyeva S. V., Cand. of Chemistry, Head of Department of Ivanovo State Institute of Fire-Prevention Service of Emercome RF, Ivanovo, Russia

Pukhova E. I., Student of Ivanovo State University of Chemistry and Technology, Ivanovo, Russia

Osipov A. E., Graduate Student of Ivanovo State Institute of Fire-Prevention Service of Emercome therefore, Ivanovo, Russia

Khelevina O. G., Dr. of Chemistry, Honoured Scientist of RF, Professor of Ivanovo State University of Chemistry and Technology, Ivanovo, Russia

The vulcanization of liquid siloxan rubbers by metalloporphyrazines is studied. It is shown that metalloporphyrazines are actively as catalysts only at high temperature. Usage of metalloporphyrazines as catalysts of vulcanization of liquid siloxan rubbers is conductive to receive stable siloxan compositions at room temperature. It has a great importance for working out of new technological processes of production of materials with fireproof siloxan protective.

Key words: siloxan rubbers, metalloporphyrazines, catalysts, vulcanization.

Modelling and Prognosing of Anthropogenic Accident in Oil and Gas Industry

Borzykh V. E., Dr. of Physics-Mathematics, Professor of Tyumen State Oil and Gas University, Tyumen, Russia

Lapik N. V., Postgraduate Student of Tyumen State Oil and Gas University, Tyumen, Russia

The reasons and sources of occurrence of extreme situation of character are considered. The structural decisions of tasks of the automated monitoring, modeling and forecasting of extreme situations are offered.

Key words: modeling, forecast, monitoring, emergency, extreme situation, reliability, automation of technological processes.

Really Exits Leading to a Safe Zones Are Evacuate Exits?

Sedov D. V., Cand. of Chemistry, The Teacher of the East-Siberian Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Irkutsk, Russia

The standard sight at concept evacuate an exit in the updated standard base in the field of fire safety is analyzed.

Key words: evacuate exit, safe zone.

Modern Possibilities of Geographic Information System of Forest Fire Monitoring GIS ISDM-Rosleshoz

Yershov D. V., Cand. of Technics, Head of the Laboratory of Forest Ecosystems Monitoring of the Ecological Problems and Forest Productivity Centre RSA (EPFC RSA), Moscow, Russia

Kovganko K. A., Research Assistant of Laboratory of Forest Ecosystems Monitoring of the Ecological Problems and Forest Productivity Centre RSA (EPFC RSA), Moscow, Russia

Shulyak P. P., Senior Research Assistant of Laboratory of Forest Ecosystems Monitoring of the Ecological Problems and Forest Productivity Centre RSA (EPFC RSA), Moscow, Russia

Since 2003 the information system of remote monitoring of forest fires (ISDM-Rosleshoz) is used for support of the administrative solutions on detection, count and extinguishing of forest fires in air protected and unprotected forest lands of Russia. There is within the framework of this system geographic information system (GIS) ensuring integration in unified geoinformation environment of the operating data about fires for an estimation and control of fire situation. In the article the structural organization of GIS of forest fire monitoring is reviewed. The description of cartographical products daily prepared by GIS server is resulted. The functional capabilities a desktop GIS permitting in real mode of time of satellite products of the medium and high spatial resolution of TERRA/AQUA-Modis, SPOT-HRV/HRVIR, Landsat-TM/ETM+ etc. Satellite systems are described. The main directions of the forest fire monitoring GIS development are listed.

Key words: geographic information system, satellite products, monitoring, forest fires, forest lands, fire risk.

Modern Problems of Investigation of Combustions in Residential and Public Buildings of Ukraine

Zahmatov V. D., Dr. of Technics, Professor ITGIP NANU, Kiev, Ukraine

Questions of investigation of true reasons of criminal and terrorist combustions, which have been occurred on the territory of Ukraine since 2008 year and become more frequent in time of election campaign, are examined. Author as an independent expert investigates the most of described in article combustions. Similar characteristics of these combustions are shown and conclusion about its general cause is done. It's a developed criminal sales market of combustible substances; government politics of Ukraine hiding availability of this market and doing nothing to fight with it.

Key words: combustible substances volumetric combustions, highly explosive air-gas and aero-steam mixes stroked splinters, percussions, ignitions, fires, high-explosive exposure, brisant exposure, shrapnel exposure.

“Private Soldiers of Invisible Front” of Fire Alarm

Yuldashev R. N., Expert, “YUM” CSC, Moscow, Russia

Despite the fact, that all modern alarm systems are outwardly similar against each other, even the minimal change in case construction and — especially — in algorithms of detection “Fire”-mode are influence on precision and efficiency of device. These subtleties are put at an early stage — the development and manufacture of the fire systems. So what kind of technical decisions, used by manufacturers, define the reliability level, the quantity of false operations and the steadiness of devices? It is necessary to pay attention to what parameters at a choice of fire alarm systems?

Key words: characteristics of fire alarm systems, the fire certificate, reliable smoke detectors, criteria of a choice of detectors, comparison of detectors, FireSensor.

