

ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

1'2007

Особенности огнебиозащиты археологической древесины

Информационная система обеспечения безопасности музеев

Модель расчета тепломассообмена при пожаре в атриуме



Анализ государственной экспертизы проектной документации

Снижение горючести поливинилхлоридных пластизолей

Математическое моделирование процесса тушения евротоплив



Пожнаука

ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ

Том 16 • №1 • 2007 FIRE & EXPLOSION SAFETY

Научно-технический журнал
ООО "Издательство "Пожнаука"

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

СОДЕРЖАНИЕ

НОВОСТИ, КОНФЕРЕНЦИИ, ВЫСТАВКИ

3

ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНОСТЬ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

- Васин А. Я., Райкова В. М.** О влиянии химического строения органических веществ на взрывоопасность пылей 14

ОГНЕЗАЩИТА

- Тычино Н. А., Федосенко И. Г., Баранов А. В.** Особенности строения и огнебиозащиты археологической древесины 19
- Кузнецов К. Л., Удилов В. П., Тимохин Б. В., Малышева С. Ф., Плотникова Г. В.** Снижение горючести поливинилхлоридных пластизолей новыми фосфорсодержащими антиприренами 26
- Вшивков С. А., Пазникова С. Н., Русинова Е. В.** Фазовые диаграммы систем полиметилметакрилат – антиприены и термодинамическая совместимость компонентов 29

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ, СООРУЖЕНИЙ, ОБЪЕКТОВ

- Воевода С. С., Макаров С. А., Маркеев В. А., Шароварников А. Ф.** Обоснование комплексной противопожарной защиты резервуарного парка для хранения углеводородных топлив единым пленкообразующим пенообразователем 32
- Ильин В. В., Рыбаков А. П., Вологжанин О. Ю.** К вопросу о протекании взрывных процессов при хранении групп боеприпасов и возможности прогнозирования их последствий 35
- Коробко В. Б., Красавин А. В., Думилин А. И., Красильников Н. А.** Анализ и совершенствование государственной экспертизы проектной документации на соответствие требованиям пожарной безопасности 41

БЕЗОПАСНОСТЬ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРАХ

- Родичев А. Ю., Таранцев А. А.** Об учете усталостных явлений при движении людского потока 50

(продолжение на следующей странице)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЖАРОВ

Пузач С. В., Абакумов Е. С. Модифицированная зонная модель расчета тепло-**53**
массообмена при пожаре в атриуме

Калмыков С. П. Численное моделирование работы системы струйной вентиляции
закрытой автостоянки **58**

СТАТИСТИКА И АНАЛИЗ ПОЖАРОВ

Хонг Ч. Д., Подгрушный А. В. Обстановка с пожарами в жилых зданиях крупных
городов Вьетнама и краткая характеристика пожарно-спасательных сил **64**

ПОЖАРНАЯ АВТОМАТИКА

Богданов А. В., Краснов А. В. Информационная система обеспечения безопас-**68**
ности крупных музейных комплексов

Карнаухов Г. М. Анализ влияния дискретности чувствительного элемента много-
точечных пожарных извещателей на их обнаруживающую способность **72**

ТУШЕНИЕ ПОЖАРОВ

Артемьев Н. С., Подгрушный А. В., Опарин Д. Е. Скорость продвижения
воздушно-механической пены по поверхности нефтепродукта **76**

Воевода С. С., Макаров С. А., Маркеев В. А., Шароварников А. Ф. Математическое моделирование процесса тушения евротоплив фторсintетической
пеной **78**

Артемьев Н. С., Подгрушный А. В., Опарин Д. Е. Коэффициент разрушения
воздушно-механической пены средней кратности при тушении жидкости в резервуаре **82**

ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ. СПРАВОЧНИК

84

Журнал включен в “Реферативный журнал” и Базы данных ВИНИТИ.
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 представленных в редакцию материалов
и публикацию их в открытой печати.



**Главный государственный инспектор по пожарному надзору Москвы
Виктор Климкин**

ВСЕ ГОРОДСКИЕ МЕДИЦИНСКИЕ СТАЦИОНАРЫ БУДУТ ПРОВЕРЕНЫ НА ПРЕДМЕТ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

По прошествию новогодних праздников в пресс-центре агентства “Интерфакс” состоялась пресс-конференция главного государственного инспектора по пожарному надзору Москвы ГУ МЧС России генерал-майора В. Климкина.

Генерал-майор рассказал об итогах ушедшего года. “В прошлом году в Москве произошло 10540 пожаров, в результате которых погибли 427 чел.” – уточнил В. Климкин. При этом он подчеркнул, что в 2006 г. при пожарах сотрудники МЧС спасли более 5 тыс. человеческих жизней.

Особое внимание главный госинспектор по пожарному надзору уделил новогодним праздникам, которые, по его словам, прошли без серьезных инцидентов благодаря проведенным профилактическим мероприятиям. “Для осуществления праздничных мероприятий в столице было задействовано 3 тыс. объектов. Все они были предварительно проверены МЧС. Помимо этого на самих праздниках дежурили 1300 сотрудников пожарной охраны и 20 единиц пожарной и спасательной техники”, – рассказал В. Климкин.

Однако было отмечено, что за первую декаду января в столице произошло около 300 пожаров, на которых погибли 5 чел., за аналогичный период минувшего года – 15 чел. Кроме того, в наступившем году в столице почти на 43% снизилось и число травмированных людей.

От пиротехники в Москве в новогодние праздники пострадали 73 чел., в том числе 16 детей. Как уточнил В. Климкин, в больницы были доставлены 43 пострадавших. Среди причин травм главный госинспектор назвал неправильное обращение с пиротехническими изделиями. Тем не менее он отметил, что ситуация с пиротехникой в этом году улучшилась. До нового года по результатам проверок Госпожнадзор направил в суды иски на приостановление деятельности 40 объектов, проходящих пиротехнические изделия.

Всего же с начала нового года в Москве произошло 287 пожаров, что на 18,5% меньше по сравнению с тем же периодом 2006 г. Наибольшее число пожаров зафиксировано в Восточном и Северо-Западном административных округах.

Много вопросов вызывает пожарная безопасность общественных организаций и зданий. “Все городские медицинские стационары будут проверены в этом году на предмет пожарной безопасности”, – заявил В. Климкин. Он уточнил, что это решение было принято после пожара в 17-й наркологической больнице в декабре прошлого года, в результате которого погибли 46 чел.

Еще до нового года были проверены все наркологические диспансеры и больницы подобного рода. Среди основных нарушений требований пожарной безопасности В. Климкин назвал наличие решеток на окнах, в том числе и нераспашных. “Если есть решетки, они должны быть распашными. К сожалению, здесь вступают в противоречие требования пожарной безопасности и Министерства здравоохранения. Мы наметили проверку всех стационаров Москвы. Естественно, до нового года были убраны все решетки с тех помещений, где в них нет необходимости”, – сказал В. Климкин.

Еще один минус — сигнализация. Датчики обнаружения пожара реагируют на температуру, а не на дым. Из-за этого сигнал о возгорании поступает на несколько минут позже. А в некоторых клиниках система оповещения для пациентов и персонала вообще не работает.

Кроме того, многие здания в Москве были построены более ста лет назад, поэтому у них не только старая проводка, но еще и деревянные перекрытия. В. Климкин отметил, что сейчас работа по приведению больниц в безопасное состояние проводится регулярно. “Основной вопрос — это подъезды и проезды к зданиям, территориям для того, чтобы можно было спокойно эвакуировать людей. Вопрос по каждому конкретному зданию мы решаем совместно с администрацией”, — сообщил В. Климкин. Он заверил, что после проверок руководителям медучреждений направлены предписания для устранения выявленных нарушений. “Конечно, это не вопрос одного дня, но работа ведется, и мы надеемся, что она даст ощутимые результаты”, — заявил главный госинспектор.

Отдельно главный государственный инспектор по пожарному надзору Москвы отметил, что больницы и школы столицы с этого года находятся под надежной защитой. За безопасность частных предприятий и организаций теперь будут следить так называемые пожарные аудиторы. “Предприниматель приглашает аудиторскую компанию, которая занимается пожарной безопасностью. Эта компания проводит обследование и выносит ему свои пожелания и предложения”, — рассказал В. Климкин. Эксперимент по замене пожарных инспекторов платными проверяющими начинается в четырех регионах России.

О необходимости реформирования системы пожарного надзора речь велась не один год. Еще в 2003 г. глава МЧС Сергей Шойгу предлагал оставить бесплатный пожарный надзор лишь для бюджетных организаций. Остальные, по его мнению, должны перейти на систему страхования. Именно тогда был подготовлен и проект соответствующего закона. Этот шаг, как полагал министр, позволил бы искоренить систему поборов и взяточничества среди пожарных инспекторов и сократить их численность примерно на 8 тыс. чел.

“Теперь пожарные инспекторы не будут проверять все без исключения объекты, а лишь места массового посещения людей и потенциально пожароопасные предприятия”, — отметил В. Климкин. Остальным, по словам главного столичного пожарного, предоставляют свободу выбора, какой системы безопасности им придерживаться. Правда, для этого им придется пригласить противопожарный аудит, который даст свои рекомендации, как лучше защитить офис или предприятие от беды.

Другое нововведение вызывает у пожарных недоумение. По новому градостроительному кодексу застройщикам совсем не обязательно согласовывать проекты с Госпожнадзором, достаточно подписи главного инженера или архитектора проекта. В. Климкин не исключает, что изменение пролоббировали заинтересованные строительные компании. А последствия, как всегда, отразятся на обычных москвичах. “Ситуация такая. Люди получили квартиры в жилом доме. Заселились. Приходит инспектор Госпожнадзора и говорит: “У вас здесь отсутствуют системы пожаротушения”. В тех же “Алых парусах” дом уже сдан, люди заселились, но нормально жить не могут, потому что там системы не соответствуют требованиям строительных норм и не работают”, — говорит В. Климкин.

Главный государственный инспектор по пожарному надзору Москвы также рассказал, что в новом году существенно обновится технический парк машин и спецсредств, стоящих на вооружении пожарных Москвы. Уже закуплено уникальное оборудование, аналогов которому нет в мире. Речь идет о подъемнике, способном доставлять пожарный расчет на высоту до 100 м. Помимо него в распоряжении столичных огнеборцов есть еще 4 подъемника с вылетом стрелы на 90 м.

Оксана Бубнова

**Пожарной части № 2 г. Москвы
присвоено имя Героя России
Владимира Максимчука**

Приказом министра Российской Федерации по чрезвычайным ситуациям Сергея Шойгу 2-й специализированной пожарной части федеральной противопожарной службы при Главном управлении МЧС России по г. Москве присвоено имя Героя России Владимира Максимчука.

13 мая 1986 г. Владимир Максимчук прибыл в г. Припять для управления подразделениями сводного отряда пожарной охраны при ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Без надежных средств защиты он лично в течение 12 часов руководил разведкой и тушением пожара, который произошел на атомной станции 23 мая и мог привести к взрыву 3-го энергоблока.

В результате сильного радиационного воздействия Владимир Максимчук перенес несколько сложных операций. Несмотря на тяжелые заболевания, он продолжал работать в должности начальника Управления государственной противопожарной службы г. Москвы и внес значительный вклад в повышение противопожарной защиты столицы. Генерал-майор внутренней службы Владимир Максимчук умер 22 мая 1994 г. в возрасте 46 лет.

Указом Президента РФ от 18 декабря 2003 г. за мужество и героизм, проявленные при выполнении специального задания правительства, генерал-майору внутренней службы Владимиру Максимчуку посмертно присвоено звание Героя Российской Федерации.

2-я Специализированная пожарная часть г. Москвы была образована в 1942 г. Сегодня это современное пожарное депо, в котором несут службу 80 бойцов, лучшие из них награждены медалями "За спасение погибавших", "За отвагу" и "За отвагу на пожаре".

В 2006 г. сотрудники пожарной части более 1300 раз выезжали на ликвидацию пожаров и последствий различных чрезвычайных ситуаций, в том числе обрушения купола Басманного рынка в г. Москве.

Пресс-служба МЧС России

**Подведены итоги конкурса на звание
“Лучший государственный инспектор
по пожарному надзору”**

Приказом министра РФ по чрезвычайным ситуациям поощрены лучшие инспекторы Государственного пожарного надзора МЧС России по итогам ра-



боты в 2006 г. Сотрудники Госпожнадзора награждены за высокие показатели в области осуществления государственного пожарного надзора и плодотворную деятельность по обеспечению пожарной безопасности населенных пунктов и объектов экономики.

Первое место и премия в размере 40 тыс. руб. присуждены инженеру отдела Управления государственного пожарного надзора Главного управления МЧС России по Ханты-Мансийскому автономному округу Дмитрию Орлову, второе — заместителю начальника отдела ГПН Специального управления федеральной противопожарной службы № 1 МЧС России Валерию Зарипову. На третьем месте инспектор ГПН по Юго-Восточному административному округу Главного управления МЧС России по г. Москве Николай Беляев. Четвертое и пятое места заняли соответственно начальник Кировского отделения отдела Государственного пожарного надзора г. Ростова-на-Дону Главного управления МЧС России по Ростовской области Оксана Бойко и главный специалист отдела Главного управления МЧС России по Архангельской области Андрей Зубов.

Пресс-служба МЧС России

Учрежден служебный жетон МЧС России

Приказом министра Российской Федерации по чрезвычайным ситуациям Сергея Шойгу от 16.10.2006 г. № 577 с нового года учрежден служебный жетон "Государственный пожарный над-



зор". Он является официальным знаком и подтверждает права и полномочия представителей надзора.

Жетон будет выдаваться должностным лицам органов Государственного пожарного надзора федеральной противопожарной службы при назначении их на государственные инспекторские должности различного уровня.

Каждый жетон имеет идентификационный (порядковый) номер. Должностные лица ГПН, получившие этот жетон, должны будут носить его справа на форменной куртке с символикой МЧС России.

[regions.ru](#)

Пожар на свалке "Эльдорадо" едва не лишил крова сотни екатеринбуржцев

В ночь на 10 января 2007 г. в г. Екатеринбурге из-за пожара на свалке магазина бытовой техники "Эльдорадо" едва не сгорел многоквартирный дом. Около 23.00 во дворе по улице Свердлова, дом 22 загорелись картонные коробки, брошенные персоналом "Эльдорадо" вдоль жилого дома. Охватив всю свалку, огонь перекинулся на стену многоэтажки. Через 10 мин на место ЧП прибыли пожарные, однако сразу приступить к тушению они не смогли — пламенем была охвачена трансформаторная будка. Только спустя час, когда жилое здание и выгоревший трансформатор удалось обесточить, пожар был локализован. Без света остались 60 квартир, поврежден фасад здания. Стоить отметить, что жильцы близлежащих домов неоднократно обращались в магазин с просьбой убрать несанкционированную свалку, однако жалобы горожан так и не были услышаны.

[www.uralinform.ru](#)

По вине соседа-пьяницы сгорела пожилая женщина

То, что курение в нетрезвом состоянии часто приводит к пожарам, ни для кого не секрет, особенно ужасно, когда из-за безответственности пьяниц погибают другие люди. Так, по вине некого гражда-

нина, который неоднократно устраивал пожары, сгорела его соседка.

Как сообщает пресс-служба МЧС, трагическое происшествие произошло в г. Черкассы. В ночь перед Рождеством упомянутый местный житель, большой любитель покурить на пьяную голову, устроил очередной пожар в своей квартире на третьем этаже.

Соседи неоднократно спасали ему жизнь, но эти случаи его так ничему и не научили. Этот раз оказался для нарушителя последним: один из соседей, рискуя собственной жизнью, вытащил пьяницу из огня, но было уже поздно. Прибывшая на место происшествия пожарная служба потушила пламя, но квартира сгорела полностью.

Огонь добрался до балкона пожилой женщины, которая жила этажом выше. Бойцы МЧС ликвидировали пожар, но спасти пенсионерку не удалось: женщина задохнулась от наполнившего квартиру дыма.

К сожалению, многие считают, что трагедия может случиться с кем-то, а не с ними, соответственно, правила пожарной безопасности соблюдать не обязательно. Многократные сообщения о пожарах лишний раз показывают, какими непоправимыми могут быть последствия такой халатности.

[e-news.com.ua](#)

В структуре МЧС России начал функционировать Национальный центр управления в кризисных ситуациях

С 1 января 2007 г. в соответствии с поручением Президента РФ в структуре МЧС России начал функционировать Национальный центр управления в кризисных ситуациях (НЦУКС), созданный на базе Центра управления в кризисных ситуациях.

Национальный центр создан в целях совершенствования системы управления в кризисных ситуациях и будет осуществлять оперативное управление дежурными силами в случае возникновения чрезвычайных ситуаций, а также оповещение населения при крупных авариях и катастрофах.

В числе основных задач НЦУКС — подготовка предложений по применению дежурных сил и средств Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС), контроль за готовностью подразделений оперативного реагирования к действиям по предназначению, оповещение и информирование населения через СМИ и по иным каналам о прогнозируемых и возникших чрезвычайных ситуациях и пожарах.

В состав НЦУКС вошли 328-й запасный пункт управления, 149-й телекоммуникационный центр МЧС России и информационный центр Общероссийской комплексной системы информирования и оповещения населения в местах массового пребывания людей (ОКСИОН).

Создание информационного центра ОКСИОН в структуре НЦУКС обеспечит решение таких задач, как повышение оперативности информирования населения по правилам безопасного поведения при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций, сокращение сроков его гарантированного оповещения, а также повышение уровня культуры безопасности жизнедеятельности.

В рамках РСЧС Национальный центр управления в кризисных ситуациях будет также обеспечивать информационное взаимодействие с федеральными органами исполнительной власти, субъектами РФ, организациями сети мониторинга опасных процессов и явлений и соответствующими силами постоянной готовности.

На НЦУКС, кроме того, возлагаются задачи поддержки международных гуманитарных проектов, программ и операций, выработки согласованных действий органов повседневного управления межгосударственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций государств — участников СНГ.

Пресс-служба МЧС России

Погиб при исполнении...



15 декабря 2006 г. в 13 ч 12 мин на пульт диспетчера ПЧ-70 по охране г. Благовещенска поступил сигнал о возгорании в 5-этажном 8-подъездном жилом доме по улице Седова. Жители одной из квартир на 1-м этаже почувствовали сильный запах дыма, который шел из подвала.

По прибытию дежурного караула поступила информация о возможном нахождении в квартире на 1-м этаже детей. Начальник караула Владислав Владимирович Тюфяков принял решение создать звено газодымозащитной службы. В аппаратах защиты органов дыхания они зашли в квартиру. Обследовав помещение, пожарные уже выходили из квартиры и в этот момент Владислав сквозь самовольно установленный жильцами деревянный люк в железобе-

тонном полу провалился в подвальное помещение. Резкий доступ воздуха привел к усилиению горения и произошел резкий выброс пламени. Попытки спасти его сразу не увенчались успехом.

Эвакуировав из зоны горения, огнеборцы передали находившегося без сознания товарища работникам скорой помощи. К сожалению, несмотря на старания врачей Владислав скончался в реанимационном отделении центральной районной больницы г. Благовещенска. Сам пожар вскоре был потушен. Пострадавших среди жителей не было.

Как оказалось, источник возгорания находился в подвале. Горела самовольно установленная в подвальном помещении деревянная кладовка. Над выяснением причины возгорания работают специалисты испытательной пожарной лаборатории. Расследование причины гибели пожарного проводит прокуратура г. Благовещенска совместно с комиссией Главного управления МЧС России по Республике Башкортостан.

Личный состав Главного управления МЧС России по РБ и Управление по ЧС при Правительстве РБ глубоко скорбят по поводу трагической гибели нашего сотрудника на тушении пожара при выполнении служебного долга и выражает соболезнования родным и близким.

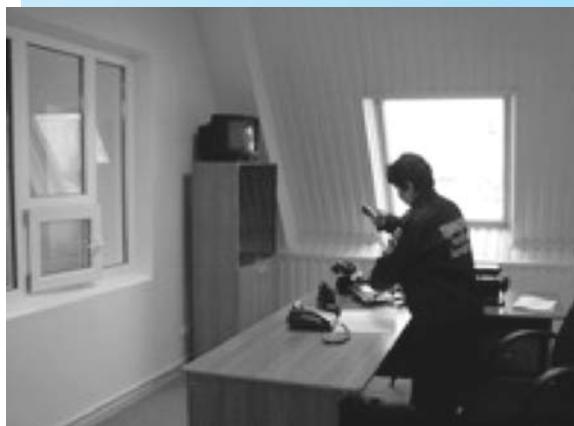
Пресс-служба ГУ МЧС России
по Республике Башкортостан

Открыто новое здание пожарного депо в селе Языково Благоварского района Республики Башкортостан

Несмотря на то, что как со стороны Правительства Башкортостана, так и федерального центра уделяется много внимания на усиление пожарной безопасности, все же существует такая проблема, как плохое состояние некоторых пожарных частей в сельских районах республики.

Серьезную озабоченность вызывало депо в селе Языково Благоварского района. Прежнее здание было построено еще в 1936 г.

Правительством РБ было принято решение построить новое здание, соответствующее всем требованиям сегодняшнего дня. Для этих целей с бюджета было выделено 10,3 млн руб. 20 декабря 2006 г. в ходе рабочей поездки премьер-министра Рафаэля Байдавлетова при участии начальника Главного управления МЧС России по РБ генерал-майора Марата Магадеева и его первого заместителя — полковника внутренней службы Владимира Лободы было открыто новое пожарное депо.



Как отметил Марат Магадеев, строительство этого важного объекта — идеальный вариант соотношения цены, качества и сроков выполнения работ. Данное депо рассчитано на 4 машины. В нем созданы все условия для полноценной работы дежурно-диспетчерской службы, инспекторов государственного пожарного надзора и всех сотрудников ПЧ-69 ГУ “ОПС РБ-38”. Для тех, кто будет нести круглосуточное дежурство, предусмотрено комната отдыха, кухня и душевая.

Кроме того, было принято первоначальное решение рассмотреть данный вариант проектно-сметной документации как одно из приоритетных направлений в решении задач по благоустройству и строительству новых депо в селах республики.

Пресс-служба МЧС России

Запертые медперсоналом больные задохнулись в дыму пожара

В результате пожара в наркологической больнице на юге Москвы погибли 45 чел., в том числе 2 сотрудника диспансера. Об этом сообщил заместитель министра по чрезвычайным ситуациям Александр Чуприян. Еще 12 чел. получили ранения. По данным департамента здравоохранения Москвы, пострадавшие были направлены в Первую градскую больницу и институт Склифосовского. Их состояние оценивалось как “тяжелое”.

Сигнал о возгорании по Болотниковой улице, дом 16, корпус 8 поступил на пульт “01” примерно в 01:40 по московскому времени. Пожар начался на 2-м этаже 8-этажного здания наркологической больницы № 17 и ему был присвоен четвертый номер по 5-балльной шкале сложности.

Как сообщил журналистам начальник Управления государственного пожарного надзора МЧС России Юрий Ненашев, причиной пожара в наркологической больнице, вероятнее всего, стал поджог. “На 90% — это поджог”, — сказал он.

“Очаг пожара нами обнаружен, он ограничен площадью в 3 м². Наша лаборатория работает на месте возгорания. В очаге не обнаружено никаких технических средств — проводки, обогревателей и т.п. Там стоял только деревянный шкаф, в котором и находился очаг возгорания, что говорит об умышленном поджоге”, — пояснил начальник Управления.

Однако, по словам прокурора Москвы Юрия Семина, проверяются все причины возникновения пожара, включая “умышленное уничтожение и повреждение имущества”. Но одной основной версии



пока нет. Расследование продолжается. Он также отметил, что по факту пожара в наркологической больнице прокуратура столицы возбудила уголовное дело о нарушении правил пожарной безопасности.

Причиной большого количества погибших предположительно стал несвоевременный вызов пожарных. Такое мнение ИТАР-ТАСС высказали в оперативном штабе, развернутом на месте трагедии. Площадь пожара была относительно небольшой — 100 м². Однако в здании наблюдалась очень сильная задымленность и люди, учитывая то, что несвоевременно вызвали пожарных, во сне отравились дымом.

По словам начальника Управления государственного пожарного надзора МЧС России Юрия Ненашева, большое количество жертв связано и с грубыми нарушениями персоналом правил пожарной безопасности. "Основная лестница здания была закрыта, а вторая оказалась отрезанной дымом", — пояснил он.

Кроме того, персонал не смог оказать своевременную помощь больным. Как пояснил Главный государственный пожарный инспектор Москвы Виктор Климкин, в больницах на решетках окон висели замки, ключи от них находились у персонала. "Этими ключами работники больницы и не смогли воспользоваться", — сказал он. Тем не менее пожарным удалось эвакуировать 214 чел.

Глава МЧС России, прибывший на место трагедии, признал действия пожарных подразделений во время тушения пожара в наркобольнице "адекватными".

Этот пожар стал самым крупным из тех, что происходили в лечебных учреждениях России за последние семь лет.

Как сообщил заместитель главы МЧС Александр Чуприян, министерство намерено проверить все лечебные учреждения, подобные наркологической больнице. Со своей стороны, начальник Управления

госпожнадзора МЧС России Юрий Ненашев подчеркнул, что еще 20 марта 2006 г. в суд были поданы материалы о приостановлении эксплуатации этого здания, поскольку оно "небезопасно с точки зрения пожарной безопасности". Однако суд ограничился только предупреждением.

ИТАР-ТАСС

В Москве арестован замглавы МЧС по ЯНАО. По громкому "делу пожарных" в скором времени может появиться первый обвиняемый

В середине января 2007 г. в Москве был задержан первый заместитель начальника МЧС по Ямало-Ненецкому автономному округу Александр Маслов. Он имеет отношение к громкому "делу пожарных", расследование которого продолжается около года. По предварительным данным Маслов обвиняется в служебных злоупотреблениях и хищениях. Он был уличен в названных преступлениях в ходе спецмероприятий, проведенных прокуратурой ЯНАО под контролем отдела Генеральной прокуратуры РФ в Уральском федеральном округе. Как сообщили корреспонденту "УралПолит.ru" в Генеральной прокуратуре России в УрФО, полковник скрывался от следствия в течение нескольких месяцев.

По словам старшего помощника прокурора ЯНАО Андрея Дробинина, эти преступления ряда должностных лиц связаны с выдачей лицензий на осуществление определенных видов деятельности, в частности на противопожарную обработку зданий различных предприятий. "Они выдавали фальшивые лицензии компаниям, не имевшим право на такую деятельность, — сказал Дробинин корреспонденту "УралПолит.ru", — в свою очередь предприятия заключали договоры с администрациями муниципальных образований на противопожарную

обработку зданий, за что получали деньги. Но эту работу фактически выполняли сами пожарные своими силами по команде руководства, за что последнее получало часть денег". Суммы, отмытые таким образом, исчисляются десятками миллионов рублей.

В январе 2007 г. Маслов был задержан в Москве. Затем по ходатайству прокуратуры судом Твер-

ского района столицы было принято решение о заключении его под стражу, — пишет ИА "Росбалт".

Напомним, в июне 2006 г. по результатам проведенных прокуратурой доследственных проверок по "делу пожарных" возбуждено девять уголовных дел, два руководителя подразделений по решению суда были заключены под стражу.

УралПолит.ru

ПРОГНОЗ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ ОБСТАНОВКИ В 2007 г.



Ведущие специалисты МЧС России опубликовали на своем сайте прогноз происшествий на 2007 г. По их заверению нас ждет небольшое потепление, особенно в зимний период. В теплое время года изменения климатической температуры будут незначительными.

Климатические угрозы

Специалисты МЧС России подтверждают, что нашу планету ждет глобальное потепление. Они объясняют это тем, что с начала XX в. наблюдаются рост температуры верхних слоев многолетнемерзлых грунтов (ММГ) и увеличение глубины их сезонного оттаивания. В последние три десятилетия эти процессы ускорились. С начала века температура верхнего горизонта в криозоне увеличилась на 3°С. При сохранении существующего тренда (0,06°С в год) к концу XXI в. рост климатической температуры может составить 4–8°С. Скорость оттаивания вечной мерзлоты при этих параметрах на территории России составит до 20 см/год, что приведет к сокращению крионы и ее трансформации на части территории в реликтовые формы, когда вечная мерзлота будет отделена от дневной поверхности талым слоем. В результате деградации вечной мерзлоты массовые деформации и разрушения зданий, сооружений и объектов инфраструктуры будут неизбежны. Значимость этих процессов очевидна. Так, 80% Амурской железной дороги проходит по вечной мерзлоте.

Деструктивное воздействие криогенных процессов на объекты нефтяной и газовой промышленностей, автомобильные и железные дороги заметно уже в настоящее время. В Западной Сибири более 7 тыс. ежегодно фиксируемых аварий на нефте- и газопроводах (21% общего количества) вызваны механическими воздействиями, связанными с деформацией и потерей устойчивости фундаментов и опор.

Отмечаются факты нарушения целостности и разрушения жилых и производственных зданий из-за уменьшения несущей способности вечной мерзлоты. За последние 10 лет число зданий, получивших различного рода повреждения из-за неравномерных просадок фундаментов, увеличилось по сравнению с предшествующим десятилетием на 42% в г. Норильск, на 61% в г. Якутск и на 90% в г. Амдерма.

На фоне повышения глобальной климатической температуры отмечается увеличение стока в бассейнах Волги и Каспийского моря, Невы и Ладожского озера, Оби, Енисея и Лены.

Повышение глобальной температуры неизбежно ведет к увеличению длительности периодов природных пожаров, их масштабов и расширению географии. Теоретические расчеты (модель общей циркуляции атмосферы GDFL, модель М. И. Будыко) показывают, что длительность пожароопасного сезона в среднем широтном поясе России может увеличиться на 50–60 дней, т.е. на 30–40% в сравнении с существующими среднемноголетними показателями. Это значительно повысит угрозы и риски масштабных чрезвычайных ситуаций, связанных с поражением и длительным задымлением населенных пунктов и объектов техносферы.

В 2007 г. сохранятся низкие уровни солнечной и геомагнитной активности. Значение среднегодового Ар-индекса составит 9 ± 3 нТл. Прогнозируется возникновение 30–40 магнитных бурь, среди которых ожидается 2–4 больших ($K_p \geq 7$). Геомагнитные возмущения наиболее вероятны в марте – апреле и сентябре – октябре.

В периоды магнитных бурь увеличивается число ошибок операторов всех уровней, возрастает риск отказов в сложных электронных и электронно-механических системах, что повышает вероятность возникновения техногенных чрезвычайных ситуаций.

Сейсмическая обстановка

Прогнозируется сохранение повышенной вероятности сейсмических событий с магнитудой $M = 7+$ на территории Дальневосточного (юг полуострова Камчатка, север и юг Курильских островов, район Командорских островов, о. Сахалин) и Южного (республики Дагестан, Чечня, Ингушетия) федеральных округов.

Как следствие высокой сейсмичности в Курило-Камчатской сейсмозоне сохраняется повышенная угроза возникновения волн цунами и выход их на цunamiопасные побережья полуострова Камчатки и острова Сахалин.

Природные чрезвычайные ситуации

В 2007 г. тенденция увеличения количества опасных природных явлений и процессов с аномальными значениями параметров сохранится, что повысит число природных ЧС по отношению к 2006 г. и среднемноголетним значениям. Прогнозируемое количество природных ЧС составит 285, что на 5% выше показателей 2006 г. и среднемноголетних показателей (276).

Наибольшая уязвимость к природным и природно-техногенным ЧС прогнозируется в Дальневосточном (Республика Саха (Якутия), Хабаровский край, Амурская, Магаданская и Сахалинская области), Сибирском (Красноярский край, Томская, Иркутская и Читинская области), Уральском (Свердловская и Челябинская области, Ханты-Мансийский АО), Приволжском (Нижегородская область), Южном (республики Дагестан, Карабаево-Черкессия, Краснодарский и Ставропольский края, Ростовская область), Северо-Западном (республики Коми и Карелия, Архангельская и Ленинградская области) федеральных округах.

Отсутствие ледового покрова на реках Центрального и части Северо-Западного федеральных округов формирует условия для резкого увеличения вероятности гибели людей на водных объектах в зимний и весенний периоды.

Прогнозируется повышение среднемноголетних параметров лавинной опасности в Южном, Северо-Западном и Сибирском федеральных округах, в частности В Южном ФО в январе – апреле: в Дагестане, Кабардино-Балкарии, Карабаево-Черкесии,

Северной Осетии и Краснодарском крае (населенные пункты, погранзаставы, автодороги зоны отдыха и туризма); в Сибирском ФО в марте – апреле: Бурятия, Иркутская и Читинская области (трассы железнодорожных магистралей); в Северо-Западном ФО в феврале – апреле: Хибины (горнолыжные центры, туристические маршруты).

Параметры весеннего паводка 2007 г. прогнозируются выше, чем в 2006 г.

Значительная наполняемость Волжско-Камского каскада в декабре 2006 г. увеличивает риск повышенных сбросов с водохранилищ каскада в период весеннего снеготаяния, что создает угрозу паводков.

Увеличение за последние 20 лет водности крупных рек на 7–10% (Волги, Оби, Енисея, Ангары, Лены, Тerek) формирует условия для априори повышенных уровней весеннего паводка.

Зимой и весной 2007 г. прогнозируется высокая угроза ЧС на территории Северо-Западного и Центрального федеральных округов, связанных с выходом людей и техники на лед рек и водоемов, что обусловлено низкой несущей прочностью и толщиной льда (следствие аномальных положительных температур в ноябре – декабре 2006 г.).

Техногенные чрезвычайные ситуации

Наибольшее количество техногенных пожаров прогнозируется в Приморском и Красноярском краях, Московской, Свердловской, Кемеровской и Иркутской областях, г. Москве (более 3000), Алтайском, Краснодарском и Хабаровском краях, республиках Алтай, Башкортостан и Калмыкия, Волгоградской, Нижегородской, Новосибирской, Омской, Самарской и Челябинской областях (2000–3000).

Максимальное количество пожаров в жилом секторе и на объектах экономики будет фиксироваться в осенне-зимний период. Общее число пожаров в этот период увеличивается на 5%, а количество крупных пожаров – на 40% по отношению к другим месяцам года.

Автомобильный транспорт

В 2007 г. прогнозируется дальнейшее увеличение количества ДТП с тяжелыми последствиями. Наибольшее их количество предполагается в Дальневосточном (Приморский край), Сибирском (Красноярский край, Иркутская и Кемеровская области), Уральском (Свердловская и Челябинская области), Приволжском (республики Башкортостан, Татарстан, Пермский край, Нижегородская область), Южном (Краснодарский край, Ростовская область), Центральном (г. Москва, Московская область), Северо-

ро-Западном (г. Санкт-Петербург) федеральных округах. Повышается вероятность возникновения ЧС на федеральных трассах "Волга", "Дон", "Урал". Негативную динамику роста количества ДТП в 2007 г. переломить не удастся.

Предпосылки: рост средней скорости движения за счет увеличения парка иномарок; низкий уровень состояния дорог и дорожной инфраструктуры; недостаточная квалификация водителей (более 80% дорожно-транспортных происшествий); рост объемов перевозок пассажиров и грузов автомобильным транспортом.

Авиационный транспорт

Прогнозируется сохранение повышенной вероятности возникновения ЧС при эксплуатации вертолетного транспорта (особенно Ми-8) и "малой авиации" местных авиалиний, базирующихся в Центральном, Приобском, Якутском, Камчатском, Красноярском и Тюменском региональных управлениях авиации.

Предпосылки: нарушения правил выполнения полетов; сверхнормативная загрузка; использование не сертифицированных агрегатов и запчастей; несовершенство нормативной базы в "малой авиации".

Железнодорожный транспорт

В 2007 г. аварийность сохранится на уровне 2006 г. На магистральных линиях железных дорог насчитываются 2321 опасный участок, которые подвержены возникновению ЧС под воздействием природных и природно-техногенных факторов (снежные заносы, оползни, лавины, сели, подмывы и размывы, подтопления железнодорожного полотна).

В зоне размещения инфраструктуры железнодорожного транспорта насчитывается 45 тыс. опасных производственных объектов, более половины из них выработали свой нормативный срок службы.

В 2007 г. наибольшее количество аварий на железнодорожном транспорте прогнозируется на территориях Центрального и Приволжского (пассажирские перевозки), Приволжского, Северо-Западного и Сибирского (грузовые перевозки) федеральных округов.

Предпосылки: выработка ресурса подвижного и локомотивного парков в среднем на 60–70%; высокий уровень нарушений технологии производства ремонтных и регламентных работ транспортных средств, в том числе предназначенных для перевозки опасных грузов; отсутствие эффективных средств контроля исправности пути; большое число опасных участков, подверженных воздействию природных

процессов и явлений (подтопления, оползни, осьпи, карст, снежные заносы, лавины).

Морской транспорт

Прогнозируется стабилизация параметров аварийности в пределах среднемноголетних значений (35 случаев). Повышается вероятность возникновения ЧС при транспортировке нефтепродуктов, обусловленная систематическим использованием не по назначению топливных танков и судовых помещений.

Предпосылки: нарушения правил безопасности судоходства и пожарной безопасности; невыполнение правил маневрирования и предупреждения столкновения судов; неудовлетворительная организация штурманской и общесудовой служб на судах.

Внутренний водный транспорт

Сохранится повышенная вероятность возникновения ЧС, обусловленных авариями на судах на внутренних водных путях России. Основными видами происшествий будут удары, посадка на мель, столкновения, затопления судов, повреждение гидротехнических сооружений.

Предпосылки: невыполнение командным составом требований, установленных нормативными документами по безопасности судоходства (73%); судоводительские ошибки (13%); неудовлетворительное состояние гидротехнических сооружений (5%).

Жилищно-коммунальное хозяйство

В 2007 г. аварийность на системах ЖКХ прогнозируется на уровне 2006 г. Повышенной вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций на объектах ЖКХ сохранится в Дальневосточном (Хабаровский край, Камчатская область, Еврейская АО), Сибирском (Иркутская, Омская и Читинская области, Таймырский и Усть-Ордынский Бурятский АО), Уральском (Курганская область), Приволжском (республики Мордовия и Чувашия, Нижегородская, Пензенская и Саратовская области), Северо-Западном (Республика Карелия, Калининградская область), Центральном (Ивановская, Тамбовская и Тверская области) и Южном (Республика Калмыкия, Кабардино-Балкарская, Ростовская область) федеральных округах.

Прогнозируется высокая вероятность ЧС, связанных с обрушением кровли производственных объектов, которая выполнена из мелкоразмерных бетонных плит с шириной опирания на опоры 50 мм. Более 60% таких производственных объектов имеют возраст свыше 50 лет.

Предполагается повышение вероятности ЧС, вызванных авариями в лифтовом хозяйстве. Доля эксплуатируемых лифтов, отработавших нормативный срок, превышает 25%. В г. Санкт-Петербурге этот показатель составляет 49%, по Московской области – 36%.

Прогнозируются увеличение количества аварийных зданий и нарастание угроз их обрушения на территории Самарской области (г. Тольятти). В 2006 г. признаки неравномерной деформации оснований, трещины строительных и внутренних конструкций, межпанельных стыков, сверхнормативный крен и иные значимые дефекты и признаки разрушения зафиксированы у 122 домов. Всего в зоне потенциальной угрозы находятся 309 строений жилой площадью 1,2 млн м², из них 50% домов – высотой 9 и более этажей).

Предпосылки: резонансные вибрационные колебания грунтов, вызываемые сбросом через плотину Жигулевской ГЭС паводочной волны. Колебания усиливаются при пропуске расходов воды через гребень плотины выше 12000 м³/с, а при расходах выше 16000 куб м/с ситуация не поддается регулированию.

В 2006 г. при пропуске максимальных расходов были задействованы после ремонтных работ донные водосбросы, что позволило довести сбросной расход воды через гребень плотины до 10000–11000 м³/с, снизив его на 5000 м³/с (проектный сбросной расход через донные водосбросы составляет 105000 м³/с).

Наибольшая уязвимость к техногенным ЧС прогнозируется в Дальневосточном (Приморский край, Камчатская область, Еврейская АО), Сибирском (Читинская область), Уральском (Курганская, Свердловская, Челябинская области, Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий АО), Приволжском (Чувашская Республика, Оренбургская, Пензенская, Самарская, Саратовская и Ульяновская области, Пермский край), Центральном (Владимирская, Воронеж-

ская, Калужская, Липецкая, Московская, Тамбовская, Тульская и Тверская области), Южном (Республика Калмыкия и Чеченская Республика, Ставропольский край и Ростовская область) федеральных округах.

Прогнозируется сохранение повышенной вероятности трансграничных техногенных ЧС на границе с КНР.

Предпосылки: интенсификация промышленного производства на химически опасных предприятиях.

Биолого-социальные чрезвычайные ситуации

Негативная мировая динамика распространения вируса гриппа А (H5N1) среди птиц и рост числа случаев заболеваний людей в сопредельных странах сохраняют угрозу возникновения вспышек гриппа птиц на территории РФ и пандемического штамма. Вероятность мутации вируса до уровня, при котором станет возможна его передача от человеку к человеку, достаточно высока. По оценкам отдельных зарубежных специалистов, этот срок исчисляется 1–2 годами. В 2007 г. возможен занос на территорию РФ измененных вариантов вируса гриппа птиц из стран Юго-Восточной Азии, от которых вакцинированная в 2006 г. птица не будет защищена.

В 2007 г. сохранится угроза заболевания людей сибирской язвой, что связано с увеличением неблагополучных по сибирской язве пунктов, утратой сведений о точном месторасположении захоронений, а также несоответствие скотомогильников установленным ветеринарно-санитарным требованиям. Климатические аномалии, воздействуя на состояние зоны вечной мерзлоты, повышают угрозу расконсервации захоронений, проводившихся в периоды эпидемий особо опасных инфекций.

Пресс-служба МЧС России



Канд. техн. наук, доцент кафедры
“Безопасность жизнедеятельности”
Российского химико-технологического
университета им. Д. И. Менделеева
А. Я. Васин



Канд. техн. наук, доцент кафедры
“Надежность и безопасность
технологических процессов”
Российского химико-технологического
университета им. Д. И. Менделеева
В. М. Райкова

УДК 614.841.4

О ВЛИЯНИИ ХИМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ НА ВЗРЫВООПАСНОСТЬ ПЫЛЕЙ

Изучено влияние химического строения органических веществ на взрывоопасность пылей. Показано, что для веществ бензольного ряда с количеством углеродных атомов не более 17 наблюдается общая тенденция уменьшения значений нижнего концентрационного предела распространения пламени (НКПР) с ростом теплоты сгорания ΔH_{cr}^0 . Для органических кислот получена линейная зависимость НКПР от $1/\Delta H_{cr}^0$. Усложнение строения веществ приводит к увеличению значений НКПР в ряду азокрасители → дифенильные вещества → ариламиноантрахиноновые красители → кубовые красители.

Одним из основных параметров, характеризующих взрывоопасность пылей, является нижний концентрационный предел распространения пламени (НКПР). В работах [1, 2] было высказано предположение о взаимосвязи между теплотой сгорания и концентрацией, равной нижнему пределу воспламенения пылей. Были получены эмпирические зависимости для разных групп органических пылей в виде уравнения:

$$\text{НКПР} = A + B(1/\Delta H_{cr}^0), \quad (1)$$

где A и B — константы;

ΔH_{cr}^0 — теплота сгорания вещества, кДж/кг.

В руководстве [3] предлагается аналогичная зависимость НКПР от теплоты сгорания для веществ с эмпирической формулой $C_aH_bO_cN_d$ в виде уравнения:

$$\text{НКПР} = 8 \cdot 10^5 / (-\Delta H_{cr}^0). \quad (2)$$

Проверка данной зависимости для многих веществ, исследуемых в РХТУ им. Д. И. Менделеева (антрахиноновые и кубовые красители), показала очень большую погрешность. В связи с этим была предпринята попытка проанализировать имеющиеся литературные данные по пожаровзрывоопасности чистых органических веществ, а также, используя компьютерные методы расчета теплоты сгорания, попытаться получить более точный метод расчета НКПР и проследить влияние химического

строения органических веществ на взрывоопасность пылей.

Для того чтобы оценить влияние теплоты сгорания на НКПР, были отобраны вещества с эмпирической формулой $C_aH_bO_cN_d$, изученные авторами данной работы, а также из литературных источников. Критерии отбора были следующие: все вещества — органические пыли с дисперсностью не более 100 мкм, влажностью не более 5 мас. %, содержанием основного вещества в образце не менее 95%.

Значения НКПР для пылей органических веществ были взяты из справочника [4], а также из научно-исследовательских отчетов кафедры “Безопасность жизнедеятельности” РХТУ им. Д. И. Менделеева.

Теплоту сгорания рассчитывали по закону Гессса [4]:

$$\Delta H_{cr}^0 = \sum_{i=0}^n \Delta H_{fi}^0 n_i - \Delta H_f^0, \quad (3)$$

где ΔH_{fi}^0 — теплота образования продуктов реакции горения, кДж/кг;

n_i — число молей продуктов реакции;

ΔH_f^0 — теплота образования исходного вещества, кДж/кг.

Для веществ состава $C_aH_bO_cN_d$ расчет ΔH_{cr}^0 (нижней) проводился в предположении, что продуктами горения являются CO_2 , H_2O (газ) и N_2 . Значения ΔH_{cr}^0 определяли с помощью пакета компьютерных программ HAZ [5], предназначенного для

расчета взрывоопасных характеристик смесей горючих веществ с воздухом.

Значения энталпии образования большинства веществ были взяты из справочника [6], а при отсутствии справочных данных рассчитывались с помощью программы CS ChemOffice.

Был также проведен расчет адиабатической температуры горения, состава продуктов горения на нижнем пределе воспламенения изученных пылевоздушных смесей с использованием компьютерной программы REAL, широко применяемой для расчета термодинамических характеристик горения порохов и твердых ракетных топлив [7]. По составу продуктов горения с помощью уравнения (3) определялась теплота сгорания на нижнем пределе $\Delta H_{\text{НКПР}}^0$.

Результаты расчетов показали, что основными продуктами на нижнем пределе горения пылей в воздухе являются CO_2 , H_2O и N_2 , O_2 , а значение адиабатической температуры горения меняется от 611 до 1300 К. Для веществ, у которых НКПР составляет более 120 г/м³, концентрация горючего превышает стехиометрическую, в продуктах горения появляются также CO , NO , H_2 и продукты диссоциации, а адиабатическая температура горения составляет более 2000 К.

В табл. 1 приведены брутто-формулы, экспериментальные значения НКПР, расчетные концентрации горючего (мас. %) на нижнем пределе ($W_{\text{НКПР}}$) и в стехиометрической смеси с воздухом ($W_{\text{смес}}$) и расчетные значения $\Delta H_{\text{св}}^0$ и $\Delta H_{\text{НКПР}}^0$ для 54 органических веществ.

Сравнение значений $\Delta H_{\text{св}}^0$ и $\Delta H_{\text{НКПР}}^0$ показало, что они практически совпадают друг с другом. Среднее отклонение расчета для 47 веществ составляет всего 0,2%. Значительные расхождения между значениями $\Delta H_{\text{св}}^0$ и $\Delta H_{\text{НКПР}}^0$ наблюдаются для ве-

Таблица 1. Содержание горючего и теплоты сгорания для смесей органических веществ $\text{C}_a\text{H}_b\text{O}_c\text{N}_d$ с воздухом на нижнем пределе и стехиометрического состава

№ п/п	Брутто- формула	НКПР, г/м ³	$W_{\text{НКПР}},$ мас. %	$W_{\text{смес}},$ мас. %	$\Delta H_{\text{св}}^0,$ кДж/кг	$\Delta H_{\text{НКПР}}^0,$ кДж/кг
1	$\text{C}_{12}\text{H}_{10}$	26	1,98	7,14	-38845	-39002
2	$\text{C}_{13}\text{H}_{10}$	25	1,90	7,19	-38522	-38559
3	$\text{C}_4\text{H}_2\text{O}_3$	50	3,73	19,11	-13694	-13710
4	$\text{C}_5\text{H}_4\text{O}_3$	38	2,86	15,26	-17387	-17408
5	$\text{C}_6\text{H}_4\text{O}_2$	85	6,18	11,52	-24544	-24505
6	$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_2$	30	2,27	10,37	-26136	-26138
7	$\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_4$	35	2,64	13,98	-17621	-17637
8	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	65	4,80	17,83	-14081	-14104
9	$\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$	20	1,53	10,53	-25293	-25391
10	$\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$	20	1,53	10,53	-25939	-26040

Продолжение табл. 1

№ п/п	Брутто- формула	НКПР, г/м ³	$W_{\text{НКПР}},$ мас. %	$W_{\text{смес}},$ мас. %	$\Delta H_{\text{св}}^0,$ кДж/кг	$\Delta H_{\text{НКПР}}^0,$ кДж/кг
11	$\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3$	26	1,98	12,48	-20920	-20998
12	$\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_4$	32	2,42	14,63	-17487	-17511
13	$\text{C}_8\text{H}_6\text{O}_4$	26	1,98	13,80	-18444	-18513
14	$\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3$	42	3,15	11,45	-23222	-23231
15	$\text{C}_9\text{H}_6\text{O}_6$	70	5,15	16,84	-14622	-14653
16	$\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}_4$	43	3,23	10,47	-24852	-24920
17	$\text{C}_{11}\text{H}_8\text{O}_3$	26	1,98	10,58	-25193	-25298
18	$\text{C}_{13}\text{H}_{12}\text{O}$	37	2,79	7,43	-35110	-35050
19	$\text{C}_{14}\text{H}_8\text{O}_4$	40	3,01	11,03	-24479	-24540
20	$\text{C}_{14}\text{H}_8\text{O}_2$	30	2,27	9,12	-30045	-30067
21	$\text{C}_{14}\text{H}_{10}\text{O}_3$	18	1,38	9,83	-27736	-27864
22	$\text{C}_6\text{H}_5\text{N}_3$	53	3,95	10,61	-26949	-27018
23	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_4$	15	1,15	10,12	-28043	-28103
24	$\text{C}_6\text{H}_7\text{NO}$	41	3,08	9,81	-27703	-27743
25	$\text{C}_6\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_4$	13	1,00	20,14	-15659	-15716
26	$\text{C}_6\text{H}_6\text{N}_2\text{O}_2$	39	2,93	13,31	-22188	-22186
27	$\text{C}_6\text{H}_6\text{N}_2\text{O}_2$	39	2,93	13,31	-22011	-22010
28	$\text{C}_6\text{H}_6\text{N}_2\text{O}_2$	53	3,95	13,31	-22221	-22274
29	$\text{C}_7\text{H}_5\text{NO}_4$	30	2,27	16,20	-17533	-17542
30	$\text{C}_7\text{H}_5\text{NO}_4$	29	2,20	16,20	-17591	-17631
31	$\text{C}_7\text{H}_5\text{NO}_4$	26	1,98	16,20	-17548	-17615
32	$\text{C}_7\text{H}_6\text{N}_2\text{O}_5$	29	2,20	19,27	-16602	-16635
33	$\text{C}_7\text{H}_7\text{NO}_2$	30	2,27	11,34	-23820	-23833
34	$\text{C}_8\text{H}_5\text{NO}_2$	10	0,77	11,42	-23705	-23775
35	$\text{C}_8\text{H}_5\text{NO}_2$	30	2,27	11,42	-23381	-23396
36	$\text{C}_8\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_3$	22	1,68	13,28	-21622	-21695
37	$\text{C}_8\text{H}_9\text{NO}_2$	47	3,52	10,56	-25127	-25198
38	$\text{C}_9\text{H}_7\text{NO}$	52	3,87	9,28	-29577	-29557
39	$\text{C}_{10}\text{H}_7\text{NO}_2$	18	1,38	10,43	-27828	-27955
40	$\text{C}_{10}\text{H}_{13}\text{NO}_2$	18	1,38	9,56	-28384	-28791
41	$\text{C}_{15}\text{H}_{15}\text{NO}_2$	30	2,27	8,94	-30533	-30540
42	$\text{C}_{15}\text{H}_{15}\text{N}_3\text{O}_2$	98	7,06	9,88	-27701	-27526
43	$\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{N}_4\text{O}_3$	39	2,93	10,68	-26907	-26928
44	$\text{C}_{16}\text{H}_{22}\text{N}_2\text{O}_2$	65	4,80	8,82	-31340	-31324
45	$\text{C}_{17}\text{H}_{13}\text{NO}_2$	26	1,98	8,99	-30331	-30442
46	$\text{C}_{17}\text{H}_{17}\text{N}_5\text{O}_2$	38	2,86	10,35	-27823	-27860
47	$\text{C}_{19}\text{H}_{19}\text{N}_5\text{O}_6$	42	3,15	12,59	-24542	-24558
48	$\text{C}_{21}\text{H}_{15}\text{NO}_3$	141	9,87	9,29	-30085	-26106
49	$\text{C}_{24}\text{H}_{34}\text{O}_2$	373	22,43	7,52	-37517	-5624
50	$\text{C}_{24}\text{H}_{18}\text{N}_2\text{O}_2$	94	6,82	8,78	-32100	-31643
51	$\text{C}_{28}\text{H}_{22}\text{N}_2\text{O}_2$	274	17,55	8,51	-36087	-12398
52	$\text{C}_{30}\text{H}_{26}\text{N}_2\text{O}_2$	146	10,15	8,33	-33798	-24976
53	$\text{C}_{34}\text{H}_{34}\text{N}_2\text{O}_2$	87	6,32	8,05	-36471	-35684
54	$\text{C}_{34}\text{H}_{34}\text{N}_2\text{O}_4$	161	11,10	8,71	-33387	-23316

ществ, содержащих в молекуле более 20 атомов углерода и имеющих значения НКПР выше $80 \text{ г}/\text{м}^3$.

Сопоставление экспериментальных данных по НКПР с расчетными значениями теплоты сгорания представлено на рис. 1. Там же приведена зависимость НКПР от $1/\Delta H_{ce}^0$, рассчитанная по формуле (2).

Как видно из рис. 1, экспериментальные точки с большим разбросом группируются около расчетной прямой. Наибольшие отклонения наблюдаются главным образом для красителей, имеющих сложное химическое строение и значения НКПР выше $60 \text{ г}/\text{м}^3$ (светлые точки).

Из всех веществ, представленных в табл. 1, можно выделить два класса соединений: органические кислоты и ароматические нитросоединения. Для этих классов соединений была предпринята попытка установить корреляцию между значениями НКПР и теплотой сгорания в форме уравнения (1).

Исходные данные для построения зависимости НКПР органических кислот от их теплоты сгорания представлены в табл. 2. Следует обратить внимание на то, что значения ΔH_{ce}^0 и $\Delta H_{\text{НКПР}}$ для органических кислот практически равны, поэтому их влияние на НКПР одинаково.

Зависимость НКПР от теплоты сгорания для смесей органических кислот с воздухом представлена на рис. 2, из которого видно, что наблюдается снижение значения НКПР с увеличением теплоты сгорания. Расчетная зависимость описывается уравнением:

$$\text{НКПР} = -8,06 \cdot (1/\Delta H_{ce}^0) - 4,5, \quad (4)$$

которое практически совпадает с выражением (2).

Для органических нитросоединений аналогичной зависимости значений НКПР от теплоты сгорания выявить не удалось.

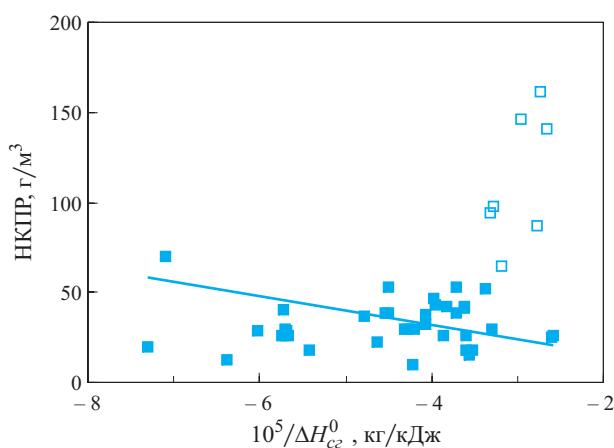


Рис. 1. Зависимость НКПР от теплоты сгорания органических веществ: точки — данные табл. 1, прямая линия — расчет по уравнению (2)

С целью получения корреляционной зависимости значений НКПР от теплоты сгорания были изучены соединения дифенильного ряда. Экспериментально найдены значения НКПР для 7 технических образцов, полученных из НИОПИК.