Председатель Редакционного совета:

д.т.н., профессор, академик МАНЭБ
А. Я. Корольченко

Зам. председателя Редакционного совета:

д.т.н., профессор, член-корреспондент НАНПБ
Ю. М. Глуховенко

д.т.н., профессор, академик Нью-Йоркской академии наук
В. В. Мольков

д.т.н., профессор В. П. Назаров

Редакционный совет:

д.т.н., профессор, действительный член НАНПБ,
заслуженный деятель науки РФ А. Н. Баратов

д.т.н., профессор Н. М. Барбин

д.т.н., профессор, академик РАЕН,
заслуженный деятель науки РФ Н. Н. Брушлинский

к.т.н., профессор Е. Е. Кирюханцев

к.т.н. Д. А. Корольченко

к.т.н. В. А. Меркулов

д.т.н., профессор, академик РАЕН
А. В. Мишуев

д.т.н., профессор, действительный член НАНПБ
В. М. Ройтман

д.т.н., профессор,
действительный член НАНПБ Б. Б. Серков

д.т.н., профессор, член-корреспондент НАНПБ
С. В. Пузач

д.т.н., профессор, академик РАЕН, НАНПБ
Н. Г. Топольский

д.т.н., член-корреспондент МАНЭБ
Н. А. Тычино

д.т.н., профессор, действительный член НАНПБ
Ю. Н. Шебеко

профессор Т. Дж. Шилдс

д.т.н., профессор, академик и почетный член РАЕН
В. В. Холщевников

Редакция:

Главный редактор журнала
д.т.н., профессор, академик МАНЭБ
А. Я. Корольченко

Шеф-редактор
Н. Н. Соколова

Редакторы:
Л. В. Крылова, Т. В. Сергунина

Отдел рекламы и распространения:
Е. В. Майорова

Chairman of Editorial Council:

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Academician of International Academy
of Ecology and Life Safety A. Ya. Korolchenko

Deputy of Chairman of Editorial Council:

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Corresponding Member
of the National Academy of Fire Science Yu. M. Gluhovenko

Dr.Sc.(Eng.), Professor, an Active Member of the New-York Academy
of Sciences V. V. Molkov

Dr.Sc.(Eng.), Professor V. P. Nazarov

Editorial Council:

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Full Member of National Academy
of Fire Science, the Honoured Scientist of the Russian Federation
A. N. Baratov

Dr.Sc.(Eng.), Professor N. M. Barbin

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Academician of the Russian Academy
of Natural Sciences, the Honoured Scientist of the Russian
Federation N. N. Brushlinsky

Cand.Sc.(Eng.), Professor E. E. Kiryuhantsev

Cand.Sc.(Eng.) D. A. Korolchenko

Cand.Sc.(Eng.) V. A. Merkulov

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Academician of the Russian Academy
of Natural Sciences A. V. Mishuev

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Full Member of National Academy
V. M. Roitman

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Full Member of National Academy
of Fire Science B. B. Serkov

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Corresponding Member
of the National Academy of Fire Science S. V. Puzach

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Academician of the Russian Academy
of Natural Sciences, National Academy of Fire Science
N. G. Topolskiy

Dr.Sc.(Eng.), Corresponding Member of International Academy
of Ecology and Life Safety N. A. Tyichino

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Full Member of National Academy
of Fire Science Yu. N. Shebeko

Professor Thomas Jim Shields

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Academician and the Honoured Member
of the Russian Academy of Natural Sciences
V. V. Kholshchevnikov

Editorial Office:

Deputy Editor-in-Chief

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Academician of International Academy
of Ecology and Life Safety A. Ya. Korolchenko

Editor-in-Chief

N. N. Sokolova

Editors:

L. V. Krylova, T. V. Sergunina

PR and Subscription Section:

E. V. Maiorova

Учредитель – ООО “Издательство “Пожнаука”

Тел./факс: (495) 228-09-03, 445-42-34

121352, г. Москва, ул. Давыдовская, д. 12, стр. 7

E-mail: mail@firepress.ru, firepress@gmail.com

<http://www.firepress.ru>

ISSN 0869-7493



Подписано в печать 09.03.10.

Формат 60×84 1/8. Тираж 5000 экз.

Бумага офсетная №1. Печать офсетная.

Отпечатано в типографии “ГранПри”, г. Рыбинск

9 770869 749006

Здравствуйте, наши дорогие читатели!

Издательство "Пожнаука" предлагает Вам оформить годовую или полугодовую подписку на журналы "Пожаровзрывобезопасность" и "Пожарная безопасность в строительстве" на 2010 г.

Подписка на полугодие включает в себя шесть номеров журнала "Пожаровзрывобезопасность" и три номера журнала "Пожарная безопасность в строительстве". Стоимость полугодовой подписки на комплект составляет 3790 руб. (в том числе НДС — 18 %).

Годовая подписка включает в себя двенадцать номеров журнала "Пожаровзрывобезопасность" и шесть номеров журнала "Пожарная безопасность в строительстве". Стоимость годовой подписки на комплект составляет 7580 руб. (в том числе НДС — 18 %).

ПЕРСОНАЛЬНАЯ ПОДПИСКА на журнал пожаровзрыво- БЕЗОПАСНОСТЬ

КУПОН '2010

| Издание | Цена подписки, руб., включая НДС | Количество экземпляров | Стоимость подписки, руб. |
|---|-------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Комплект журналов "Пожаровзрывобезопасность" и "Пожарная безопасность в строительстве": полугодие год | 3790 7580 | | |
| Журнал "Пожарная безопасность в строительстве": полугодие год | 1140 2280 | | |

- Укажите в таблице количество экземпляров, которое Вам необходимо. В связи с введением обязательного составления счетов-фактур при совершении операций по реализации просим заполнить карточку на обороте купона. Эти сведения необходимы для подготовки и высылки Вам счета-фактуры.
- Заполненный купон и копию платежного поручения вышлите по тел./факсу (495) 445-42-34 или по e-mail: mail@firepress.ru в отдел распространения. Проследите, пожалуйста, чтобы были высланы **обе стороны** купона.
- Оплату за подписку Вы можете произвести по следующим реквизитам:
ООО "Издательство "ПОЖНАУКА"
Почтовый адрес: 121352, г. Москва, ул. Давыдовская, д. 12, стр. 7
ИНН 7722589941 КПП 772201001
Р/с 40702810060120585901 в ОАО "ПРОМСВЯЗЬБАНК" г. Москва
БИК 0445583119
К/с 30101810600000000119
Генеральный директор — Корольченко Александр Яковлевич

*По вопросам подписки просят обращаться по телефонам
(495) 228-09-03, 445-42-34*

ПОДПИСКА:

через редакцию журнала "Пожаровзрывобезопасность";
через агентство "РОСПЕЧАТЬ", индекс 83340;
через агентство "АПР", индекс 83647
(в любом почтовом отделении в каталоге "Газеты и журналы");
через подписные агентства:
ООО "Вся пресса", ООО "Интер-почтa", ООО "Урал-Пресс XXI",
ООО "Артос-ГАЛ", ООО "Информнаука", ЗАО "МК-ПЕРИОДИКА"

Вы можете также отдельно подписатьсь на журнал "Пожарная безопасность в строительстве".

Стоимость полугодовой подписки (три номера) составляет 1140 руб. (в том числе НДС — 18 %). Стоимость годовой подписки (шесть номеров) составляет 2280 руб. (в том числе НДС — 18 %).

Расширяя тематику журнала, в 2010 г. редакция планирует увеличить количество обзоров, посвященных состоянию отечественного рынка средств обеспечения пожарной безопасности. В журнале также будут опубликованы тексты основных нормативных документов в сфере пожарной безопасности и комментарии ведущих специалистов к ним, даны необходимые пояснения.

**Редакция с благодарностью примет все замечания и пожелания
по тематике журнала и содержанию публикуемого материала.**

Надеемся на длительное и плодотворное сотрудничество!



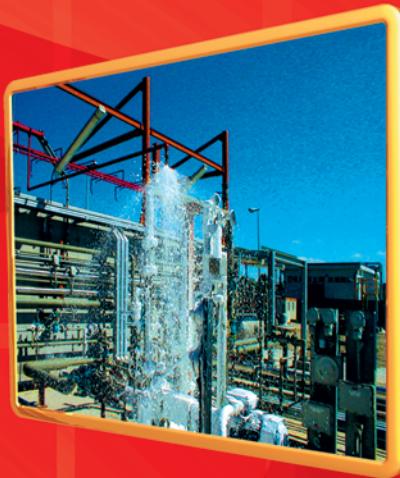
Карточка учета сведений о подписчике

| | |
|--|--|
| Полное наименование фирмы (в соответствии с учредительными документами) | |
| Идентификационный номер (ИНН) | |
| Код отрасли по ОКОНХ | |
| Код отрасли по ОКПО | |
| Полное наименование банка | |
| Местонахождение банка | |
| БИК | |
| Расчетный счет | |
| Корсчет | |
| Юридический адрес (в соответствии с учредительными документами) | |
| Фактический адрес | |
| ПОЧТОВЫЙ АДРЕС | |
| Индекс | |
| Область, край | |
| Город | |
| Улица | |
| Дом | |
| Телефон | |
| Факс | |
| | |
| Контактное лицо | |
| Телефон контактного лица | |

ПЕНООБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Шторм-М 3/6

**высокоэффективный
пленкообразующий
синтетический
фторсодержащий
пенообразователь
типа АFFF специального назначения
для получения пены низкой, средней
и высокой кратности.**



Низкая кратность способствует быстрому образованию водяной пленки, которая самопроизвольно растекается по поверхности.
Пенообразователь может подаваться на большие расстояния и использоваться со стандартной российской техникой для получения пены средней кратности.
С помощью пенообразователя можно получать пену высокой кратности на генераторах без принудительного наддува, это придает ему универсальность использования.

ISSN 0869-7493