Для определения достоверного значения теплоты образования для изученных веществ расчет проводился всеми предложенными способами программы CS ChemOffice. Далее из 10 значений, полученных для каждого вещества, были отобраны наиболее близкие и взяты их средние значения, которые приведены в табл. 3, в ней также представлены результаты расчета ΔH_{ce}^0 и $\Delta H_{\text{НКПР}}$.

Как видно из табл. 3, содержание горючего в смесях на нижнем пределе $W_{\text{НКПР}}$ близко к значе-

Таблица 2. НКПР и расчетные теплоты сгорания для смесей органических кислот состава $C_aH_bO_c$ с воздухом

№ п/п	Название кислоты	Брутто- формула	НКПР, $\text{г}/\text{м}^3$	ΔH_{ce}^0 , кДж/кг
1	Адипиновая, гексадиеновая	$C_6H_{10}O_4$	35	-17621
2	Бензойная	$C_7H_6O_2$	20	-25293
3	Сорбиновая	$C_6H_8O_2$	30	-26136
4	4-Гидроксибензойная	$C_7H_6O_3$	26	-20920
5	2-Гидрокси-3-нафточная	$C_{11}H_8O_3$	26	-25193
6	1,10-Декандиовая	$C_{10}H_{18}O_4$	43	-24852
7	2,4-Дигидрокси-бензойная	$C_7H_6O_4$	32	-17486
8	Изофтальевая	$C_8H_6O_4$	26	-18443
9	<i>n</i> -Метоксибензойная	$C_8H_8O_3$	42	-23222
10	Тримеллитовая	$C_9H_6O_6$	70	-14622
11	2-Фуранкарбоновая (фурановая)	$C_5H_4O_3$	38	-17387

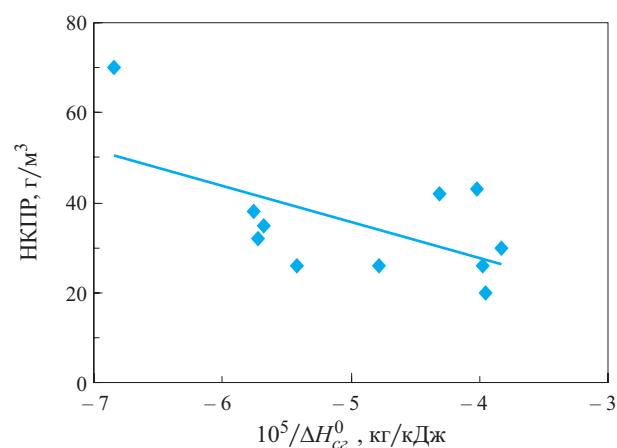


Рис. 2. Зависимость НКПР от теплоты сгорания органических кислот: точки — данные табл. 2, прямая линия — расчет по уравнению (4)

Таблица 3. Энталпии образования дифенильных соединений, содержание горючего в смесях с воздухом на нижнем пределе и стехиометрического состава и расчетные теплоты сгорания

№ п/п	Название вещества	Брутто- формула	ΔH_f^0 , ккал/моль	НКПР, г/м ³	$W_{\text{НКПР}}$, мас. %	$W_{\text{смеш}}$, мас. %	$\Delta H_{\text{сэ}}^0$, кДж/кг	$\Delta H_{\text{НКПР}}^0$, кДж/кг
1	4-Метоксидифенил	C ₁₃ H ₁₂ O	17,7	85	6,18	7,91	-35987	-35417
2	4-Метокси-4-дифенилкарбоновая кислота	C ₁₄ H ₁₂ O ₃	-79,8	120	8,51	9,62	-28978	-27935
3	4-Метокси-4-дифенилкарбамид	C ₁₄ H ₁₄ N ₂ O ₂	-25,5	145	10,1	9,59	-29263	-25694
4	4-Метокси-4-цианодифенил	C ₁₄ H ₁₁ NO	41,1	150	10,42	8,51	-33400	-24548
5	4-Октил-4-ацетодифенил	C ₂₂ H ₂₈ O	165,0	100	7,19	7,25	-41232	-37087
6	4-Гептилдифенилкетон	C ₂₀ H ₂₄ O	213,3	100	7,19	7,36	-41549	-37319
7	4-Окси-3-аминодифенил	C ₁₂ H ₁₁ NO	1,2	170	11,64	8,59	-32675	-20493

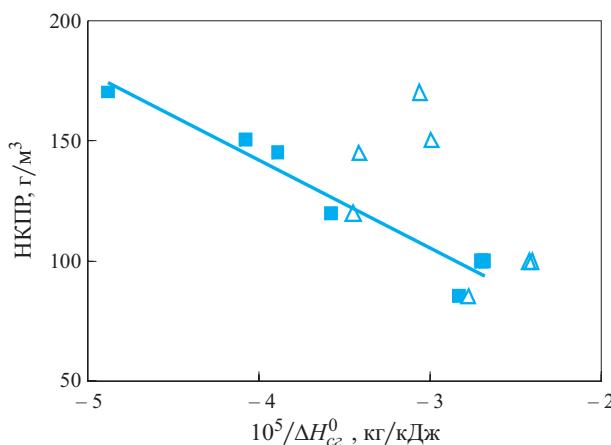


Рис. 3. Зависимость НКПР от теплоты сгорания дифенильных соединений: светлые точки — $\Delta H_{\text{сэ}}^0$; темные точки — $\Delta H_{\text{НКПР}}^0$; прямая линия — расчет по уравнению (5)

нию $W_{\text{смеш}}$, а в некоторых случаях даже превосходит его. В связи с этим расчетные значения $\Delta H_{\text{НКПР}}^0$ значительно отличаются от $\Delta H_{\text{сэ}}^0$. Построение данных на рис. 3 в координатах НКПР — $1/\Delta H_{\text{сэ}}^0$ (светлые точки) дало лишь общую тенденцию к снижению НКПР с ростом теплоты сгорания.

Использование значений $\Delta H_{\text{НКПР}}^0$ позволило получить вполне приемлемую линейную зависимость НКПР от роста теплоты сгорания в виде уравнения:

$$\text{НКПР} = -36,4(1/\Delta H_{\text{НКПР}}^0) - 3,8. \quad (5)$$

Возвращаясь к данным табл. 1 следует отметить, что для ряда веществ (№№ 48, 49, 51, 52, 54) содержание горючего на нижнем пределе (мас. %) больше, чем в стехиометрической смеси, что выделяет их из всей группы рассматриваемых соединений. Это может быть обусловлено сложностью строения данных веществ (антрахиноновые и кубовые красители). Произведение значения НКПР на

соотношение $W_{\text{смеш}}/W_{\text{НКПР}}$ дает концентрацию, при которой должны быть максимальными значения давления взрыва и скорости его нарастания. Для многих веществ с низкими значениями НКПР отношение $W_{\text{смеш}}/W_{\text{НКПР}}$ составляет 3–6.

В результате проведенного изучения влияния теплоты сгорания на НКПР можно выделить следующие основные моменты:

- Большинство органических соединений с эмпирической формулой C_aH_bO_cN_d, несложным химическим строением, у которых число атомов углерода меньше 17, имеют общую тенденцию снижения НКПР с ростом теплоты сгорания. При этом значения НКПР колеблются в интервале от 15 до 50 г/м³.
- Для органических кислот получена линейная зависимость НКПР от $1/\Delta H_{\text{сэ}}^0$ в виде уравнения НКПР = $8,06 \cdot (1/\Delta H_{\text{сэ}}^0) - 4,5$, практически совпадающая с данными [3].
- Для соединений дифенильного ряда теплоты сгорания на нижнем пределе дают более точную зависимость значений НКПР от $1/\Delta H_{\text{НКПР}}^0$, чем теплоты сгорания, соответствующие полному окислению вещества при стехиометрическом составе смеси.
- Усложнение строения вещества, присутствие так называемых “мостиковых” или “сшитых” структур приводит к увеличению значений НКПР в ряду:
 - азокрасители и индигоидные красители с НКПР 40–100 г/м³;
 - дифенильные соединения с НКПР 85–170 г/м³;
 - ариламиноантрахиноновые красители с НКПР 90–270 г/м³;
 - кубовые красители (сшитые структуры из бензольных колец) с НКПР выше 200 г/м³.

Авторы статьи выражают глубокую благодарность доценту кафедры “Надежность и безопасность технологических процессов” РХТУ

им. Д. И. Менделеева Козак Г. Д. за оказанную помощь в проведении расчетов энталпий образование органических соединений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Selle H., Zehr I. // Staub. — 1954. — № 38. — S. 583.
2. Schonenwald I. // Staub-Reinhalt Luft. — 1971. — Bd. 31, № 9. — S. 376–378.
3. Расчет основных показателей пожаровзрывоопасности веществ и материалов: Руководство. — М.: ВНИИПО, 2002. — 77 с.
4. Корольченко А. Я., Корольченко Д. А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения / Справочник. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Ассоц. “Пожнаука”, 2004. — Ч. 1, 713 с. — Ч. 2, 774 с.
5. Райкова В. М., Харламкин М. Ю. Комплекс компьютерных программ расчета параметров горения и взрыва смесей горючих газов и паров с воздухом // Промышленная безопасность коксохимического производства: Материалы Международного семинара. — М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2003. — С. 108–113.
6. Стал Д., Вестрам Э., Зинке Г. Химическая термодинамика органических соединений. — М.: Мир, 1971. — 807 с.
7. Belov G. V. Thermodynamic Analisys of Combustion Products at High Temperature and Pressure // Propellants, Explosives, Pyrotechnics. — 1998. — Vol. 23. — P. 86–89.

Поступила в редакцию 19.12.06.



Д-р техн. наук, заведующий НИЛ
огнезащиты строительных конструкций
и материалов Белорусского государствен-
ного технологического университета

Н. А. Тычино



Ассистент кафедры технологии
клеенных материалов и плит
Белорусского государственного
технологического университета

И. Г. Федосенко



Инженер НИЛ огнезащиты строительных
конструкций и материалов Белорусского
государственного технологического
университета

А. В. Баранов

УДК 614.841.332

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ОГНЕБИОЗАЩИТЫ АРХЕОЛОГИЧЕСКОЙ ДРЕВЕСИНЫ

Проведены исследования археологической древесины, образцы которой отобраны из строений ремесленного города XIII в. – музея “Берестье”, расположенного в Республике Беларусь в г. Бресте. Изучены основные особенности строения, элементный химический состав и способность к огнебиозащите древесины сосны современной и археологической. Показано, что при обработке древесины огнезащитным средством в пропитанной ее части снижается содержание углерода с 56 до 11–12%, т.е. уменьшается горючая составляющая. Огнезащита повышает массу зольного остатка при сжигании древесины с 8 до 49%. Обработка средством СПАД сохраняет текстуру археологической древесины и на 15–25% упрочняет рыхлую, разрушенную временем и гнилостными явлениями структуру поверхностного заболонного слоя древесины.

Проблема огне- и биозащиты археологической древесины сосны, из которой в XIII в. были построены жилые и хозяйственные постройки, а также мощены улицы ремесленного городка “Берестье” (г. Брест, Республика Беларусь), возникла при проведении защитных мероприятий, вызванных требованиями сохранности объектов деревянного зодчества (рис. 1). В целях качественного решения данной задачи без вреда для данного памятника архитектуры были проведены исследования структуры археологической древесины, а также характеристик горения в сравнении с современной древесиной сосны, причем испытания осуществлялись на древесине с огнезащитой и без нее. Элементный состав (рис. 2, таблица) изучен с помощью электронного микроскопа типа JEOL JSM-5610LV с химическим анализом. Количественные характеристики водорода (H) не изучались из-за невозможности их измерения в данных условиях по причине низкой атомной массы.

Химический элементный анализ современной древесины сосны без огнебиозащитной обработки показал (таблица, столбец 1), что в основе своего строения древесина в среднем содержит 56 мас. % углерода (C) и 43 мас. % кислорода (O). Исследуя элементный состав археологической древесины,

которая в 80-х гг. XX в. была подвергнута термохимической модификации на основе фенолоспиртов (таблица, столбец 2), установлено, что он отличается малозначительно от современной древесины. В заболони археологической древесины дополнительно содержится 0,8% фосфора (P), 1,6% серы (S), 2,7% кальция (Ca), а в ядре обнаружены только следы этих элементов. Фосфор, сера и кальций указы-



Рис. 1. Археологические постройки музея “Берестье”
после огнебиозащитной обработки средством СПАД-0

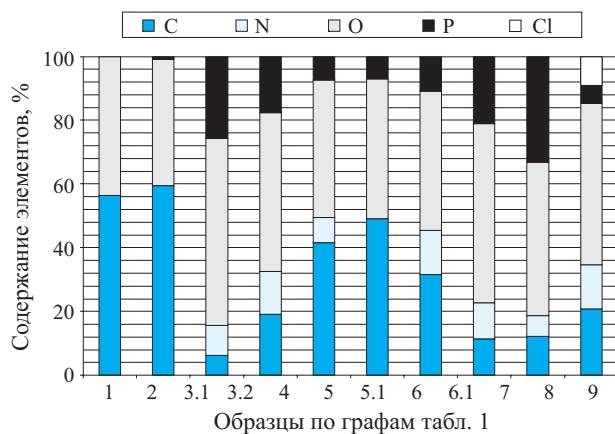


Рис. 2. Химический анализ поверхностей древесины по основным элементам

вают на то, что ранее древесина подвергалась обработке средствами, включающими в свой состав эти элементы. Однако содержание небольшого количества фосфора и отсутствие в модифицированной древесине азота может говорить о незначительности остаточных огнезащитных свойств. Из результатов химического элементного анализа следует, что содержание углерода и кислорода в древесине сосны современной и археологической с 700-летней историей практически одинаковое.

Элементный состав огне- и биозащитных средств исследовался в виде отдельных кристаллов этих средств, находящихся в твердой форме и в целом на поверхности образцов древесины, обработанных антиприренами и антисептиками. При изучении кристаллов огнезащитного средства СПАД [1]

(таблица, столбцы 3.1 и 3.2) установлено, что содержание углерода в поверхностном слое современной огнезащищенной древесины составляет только 6 мас. %, а в молекулах шаровидной формы — 18 мас. %, кислорода же зафиксировано 58 и 48 мас. % по массе соответственно. Азот содержится в количествах, равных 9 и 13 мас. %, фосфор — 25 и 17 мас. % в виде кристаллической и шаровидной форм соответственно. После огне- и биозащитной обработки археологической древесины в поверхностном слое (таблица, столбцы 6 и 6.1) содержится в среднем 11,5 мас. % C, 52 мас. % O, 8,5 мас. % N, 27 мас. % P.

Как следует из таблицы, при насыщении азотом и фосфором снижается содержание углерода в поверхностных слоях древесины, т.е. уменьшается горючая составляющая и повышается огнезащитная эффективность. Когда процентное содержание углерода в составе пропитанной части древесины снижается с 56 до 11–12%, эффект огнезащиты становится значительным. Это достигается, когда содержание азота и фосфора будет примерно соответствовать потере углерода и если азот и фосфор будут находиться в синергетическом соотношении. Полученные результаты также подтверждаются экспериментом с разбавленными растворами (таблица, столбцы 4, 5 и 5.1), где углеродная составляющая примерно в 2 раза выше, чем при пропитке рабочим раствором СПАД, т.е. огнезащитные свойства для разбавленных растворов значительно ниже. Данный подход предполагает частичное ре-

Содержание химических элементов в древесине различного состояния

Элемент	Непропитанная древесина		Средство СПАД на поверхности древесины		Древесина, обработанная средством СПАД						Средство ОК-ГФМ	Древесина, обработанная средством		
	1	2	3.1	3.2	4	5	5.1	6	6.1	7	8	9	ОК-ГФМ	ФАХ
C	56	56	6,1	18,1	40,9	48,6	31	11,2	12	20,9	40,7	30,7		
N	—	—	9,2	12,9	7,8	—	13,7	11,3	6,4	13,8	13,2	2,5		
O	43,4	37,3	57,8	47,5	42,3	43,4	43	55,7	47,6	50,7	40,2	45,2		
F	—	—	1,4	1,7	0,6	—	—	0,4	0,5	—	—	—		
Na	—	—	0,4	3	0,9	0,6	0,7	—	0,2	—	—	0,9		
Mg	—	—	—	—	—	—	—	0,1	—	—	—	0,1		
Al	—	—	—	—	—	—	—	0,1	—	—	—	—		
Si	—	—	—	—	—	—	0,2	—	—	—	—	—		
P	—	0,8	25,2	16,8	7,2	7	10,3	20,8	32,8	14,7	6	8,9		
S	—	1,6	—	—	—	0,14	0,3	—	—	—	—	—		
Cl	—	—	—	—	—	—	0,3	—	—	—	—	9		
K	—	—	0,1	—	—	0,16	0,3	0,17	0,2	—	—	0,1		
Ca	—	2,7	—	0,16	0,2	0,1	0,2	0,23	0,22	—	—	0,6		

шение проблемы качества огнезащищенных объектов, находящихся в длительной эксплуатации.

Сравнительное изучение средств огнезащиты типа ОК-ГФМ [2] (таблица, столбцы 7 и 8) показало, что соотношение углерода и кислорода в кристаллах примерно одинаковое и составляет 14–15 мас. % каждого элемента. В поверхностных слоях древесины, пропитанной средством ОК-ГФМ, как и для антипирена СПАД, введение азота и фосфора снижает составляющую углерода, увеличивая соответственно огнезащищенность древесины. Показатели качества огнезащиты для ОК-ГФМ, если судить по содержанию азота и фосфора, примерно, в 1,3 раза ниже, чем у средств типа СПАД. Это можно объяснить тем, что расход ОК-ГФМ для обеспечения первой группы огнезащитной эффективности, согласно техническим требованиям, составляет 0,35–0,38 кг/м², а в случае СПАД для достижения таких же огнезащитных свойств требуется только 0,25–0,28 кг/м². Это также подтверждают и биозащитные характеристики средств ОК-ГФМ и СПАД.

Для огнезащитного средства типа ФАХ [3] показатели по азоту (2,5%) и фосфору (8,9%) ниже, чем у ОК-ГФМ. Но наличие хлора (9%) в древесине, пропитанной ФАХ, придает дополнительный эффект огнезащиты. Для ФАХ огнезащитная эффективность, равнозначная огнезащитной эффективности древесины, обработанной СПАД или ОК-ГФМ, достигается только при условии пропитки в стационарных условиях, например, по способу “прогрев – холодная ванна”, а расход средства ФАХ при этом должен составлять примерно 90–120 кг/м³.

Согласно данным таблицы и рис. 2 содержание кислорода в огнезащищенной древесине в среднем на 10% меньше, чем у самих средств огнезащиты, эта характеристика также может служить положительным эффектом в деле огнезащитной эффективности.

Микроструктура поверхности современной не-пропитанной древесины (таблица, столбец 1) на торцовом срезе представляет собой нормальное строение и ориентацию по годичному слою. Размер трахеиды в поперечном сечении в направлении длины годичного слоя составляет от 0,033 до 0,054 мм, а в радиальном направлении (перпендикулярном годичному слою) — от 0,0125 до 0,0458 мм (рис. 3). Толщина стенки трахеиды составляет 0,0042–0,005 мм. Для археологической же древесины на радиальном срезе заболони (таблица, столбец 2, рис. 4 и 5) имеет место множество поперечных трещин, отсутствует твердая клетчатка с перерезанием трахеид, что, на взгляд авторов, обусловлено повышенной хрупкостью фибрillлярной структуры клеточной стенки. Такая древесина зна-

чительно утратила присущие ей анизотропные свойства, в связи с чем механические свойства сопротивляемы для всех направлений. В стенках клеток хорошо видны поры, которые больше подобны простым, чем окаймленным, что, по мнению авторов статьи, также может являться причиной разрушения клеточной стенки на фибрillлярном уровне. На торцовом срезе археологической древесины можно наблюдать трахеиды, которые по своим размерам

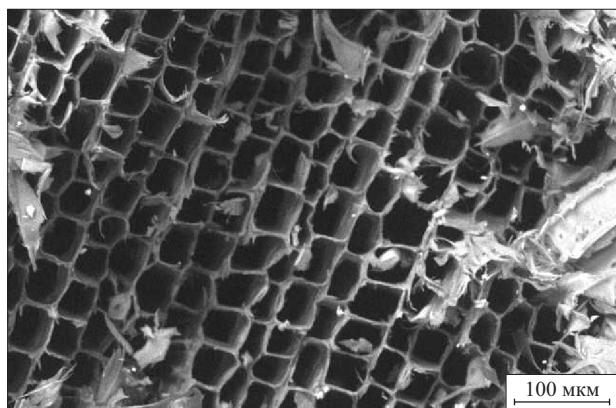


Рис. 3. Современная древесина (срез поперек волокон)

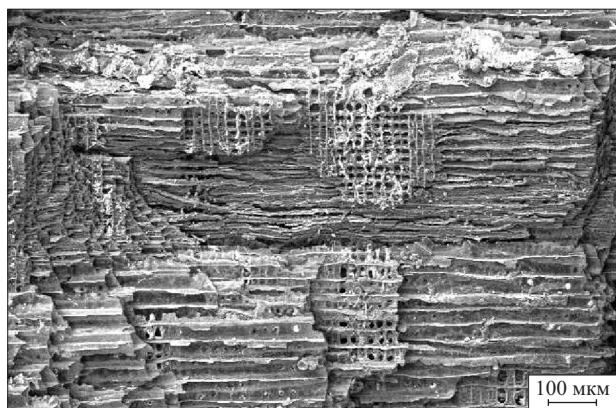


Рис. 4. Археологическая древесина (срез вдоль волокон)

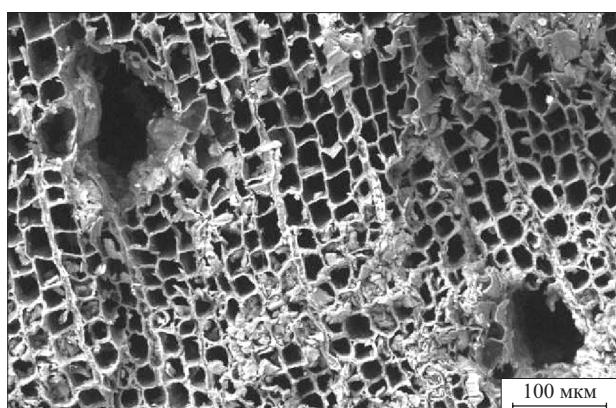


Рис. 5. Археологическая древесина (срез поперек волокон)

примерно на 27% меньше трахеид современной древесины в сечении (0,016–0,04 мм в направлении длины годичного слоя и 0,01–0,032 мм в радиальном направлении, толщина стенки — 0,002 мм). Форма трахеид на торцовом срезе более подвижна, просматривается не в виде прямоугольника, как это характерно для современной древесины, а имеет многогранную форму, что можно объяснить как мелкоструктурностью заболонных слоев древесины, так и остаточными деформациями, накопившимися за VII вв. эксплуатации и хранения на четырехметровой глубине культурного слоя.

Имеются два больших отверстия размерами $0,072 \times 0,092$ и $0,1 \times 0,172$ мм (см. рис. 5), которые, возможно, являются смоляными ходами. Наличие волокон в полостях трахеид объясняется более высокой хрупкостью археологической древесины. Для ядра археологической древесины характерна эластичность, присущая современной древесине. Поперечное сечение трахеиды в направлении длины годичного слоя ядра составляет 0,02–0,038 мм, в радиальном направлении — 0,012–0,032 мм, толщина клеточной стенки — 0,002 мм.

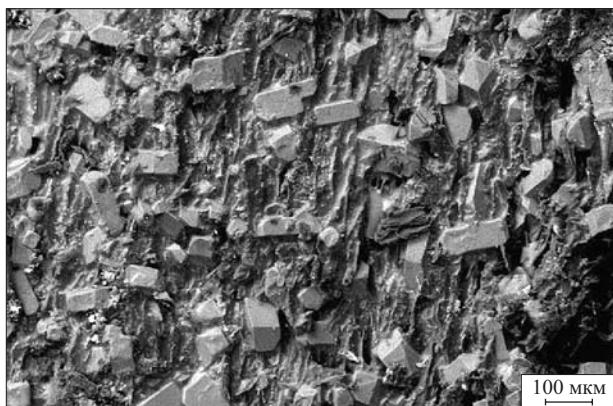


Рис. 6. Современная древесина, обработанная СПАД-0 (боковая поверхность)

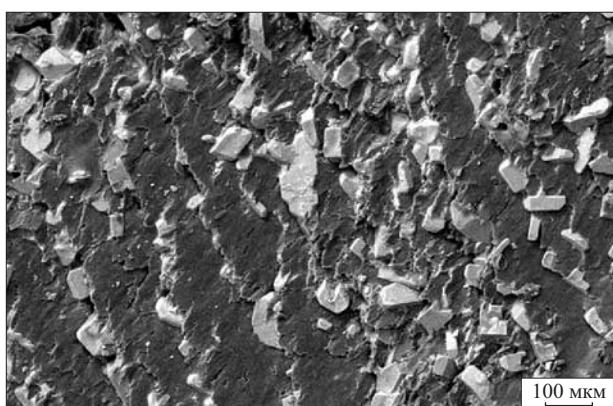


Рис. 7. Современная древесина, обработанная СПАД-0 (торцовая поверхность)

Современная древесина, обработанная антиприреном СПАД (таблица, столбец 5), представляет собой водорастворимую пленку, поверхность которой состоит из кристаллов размерами 0,025–0,075 мм в поперечном сечении и длиной 0,05–0,124 мм. На торцовом срезе кристаллы образуются по линиям-кольцам, вдоль годичного слоя древесины (рис. 6 и 7). Кристаллы же СПАД на поверхности археологической древесины (таблица, столбцы 6 и 6.1) имеют резко очерченный контур, их размеры в сечении составляют 0,0375–0,092 мм, длина — 0,042–0,15 мм (рис. 8 и 9). Для сравнения, на поперечном срезе современной древесины, обработанной огнезащитным средством ФАХ (таблица, столбец 9) [3], наблюдается кристаллизованное средство в виде оболочки, обволакивающей, в основном, лишь клеточные стенки и не перекрывающей полости трахеид. Толщина стенок трахеид, покрытых средством, составляет 0,0112 мм (рис. 10). Средство ОК-ГФМ на поверхности современной древесины (таблица, столбцы 7 и 8) представляет собой ряды кристаллических образований. Площадь покрытия кристаллами составляет 30% площади всей



Рис. 8. Археологическая древесина, обработанная СПАД-0 (боковая поверхность)

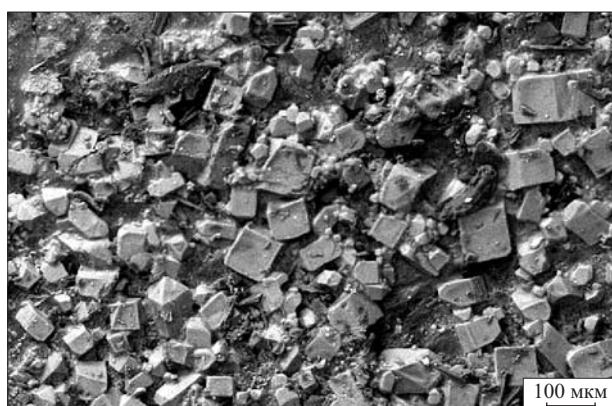


Рис. 9. Ядерная археологическая древесина, обработанная СПАД-0 (торцовая поверхность)

поверхности (рис. 11). Кристаллы средства ОК-ГФМ имеют нечетко выраженную форму неправильного многогранника. Длина их составляет 0,01–0,043 мм, поперечный размер (диаметр окружности, описанной вокруг поперечного сечения кристалла) — 0,01–0,035 мм.

Исходя из элементного анализа и микроскопических исследований современной и археологической древесины до и после огнезащитной обработки, можно сделать следующие выводы:

- заболонь археологической древесины сосны XIII в. обладает повышенной хрупкостью по сравнению с современной древесиной, а ядревая часть археологической древесины по эластичности практически одинакова с современной. Снижение механических свойств значительно для заболони (примерно на 90% ниже, чем у современной древесины) и менее значительно, но высоко (примерно на 70% ниже, чем у современной древесины) для ядра археологической древесины сосны;
- при насыщении древесины азотом и фосфором снижается содержание углерода в ее поверх-

ностных слоях, т.е. уменьшается горючая составляющая и повышается огнезащитная эффективность;

- средство СПАД при нормальной концентрации обеспечивает укрывистость поверхности древесины на 70–100%, а, например, средство ОК-ГФМ примерно на 30% и менее, что и подтверждается разным качеством огнезащищенности. Это также характеризует огнезащитные средства относительно проникающей способности. Так, средство СПАД обеспечивает частично капиллярную пропитку и в большей степени покрывает древесину пленкой, средство ОК-ГФМ в большей степени проникает в поверхностные слои древесины посредством капиллярных сил и в меньшей степени находится на ее поверхности.

Дальнейшие исследования проводились по оценке горючих свойств современной и археологической древесины сосны с огнезащитой и без нее.

На первом этапе изучения был использован метод определения степени огнезащиты по величине зольности угольных остатков [4], полученных при сжигании в специальных условиях стружки, изъятой из ранее обработанных огнезащитным средством деревянных деталей. Образцы стружки были получены путем срезания тонкого (до 1 мм) слоя археологической древесины построек, обработанных огнебиозащитным средством СПАД-0. Срезание стружки проводилось по всей площади деревянного сруба путем случайного отбора. С каждой постройки было изъято в среднем 30–35 образцов стружки длиной 0,5–3 см. При испытаниях применялась установка для определения огнезащитной эффективности покрытий и пропиток по ГОСТ 16363–98 “Средства защиты для древесины. Методы определения огнезащитных свойств”.

По результатам, полученным после сжигания стружки археологической древесины, можно отметить следующее:

- среднее содержание зольного остатка в образцах древесной стружки, отобранный из четырнадцати объектов музея “Берестье”, обработанных средством СПАД-0, составило 49%, что значительно превышает зольность необработанной стружки, равную 8%. Полученная зольность характеризует древесину объектов как трудновоспламеняющую на границе с трудногорючей;
- максимальная температура газообразных продуктов при сжигании образцов стружки, взятых из обработанных СПАД-0 объектов, находилась в пределах 175–230°C, а при сжигании “чистой”, необработанной СПАД-0 стружки архео-

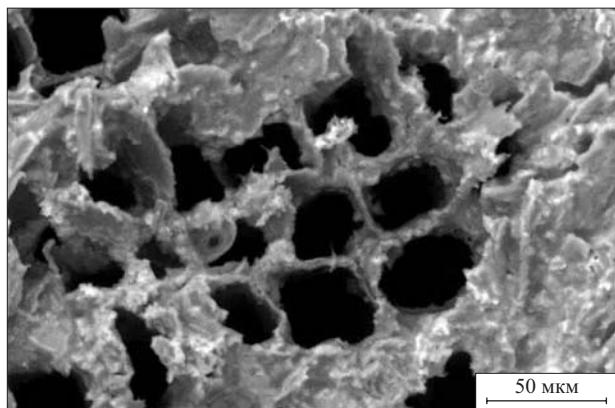


Рис. 10. Современная древесина, обработанная средством ФАХ

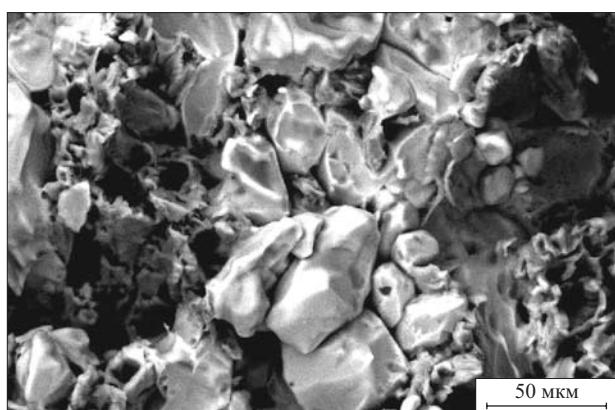


Рис. 11. Современная древесина, обработанная средством ОК-ГФМ

логической древесины тех же размерных характеристик максимальная температура дымовых газов составила 310°C;

- на образцах стружки, изъятой из обработанных построек, после сжигания были хорошо визуально различимы элементы вспенивания огнебиозащитного средства СПАД-0.

На втором этапе исследования горючих свойств археологической древесины проводили по методике ОТМ [5]. Образцы древесины размером 30×60×150 мм кондиционировали до влажности 8%. Было подготовлено и испытано шесть образцов из археологической древесины сосны и девять — из современной. При этом средняя плотность современной древесины составила 445 кг/м³, а археологической — 335 кг/м³, что на 25% меньше плотности современной древесины. По три таких образца археологической и современной древесины были подвергнуты огневым испытаниям без обработки огнезащитным средством, а три образца археологической древесины и шесть современной были обработаны огнебиозащитным средством СПАД-0.

При осуществлении пропитки способом нанесения на поверхность была отмечена пониженная проводимость археологической древесины, что сказывалось на кинетике пропитки. Для получения указанного расхода защитного средства понадоби-

лось 3–4 нанесения, что в 2 раза больше, чем при пропитке современной древесины. Данный факт может быть объяснен пониженной смачиваемостью и закупоркой водопроводящих путей в археологической древесине. В то же время следует отметить, что плотность намного ниже, а связанная с ней пористость намного выше у археологической древесины. Из чего можно заключить, что защитное средство при капиллярной пропитке будет распределяться по большей поверхности и на большую глубину, что может снизить, как показывает эксперимент, толщину теплоизолирующего слоя над поверхностью древесины, подвергшейся воздействию огня.

На рис. 12 представлены результаты экспериментов по сжиганию современной и археологической древесины с огнезащитой и без нее.

Процесс поджигания образцов древесины осуществляли в течение 5 мин, затем проводили наблюдение за самостоятельным развитием горения до достижения температуры газообразных продуктов горения, равной 100°C.

Из графиков горения современной и археологической древесины без огнебиозащитной обработки следует, что средняя потеря массы образцов была примерно одинаковая и составляла 97–98%. Среднее время горения образцов, изготовленных из

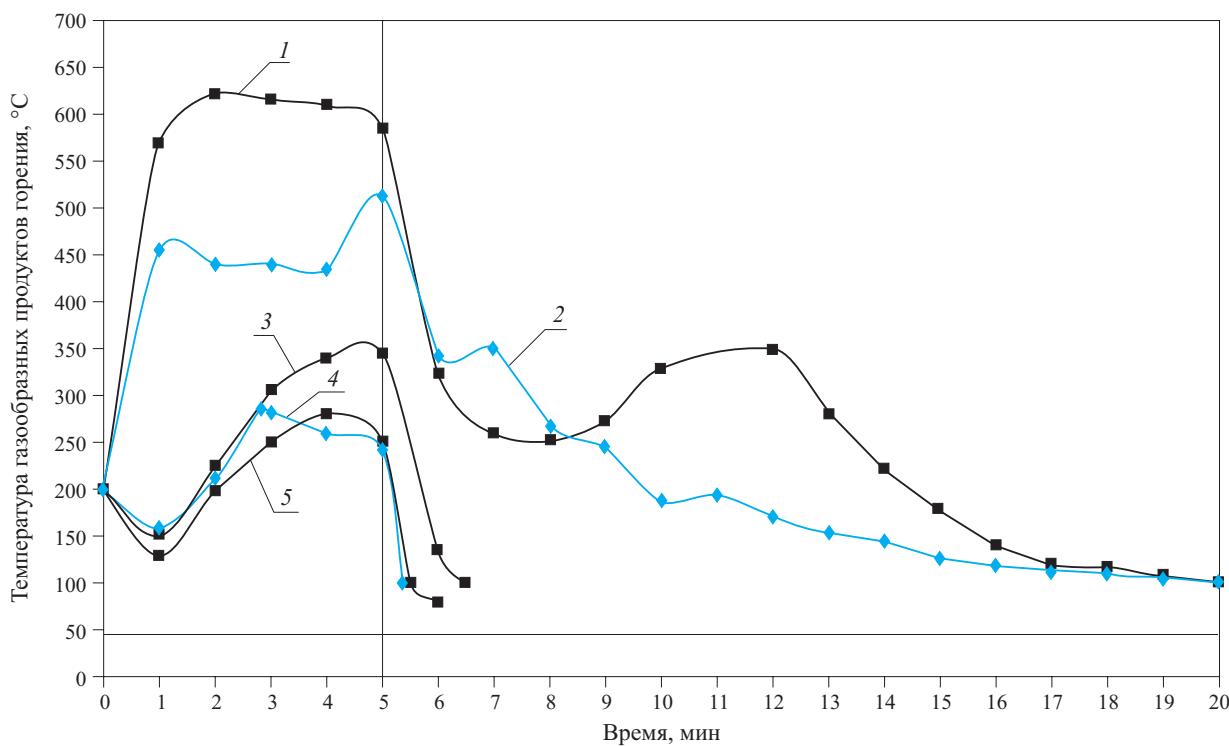


Рис. 12. График зажигания и самостоятельного горения древесины: 1 — современная необработанная огнезащитным средством древесина; 2 — археологическая необработанная огнезащитным средством древесина; 3 — современная древесина, обработанная средством СПАД-0 с расходом 240 г/м²; 4 — археологическая древесина, обработанная средством СПАД-0 с расходом 260 г/м²; 5 — современная древесина, обработанная средством СПАД-0 с расходом 350 г/м²

современной древесины, составляло 20 мин (см. рис. 12, кривая 1), что на 2 мин превысило время горения археологической древесины. Температура газообразных продуктов горения при зажигании образцов современной древесины достигла своего максимума (620°C) через 2,2 мин. После удаления источника зажигания, по истечении 5 мин, температура продуктов горения постепенно уменьшалась, снизившись до 250°C , затем, на 10-й мин, стала возрастать, повысившись до 350°C , и в дальнейшем происходило затухание. В результате на графике кривая процесса горения имеет седлообразную форму.

График зажигания и самостоятельного горения археологической древесины (см. рис. 12, кривая 2) отличается от графика горения современной древесины, причиной чего является более низкая плотность, а значит и горючая составляющая. Так, масса образцов современной древесины без огнезащитной обработки составляла 0,12 кг/обр., археологической древесины — 0,09 кг/обр. Исходя из результатов эксперимента следует, что зажигание археологической древесины произошло только на 5-й мин, а температура газообразных продуктов горения составила 510°C , что на 110°C ниже, чем при горении современной древесины сосны. По мере прекращения зажигания температура газообразных продуктов горения в течение последующих 13 мин снижается до полного сгорания.

Огнезащитная обработка современной древесины средством СПАД при среднем расходе, примерно равном $0,24 \text{ кг}/\text{м}^2$ (см. рис. 12, кривая 3), при огневом воздействии в первые 2 мин практически

только достигает стационарной температуры газообразных продуктов горения (200°C). После прекращения зажигания образцов современной древесины, т.е. спустя 5 мин температура поднимается до 350°C и затем происходит быстрое (в течение 1,5 мин) затухание, температура продуктов горения снижается до 100°C . Археологическая древесина, обработанная средством СПАД при среднем расходе $0,26 \text{ кг}/\text{м}^2$ (см. рис. 12, кривая 4), достигает максимальной температуры газообразных продуктов горения, равной 260°C , через 2,8 мин от начала зажигания, затем снижается до 250°C , а по мере удаления источника зажигания образцы затухают в течение 0,2–0,3 мин. При повышении расхода средства СПАД до $0,35 \text{ кг}/\text{м}^2$ температура газообразных продуктов горения 250°C достигается только на 4-й мин, после прекращения зажигания, по истечении 5 мин, образец затухает в течение 0,2–0,3 мин.

Исходя из проведенных опытов можно сделать вывод, что при обработке современной и археологической древесины огнезащитным средством СПАД с $\text{pH} = 4$ эффект огне- и биозащитных свойств примерно одинаков, если учитывать, что масса археологической древесины на 25% ниже массы современной. Кроме того, обработка археологической древесины средством СПАД сохраняет ее текстуру и на 15–25% упрочняет рыхлую, разрушенную временем и гнилостными явлениями структуру поверхностного заболонного слоя древесины.

ЛИТЕРАТУРА

1. ТУ РБ 37482175.002–98 (Изм. № 1). Антиприены синтетические пленкообразующие для древесных материалов СПАД-0 и СПАД-10. Технические условия. Срок действия продлен до 01.07.2008 г.
2. ТУ РБ 190007689.001–2000. Средство огнезащитное модифицированное ОК-ГФМ. Технические условия. Срок действия продлен до 05.03.2010 г.
3. ТУ РБ 37312444.001–99. Антиприрен универсальный ФАХ. Технические условия.
4. Тычино Н. А. Огнезащита и биозащита строительной древесины посредством капиллярной пропитки. — М.: Пожнаука, 2004. — 108 с.
5. ГОСТ 12.1.044–89*. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.

Поступила в редакцию 23.12.06.



Адъюнкт Восточно-Сибирского
института МВД РФ
К. Л. Кузнецов



Д-р техн. наук, профессор,
заместитель начальника Восточно-
Сибирского института МВД РФ
В. П. Удилов

Д-р хим. наук, профессор
Иркутского государственного университета
Б. В. Тимохин

Д-р хим. наук, ведущий специалист
Иркутского института химии им. А. Е. Фаворского
С. Ф. Малышева

Канд. хим. наук, старший преподаватель
Восточно-Сибирского института МВД РФ
Г. В. Плотникова

УДК 614.841

СНИЖЕНИЕ ГОРЮЧЕСТИ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДНЫХ ПЛАСТИЗОЛЕЙ НОВЫМИ ФОСФОРСОДЕРЖАЩИМИ АНТИПИРЕНАМИ

Изучено влияние новых фосфорсодержащих соединений на горючесть поливинилхлоридных пластизолей. По результатам проведенных исследований сделан вывод о том, что введение в состав поливинилхлоридных пластизолов рассматриваемых фосфороганических соединений повлияло на увеличение времени достижения максимальной температуры примерно в 1,5–2,5 раза, возросло время задержки воспламенения образцов, снизилась потеря их массы в результате горения, уменьшилась температура отходящих газов, что привело к снижению горючести данных материалов.

В последние годы в различных областях народного хозяйства очень широко используются полимерные материалы и изделия из них. Их применение позволяет повысить степень индустриальности строительства, значительно уменьшить массу зданий и сооружений, улучшить качество работ и отделки, сократить объемы перевозок и трудозатраты на монтаж, что в целом дает значительные экономический и технический эффекты. Использование полимерных материалов в строительных конструкциях позволяет также придать сооружениям новые современные формы, значительно улучшить их внешний вид. В то же время практически все полимерные материалы обладают одним существенным недостатком — повышенной пожарной опасностью. Ежегодное увеличение во всех странах мира числа пожаров, материального ущерба от них связывают с ростом потребления полимерных материалов в строительстве зданий и сооружений, обстановке квартир, одежде, интерьерах автомобилей и т.д. [1].

При определении пожарной опасности различных материалов в основном руководствуются классификацией их по горючести. При такой классификации следует применять результаты оценки группы горючести и включать эти данные в стандарты и технические условия на вещества и материалы, использовать при определении категории помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности в соответствии с требованиями норм технологического проектирования и при разработке меро-

приятий по обеспечению пожарной безопасности в соответствии с ГОСТ 12.1.004–91* [2].

Природа полимерных материалов такова, что их невозможно сделать полностью пожаробезопасными. Единственное, что можно предпринять, — уменьшить их способность к возгоранию и поддержанию горения. Снижение пожарной опасности полимерных материалов остается актуальной задачей, над решением которой работают во всем мире. К современных средствам снижения горючести полимерных материалов, в том числе и поливинилхлоридных, относятся введение наполнителей, нанесение огнезащитных покрытий, использование галоидсодержащих пластификаторов. Но эти способы, как правило, ухудшают механические свойства, термостабильность и внешний вид [3].

В настоящее время основным приемом значительного замедления процессов горения является применение антипиренов. Наиболее эффективными выступают замедлители горения, содержащие фосфор. Фосфорсодержащие антипирены относят к основным или первичным замедлителям горения [4].

Большинство авторов считают, что соединения фосфора оказывают влияние на снижение горючести полимеров, если концентрация их по основному элементу достигает не менее 5 %. Снижение горючести они объясняют тем, что образующиеся фосфорные кислоты разлагаются, что приводит к образованию в газовой фазе P_2O_5 или появлению на поверхности фосфорной кислоты, которая образует сплошную стеклообразную пленку [4, 5].

Сдерживающим фактором для промышленного применения рассматриваемых антипиренов является отсутствие простых и технологичных методов синтеза фосфорорганических соединений (ФОС), поскольку традиционные способы получения этих соединений базируются на использовании пожароопасных щелочных металлов и высокотоксичных галогенидов фосфора. Отмеченные особенности сдерживают реализацию этих процессов в промышленном масштабе и обусловливают повышенную стоимость фосфорсодержащих соединений, выпускаемых промышленностью.

Новые фосфорорганические соединения, используемые нами в качестве антипиренов, были синтезированы по открытой в конце 1980-х гг. реакции Трофимова – Гусаровой, в основу которой положен новый метод активации элементного фосфора (в первую очередь, его наименее активной, но более безопасной в экологическом отношении красной модификации) в гетерогенных высокоосновных средах типа гидроксид щелочного металла – полярный негидроксильный растворитель (ДМСО, ГМФТА) или водный раствор гидроксида щелочного металла – органический растворитель – катализатор межфазного переноса [6–8]. Процесс получения фосфорорганических соединений протекает в одну стадию, а его технология очень проста, что означает возможность ее реализации в промышленности и открывает реальные перспективы для широкого использования в практике этих соединений, получаемых ранее сложно и многостадийно.

Целью работы, проводимой Восточно-Сибирским институтом МВД совместно с Иркутским институтом химии им. А. Е. Фаворского в соответствии с интеграционным проектом 32-06-27, явилось исследование новых фосфорсодержащих соединений в качестве антипиренов поливинилхлоридных пластизолей. Для этого были изучены пожароопасные свойства поливинилхлоридных пластизолей, содержащих различные антипирены.

Для исследования пожароопасных свойств поливинилхлоридных пластизолей были использованы фосфорорганические соединения, представленные в табл. 1.

При приготовлении экспериментальных образцов поливинилхлоридных пластизолей были использованы следующие вещества:

- промышленный ПВХ Е6250-Ж (ГОСТ 14039–78) — 100 мас. ч.;
- пластификатор — диоктилфталат (ДОФ) — 65 мас. ч.;
- стабилизатор — стеарат бария и кадмия — 2 мас. ч.

Содержание исследуемых добавок в композиции варьировалось от 0,2 до 1 мас. ч. на 100 мас. ч.

Таблица 1. Фосфорсодержащие замедлители горения

Название соединения	Условное обозначение
Алил-пропенил фосфиноксид	КВ-5
Трис(1-нафтилметил)фосфиноксид	К-1
Трис(4-винилбензил)-фосфиноксид	Vh-57nb
Трис(2-винилбензил)фосфиноксид	z-20p
Аддукт стирилфосфоновой кислоты и триазола	АСФК

ПВХ. Для сравнения были приготовлены образцы, не содержащие добавок.

Необходимые количества компонентов тщательно перемешивались до получения однородной массы без вкраплений примесей и комочеков. Полученную ПВХ-композицию разливали в металлическую форму размером 20×30 см. В течение 2 ч композиция отстаивалась, для того чтобы из нее вышли пузырьки воздуха. Затем форму с ПВХ-композицией ставили в сушильный шкаф на 10 мин и подвергали термическому воздействию при температуре 115°C.

Сущность экспериментального метода определения горючести заключается в создании температурных условий, способствующих горению, и оценке поведения исследуемых веществ и материалов в этих условиях [9].

При проведении испытаний использовали прибор ОТМ (керамическая труба) в соответствии с ГОСТ 12.1.044–89* [9] (метод экспериментального определения группы трудногорючих и горючих твердых веществ и материалов). При оценке результатов учитывалось:

1. Максимальное приращение температуры Δt_{\max} , которое было вычислено по формуле

$$\Delta t_{\max} = t_{\max} - t_0, \quad (1)$$

где t_{\max} — максимальная температура газообразных продуктов горения исследуемого материала, °C; t_0 — начальная температура испытания, равная 200°C.

2. Потеря массы образца Δm , %, вычисленная следующим образом:

$$\Delta m = \frac{m_h - m_k}{m_h}, \quad (2)$$

где m_h , m_k — масса образца до и после испытания соответственно, г.

По значениям максимального приращения температуры и потере массы материалы классифицируют на:

- трудногорючие — $\Delta t_{\max} < 60^\circ\text{C}$ и $\Delta m < 60\%$;
- горючие — $\Delta t_{\max} \geq 60^\circ\text{C}$ и $\Delta m \geq 60\%$.

Таблица 2. Показатели горючести исследуемых образцов, содержащих фосфорорганические соединения

Название ФОС	Содержание ФОС, мас. ч. на 100 мас. ч. ПВХ	Начальная температура T_0 , °C	Время задержки воспламенения, с	Потеря массы, %	Примечание
Нет	—	200	50	95	Самостоятельно горит
Z 20 p	0,2	200	90	22,95	Не горит
Z 20 p	0,4	200	150	61,98	То же
Z 20 p	1	200	99	62,45	—”
K1	0,2	200	72	84,2	Самостоятельно горит
K1	0,4	190	75	65,55	То же
K1	1	200	60	62,3	—”
KB-5	0,2	200	90	39,68	Не горит
KB-5	0,4	200	88	26,68	То же
KB-5	1	200	155	54,36	—”
ACФK	0,2	210	80	14,71	—”
ACФK	0,4	210	90	18,54	—”
ACФK	1	200	105	56,2	—”
Vh57пB	0,2	200	70	37,52	—”
Vh57пB	0,4	200	65	25,1	—”
Vh57пB	1	200	78	26,2	—”

Для каждой композиции проводилось по три опыта. Средние результаты определения горючести образцов поливинилхлоридных пластизолей, со-

держащих фосфорорганические соединения, представлены в табл. 2.

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что введение в состав поливинилхлоридных пластизолей таких фосфорорганических соединений, как Z 20p, ACФK и KB-5, повлияло на увеличение времени достижения максимальной температуры в 1,5–2,5 раза и времени задержки воспламенения образцов, уменьшение потери массы образцов в результате их горения и температуры отходящих газов, что привело к снижению горючести данных материалов.

При горении всех образцов приращение максимальной температуры во всех случаях составило более 60°C, кроме образца, содержащего 0,4 мас. ч. ACФK, т.е. данный образец согласно методике ГОСТ 12.1.044–89* [9] стал трудногорючим.

В ходе исследований достигнуто снижение горючести ПВХ-пластизолей при меньшем содержании фосфора в композициях. Так, содержание фосфора в композиции при применении промышленного антипирена-пластификатора трикрезилфосфата составляет 15%, а в предлагаемой авторами — всего 0,003%.

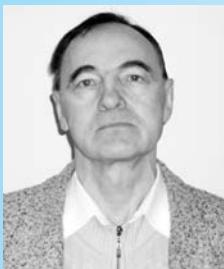
В результате проведенной работы были сделаны следующие выводы:

1. Все исследованные новые фосфорсодержащие соединения являются антипиренами.
2. Горючесть всех образцов, содержащих исследованные соединения, снизилась.
3. Образцы, содержащие 0,4 мас. ч. ACФK на 100 мас. ч. ПВХ, стали трудногорючими.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев В. А., Андрианов Р. А., Ушков В. А. Горючесть полимерных строительных материалов. — М.: Химия, 1976. — 224 с.
2. ГОСТ 12.1.004–91*. Пожарная безопасность. Общие требования.
3. Кодолов В. И. Горючесть и огнестойкость полимерных материалов. — М.: Химия, 1976. — 157 с.
4. Асеева Р. М., Заиков Г. Е. Горение полимерных материалов. — М.: Химия, 1981. — 280 с.
5. Мухин Ю. Ф., Чернецкий С. А., Корольченко А. Я. Современное состояние проблемы снижения горючести пластифицированного поливинилхлорида // Пожаровзрывобезопасность. — 1998. — Т. 7, № 2. — С. 20–28.
6. Гусарова Н. К., Малышева С. Ф., Арбузова С. Н., Трофимов Б. А. Синтез органических фосфинов и фосфиноксидов из элементного фосфора и фосфина в присутствии сильных оснований // Изв. АН. Сер. хим. — 1998. — № 9. — С. 1695–1702.
7. Трофимов Б. А., Арбузова С. Н., Гусарова Н. К. Фосфин в синтезе фосфорорганических соединений // Успехи химии. — 1999. — Т. 68. — Вып. 3. — С. 240–253.
8. Малышева С. Ф. Арбузова С. Н. Синтез фосфинов и фосфиноксидов на основе элементного фосфора реакцией Трофимова – Гусаровой // В кн.: Современный органический синтез. — М.: Химия, 2003. — С. 160–177.
9. ГОСТ 12.1.044–89*. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.

Поступила в редакцию 27.12.06.



Д-р хим. наук, профессор
кафедры химии и процессов
горения УрИ ГПС МЧС РФ
С. А. Вшивков



Канд. техн. наук, доцент, начальник
кафедры химии и процессов
горения УрИ ГПС МЧС РФ
С. Н. Пазникова



Канд. хим. наук, профессор
кафедры химии и процессов
горения УрИ ГПС МЧС РФ
Е. В. Русинова

УДК 541.64:536.7

ФАЗОВЫЕ ДИАГРАММЫ СИСТЕМ ПОЛИМЕТИЛМЕТАКРИЛАТ – АНТИПИРЕНЫ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ КОМПОНЕНТОВ

Представлены результаты исследований термодинамической совместимости полиметилметакрилата с антипиренами. Построены фазовые диаграммы систем. Наибольшей термодинамической совместимостью с полиметилметакрилатом обладают антипирены, в молекулах которых присутствуют небольшие алкильные радикалы и атомы брома.

В настоящее время в промышленности и народном хозяйстве широко распространены полимерные материалы и изделия на их основе. Однако существенным недостатком полимерных материалов является их горючесть. Поэтому поиски путей, ограничивающих горючесть полимеров и уменьшающих выделение дыма и токсичных продуктов при горении, продолжаются во всем мире, на это тратятся значительные финансовые и интеллектуальные средства.

Введение добавок, снижающих пожарную опасность полимерных материалов, обычно приводит к некоторому ухудшению физико-механических, диэлектрических и других эксплуатационных и технологических свойств материала, а также к повышению его стоимости. Поэтому задачи снижения пожарной опасности полимерных материалов — это одновременно и задачи оптимизации комплекса характеристик создаваемого материала.

Горение полимеров представляет собой сложный физико-химический процесс, включающий в себя как химические процессы деструкции, сшивания и карбонизации полимера в конденсированной фазе, а также химические реакции превращения и окисления газовых продуктов, так и физические процессы интенсивных тепло- и массопередач.

Следует отметить, что в большинстве случаев невозможно добиться того, чтобы органический полимер стал абсолютно негорючим материалом и не сгорал в интенсивном огне. Однако большинство

пожаров возникает от малокалорийных источников тепла и огня — сигарет, спичек, свечей, короткого замыкания. Поэтому очень важно понизить горючесть полимера, чтобы он медленнее загорался, медленнее распространялось пламя, а для загорания требовались бы более жесткие условия (более высокие значения температур, потока энергии и т.д.).

Одними из наиболее эффективных ингибиторов процессов горения и тления различных полимеров являются фосфор и его соединения. Действие фосфорсодержащих антипиренов обычно объясняют следующим образом. При пиролизе полимеров, содержащих соединения фосфора, происходит образование фосфорной кислоты и ее ангидридов, которые катализируют реакции дегидратации и дегидрирования и способствуют процессу карбонизации.

В последнее время стали применять не только низкомолекулярные, но и полимерные фосфорсодержащие антипирены. Эти полимерные добавки имеют лучшую совместимость с основным полимером, меньше мигрируют из полимерного материала, отличаются более высокой стойкостью к различным внешним воздействиям и при относительно низком содержании фосфора достаточно эффективно замедляют процесс горения [1].

К фосфорсодержащим антипиренам относятся алкил- и арилгалоидфосфаты, термодинамическую совместимость которых с полимерами следует знать. Под термодинамической совместимостью

Характеристика антипиренов				
Анти-пирен	Структурная формула	$T_{\text{кин}}^*$ [3]	ρ , г/см ³ [3]	
1	$\begin{array}{c} \text{Cl}-\text{(CH}_2)_3-\text{O} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{(CH}_2)_3-\text{CH}_2-\text{O}-\text{P}\rightarrow\text{O} \\ \\ \text{C}_2\text{H}_5 \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{(CH}_2)_4-\text{O} \\ \\ \text{C}_2\text{H}_5 \end{array}$	194 (2)	0,9997	
2	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{(CH}_2)_4-\text{O} \\ \\ \text{C}_2\text{H}_5 \\ \\ \text{Cl}-\text{(CH}_2)_3-\text{O}-\text{P}\rightarrow\text{O} \\ \\ \text{Cl}-\text{(CH}_2)_3-\text{O} \end{array}$	170 (2)	1,1040	
3	$\begin{array}{c} \text{Cl}-\text{(CH}_2)_2-\text{O} \\ \\ \text{Cl}-\text{(CH}_2)_2-\text{O}-\text{P}\rightarrow\text{O} \\ \\ \text{Cl}-\text{(CH}_2)_2-\text{O} \end{array}$	175 (2)	1,4225	
4	$\begin{array}{c} \text{Br}-\text{(CH}_2)_2-\text{O} \\ \\ \text{Br}-\text{(CH}_2)_2-\text{O}-\text{P}\rightarrow\text{O} \\ \\ \text{Cl}-\text{(CH}_2)_2-\text{O} \end{array}$	205 (2)	1,8015	
5	$\begin{array}{c} \text{Br}-\text{(CH}_2)_3-\text{O} \\ \\ \text{Br}-\text{(CH}_2)_3-\text{O}-\text{P}\rightarrow\text{O} \\ \\ \text{Cl}-\text{(CH}_2)_3-\text{O} \end{array}$	171 (2)	1,5730	
6	$\begin{array}{c} \text{Cl}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{O} \\ \\ \text{CH}_2\text{Cl} \\ \\ \text{P}-\text{O}-\text{C}_6\text{H}_5 \\ \\ \text{Cl}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{O} \\ \\ \text{CH}_2\text{Cl} \end{array}$	223 (2)	1,4143	
7	$\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5-\text{O} \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5-\text{O}-\text{P}\rightarrow\text{O} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{(CH}_2)_4-\text{O} \\ \\ \text{C}_2\text{H}_5 \end{array}$	196 (0,5)	0,9610	

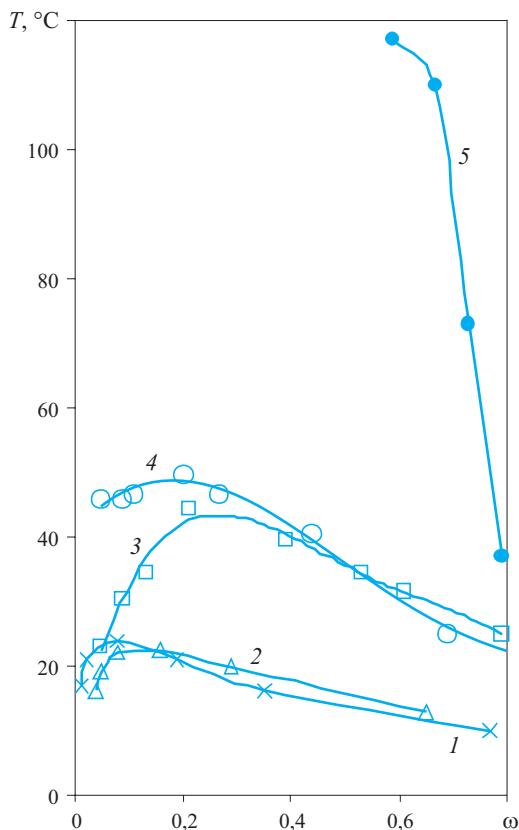
* Цифры в скобках — давление, мм рт. ст.

полимера и антипирена понимают их взаимную растворимость, информацию о которой дают фазовые диаграммы [2].

Исследовались полиметилметакрилат (ПММА) сусpenзионной полимеризации с $M = 4,8 \cdot 10^4$ и антипирены, перечисленные в таблице.

Фазовые диаграммы получали методами Алексеева (методом точек помутнения) и рефрактометрическим, предложенным Рехаге для систем полимер — растворитель [3] и примененным впервые для систем полимер — антипирен [4].

На рисунке представлены фазовые диаграммы систем. Все они обладают верхней критической температурой растворения (ВКТР), которая для системы ПММА — антипирен 1 (см. таблицу, рисун-



Диаграммы состояния систем ПММА с антипиренами 4 (1), 6 (2), 3 (3), 7 (4) и 1 (5)

нок, кривая 5) не могла быть достигнута вследствие разложения антипирена. Для всех систем наблюдается очень широкая гетерогенная область (по составу). Наиболее низкие значения ВКТР и наименьшие показатели критических концентраций имеют место для систем с фосфатами, в молекулах которых содержится два атома брома и атом хлора или два небольших алкильных радикала. Для этих систем ВКТР равна 22–23°C, что видно из данных для различных антипиренов, приведенных ниже:

Антипирен	4	6	3	7	1
ВКТР ± 1, °C	22	23	45	50	> 120

При переходе к антипиренам 3 и 7 ВКТР повышается до 45–50°C, т.е. замена атомов брома на атомы хлора и уменьшение числа небольших алкильных радикалов приводят к расширению гетерогенной области. Особенно высокие значения ВКТР (> 120°C) наблюдаются для системы, содержащей антипирен 1, в молекуле которого входит один атом хлора и два больших октильных радикала.

Наибольшим термодинамическим средством ПММА и наиболее низкими значениями ВКТР обладают антипирены, в молекулах которых присутствуют малые алкильные радикалы и атомы галоге-

нов. Это обусловлено, во первых, диполь-дипольным взаимодействием групп C–Cl и C–Br антиприренов с C=O-группой полимера, во-вторых, возможным образованием донорно-акцепторных связей с участием свободных d-орбиталей атомов галоидов и неподеленных электронных пар атомов

кислорода карбонильной группы ПММА, что было показано спектроскопически [5, 6]. Если в молекуле антиприрена фенильные радикалы полностью замещены на алкильные с большим числом атомов углерода и всего одним атомом хлора, то совместимость их с ПММА резко ухудшается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берлин А. А. Горение полимеров и полимерные материалы пониженной горючести // Соросовский образовательный журнал. — 1996. — № 9. — С. 57–63.
2. Тагер А. А. Физикохимия полимеров. — М.: Химия, 1978. — 544 с.
3. Rechage G. // Kunststoffe. — 1963. — № 1. — S. 603.
4. Тагер А. А., Вшивков С. А., Поляк О. Э. // Высокомолек. соед. А. — 1982. — Т. 24, № 3. — С. 661.
5. Разинская И. Н., Извозчикова В. А., Штаркман Б. П., Адамова Л. В., Лирова Б. И., Тагер А. А. // Высокомолек. соед. А. — 1981. — Т. 23, № 12. — С. 2738.
6. Гурьянова Е. Н., Гольштейн И. П., Ромм И. П. Донорно-акцепторная связь. — М.: Химия, 1973. — 400 с.

Поступила в редакцию 27.12.06.



Д-р техн. наук, начальник кафедры "Общей и специальной химии" Академии ГПС МЧС РФ

C. С. Воевода



Канд. техн. наук, докторант кафедры "Общей и специальной химии" Академии ГПС МЧС РФ

S. A. Макаров



Д-р техн. наук, профессор кафедры "Общей и специальной химии" Академии ГПС МЧС РФ, заслуженный деятель науки РФ

A. F. Шароварников

УДК 614.84.664

ОБОСНОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ РЕЗЕРВУАРНОГО ПАРКА ДЛЯ ХРАНЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВ ЕДИНЫМ ПЛЕНКООБРАЗУЮЩИМ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЕМ

Описан процесс унификации технологии противопожарной защиты объектов резервуарного парка с использованием фторсинтетической пленкообразующей пены. Приведены результаты анализа зарубежных научных литературных источников.

Актуальность рассматриваемой задачи определяется насущным требованием предприятий нефтегазовой отрасли страны по применению единого пенообразователя для противопожарной защиты всех объектов резервуарного парка. В условиях пожара достаточно трудно использовать несколько видов пенообразователей, потому что их взаимозаменяемость или взаимное смешение редко возможны, а разбираться в процессе тушения, какой пенообразователь подавать сразу, какой привести, а какой заменить, — это процесс сложный и, естественно, затрудняющий организацию и оперативность пожаротушения [1].

Например, при испытаниях по тушению резервуара РВС-2000 в г. Пермь возникала проблема, каким образом смешать пенообразователь компании 3М с пенообразователем "Hydral" фирмы "SABO" или с отечественными типа "Универсальный" или "Форзтол". Известно, что если просто смешать пенообразователь фторбелковый или белковый с синтетическим, то пенная композиция просто расслоится, пена на ее основе получена не будет.

В настоящее время противопожарная защита резервуарного парка для хранения нефтепродуктов осуществляется, как правило, тремя видами пенообразователей (рисунок). В случае нехватки пенообразователя или неудачной пенной атаки в условиях недостатка времени штабом пожаротушения обычно принимается решение использовать пено-

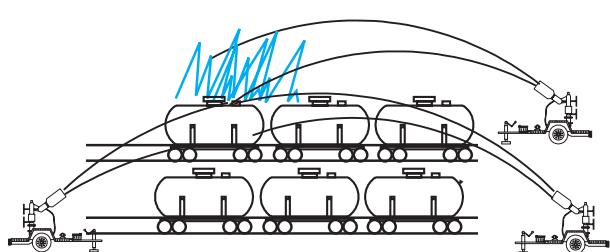
образователь, предназначенный для защиты соседних объектов резервуарного парка. Все делается для того, чтобы как можно быстрее приступить к тушению, не учитывая при этом, что следует правильно определить очередность подачи огнетушащих средств, так как применение одного пенообразователя может вывести из эффективного действия второй. Не принимается во внимание также то, что стационарные установки пожаротушения будут выдавать интенсивность, заложенную по проекту, а интенсивность подачи у пенообразователя, прибывшего на замену, может быть совсем другой, следовательно потребуются дополнительные силы и средства. Проблема стоит еще остро, если существуют значительный дефицит времени для анализа ситуации, угроза людям и вероятность вскипания и выброса нефтепродукта.

В настоящее время в России и за рубежом для тушения нефтепродуктов в крупных резервуарах предлагается комбинированный способ тушения (пена подается одновременно в основание резервуара подслойно и на поверхность горючего). Исходя из паспортных характеристик пенообразователей, только для этого способа возможны три варианта подачи пены (таблица). Однако без предварительных испытаний совместной эффективности пенообразователей разумно применять лишь третий вариант.

Тушение пожара подачей пены в слой горючего



Тушение пожара на железнодорожной эстакаде пеной низкой кратности



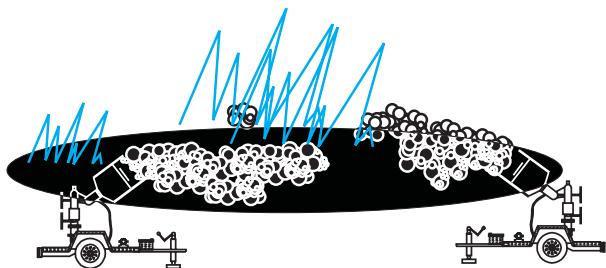
Используются пенообразователи (фторсintетические, фторбелковые) для получения низкократной пленкообразующей пены

Заполнение помещений пеной высокой кратности



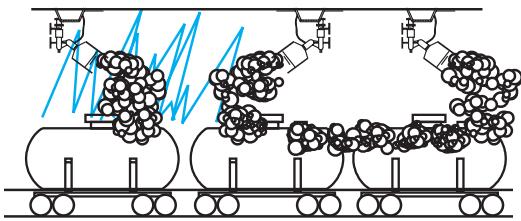
Используются синтетические пенообразователи для получения пены высокой кратности

Покрытие розливов нефтепродуктов пеной средней кратности



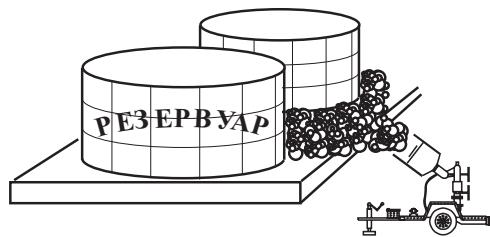
Используются синтетические, фторсintетические, фторбелковые пенообразователи для получения пены средней кратности

Тушение пожара на железнодорожной эстакаде пеной средней кратности



Используются синтетические, фторсintетические, белковые, фторбелковые пенообразователи для получения пены средней кратности

Подача среднекратной пены в обвалование



Противопожарная защита резервуарного парка для хранения нефтепродуктов с использованием нескольких пенообразователей

Очевидно, что в резервуарном парке, в котором так много различных объектов производственного назначения, достаточно сложно использовать разные пенообразователи. Поэтому необходимо создать условия, при которых единственным пенообразователем достигается возможность противопожарной защиты или тушения на всех объектах резервуарного парка и при наличии розлива нефтепродукта в обваловании.

Поставлена задача об унификации и совмещении в одном пенообразователе всех трех технологий противопожарной защиты (резервуар — низкократная пена под слой или на поверхность горю-

чего; насосная — пена средней или высокой кратности; эстакады — пена средней или низкой кратности, покрытие розливов пеной средней кратности).

Данный подход к применению пен позволяет решить важную государственную проблему — создание современной противопожарной защиты объектов резервуарных парков. Разработка комбинированной системы тушения пожаров включена в концепцию развития крупнейших нефтяных компаний России.

Анализ литературных источников показывает, что для нефтеперерабатывающих предприятий в

Возможные варианты тушения резервуара комбинированным способом

Вариант	Подача в слой	Подача на поверхность	Состав пенообразователей
1	Пены, содержащей ФПАВ	Пены, содержащей УПАВ	Для подачи в слой и на слой применяются разные пенообразователи
2	Пены, содержащей ФПАВ		
3	Пены, содержащей ФПАВ		Для подачи в слой и на слой применяется один пенообразователь

настоящее время характерно укрупнение объемов хранящегося топлива. Большое количество пожароопасных объектов находится в районах Крайнего Севера с суровыми климатическими условиями. Разобраны основные проблемы, возникающие при тушении пожаров нефтепродуктов, установлены их причины. Рассмотрены и проанализированы реальные ситуации и основные ошибки, возникающие при тушении.

Отмечено, что в настоящее время:

- противопожарная защита большинства резервуарных парков осуществляется несколькими пенообразователями;
- персонал, как правило, не в курсе, возможно ли совместное применение для тушения хранящихся пенообразователей;
- сотрудники чаще всего не осведомлены, допустимо ли смешение хранящихся пенообразовате-

лей, либо не уделяет этому вопросу должного внимания;

- персонал, как правило, считает, что пенообразователи обладают одинаковой огнетушащей эффективностью и один пенообразователь можно заменить другим;
- при нехватке пенообразователя для тушения пожара на одном объекте собираются пенообразователи с других объектов резервуарного парка или они смешиваются;
- в чрезвычайной ситуации и в условиях острого дефицита времени достаточно сложно сделать правильный расчет интенсивностей подачи в случае смены пенообразователя для пенной атаки;
- не учитывается, что прибывшие по повышенному номеру вызова пожарные подразделения имеют на вооружении в основном генераторы ГПС, на которых невозможна подача пены заданной структуры при использовании пенообразователей для получения пены низкой кратности.

Таким образом, существует необходимость внедрения на нефтеперерабатывающих предприятиях технологии противопожарной защиты на базе единого пленкообразующего пенообразователя для получения пены низкой, средней и высокой кратностей, а также для тушения пожаров нефтепродуктов подслойным способом, работающего на "традиционном" пожарно-техническом вооружении пожарных подразделений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шароварников А. Ф. и др. // Тушение пожаров нефти и нефтепродуктов. — М.: Издательский дом "Калан", 2002. — 448 с.

Поступила в редакцию 19.12.06.



Канд. техн. наук, профессор,
Пермский военный институт
внутренних войск МВД РФ
В. В. Ильин



Д-р физ.-матем. наук, профессор,
Пермский государственный
технический университет
А. П. Рыбаков



Канд. техн. наук, доцент,
Пермский государственный
технический университет
О. Ю. Вологжанин

УДК 622.61

К ВОПРОСУ О ПРОТЕКАНИИ ВЗРЫВНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ХРАНЕНИИ ГРУПП БОЕПРИПАСОВ И ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИХ ПОСЛЕДСТВИЙ

Проводится краткий анализ ситуации, сложившейся с хранением боеприпасов в России, и возможных последствий при поражающем воздействии на них. Рассматривается протекание взрывного процесса в условиях группового хранения боеприпасов с точки зрения элементов теории массового обслуживания и с учетом разновременности инициирования каждого из них поражающими элементами, что позволяет более точно определять вероятность задействования рядом хранящихся изделий данного типа. Проведена оценка скорости и коэффициента отбора энергии осколком аварийновзорвавшегося боеприпаса с учетом разновременности инициирования его взрывчатого вещества. Предлагается проект концепции прогнозирования аварийных ситуаций и их последствий при хранении групп зарядов взрывчатых веществ, которая представляет собой систему основополагающих принципов и путей исследований, направленных на создание необходимых условий для обеспечения безопасности при хранении боеприпасов.

Сегодня чрезвычайно обострились вопросы повышения пожаровзрывобезопасности при хранении боеприпасов как традиционного, так и специального снаряжения. Всего в стране в нескольких сотнях арсеналов, складов и баз хранится различных боеприпасов на 1,5 триллиона рублей. Около 30% боеприпасов находится в железобетонных хранилищах, 20% — в кирпичных, около 10% — в деревянных постройках, а примерно 40% вообще лежат под открытым небом. В 70–80-х годах прошлого века темпы производства боеприпасов в советской оборонной промышленности были таковы, что в войска и другие силовые структуры поступало около 40 тысяч условных вагонов боеприпасов. В то же время резко сократились ассигнования на возведение специальных хранилищ и арсеналов, отвечающих последним требованиям пожаровзрывобезопасности. В итоге, в настоящее время хранилища и арсеналы всех силовых структур в среднем перегружены в 1,3–1,7 раза. Неудивительно, что при таком положении дел нарушены многие нормы и правила хранения взрывоопасных изделий. Таким образом, встает вопрос о рациональном и взрывобезопасном их размещении на ограниченных территориях в связи с нехваткой хранилищ и средств.

Сказанное выше, безусловно, требует поиска и разработки новых путей повышения безопасности хранения боеприпасов, а также пересмотра представлений о характере протекания взрывных процессов при их массовом взрыве. К сожалению, печальная статистика последних лет подтверждает эту необходимость: масштабные взрывы боеприпасов на складах в г.г. Санкт-Петербург и Хабаровск в 2000 г., в Запорожье в 2004 г., взрывы на складах Тихоокеанского флота (ТОФ). Этот список можно продолжить, и, как правило, все подобные чрезвычайные ситуации сопровождаются гибелью людей, многомилицонными финансовыми потерями, подрывом обороносспособности страны. Причины возникновения чрезвычайной ситуации могут быть самые различные: человеческий фактор, природные катаклизмы, техногенные аварии. Известно, что при подобных авариях нарушается и экологическое равновесие. Результаты оценки экологического состояния г. Владивосток после взрыва на арсенале ТОФ 15 мая 1992 г. показали, что в пределах "следа" дымового потока возросло содержание циркония, кобальта, мышьяка и ртути более чем в 2 раза, кадмия и бария — в 1,7–1,8 раза, стронция — в 1,4 раза.

В настоящее время боеприпасы хранятся по одному или несколько изделий в укупорке, контейнерах, ящиках для хранения, как правило, в отдельных хранилищах, размещенных на территории базы хранения. На основании этого их можно рассматривать разнесенными в пространстве, но представляющими собой единую распределенную систему групп зарядов (РСГЗ), способную к взрыву как частично, так и полном объеме. В случае взрыва одного или группы зарядов поражающие факторы взрыва распространяются по пространству, разделяющему их, и оказывают инициирующее действие на близлежащие боеприпасы. Таким образом, взрыву повергается практически вся РСГЗ, то есть хранилище и база в целом. Отсюда вытекает необходимость прогнозирования поведения твердых гетерогенных взрывчатых веществ (ВВ) при воздействии поражающих факторов на конструкцию боеприпаса, а также комплексного исследования явления взрыва при их массовом скоплении.

Особенностью является то, что прогнозировать результаты подобного взрыва чрезвычайно тяжело из-за нестационарности протекаемых процессов, которые зависят от множества случайных факторов. Безусловно, подрыв хранилища будет происходить не мгновенно, а в течении некоторого промежутка времени τ (времени инициирования), который определяется расстоянием между зарядами в хранилище (между хранилищами), скоростью детонации конкретного ВВ, массой и плотностью заряда ВВ, максимальной температурой вспышки ВВ заряда [1].

В условиях взрыва на арсенале нескольких хранилищ с боеприпасами передача детонации может осуществляться посредством поражающих элементов, термического воздействия, ударных волн, по проходам между еще неразрушенными хранилищами посредством пылевых облаков. С каждым последующим инициированием заряда в цепочке процессов меняется состояние среды: увеличивается температура и концентрация пылевых взвесей, продукты взрыва вновь вступают в реакцию с последующими зарядами, и, таким образом, мы имеем последовательный взрывной процесс. Как элементы системы, боеприпасы взаимодействуют между собой, то есть имеют входные воздействия поражающих факторов с интенсивностью λ_i и выходные с интенсивностью μ_i , являющиеся следствием взрыва боеприпаса. По сути, в данном случае мы имеем многоканальную систему массового обслуживания с отказами (отказ — непробитие корпуса боеприпаса или рикошет поражающего элемента), неупорядоченным обслуживанием и числом каналов, увеличивающимся во времени в геометрической прогрессии.

Под каналом связи будем понимать физическую среду, посредством которой осуществляется обмен продуктами взаимодействия (продуктами взрыва, осколками). В качестве допущений примем следующие ограничения: поражающее воздействие осуществляется только на ближайшие боеприпасы, все боеприпасы имеют достаточно крупный калибр, воздействие поражающих элементов на боеприпасы рассматривается как простейший поток событий. Кроме того, допускаем, что процесс в системе стационарен. Система боеприпасов имеет конечное число состояний, которое можно охарактеризовать потенциалом состояния:

- Q_0 — начальный потенциал, в системе отсутствует воздействие поражающих элементов;
- Q_k — по k каналам связи уничтожено k боеприпасов, остальные исправны;
- Q_n — по n каналам связи уничтожено n боеприпасов, остальные исправны;
- Q_{n+1} — $n+1$ боеприпасов системы уничтожены.

Все боеприпасы в системе имеют одинаковый начальный потенциал и равномерно распределены по площади объекта хранения. В любой момент времени РСГЗ может оказаться в одном из указанных состояний. Переход системы боеприпасов из одного состояния в другое (рис. 1) есть событие случайное и осуществляющееся под воздействием поражающих факторов с интенсивностью λ_i . По сути, сам процесс перехода из состояния Q_0 в состояние Q_{n+1} является непрерывным во времени, а число воздействий на боеприпасы с интенсивностью λ_i увеличивается в геометрической прогрессии. Выходные воздействия с интенсивностью μ_i , стремящиеся перевести систему в состояние с наименьшим потенциалом (с нулевым выходом энергии), в свою очередь, являются очередными значениями λ_i , переводящими систему к более высокому потенциалу. Таким образом, в системе боеприпасов входящий поток воздействий формируется из выходящего. Время возникновения выходных воздействий обусловлено временем реакции каждого элемента системы (боеприпаса) на воздействие поражающих факторов. Поток воздействий неизбежно имеет сгущения или разрежения, но они не носят закономерного характера, и среднее число воздействий, приходящееся на единицу времени, постоянно и от времени не зависит. Пусть $p_{ij}(t_0, t_0 + t)$ — вероятность

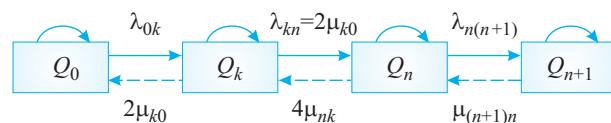


Рис. 1. Граф состояний системы боеприпасов в режиме инициирования

того, что система боеприпасов переходит из состояния Q_0 в состояние Q_k за период времени $[t_0, t_0 + t]$. Данная вероятность называется *переходной вероятностью системы* и зависит от значений λ_i и μ_i . Введем в рассмотрение матрицу переходных вероятностей состояния системы боеприпасов:

$$P(t) = \begin{pmatrix} P_{00}(t) & P_{0k}(t) & \dots & P_{0j}(t) & \dots \\ P_{k0}(t) & P_{kn}(t) & \dots & P_{nj}(t) & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{i0}(t) & P_{ik}(t) & \dots & P_{ij}(t) & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Сумма элементов любого столбца этой матрицы (как и сумма элементов любой строки) равна единице, ведь эти элементы — вероятности событий, составляющих полную группу событий. Уравнения Эрланга для вероятностей состояний системы $P_0, \dots, P_k, \dots, P_n$ будут иметь стандартный вид [2]:

$$\begin{aligned} \frac{dP_0}{dt} &= -\lambda P_0 + \mu P_1; \\ \frac{dP_k}{dt} &= \lambda P_{k-1} - (\lambda + k\mu)P_k + \mu(k+1)P_{k+1}, \quad (2) \\ 1 \leq k &\leq n-1; \\ \frac{dP_n}{dt} &= \lambda P_{n-1} - \mu n P_n. \end{aligned}$$

Исходя из того, что имеется не один, а несколько входных потоков воздействий, все они пуассоновские и каждый имеет свой параметр λ ($\lambda_1, \dots, \lambda_N$), то и суммарный входной поток воздействий тоже будет пуассоновским с параметром

$$\Lambda = \sum_{i=1}^N \lambda_i. \quad (3)$$

Функция распределения времени реакции боеприпасов системы имеет вид:

$$B(t) = \sum_{i=1}^N \frac{\lambda_i}{\Lambda} (1 - e^{-\mu_i t}). \quad (4)$$

Исходя из того, что потоки поражающих воздействий с разных направлений могут реализовать иницирование боеприпаса в нескольких точках одновременно или с запаздыванием, характеристики выходных воздействий с интенсивностью μ_i варьируются случайным образом, что обуславливает сложность взрывного процесса в РСГЗ. В частности, именно от характера иницирования меняются скорость разлета осколков, продуктов взрыва и коэффициент отбора энергии осколком от заряда ВВ.

Оценка этих параметров с учетом разновременности иницирования позволяет более точно определять вероятность задействования рядом хранящихся боеприпасов данного типа [3].

Предельная скорость и коэффициент отбора энергии осколком от заряда ВВ при иницировании боеприпаса с учетом разновременности определяются выражениями:

$$U_\infty = K_4 - \sqrt{\frac{27M}{8}} K_3 + U_{nm}; \quad (5)$$

$$\varphi = 8MU_\infty^2; \quad (6)$$

где U_∞ — предельная скорость движения поражающего элемента — безразмерная величина, являющаяся отношением скорости поражающего элемента $U_{n\omega}$ к скорости детонации U_{det} ; K_3, K_4 — безразмерные константы; M — удельная масса — безразмерная величина, являющаяся отношением массы поражающего элемента $m_{n\omega}$ к массе взрывчатого вещества m_{bb} ; U_{nm} — скорость продуктов взрыва в зоне постоянного течения — безразмерная величина, являющаяся отношением скорости поражающего элемента $U_{n\omega}$ к скорости детонации U_{det} ,

$$U_{nm} = \frac{1}{4} \sqrt{\frac{3}{8}} \left[1 - \sqrt{\frac{27}{32} M \frac{1}{\left(\frac{27}{32} M + \frac{1 - |\Delta T|}{2} \right)}} \right];$$

ΔT — возможная разновременность иницирования боеприпаса — безразмерная величина, являющаяся отношением текущего времени T_{mek} ко времени движения детонационной волны по заряду T_{det} ;

φ — коэффициент отбора энергии осколком от заряда ВВ — безразмерная величина, являющаяся отношением энергии поражающего элемента $W_{n\omega}$ к энергии взрывчатого вещества W_{bb} .

На рис. 2 приведены зависимости коэффициента отбора энергии осколком от разновременности иницирования. Из анализа графиков видно, что для осколков максимальное значение φ имеет при ΔT от $-0,8$ до -1 . То есть со стороны, противоположной точке попадания поражающего элемента (ПЭ), φ будет иметь максимальное значение и далее будет уменьшаться в зависимости от того, в какой момент времени придет второй ПЭ. Минимум значения φ наблюдается при ΔT от $0,8$ до 1 . Кроме того, величина изменения коэффициента отбора энергии осколком определяется его массой в зависимости от разновременности иницирования (рис. 3). Из графиков видно, что, например, при $M = 0,4$ коэффи-

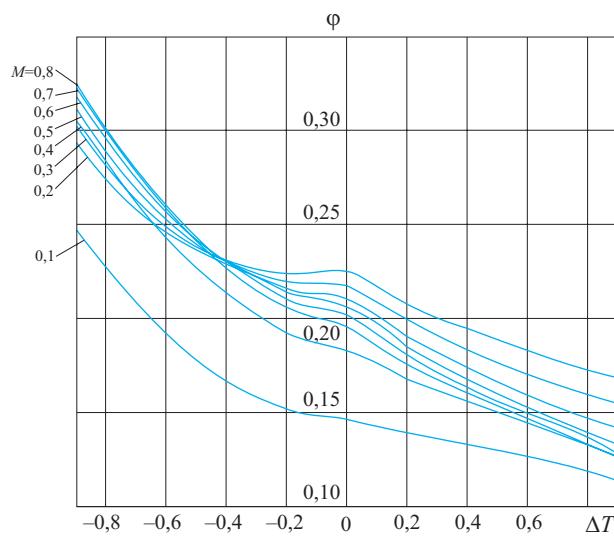


Рис. 2. Зависимость коэффициента отбора энергии осколком от разновременности инициирования

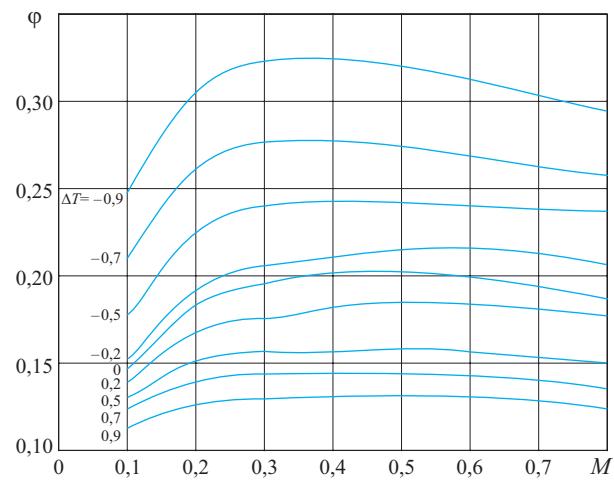


Рис. 3. Зависимость коэффициента отбора энергии осколком от удельной массы

циент ϕ уменьшается на 59% в пределах разновременности от $-0,9$ до $+0,9$.

Графики зависимости предельной скорости осколка от его удельной массы для вышеуказанных случаев инициирования приведены на рис. 4. Видно, что с уменьшением массы осколка его скорость растет и при $M \rightarrow 0$ U_∞ стремится к скорости разлета продуктов взрыва со свободной поверхности. При $M \rightarrow \infty$ для всех случаев $U_\infty \rightarrow 0$. В частности, для $M = 0,4$ предельная скорость изменяется на 40% в интервале от $-0,9$ до $+0,9$. Зависимость U_∞ пластины от ΔT представлены на рис. 5. Очевидно, что предельная скорость осколков со стороны, противоположной точке инициирования боеприпаса, на 40% больше, чем со стороны воздействия ПЭ, и изменяется в зависимости от удельной массы.

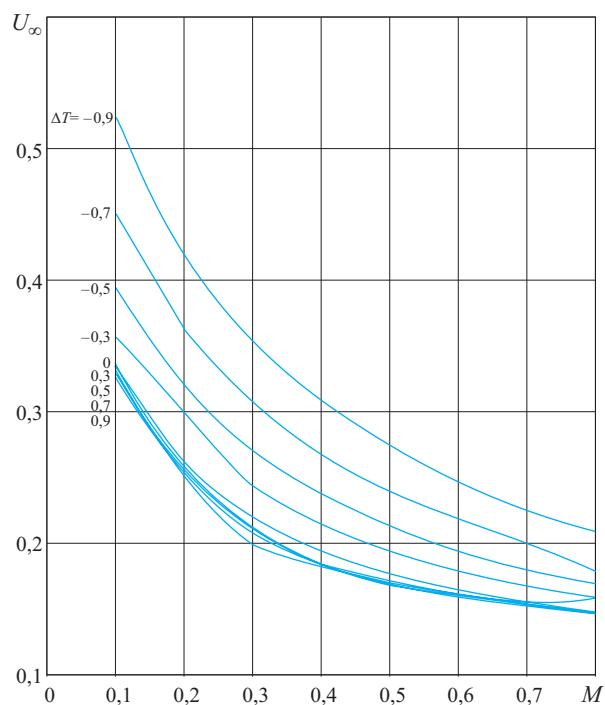


Рис. 4. Зависимость предельной скорости осколка от его удельной массы

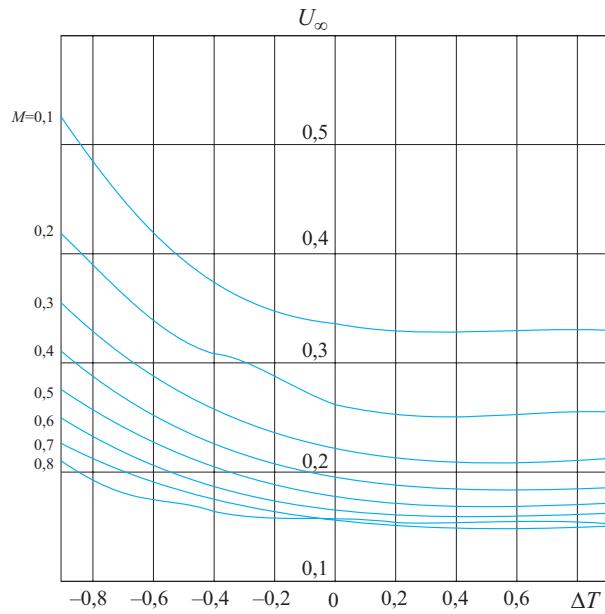


Рис. 5. Зависимость предельной скорости от разновременности инициирования

В ходе изучения аварийных ситуаций, в частности при хранении боеприпасов, опираясь на представленную модель инициирования, можно спрогнозировать наиболее опасные сценарии их развития. Исходными данными для построения таких сценариев служат: перечень основных источников опасности на объекте хранения, исходные данные о взрывоопасности ВВ, механизмы инициирования и

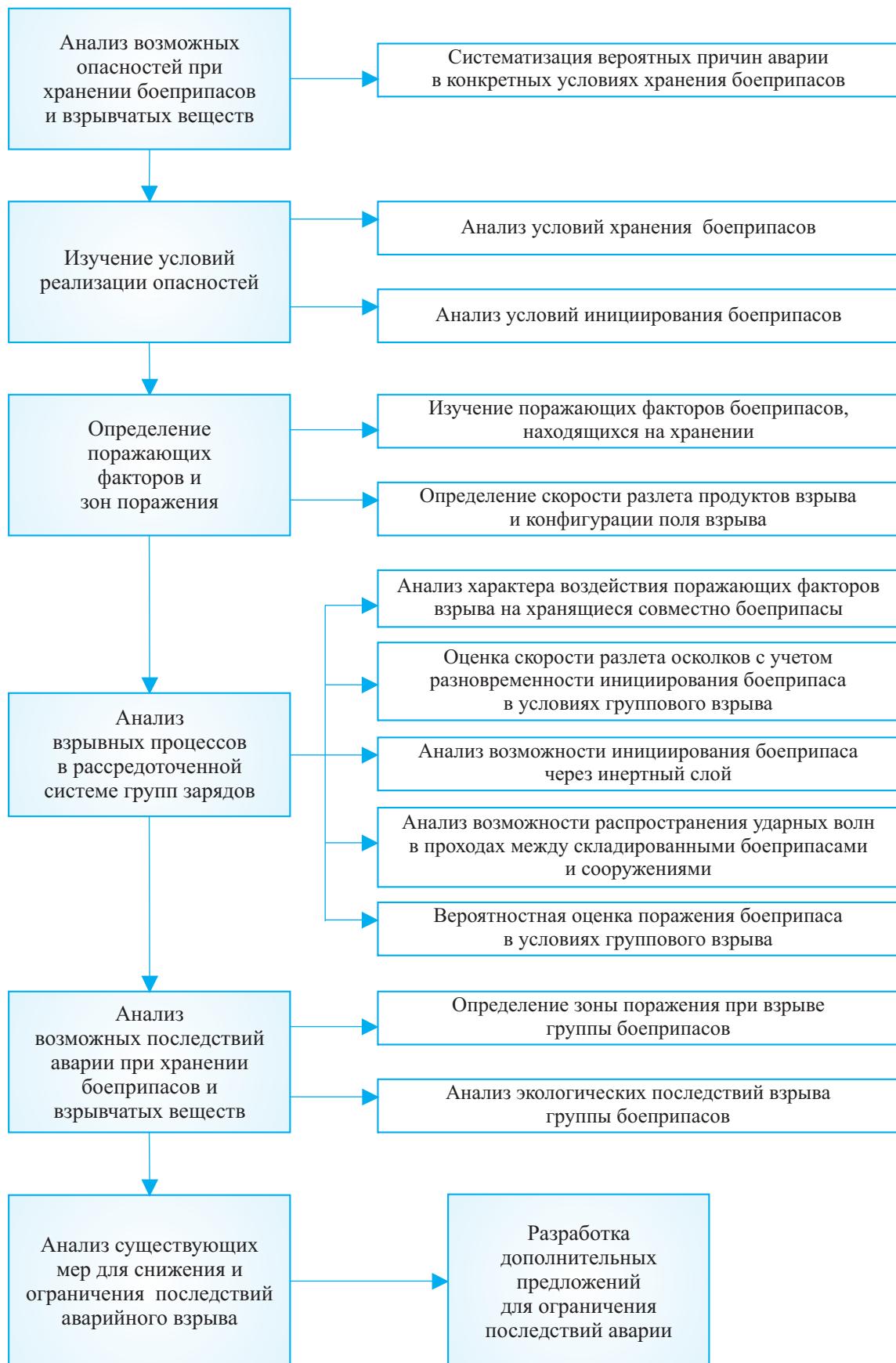


Рис. 6. Концепция диагностики и прогнозирования аварийных ситуаций и их последствий при хранении групп зарядов ВВ

детонации ВВ, фугасное действие от воздушных ударных волн и волн разрежения, взрывные нагрузки в закрытых объектах с учетом вторичных взрывных явлений, тепловое действие при взрывных превращениях [4, 5]. Наименее же изученным вопросом при групповых взрывах является передача детонации по пылевым взвесям. Все указанные данные наряду с энергетическими характеристиками ВВ и параметрами, характеризующими скорость распространения детонационных волн, степень расширения продуктов взрыва, должны учитываться при определении параметров поражающих воздействий.

Сказанное подчеркивает необходимость создания концепции диагностики и прогнозирования аварийных ситуаций и их последствий при хранении групп зарядов ВВ (боеприпасов). В основу этой концепции могут быть заложены возможные сценарии развития подобных аварий, а также последовательное их исследование, включая возможные исходные события, пути их развития и ожидаемые последствия, меры предупреждения и ликвидации последствий. В ней также определяются исходные данные по возможным аварийным ситуациям в ходе хранения боеприпасов, обозначены возможные средства защиты от подобных аварий.

Концепция диагностики и прогнозирования аварийных ситуаций и их последствий при хранении групп зарядов ВВ исходит из реальности возникновения аварий, требует сведения вероятности их возникновения к минимуму и максимальной ло-

кализации последствий. Она представляет собой систему основополагающих принципов и путей исследований, направленных на создание необходимых условий для обеспечения безопасности при хранении боеприпасов. Данная концепция может предусматривать поэтапное рассмотрение и изучение направлений, представленных на рис. 6. Ее особенность заключается в гибкости, возможности адаптации к различным условиям аварийных ситуаций. Кроме того, возможно использовать лишь некоторые этапы концепции, наиболее необходимые в какой-то конкретной ситуации.

Таким образом, рассматривая взрывной процесс в условиях группового хранения боеприпасов с учетом разновременности их инициирования, мы можем прогнозировать последствия взрыва, взяв за основу данные о скорости разлета осколков и продуктов взрыва, а также конфигурацию поля взрыва боеприпаса. Дальнейшее развитие теории взрыва в РСГЗ и создание концепции диагностики и прогнозирования аварийных ситуаций позволят: прогнозировать поведение отдельного боеприпаса и РСГЗ в чрезвычайной ситуации, определять виды и параметры аварийных воздействий на боеприпасы и анализировать их характер, разработать систему требований к их снижению, подтверждать расчетно-экспериментальными и аналитическими методами заданный уровень безопасности зарядов, выработать рекомендации по минимизации последствий аварийного взрыва.

ЛИТЕРАТУРА

1. Саркисян А. Т., Дорофеев Т. С. Авиационные боеприпасы. — М.: Акад. им. Н. Е. Жуковского, 1978. — С. 131.
2. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. — М.: Высшая школа, 2001. — С. 543.
3. Андреев К. К., Беляев А. Ф. Теория взрывчатых веществ. — М.: Оборонгиз, 1960. — 596 с.
4. Рыбаков А. П. Ударные волны в конденсированных средах. Ч. 1. — Даугавпилс: Изд. Университета, 1984. — 128 с.
5. Харитон Ю. Б. Вопросы теории взрывчатых веществ. Кн. 1. — М.: Изд. АН СССР, 1947. — С. 7.

Поступила в редакцию 26.12.06.



Д-р техн. наук, профессор, отдел
пожарно-технической экспертизы
Госэкспертизы проектов МЧС РФ
В. Б. Коробко



Канд. техн. наук, заместитель начальника
отдела пожарно-технической экспертизы
Госэкспертизы проектов МЧС РФ
А. В. Красавин



Главный специалист отдела
пожарно-технической экспертизы
Госэкспертизы проектов МЧС РФ
А. И. Думилин



Главный специалист отдела по-
жарно-технической экспертизы
Госэкспертизы проектов МЧС РФ
Н. А. Красильников

УДК 614.841.315

АНАЛИЗ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА СООТВЕТСТВИЕ ТРЕБОВАНИЯМ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Данная публикация посвящена наблюдениям, замечаниям и предложениям по экспертизе проектной документации на соответствие требованиям пожарной безопасности, которыми авторы считают необходимым поделиться с читателями журнала. Текст статьи представляет собой расширенный доклад, сделанный на совещании по экологической и промышленной безопасности объектов ОАО "НК Роснефть" 20 октября 2006 г. в п. Небуг Туапсинского района Краснодарского края.

Две главные проблемы

В настоящее время при проектировании, возведении и эксплуатации объектов капитального строительства проектировщики, строители, заказчики, собственники и инвесторы сталкиваются с целым рядом проблем. Особое место в этом ряду занимают проблемы согласования исходно-разреши-

тельной и проектной документации в соответствующих органах государственной власти, а также сдача объекта в эксплуатацию.

Так, только для получения возможности подачи документов во вневедомственную (итоговую и обобщающую) экспертизу процедура согласования проектной документации стадии "П" насчитывает не менее восьми экспертиз (рис. 1), из них шесть —

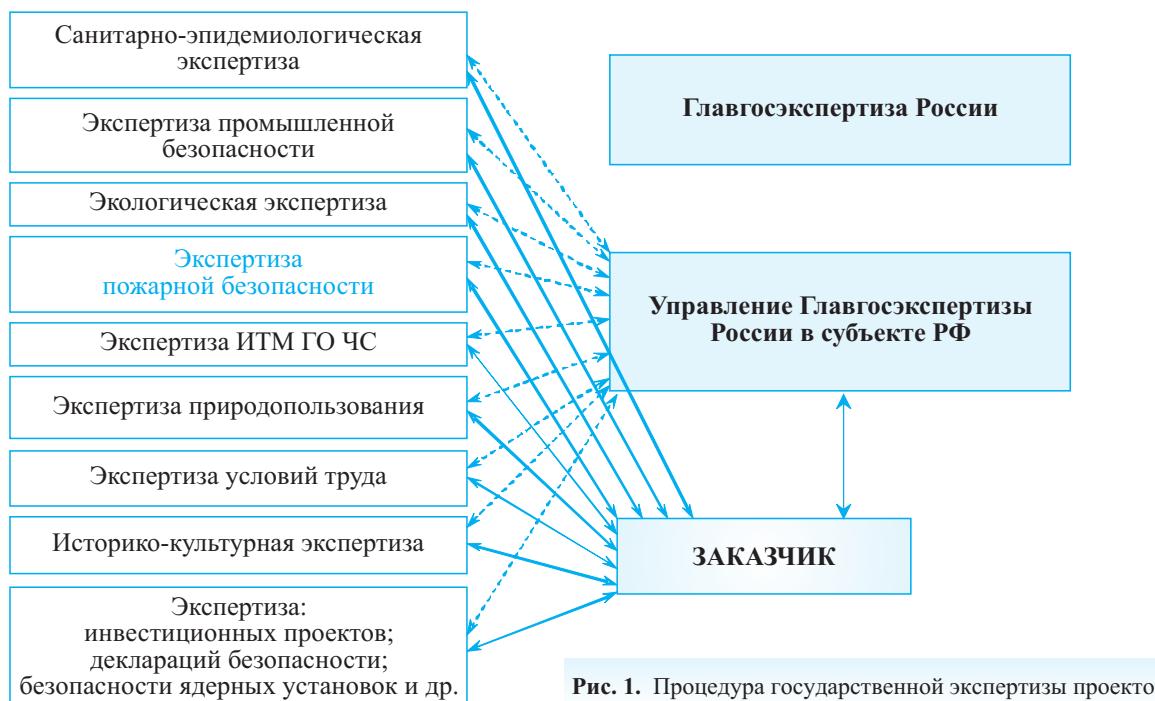


Рис. 1. Процедура государственной экспертизы проектов

федеральных: экология, СЭС, пожарная безопасность, промбезопасность, ИТМ ГО ЧС, природо-пользование, и две — субъекта Российской Федерации: охрана памятников и условия труда. При этом каждая из экспертиз имеет свои, очень специфические, а подчас просто уникальные правила и технологии согласования проектов, которые очень часто становятся непреодолимым препятствием на пути реализации последних.

Изучение данной ситуации с позиций совершенствования государственного управления в области технического регулирования градостроительной деятельности позволило выявить в процедуре проведения государственной экспертизы проектной документации две большие проблемы (рис. 2):

- *первая* — значительное количество различных разрешительно-согласующих и контрольно-надзорных организаций;
- *вторая* — сложные, “непрозрачные”, как будто умышленно запутанные, часто оторванные от реального объекта, излишне бюрократизированные процедуры согласования.

Эти хорошо знакомые главным инженерам проекта, инвесторам, строителям и собственникам проблемы являются нередко решающими в значительном увеличении сроков проектирования и строительства, в существенном их удорожании, часто необоснованном, а также в появлении огромного количества обязательных рекомендаций, многие из которых противоречат друг другу, а некоторые просто невозможно реализовать.

Все эти негативные факторы необоснованного усложнения и удорожания градостроительной деятельности пока еще не оказывают существенного влияния на темпы ее роста (в настоящее время эти темпы очень высоки и их определяют другие факто-

ры, рассмотрение которых останется за рамками данной публикации), но при этом являются сейчас одними из главных барьеров в формировании в России благоприятного инвестиционного климата, создание которого, по заявлению Президента Российской Федерации, уже стало национальным приоритетом.

Дальнейшее совершенствование государственного регулирования градостроительной деятельности уже стало просто невозможным без решения указанных выше проблем. Авторами были изучены основные принципы их решения (см. рис. 2), подходы к реализации которых будут раскрыты ниже.

Трудности в решении указанных проблем

Не рассматривая подробно суть и содержание обозначенных проблем и принципов, на которых, по мнению авторов, возможно осуществить совершенствование технического регулирования градостроительной деятельности, можно предположить, что для этого потребуется решить как минимум две важные, но очень сложные задачи. *Первая задача* — совершенствование организационных механизмов (структур) осуществления государственной экспертизы. *Вторая задача* — совершенствование процедурных механизмов (подходов и методов) осуществления государственной экспертизы.

Постановка и решение задач, затрагивающих одну из наиболее важных и ответственных отраслей экономики страны в контексте серьезных изменений организационных и процедурных форм осуществления государственной экспертизы проектной документации, будут неизбежно сопровождаться значительным количеством трудностей.

По результатам анализа описанной ситуации целесообразно разделить указанные трудности на

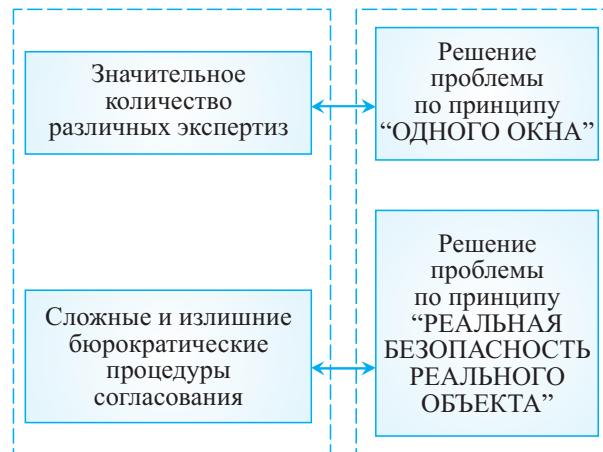


Рис. 2. Проблемы государственной экспертизы проектной документации и пути их решения



Рис. 3. Трудности реформирования государственных структур и функций

две большие группы — *объективных и субъективных трудностей* (рис. 3).

В группу объективных были включены трудности, которые возникают в процессе любого аппаратного реформирования и являются во многом неизбежными. В группу субъективных — трудности, которые в теории управления принято называть бюрократическими. Это трудности, вызванные невозможностью отдельных организационных структур и исполнителей важных бюрократических процедур изменить “удобные” им правила решения порученных задач. Кроме того, надежды высшего руководства на добровольное самореформирование оказываются, как правило, тщетными, а практика реформ подсказывает, что эти трудности во многом также можно считать объективными.

Совершенствование организационных форм осуществления государственной экспертизы проектов на соответствие требованиям пожарной безопасности

Для специалистов давно не является секретом, что процесс обеспечения пожарной безопасности объектов капитального строительства по всей совокупности инженерных, технических, технологических, информационных, организационных, социальных, экономических и других сопутствующих ему проблем является, по всей видимости, одним из самых сложных вопросов в области пожарной безопасности.

Однако в условиях моноцентрической модели государственного управления, которая существовала и до 1917 г., и недостаточной научной проработанности вопросов пожарной безопасности сложилась хорошо известная практика принятия эмпирических решений по обеспечению пожарной безопасности объектов капитального строительства. Реализация этого подхода была возложена на различные организационные структуры и их руководителей, сначала в строительной отрасли, а затем — в пожарной охране.

Следует отметить, что в ситуации господства моноцентрического субъективизма главным сдерживающим фактором в сфере принятия слабых, неверных, а также иных, заведомо необоснованных решений был фактор единого стандарта — наличие единых норм и правил, выполнение которых и означало обеспечение пожарной безопасности объекта. По ним же осуществлялся контроль — надзор или экспертиза.

Такой организационный прием, основанный на разработке и утверждении универсальных правил, процедур и норм принятия решений, является неизбежным дополнением к эмпирическому подходу в принятии этих решений. Такой союз необходим для

обозначения ориентиров как при принятии решений в условиях неопределенности, так и при осуществлении контроля за деятельностью лиц, принимающих решения.

Применение указанного подхода в условиях моноцентрической модели государственного управления, несмотря на множество его недостатков, было, во многом, естественным и неизбежным. Однако его реализация должна была привести и привела к серьезным проблемам в обеспечении пожарной безопасности страны. Как ни печально это звучит, но СССР в последние десятилетия своего существования и Россия сегодня, принявшая эту ужасную эстафету, являются и абсолютными, и относительными (к численности населения) мировыми рекордсменами по числу погибших при пожарах.

В связи со сказанным дальнейшее использование описанного подхода, тем более в рыночных экономических условиях, по всей видимости не позволит преодолеть имеющиеся трудности и снизить главные пожарные риски — риски гибели людей — до приемлемого уровня.

Вместе с тем следует отметить, что в последние годы прошлого века и в начале настоящего область пожарной безопасности получила уже достаточное развитие для принятия научно обоснованных решений по обеспечению пожарной безопасности объектов. Однако как и прежде, принятие решений в этой области пока основано на субъективном мнении должностного лица, слегка ограниченном системой норм и правил.

Анализ практических шагов последнего времени по совершенствованию государственной политики в области технического регулирования градостроительной деятельности по вопросам обеспечения пожарной безопасности показал, что основные из них направлены на реализацию только одного обозначенного нами стратегического принципа — принципа “одного окна”.

Государственный пожарный надзор

Следует отметить, что до последнего времени в стране единственным органом, которому было поручено решение большинства вопросов в области обеспечения пожарной безопасности, был Государственный пожарный надзор (ГПН).

Эта организация долгое время вполне успешно в условиях моноцентрической модели государственного управленияправлялась с порученными ей задачами, включая и функцию государственной экспертизы проектной документации на соответствие требованиям универсальных норм и правил, которая называлась процедурой рассмотрения и согласования проектной документации и проводилась

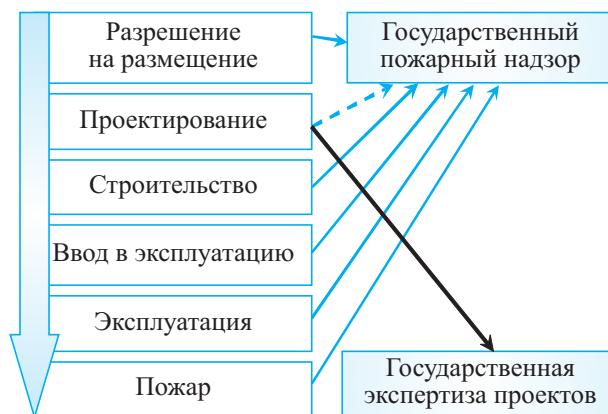


Рис. 4. Этапы жизни объекта

под лозунгом нормативно-технической работы. Однако развитие рыночной экономики, формирование полицентрической модели государственного управления, сокращение управленческого аппарата и совершенствование процедур согласования привели к значительному сокращению нормативно-технических подразделений, исчезновению функции согласования проектов в этих подразделениях при сохранении функции рассмотрения отдельных вопросов и разделов проектной документации.

Можно констатировать, что в начале этого столетия ГПН уже не имел ни возможности, ни полномочий для осуществления полноценной функции государственной экспертизы проектной документации на соответствие требованиям пожарной безопасности и, по сути, прекратил эту работу. Исключением являлись только отдельные случаи рассмотрения и согласования отступлений от требований нормативных документов, которые потом приняли массовый характер.

Решения высшего руководства страны по ограничению деятельности ГПН в области проектирования объектов капитального строительства во многом были продиктованы негативными факторами, о которых уже давно не стесняются говорить журналисты, инвесторы, проектировщики и строители, а в последнее время и должностные лица компетентных органов. Эти решения привели к разрушению сложившейся цепочки зависимости объекта на всех этапах его жизни от ГПН (рис. 4).

Государственная внедомственная экспертиза

В соответствии с российским законодательством окончательное решение о возможности реализации проекта возложено на органы внедомственной экспертизы: подразделения Главгосэкспертизы России и экспертные органы субъектов Российской Федерации, которые с 01.01.2006 г.

являются единственным уполномоченным государственным органом. При этом органы внедомственной экспертизы, не обладая необходимым кадровым составом, во многих случаях прибегали к услугам Государственного пожарного надзора.

Учитывая тот факт, что перекладывание проблемы принятия решения на чужие плечи не освобождает от ответственности за эти решения, отдельные органы внедомственной экспертизы, например Мосгосэкспертиза, уже давно создали свои подразделения по экспертизе проектов на соответствие требованиям пожарной безопасности. Однако большинство органов внедомственной экспертизы оказалось заложником этой ситуации и вынуждено были обратиться за помощью к органам ГПН. Последние в стремлении сохранить свое влияние на процесс проектирования и строительства не настаивали на обратном, хотя некоторые из них понимали всю юридическую несостоятельность своих действий — ответственность за последствия все равно лежит на органе внедомственной экспертизы. Тем не менее сотрудники ГПН выполняли эту функцию вынуждено, поскольку кроме них в стране не было ни других органов, ни других специалистов.

С 01.01.2007 г. федеральное законодательство обязывает органы внедомственной экспертизы самостоятельно решать проблему экспертизы проектов на соответствие требованиям пожарной безопасности. Выполнение этой функции потребует решения целого спектра задач, главными из которых, по мнению авторов, будут следующие:

- *первая задача* — разработка процедуры положительной оценки проектных решений без согласования отступлений;
- *вторая задача* — подбор персонала, способного реализовать первую задачу.

Государственная экспертиза проектов МЧС России

Понимая неоднозначность ситуации, сложившейся в деятельности ГПН, и учитывая насущную необходимость принятия адекватных решений по совершенствованию государственного управления в области обеспечения пожарной безопасности градостроительной деятельности, Министр Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий С. К. Шойгу в пределах своих полномочий в сентябре 2005 г. принял решение об объединении всех видов экспертиз проектной документации по направлениям, отнесенными к компетенции МЧС России, в один орган — Государственную экспертизу проектов МЧС России — и запрещении с июля 2006 г. проведения всех видов

экспертиз проектной документации должностными лицами иных подразделений МЧС России, включая ГПН.

Это было тем более актуально, так как на стадии ввода объекта в эксплуатацию, на которой сотрудники ГПН должны делать свое заключение, осуществить полноценную экспертизу на соответствие требованиям пожарной безопасности практически невозможно, реально провести лишь контроль выполнения запроектированных мероприятий, т.е. осуществить надзор за выполнением проектных решений.

Таким образом, МЧС России осуществило практическую реализацию принципа “одного окна” для всех видов экспертиз министерства и тем самым внесло свой вклад в формирование в стране благоприятного инвестиционного климата.

С сентября 2005 г. Государственная экспертиза проектов МЧС России осуществляет экспертизу проектной и иной документации по направлениям гражданской обороны, предупреждению чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (включая декларирование промышленной безопасности и градостроительную документацию), пожарной безопасности, ликвидации последствий ЧС техногенного характера и проектной документации на объекты МЧС России (рис. 5).

В настоящее время Государственная экспертиза проектов имеет шесть филиалов в Федеральных округах и восемьдесят представительств в субъектах Российской Федерации.

В процессе своей работы по экспертизе проектов на соответствие требованиям пожарной безопасности сотрудникам Государственной экспертизы проектов пришлось столкнуться с серьезным противоречием существующей практики согласования отступлений от требований норм и положе-

ниями Градостроительного Кодекса Российской Федерации, которые не предусматривают отступлений как таковых. Результаты разрешения этого противоречия стали основой для данной публикации.

Дисбаланс в совершенствовании государственной экспертизы на соответствие требованиям пожарной безопасности

По мнению авторов статьи, главная проблема экспертизы на соответствие требованиям пожарной безопасности — это процедура обеспечения пожарной безопасности проекта (и экспертизы), основанная на использовании универсальной системы типовых норм, которая, как показала практика, сильно устарела и с трудом позволяет в полном объеме решать задачу обеспечения пожарной безопасности объекта.

В этой связи, оценивая последние изменения Градостроительного Кодекса Российской Федерации, направленные на ликвидацию всех видов государственных экспертиз проектов, кроме одной, внедомственной экспертизы и всех видов надзоров при строительстве и вводе объектов в эксплуатацию, кроме одного, строительного надзора, можно сделать вывод, что совершенствование государственной экспертизы только в рамках одного принципа — принципа “одного окна”, т.е. изменение только ее организационных форм без преобразования процедуры, может быть недостаточно эффективным.

Дисбаланс указанных решений уже стал очевиден многим специалистам, о нем говорят уже на каждом публичном обсуждении проблем проектирования и строительства сложных и уникальных объектов, многие из которых включены в национальные проекты, такие как доступное жилье, объекты зимней олимпиады, комплекс нефтеперераба-



Рис. 5. Функции Государственной экспертизы проектов МЧС России

тывающих и нефтехимических заводов, высотные дома делового центра Москвы и др.

Задача стоит следующая.

В самое ближайшее время необходимо решить проблемы гармонизации существующего нормативного поля в области пожарной безопасности, включая практику его оперативной корректировки, и строительства технически сложных и уникальных объектов с привлечением самых новых, самых современных и самых высокоеффективных технологий строительства и обеспечения пожарной безопасности.

Если этого не случится, то единой Государственной вневедомственной экспертизе, в первую очередь, по категории технически сложных и уникальных объектов капитального строительства, придется все чаще либо принимать отрицательные решения по проектной документации, либо брать “на себя” согласование отступлений, что будет являться нарушением Градостроительного Кодекса Российской Федерации, в котором существуют только два понятия: “соответствие требованиям” и “несоответствие требованиям”.

В этой связи эпохальные организационные изменения, направленные на почти мгновенное и кардинальное изменение ситуации на рынке капитального строительства по принципу “ОДНА экспертиза — это всегда только ОДНА проблема”, могут стать для ОДНОЙ “БОЛЬШОЙ” экспертизы действительно всего ОДНОЙ, но НЕРАЗРЕШИМОЙ проблемой, которая, в свою очередь, поставит в тупик проектировщиков, инвесторов, строителей.

Гармонизация норм пожарной безопасности и процессов проектирования и строительства технически сложных и уникальных объектов, включая современные технологии обеспечения их пожарной безопасности

В настоящее время в России при проектировании объектов капитального строительства уделяется повышенное внимание вопросам обеспечения пожарной безопасности.

Это актуально по многим причинам:

- *во-первых*, в России катастрофически высокие показатели гибели людей при пожарах в зданиях и сооружениях (самые высокие в мире!);
- *во-вторых*, практически во всех субъектах Российской Федерации происходит увеличение темпов строительства жилых, общественных и промышленных объектов;
- *в-третьих*, технически и экономически более целесообразно решать проблему по обеспечению пожарной безопасности объекта на стадии его проектирования, чем после завершения

строительства, когда придется вкладывать в завершение проекта дополнительные материально-финансовые ресурсы, которые в отдельных случаях могут быть или слишком большими, или просто бесполезными.

Для обеспечения пожарной безопасности объекта капитального строительства в настоящее время, как правило, используют огромное количество нормативно-технических документов (СНиП, ГОСТ, НПБ, методических рекомендаций, инструкций и т.п.). Изучение и использование этой нормативной базы на практике позволило авторам сделать общий вывод о том, что она плохо приспособлена к работе в современных экономических условиях, поскольку является набором плохо связанных между собой типовых проектных решений отдельных вопросов обеспечения пожарной безопасности.

Вот некоторые из замечаний, которые удалось выявить:

- огромное количество документов разного уровня и, соответственно, разной юридической силы;
- недостаточная их систематизация;
- чрезмерно большое количество почти несущественных частностей;
- разный уровень детализации отдельных направлений;
- множество неточностей, несогласованностей, противоречий;
- расплывчатость толкований и отдельных указаний;
- отсутствие указаний на применение современных подходов, приемов и методов обеспечения пожарной безопасности.

Для понимания причин появления описанных особенностей нормативной базы следует рассмотреть исторические аспекты ее формирования.

Так, создание, становление и широкомасштабное применение нормативной базы относится ко второй половине двадцатого века. Первые нормативы, строящиеся в основном на эмпирических или полуэмпирических знаниях, появились в 1939 г. и, конечно, сыграли важную положительную роль на том этапе обеспечения пожарной безопасности страны. Позднее, в 60-е годы прошлого века были разработаны нормативы для большинства направлений по обеспечению пожарной безопасности объектов, при этом научное обоснование получила лишь часть норм, остальные так и остались полуэмпирическими. И только с середины 70-х годов началось достаточно широкое применение научного обоснования к нормируемых показателям и их значениям. В 80-е годы процесс изучения проблем и процессов в области пожарной безопасности приобрел уже глубоко научный, всесторонний и сис-

темный характер, что продолжается и по настоящее время.

Следует отметить, что на формирование нормативной базы в области пожарной безопасности в конце прошлого века, помимо научно-практических факторов, значительное влияние оказали идеологические факторы, такие как основы государственного устройства.

Напомним, что в то время в СССР была реализована моноцентрическая модель государственного управления, в рамках которой существовала только одна, государственная форма собственности. Обеспечение пожарной безопасности государственной собственности осуществлялось исполнительным органом государственной власти, который разрабатывал и реализовал четкий и конкретный подход для решения поставленных ему задач. В основе этого подхода лежали жесткие нормы и правила (СНиП, Правила пожарной безопасности) и форма контроля за их выполнением (Государственный пожарный надзор).

Следует отметить, что форма осуществления государственного контроля также оказала важное влияние на формирование нормативной базы. Она соответствовала моноцентрической модели государственного управления Советского Союза, которая для своей реализации требовала простых и четких правил. Поэтому в системе государственного управления пожарной безопасностью, в которой Государственный пожарный надзор стал субъектом управления, а государственный объект капитального строительства — объектом управления, инструментом управления стали простые, эмпирические в своей основе правила пожарной безопасности.

Таким образом, для обеспечения пожарной безопасности *единой* государственной собственности был реализован *единый* подход, при котором под обеспечением пожарной безопасности объекта понималось выполнение *одного единого типового* набора технических и проектных решений (рис. 6).

Затем простые эмпирические правила естественным и бюрократическим путем расширились и превратились в огромное количество СНиП, ГОСТ, НПБ. Однако несмотря на достаточно высокий уровень современных знаний в области пожарной безопасности, постоянно развивающуюся научную базу отрасли и мощные современные компьютерные технологии, которые позволяют осуществить необходимое моделирование большинства значимых процессов и явлений в области пожарной безопасности, избавиться от субъективной идеологической основы формирования нормативной базы, стоящей на жестком нормировании, эмпирических подходах (“удобных” для контроля за безопасностью монопроприетарности) и значительной доле в ней эмпи-



Государственный объект капитального строительства

Рис. 6. Единство интересов и требований по обеспечению пожарной безопасности объекта капитального строительства в моноцентрической модели государственного управления



Рис. 7. Игнорирование интересов собственников, инвесторов, проектировщиков и строителей при обеспечении пожарной безопасности объекта капитального строительства

тических требований, пока не удалось. Причиной этого, по мнению авторов, является сильная инерция государственных и общественных институтов, преодолеть которую достаточно сложно.

Существование этого простого, моновариантного способа обеспечения пожарной безопасности объектов уже во времена СССР негативным образом влияло на развитие отрасли, сильно сдерживало разработку и внедрение новых, иных, чем в СНиП, ГОСТ и других документах, подходов, приемов, методов, технических устройств и приспособлений, техники и технологий обеспечения пожарной безопасности.

Применение данной нормативной базы в современных рыночных условиях, когда государство реализует полигонтическую модель государственного управления, привело к игнорированию интересов уже достаточно большого слоя частных собственников и инвесторов и создало серьезное общественное противоречие (рис. 7).



Рис. 8. “Новый” подход — отступления от норм

Попыткой устранения этого явного и опасного общественного противоречия, отрыва от устаревшей нормативной базы и сохранения при этом органами ГПН своей власти и влияния в процессе обеспечения пожарной безопасности объектов капитального строительства явился уникальный в своем роде подход (рис. 8) по “согласованию” органом исполнительной власти:

- отступлений от типовых норм;
- мероприятий, компенсирующих эти отступления;
- дополнительных требований при отсутствии основных.

Уникальность данного подхода заключается в следующем:

- *во-первых*, он основан на том, что не все требования пожарной безопасности обязательны для исполнения, т.е. некоторые можно не исполнять;
- *во-вторых*, решение о возможности невыполнения нормативных требований принимается органом исполнительной власти;
- *в-третьих*, орган, дающий разрешение на невыполнение нормативных требований и утверждающий компенсирующие мероприятия, в случае наступления реальных пожарных рисков не разделяет с собственником ответственность за последствия своих действий;
- *в-четвертых*, собственник для реализации своего законного конституционного права самостоятельно и по своему усмотрению распоряжаться своей собственностью и не создавать при этом угрозы третьим лицам, в том числе обеспечивать пожарную безопасность своих объектов капитального строительства не только посредством типовых проектных решений, обязан получить на это разрешение органа исполнительной власти.

Эти и другие особенности описанного подхода заставляют сомневаться в его целесообразности

для экономики современной России. При этом следует указать, что сочетание рыночных отношений, значительных темпов и объемов строительства и устаревших форм и методов обеспечения пожарной безопасности приводит к абсолютно необоснованным общественным противоречиям, сдерживает инновационные процессы и способствует превращению нормативной базы в области пожарной безопасности из инструмента государственного регулирования градостроительной деятельности в инструмент неправового лоббирования частных интересов — интересов, поставщиков товаров и услуг в области пожарной безопасности, как правило, недобросовестных, представляющих некачественную либо устаревшую продукцию.

Такие тенденции не способствуют снижению себестоимости, повышению качества и темпов строительства и оказывают негативное влияние на формирование в стране благоприятного инвестиционного климата.

Основным выводом аналитической части работы стал вывод о том, что в связи с реализацией национальных проектов и необходимостью снятия необоснованных барьеров в области капитального строительства возникла реальная задача по совершенствованию форм и методов государственного контроля за обеспечением пожарной безопасности объектов капитального строительства, прежде всего нормативной базы — инструмента государственного регулирования, в направлении учета интересов собственников и инвесторов. Наивысшую актуальность эта задача приобретает при проектировании и строительстве технически сложных и уникальных объектов.

Технический регламент по пожарной безопасности

В целях гармонизации системы требований по всем направлениям техногенной безопасности и полицентрической модели государственного управления был принят Федеральный закон от 27.12.2002 г. № 184-ФЗ “О техническом регулировании”, устанавливающий систему принципов, содержание и порядок принятия технических регламентов, которые должны в самом ближайшем будущем сменить существующую систему норм, включая технический регламент по пожарной безопасности.

В рамках реализации указанного ФЗ была проведена большая работа по подготовке проекта общего технического регламента по пожарной безопасности, в которой главным исполнителем выступило ФГУ ВНИИПО МЧС России. К этой деятельности также были привлечены специалисты Академии ГПС, федеральных и территориаль-

ных подразделений ГПН и других заинтересованных организаций.

Проект данного технического регламента к середине 2006 г. прошел все предписанные процедуры общественного рассмотрения и согласования в Правительстве Российской Федерации и может быть представлен на рассмотрение в Государственную Думу.

Авторы публикации приняли участие в подготовке и обсуждении проекта технического регламента, сформировали свое особое мнение по сути реализованной в данном проекте концепции и имели возможность публичного его представления как на промежуточных, так и на завершающем этапах обсуждения.

Понимая, что в согласованный Правительством Российской Федерации проект технического регламента внесение изменений практически невозможно, авторы считают необходимым донести свою позицию уважаемым читателям. Однако учитывая рамки данной публикации, делают это максимально кратко: разработанный ВНИИПО проект общего технического регламента по пожарной безопасности является новым документальным изложением старого подхода (огромное количество частностей одного типового решения объемом более 700 страниц!), подхода из прошлой парадигмы государственного управления, в которой никогда не существовало проблем частной собственности, выбора и обоснованности предлагаемых проектных решений. Принятие такого проекта не позволит решить реальные проблемы настоящего времени, но нанесет ощутимый удар экономике и престижу страны.

Учитывая сказанное, авторы разработали свой, альтернативный вариант проекта общего технического регламента по пожарной безопасности, который соответствует требованиям, предъявляемым к общим техническим регламентам, насчитывает около 40 страниц и содержит исключительно общие требования — ни одной цифры, кроме как в номере страниц. Этот проект представлен руководством МЧС России, где и находится на рассмотрении.

Предложения по гармонизации процедуры государственной экспертизы на соответствие требованиям пожарной безопасности

Авторами статьи сформулированы предложения по решению рассматриваемой проблемы, его надо осуществлять в двух направлениях:

- *первое* — использование широко известного типового подхода к обеспечению и оценке пожарной безопасности только для рядовых объектов капитального строительства при безусловном согласии инвестора или собственника объекта;

- *второе* — обязательное внедрение индивидуального (адресного) подхода к обеспечению и оценке пожарной безопасности для технически сложных, высоко пожароопасных, уникальных и важных для национальной безопасности страны объектов капитального строительства, основанного на расчетных сценариях и моделировании процессов обеспечения пожарной безопасности.

Внедрение индивидуального (адресного) подхода к обеспечению и оценке пожарной безопасности целесообразно производить, основываясь на следующих принципах:

- 1) разделения проблем обеспечения пожарной безопасности людей и имущества;
- 2) оптимизации мероприятий по обеспечению безопасности людей и имущества;
- 3) нормирования только основных положений (правил) обеспечения пожарной безопасности (не путать с широко известными “Правилами пожарной безопасности”) и процедур их реализации, а не набора значений отдельных и нежестко связанных показателей;
- 4) паритета интересов государства и собственника;
- 5) добровольной аккредитации привлекаемых к реализации этого подхода специалистов и организаций;
- 6) обоснованности предлагаемых проектных решений;
- 7) неизменности запроектированной и согласованной индивидуальной (адресной) системы обеспечения пожарной безопасности объекта при ее реализации;
- 8) обязательного совершенствования индивидуальной (адресной) системы обеспечения пожарной ответственности объекта в случае изменений функционального назначения здания, сооружения, технологии, вида и количества горючей нагрузки, численности персонала и т.п.;
- 9) паритетной ответственности проектировщиков, строителей, экспертов, контролеров и заказчиков за принятую и реализованную индивидуальную систему обеспечения пожарной безопасности.

Авторы благодарят за замечания и ценные советы при подготовке статьи академика РАЕН, д-ра техн. наук, профессора Брушлинского Н. Н., д-ра техн. наук, профессора Глуховенко Ю. М., д-ра филос. наук, профессора Козлакова В. И. и надеются, что представленные материалы внесут определенный вклад в совершенствование государственного регулирования вопросов обеспечения пожарной безопасности объектов.

Поступила в редакцию 23.12.06.



Адъюнкт Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС РФ
А. Ю. Родичев



Д-р техн. наук, профессор
Санкт-Петербургского университета
ГПС МЧС РФ
А. А. Таранцев

УДК 614.84

ОБ УЧЕТЕ УСТАЛОСТНЫХ ЯВЛЕНИЙ ПРИ ДВИЖЕНИИ ЛЮДСКОГО ПОТОКА

Изложен подход, позволяющий учитывать влияние усталости на увеличение времени эвакуации при длительном движении людей.

Обеспечение безопасности людей при пожаре [1] (а в нынешних условиях — и при угрозе террористического акта) является важнейшим требованием при проектировании и реконструкции зданий и сооружений [2]. Один из путей решения этой проблемы — своевременная эвакуация людей. Современные же тенденции в крупных городах РФ и СНГ характеризуются массовым строительством высотных многофункциональных зданий, время эвакуации людей из которых может измеряться десятками минут.

Как справедливо замечено в статье [3], длительное движение людей сопровождается усталостными явлениями. Они отрицательно сказываются на скорости движения [4] и приводят, соответственно, к увеличению времени эвакуации. Существующие же методы расчета времени эвакуации [5–8] учитывают зависимость скорости движения людей, как правило, только от плотности потока D , вида участка эвакуационного пути и группы мобильности эвакуирующихся [9] (индексы, соответствующие видам пути и группам мобильности, опущены):

$$V_D = \begin{cases} V_0 & \text{при } D \leq D_0; \\ V_0 [1 + a \lg (D_0/D)] & \text{при } D > D_0, \end{cases} \quad (1)$$

где a , V_0 , D_0 — параметры, зависящие от вида пути и группы мобильности эвакуирующихся, приведенные в Обязательном приложении В (табл. В2) к СНиП [9].

Для решения задачи учета усталостных явлений целесообразно ввести некоторую временную функцию $f_Y(t)$, обладающую следующими свойствами:

- лежит в пределах от 0 до 1 — $f_Y(t) \in (0; 1]$, причем $f_Y(0) = 1$, $f_Y(\infty) = 0$;

б) является монотонно убывающей — $df_Y(t)/dt < 0$.

Такая функция, называемая также *кривой усталости*, имеет вид, представленный на рисунке. Ей могут соответствовать несколько математических выражений, наиболее приемлемое из которых следующее [10]:

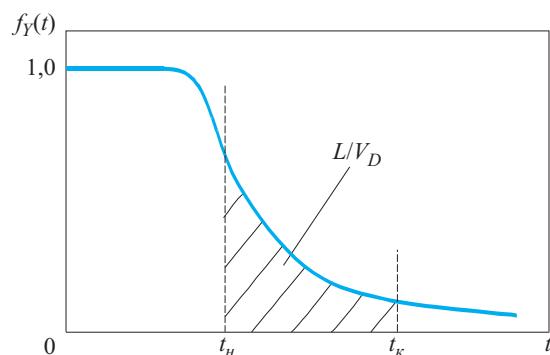
$$f_Y(t) = 1 - [1 - \exp(-\lambda t)]^n, \quad (2)$$

где λ , n — эмпирические коэффициенты (если $n \rightarrow \infty$, то $f_Y(t) \rightarrow 1$, т.е. усталость не оказывается на скорости движения).

Например, с использованием кривой усталости $f_Y(t)$ может быть получено выражение, описывающее динамику падения скорости движения эвакуирующихся:

$$V(t) = V_D f_Y(t), \quad (3)$$

где V_D — скорость движения без учета усталости, определяемая по формуле (1).



Характерный вид кривой усталости

Таблица 1. Значения вспомогательной функции $F_n(\lambda t)$

λt n	0	0,1	0,2	0,3	0,5	1	2	3	5	10	20
1	1,0	0,9048	0,8187	0,7408	0,6065	0,3679	0,1353	0,0498	0,0067	$0,454 \cdot 10^{-4}$	$2,061 \cdot 10^{-9}$
2	1,5	1,400	1,302	1,207	1,029	0,6681	0,2615	0,0983	0,0135	$0,908 \cdot 10^{-4}$	$4,122 \cdot 10^{-9}$
3	1,833	1,733	1,634	1,535	1,342	0,9172	0,3794	0,1457	0,0202	$1,362 \cdot 10^{-4}$	$6,183 \cdot 10^{-9}$
4	2,083	1,983	1,883	1,784	1,586	1,127	0,4896	0,1919	0,0268	$1,816 \cdot 10^{-4}$	$8,245 \cdot 10^{-9}$
5	2,283	2,183	2,083	1,983	1,784	1,307	0,5930	0,2369	0,0335	$2,270 \cdot 10^{-4}$	$1,031 \cdot 10^{-8}$

Таблица 2. Интерполированные значения функции $F_{3,32}(\lambda t)$

λt	0	0,1	0,2	0,3	0,5	1	2	3	5	10	20
F_n	1,91	1,80	1,73	1,61	1,42	1,01	0,41	0,16	$2,23 \cdot 10^{-2}$	$1,49 \cdot 10^{-4}$	$0,7 \cdot 10^{-8}$

При этом путь L , пройденный эвакуирующими-ся по определенному участку пути за промежуток времени от t_h до t_k , может быть найден с использованием уравнений (2) и (3) следующим образом (см. рис. 1):

$$L = V_D \int_{t_h}^{t_k} f_Y(t) dt = V_D [F_n(\lambda t_h) - F_n(\lambda t_k)] / \lambda, \quad (4)$$

где $F_n(\lambda t)$ — функция, рассчитываемая по выражению

$$F_n(\lambda t) = \sum_{j=1}^n (-1)^{j+1} C_n^j \exp(-j\lambda t) \quad (5)$$

($C_n^j = n!/(n-j)! j!$ — число сочетаний из n по j).

Величины $F_n(\lambda t)$ приведены в табл. 1. Особенность этой функции такова, что $F_\infty(\lambda t_k) - F_\infty(\lambda t_h) = \lambda(t_k - t_h)$, т.е., как следует из уравнения (2), усталость не сказывается.

Если число n целое, функция $F(\lambda t)$ при заданных значениях λ и t может быть вычислена непосредственно по выражению (5). Если же число n дробное, используется интерполяция по табл. 1 либо интегрирование по выражению (4) с учетом соотношения (2) численными методами.

Кривая (2), в свою очередь, может быть построена различными способами. Самый простой из них — по двум точкам, полученным в ходе опытов или наблюдений за снижением работоспособности людей — по временам t_{90} и t_{10} , т.е. когда работоспособность составляет 90 и 10% от исходной соответственно. При этом эмпирические коэффициенты λ и n могут быть получены по специальной номограмме [10] или по упрощенным выражениям:

$$\lg \lambda \approx 0,49 - 1,02 \lg(t_{10} - t_{90}); \quad (6)$$

$$\lg n \approx 0,1361x_1 - 0,8088x_2, \quad (7)$$

где $x_1 = (\lg t_{10} - \lg t_{90})^{-0,8}$; $x_2 = (\lg t_{10} - \lg t_{90})^{1,5}$.

Рассмотрим это на иллюстративном примере. Требуется оценить время эвакуации людей из высотного здания при незначительной плотности потока ($V_D = 100$ м/мин) по пути длиной $L = 500$ м (допустим, это лестница вниз, а длина остальных участков несизмеримо мала). Известно, что на выходе из здания ширина дверного проема исключает образование скопления. Пусть для данного состава эвакуирующихся $t_{90} = 3$ мин, $t_{10} = 15$ мин. Находим параметры кривой усталости (2): $\lambda \approx 0,23$ и $n \approx 3,32$. Поскольку величина n не целая, проводим интерполяцию по табл. 1, результаты которой представлены в табл. 2.

Из выражения (4) находим: $F_{3,32}(\lambda t_k) = F_{3,32}(\lambda t_h) - L\lambda/V_D \approx 1,91 - 500 \cdot 0,23/100 \approx 0,85$. Произведение λt_k находим также интерполяцией из табл. 2: $\lambda t_k \approx 1,3$, откуда $t_k \approx 1,3/0,23 \approx 5,65$ мин. Это свидетельствует о том, что время движения по данному участку эвакуационного пути с учетом усталости на 13% или на 39 с будет превышать расчетное [5], как если бы усталость не учитывалась. В частности, если необходимое время эвакуации, определенное по ГОСТ [5], составит 5,5 мин, то без учета усталости людей можно прийти к ошибочному выводу о возможности эвакуации людей до воздействия на них опасных факторов пожара.

К настоящему времени разработана компьютерная программа, которая позволяет решать прямую и обратную задачи: в первом случае по заданным значениям t_{10} , t_{90} , t_h , t_k и V_D находить пройденный путь L по участку эвакуационного пути, во втором — по значениям t_{10} , t_{90} , t_h , V_D и L определять время t_k прохождения эвакуирующими участка пути с учетом усталости, что и было показано на примере.

Разумеется, учет усталостных явлений при движении людей в ходе эвакуации — проблема достаточно сложная, требующая учета эмоционального состояния [3, 11], наличия в потоке людей, принад-

лежащих к различным группам мобильности [12], и др., что может являться темой дальнейших исследований. Тем не менее изложенный подход можно принять за основу и с его помощью делать предварительные оценки увеличения времени эвакуации

при длительном движении людей, а также решать и другие задачи в области пожарной охраны, когда необходимо учитывать усталостные факторы (например, снижение работоспособности операторов, пожарных, спасателей [10]).

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон от 21.12.94 № 69-ФЗ “О пожарной безопасности” (в редакции от 22.08.2004 г.).
2. СНиП 21-01-97*. Пожарная безопасность зданий и сооружений.
3. Холщевников В. В. Проблема беспрепятственной эвакуации людей из зданий, пути ее решения и оценки // Пожаровзрывобезопасность. — 2006. — Т. 15, № 1. — С. 30–35.
4. Розенблат В. В. Проблемы утомления. Изд. 2-е, перераб. и доп. — М.: Медицина, 1975.
5. ГОСТ 12.1.004-91*. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. Приложение 2 (обязательное).
6. Холщевников В. В. Исследования людских потоков и методология нормирования эвакуации людей из зданий при пожаре. — М.: МИПБ МВД России, 1999.
7. Пожарная профилактика в строительстве / Под ред. В. Ф. Кудаленкина. — М.: ВИПТШ МВД СССР, 1985.
8. ГОСТ Р 12.3.047-98. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. Обязательное приложение III “Метод расчета индивидуального и социального риска для производственных зданий”.
9. СНиП 35-01-2001. Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения.
10. Таранцев А. А. и др. Учет усталостных факторов в деятельности людей // Подготовка кадров в системе предупреждения и ликвидации ЧС: Материалы Международной научно-практической конференции. — 14 сентября 2006 г., СПбУ ГПС МЧС России.
11. Кремень М. А., Дмитриченко А. С., Татарников С. А. Психоэмоциональное состояние людей как фактор процесса вынужденной эвакуации людей в случае пожара // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. — 2005. — № 1. — С. 75–79.
12. Таранцев А. А. Определение расчетного времени эвакуации смешанного потока людей // Пожаровзрывобезопасность. — 2006. — Т. 15, № 6. — С. 42–47.

Поступила в редакцию 19.12.06.



Д-р техн. наук, профессор,
начальник кафедры инженерной
теплофизики и гидравлики
Академии ГПС МЧС РФ
С. В. Пузач



Адъюнкт кафедры инженерной
теплофизики и гидравлики
Академии ГПС МЧС РФ
Е. С. Абакумов

УДК 536.25:614.841

МОДИФИЦИРОВАННАЯ ЗОННАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ТЕПЛОМАССООБМЕНА ПРИ ПОЖАРЕ В АТРИУМЕ

Разработана модифицированная математическая зонная модель расчета термогазодинамики пожара. Предложено уравнение для определения расходов газовой смеси и дыма через поперечные сечения конвективной колонки. Представлены и обсуждены результаты численного расчета параметров тепломассообмена при пожаре в атриуме с использованием предложенных зонной и полевой моделей. Рассмотрены особенности применения зонных моделей при оценке пожарной опасности в атриуме.

Атриумом называется часть здания в виде многосветного пространства, развитого по вертикали, как правило, с поэтажными галереями, балконами, на которые могут выходить помещения различного назначения [1]. Реальные физико-химические процессы, протекающие во время пожара в атриуме, являются сложными, нестационарными, трехмерными, экспериментально неизученными тепломассообменными процессами. Вопрос точности и надежности метода расчета тепломассообмена выступает ключевым в обеспечении безопасности людей, при выборе параметров и мест размещения датчиков систем пожаровзрывобезопасности, а также при проведении эффективных противопожарных мероприятий. Использование зонных математических моделей [1–4] в случае пожара в атриуме требует научного обоснования.

Модифицированная зонная модель расчета тепломассообмена при пожаре

В зонных моделях (рис. 1, стрелками показаны направления течения) помещение разбивается на отдельные зоны, в которых для описания тепломассообмена используются соответствующие уравнения законов сохранения.

Средние в поперечных сечениях конвективной колонки (см. рис. 1, зона I) температуры и массовые расходы определяются по формулам [3, 4]:

$$T_{cp} = T_0 + \frac{Q_{пож}(1 - \varphi)}{c_p G}; \quad (1)$$

$$G = 0,21 \left[\frac{gp_0^2 Q_{пож}(1 - \varphi)}{c_p T_0} \right]^{1/3} (z + z_e)^{5/3}, \quad (2)$$

где T — температура, К;

T_0 — температура холодного воздуха, К;

$Q_{пож}$ — мощность тепловыделения при горении, Вт;

φ — доля мощности тепловыделения, поступающая в ограждающие конструкции помещения;

c_p — изобарная теплоемкость газа, Дж/(кг·К);

G — массовый расход по сечению колонки, кг/с;

g — ускорение свободного падения, м/с²;

p_0 — атмосферное давление, Па;

z — координата вдоль высоты атриума, отсчитываемая от поверхности горения, м;

z_e — расстояние от фиктивного источника тепла до поверхности горения, м.

Формулы (1) и (2) получены аналитически для фиктивного точечного источника, расположенного на расстоянии z_e под поверхностью горения, с тепловой мощностью, равной мощности тепловыделения в очаге горения, при неограниченной свободной конвекции нагретого газа. При данном подходе не учитываются реальное расположение источника горения выше поверхности горючего материала, влияние потерь на турбулентное и ламинарное трение, а также влияние ограждающих конструкций помещения. Кроме того, уравнение (2) получено для частного случая $\gamma = 0,35$ рад.

При расположении точечного источника теплоты выше поверхности горючего материала уравнение

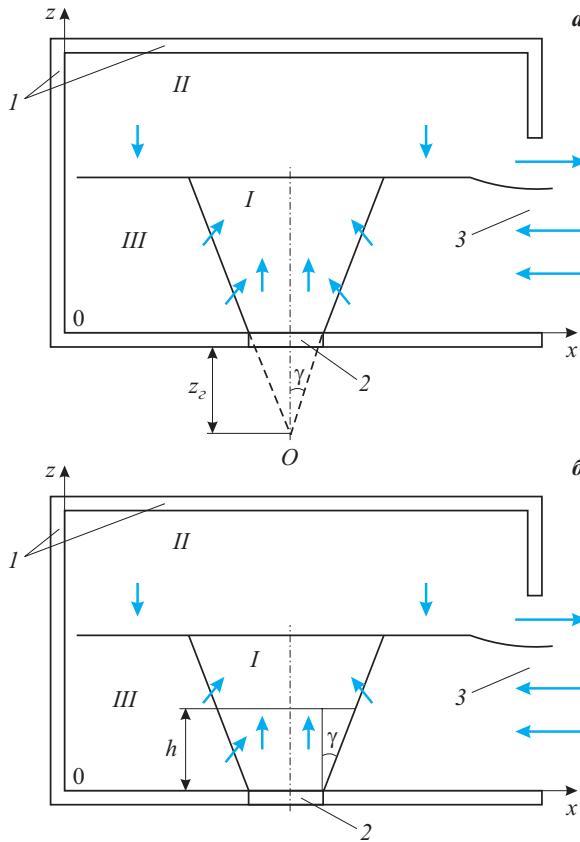


Рис. 1. Схемы зонных моделей: а — существующая [3, 4]; б — предложенная; зоны: I — конвективная колонка; II — нагретый задымленный припотолочный слой; III — холодный воздух; 1 — ограждающие конструкции помещения; 2 — горючий материал; 3 — открытый проем; O — точечный источник энергии

ния законов сохранения энергии и импульса для газовой смеси и дыма в “квазистационарной” неограниченной конвективной колонке в “квазидвумерном” приближении имеют вид:

$$\frac{d}{dz} [G c_p (T - T_0)] = B, \quad (3)$$

$$\rho_{cp} w_{z cp} \frac{dw_{z cp}}{dz} = -\frac{dp}{dz} - \rho_{cp} g, \quad (4)$$

$$\text{где } B = \frac{Q_{noj}(1-\varphi)}{h};$$

h — высота области подвода энергии при горении, м;

ρ_{cp} — средняя величина плотности газовой смеси и дыма по сечению конвективной колонки, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$w_{z cp}$ — проекция средней величины скорости по сечению конвективной колонки на ось $0z$, $\text{м}/\text{с}$;

p — давление, Па.

Площадь поперечного сечения конвективной колонки составит:

$$F = \pi(r + z \operatorname{tg}\gamma)^2, \quad (5)$$

где r — радиус поверхности горючего материала, м; γ — угол полуараскрытия конвективной колонки, рад.

После преобразований выражений (3)–(5) получаем уравнение для определения величины массового расхода в зависимости от высоты:

$$\frac{dG}{dz} = \frac{Bz(r + z \operatorname{tg}\gamma)^4}{T_0 AG(GT_0 + Bz)} + \frac{2G \operatorname{tg}\gamma}{r + z \operatorname{tg}\gamma} - \frac{B}{T_0} \left(1 - \frac{2z \operatorname{tg}\gamma}{r + z \operatorname{tg}\gamma}\right), \quad (6)$$

$$\text{где } A = \frac{T_0 R^2}{g p_0^2 \pi^2};$$

R — газовая постоянная воздуха, $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$.

Массовый расход в конвективной колонке вне зоны горения должен увеличиваться с высотой при отсутствии потерь энергии (температура смеси уменьшается). Поэтому минимальная величина расхода смеси газов и дыма в конвективной колонке при “квазистационарном” режиме определяется из уравнения (6) при $\gamma = 0$ и $dG/dz = 0$:

$$G = \frac{-Bz + \sqrt{B^2 z^2 + 4T_0 z/A}}{2T_0}. \quad (7)$$

На рис. 2 представлены результаты сравнения удельных массовых расходов j , полученных с использованием формулы (2), уравнения (6) ($\gamma = 0,35$ рад.) и формулы (7) в случае горения бензина ($q_{noj} = 2,53 \text{ МВт}/\text{м}^2$ [2]), на рис. 3 — средних скоростей и температур.

Из рис. 2 видно, что величина удельного расхода, полученного с использованием предложенного

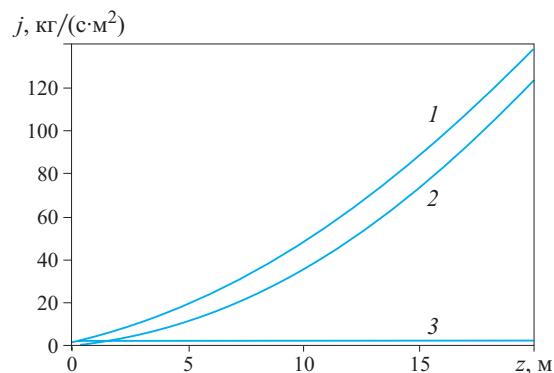


Рис. 2. Зависимости величин удельных расходов по сечению конвективной колонки от высоты: 1 — формула (2); 2 — уравнение (6) ($h = 2 \text{ м}$); 3 — формула (7) ($h = 2 \text{ м}$)

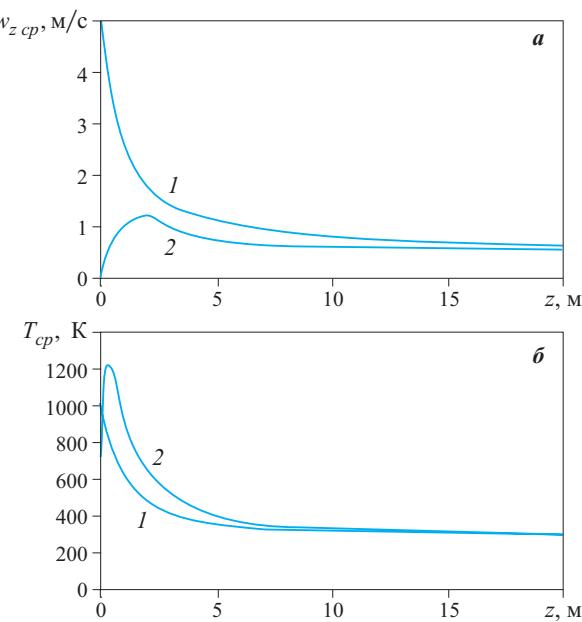


Рис. 3. Распределения по высоте проекций средних скоростей на ось 0z (а) и средних температур (б) в сечениях конвективной колонки: 1 — зонная модель [3, 4]; 2 — предложенная модифицированная зонная модель

уравнения (6), на 10–50% меньше значения, найденного по формуле (2).

Из рис. 3 следует, что существуют максимумы температур и скоростей. При этом максимум скорости расположен выше максимума температуры, что качественно соответствует реальной термогазодинамической картине пожара [5]. Разница температур, определенных по предложенной модифицированной зонной модели и модели [3, 4], в рассмотренном примере до высоты $z = 5$ м составляет порядка 10–30%, при $z > 5$ м температуры практически совпадают.

Полевая модель расчета тепломассообмена при пожаре

Полевой метод расчета является дальнейшим развитием математической модели [2, 6]. Обобщенное дифференциальное уравнение имеет вид [7]:

$$\frac{\partial}{\partial \tau} (\rho \Phi) + \operatorname{div}(\rho w \Phi) = \operatorname{div}(\Gamma \operatorname{grad} \Phi) + S, \quad (8)$$

где ρ — плотность газовой смеси и дыма, кг/м³;

w — скорость, м/с;

τ — время, с;

Φ — зависимая переменная (энталпия смеси, проекции скорости на координатные оси, концентрации компонентов газовой смеси (O_2 , CO , CO_2 , N_2 , H_2O), оптическая плотность дыма, кинетическая энергия турбулентности и скорость ее диссипации);

Γ — коэффициент диффузии для Φ ;
 S — источниковый член.

Лучистый теплоперенос определяется методом моментов (диффузационная модель) [8]. Радиационная составляющая источникового члена в уравнении энергии имеет вид:

$$S_{\lambda} = -\frac{4\pi}{3} \left(\frac{\partial^2 I}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 I}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 I}{\partial z^2} \right), \quad (9)$$

где I — интенсивность излучения, находящаяся из решения уравнения [8];

x, y, z — координатные ортогональные оси вдоль длины, ширины и высоты помещения соответственно.

Интенсивность излучения и интегральные коэффициенты излучения и ослабления определяются из уравнения [8]:

$$\frac{1}{\beta} \left(\frac{\partial^2 I}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 I}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 I}{\partial z^2} \right) = 3\chi (I - I_0), \quad (10)$$

где β — интегральный коэффициент ослабления излучения, м⁻¹;

χ — интегральный коэффициент излучения, м⁻¹;

$I_0 = \sigma T^4$ — интенсивность излучения абсолютно черного тела, Вт/м²;

σ — постоянная излучения абсолютно черного тела, Вт/(м²·К⁴).

Локальные значения коэффициентов излучения и поглощения радиационной энергии определяются с помощью локальных величин оптической плотности дыма [2].

Уравнения (8) и (10) решаются методом контрольных объемов [7] по неявной конечно-разностной схеме на неравномерной шахматной сетке.

Результаты численного эксперимента при пожаре в атриуме и их анализ

Рассмотрим модельный пожар в трехсветном атриуме, находящемся в здании терминала аэропорта и имеющем габаритные размеры 135×18×13,6 м.

Результаты сопоставления распределения величин массовых расходов по высоте конвективной колонки, полученных с помощью полевой модели и различных формул зонной модели, представлены на рис. 4. Мощность тепловыделения через 120 с от начала пожара составляла 1,12 МВт, через 180 с — 2,53 МВт, через 240 с — 4,2 МВт. При этом коэффициент теплопотерь φ в конвективной колонке в уравнении (6) и формулах (2) и (7) принимался равным тепловым потерям, определенным из полевой модели.

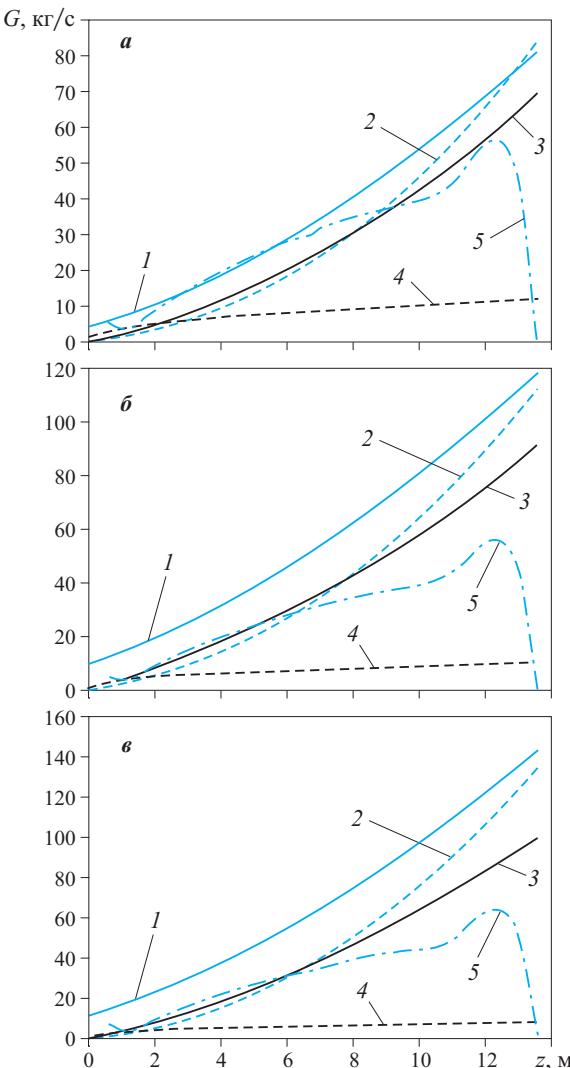


Рис. 4. Зависимости массовых расходов по сечению конвективной колонки от высоты атриума через 120 (а), 180 (б) и 240 с (в) от начала пожара: 1 — формула (2); 2 — уравнение (6) ($h = 13,6$ м); 3 — уравнение (6) ($h = 4$ м); 4 — формула (7); 5 — полевая модель

Свойства пожарной нагрузки определяются по типовой базе пожарной нагрузки [2, 4] (здание 2-й степени огнестойкости).

На рис. 5 приведены характерные поля температур ($^{\circ}\text{C}$), скоростей (м/с) и схемы течения.

Из рис. 4 видно, что разница между величинами расходов, определенными с использованием предложенного уравнения (6) (кривые 3) и полевой модели [2, 6] (кривые 5), при $z \leq 6$ м не превышает 25%, а при $z > 6$ м — больше инженерно допустимой точности. Это объясняется тем, что предложенное уравнение (6) не учитывает потерь энергии на турбулентный тепломассообмен и влияние препятствия (перекрытия) на распространение конвективной струи.

Формула (2) [3, 4] (см. рис. 4, кривые 1) во всем диапазоне высот является некорректной.

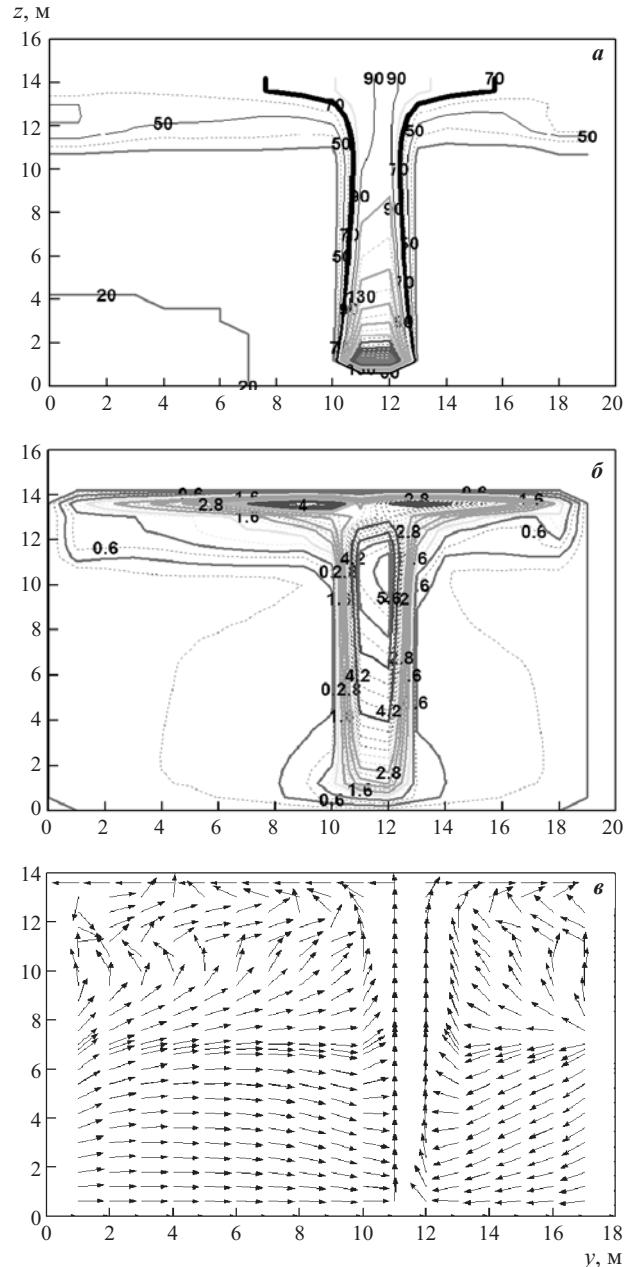


Рис. 5. Характерные поля температур (а), скоростей (б) и схемы течения (в) через 180 с от начала пожара

Таким образом, использование приближения неограниченной свободной конвекции при пожаре в атриуме корректно в нижней части конвективной колонки.

Выходы

Предложенная модифицированная зонная математическая модель позволяет получить распределения параметров по высоте конвективной колонки, качественно и количественно соответствующие реальной термогазодинамической картине модельного пожара в атриуме до высоты от уровня поверхности горючего материала $\leq 4,35r$.

Полученное уравнение (6) для определения величины массового расхода в колонке более физически обосновано, чем формула (2) [3, 4].

Уточнение уравнения (6) (влияние ограждающих конструкций помещения (свободная конвек-

ция в ограниченном объеме) и потеря на турбулентное и ламинарное трение) требует проведения дополнительных численных исследований с использованием полевой модели [2, 6] или физического эксперимента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Присадков В. И., Лицкевич В. В., Федоринов А. В. Аналитические модели оценки высоты незадымленной зоны в атриуме // Пожарная безопасность. — 2001. — № 3. — С. 64–70.
2. Пузач С. В. Методы расчета тепломассообмена при пожаре в помещении и их применение при решении практических задач пожаровзрывобезопасности. — М.: Академия ГПС МЧС России, 2005. — 336 с.
3. Драйздейл Д. Введение в динамику пожаров. — М.: Стройиздат, 1988. — 340 с.
4. Кошмаров Ю. А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении. — М.: Академия ГПС МЧС России, 2000. — 118 с.
5. Астапенко В. М., Кошмаров Ю. А., Молчадский И. С., Шевляков А. Н. Термогазодинамика пожаров в помещениях. — М.: Стройиздат, 1986. — 370 с.
6. Пузач С. В., Пузач В. Г. Некоторые трехмерные эффекты тепломассообмена при пожаре в помещении // ИФЖ. — 2001. Т. 74, № 1. — С. 35–40.
7. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. — М.: Энергоатомиздат, 1984. — 152 с.
8. Оцисик М. Н. Сложный теплообмен. — М.: Мир, 1976. — 616 с.

Поступила в редакцию 27.12.06.



Адъюнкт Академии ГПС МЧС России

С. П. Калмыков

УДК 614.841

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ СТРУЙНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ЗАКРЫТОЙ АВТОСТОЯНКИ

Применение струйных вентиляторов для целей общеобменной и противодымной вентиляции является альтернативным решением системам вентиляции и дымоудаления с использованием воздуховодов. В России отсутствуют не только нормативная база, но и какие-либо исследования по данному направлению. Для изучения работы системы струйной вентиляции с целью ее использования для противодымной защиты подземных автостоянок были проведены численные эксперименты.

Постановка проблемы исследования

Парк легковых автомобилей в настоящее время в нашей стране интенсивно растет. Как следствие, при проектировании многофункциональных зданий и комплексов жилого и общественного назначения в крупных городах предусматривается наличие закрытых подземных стоянок для хранения автомобилей.

Нормативные документы, действующие в Российской Федерации, требуют устройство систем дымоудаления при пожаре из объема автостоянки. Система дымоудаления из автостоянки закрытого типа при пожаре должна обеспечивать в нижней ее части незадымленную зону, достаточную для безопасной эвакуации людей и работы пожарных. Зона действия воздухо- и дымоприемных отверстий в воздуховодах ограничена, согласно [1] для дымоприемного отверстия она не должна превышать 1000 м^2 . Это ограничение заставляет предусматривать в проектах систем вентиляции и дымоудаления развитую в пределах этажа автостоянки сеть воздуховодов большого сечения и, таким образом, увеличивать высоту помещений автостоянки, что приводит к удорожанию строительства. Факторами, вызывающими удорожание работ, являются мероприятия, обеспечивающие нераспространение пожара и продуктов горения из объема автостоянки в другие помещения по системам воздуховодов общеобменной и противодымной вентиляции (установка огнезадерживающих клапанов и обеспечение нормативных пределов огнестойкости). Одним из возможных выходов из сложившейся ситуации является использование струйных вентиляторов.

Сегодня в России применение струйных вентиляторов сдерживается рядом причин методологического и нормативного характера. К причинам нормативного характера следует отнести принятые в нашей стране методы обеспечения незадымляемости помещений. Для противодымной защиты автостоянок принят метод, при котором система дымоудаления должна обеспечить незадымленную зону заданной высоты в нижней части помещения. При работе системы дымоудаления с использованием струйных вентиляторов обеспечивается незадымленная зона вне треугольника, в вершине которого расположен горящий автомобиль. Вторая причина связана с сертификацией оборудования, применяемого в системах противодымной защиты. В соответствии с принятыми в Российской Федерации методами сертификационных испытаний вентиляторов, используемых в системах дымоудаления, критерием их пригодности является сохранение работоспособности в условиях воздействия высоких температур (400 или 600°C) в течение заданного промежутка времени. Для струйных вентиляторов этот критерий не является актуальным, поскольку выход из строя в результате огневого воздействия одного или нескольких вентиляторов не приводит к невозможности исполнения системой своих функций. В Российской Федерации в качестве расчетного сценария пожара в автостоянке принимается горение одного автомобиля. Вероятность того, что струйный вентилятор окажется непосредственно над горящим автомобилем, не очень высока.

В России отсутствует не только нормативная база, но и какие-либо исследования по данному на-

правлению. Для изучения работы системы струйной вентиляции с целью ее использования для противодымной защиты автостоянок были проведены численные эксперименты.

Проведение численного моделирования

Постановка и условия однозначности задачи

В ходе исследований были осуществлены два численных эксперимента. При моделировании первого проводился расчет скоростных, температурных и концентрационных полей в зоне действия струйного вентилятора в сравнении с системой дымоудаления с воздуховодами. Во втором эксперименте были рассчитаны скоростные и температурные поля в помещении закрытой автостоянки.

Математическая модель рассматриваемой задачи включает в себя балансовые уравнения энергии, движения и массы отдельных компонентов продуктов горения в форме Навье – Стокса. Для реализации математических моделей на ЭВМ был использован программный комплекс SOFIE [2], специально разработанный для моделирования пожаров международным консорциумом научных и исследовательских организаций. Реализация процессов турбулентного переноса осуществлялась с помощью $k-\epsilon$ -модели турбулентности, учитывающей эффекты плавучести, а для процессов горения применялась диффузионно-вихревая модель Магнуссена – Хавьертаугера [3, 4]. Для оценки образования сажи и ее распространения в объеме помещения использована модель Теснера [5]. При определении

поправок давления и скоростей применена итерационная схема Патанкара и Сполдинга [6]. Все уравнения решались с помощью построчного ТДМА.

Рассмотрим каждый численный эксперимент в отдельности.

Результаты численного моделирования

При расчете скоростных, температурных и концентрационных полей в зоне действия струйного вентилятора использовалась трехмерная декартова система координат. Поля переменных определялись на совмещенной сетке. Площадь моделируемого помещения — 335 м^2 . Общее количество контрольных объемов составляло 30150 ($67 \times 15 \times 30$). Размеры струйного вентилятора принимались равными $2,0 \times 0,4 \times 0,4$ м. Скорость потока воздуха, выходящего из выбросного патрубка струйного вентилятора, составляла 20 м/с (по данным компаний производителей). В модели предусматривалось наличие отверстий вытяжной и приточной шахт. Очаг горения представлял собой прямоугольную горелку размерами $1,0 \times 2,0$ м. В качестве горючего использовалась комплексная горючая нагрузка, приведенная для автомобиля (резина, бензин, ППУ, искоожа, ПВХ и эмаль) [7]. Мощность тепловыделения была постоянной и равнялась 1477 кВт. Предполагалось, что в начальный момент времени расчетная область заполнена неподвижной газовой смесью (воздухом) с температурой 278,6 К. Расчеты проводились с временным шагом 0,1 с и сходимостью по разности масс до $1 \cdot 10^{-3}$.

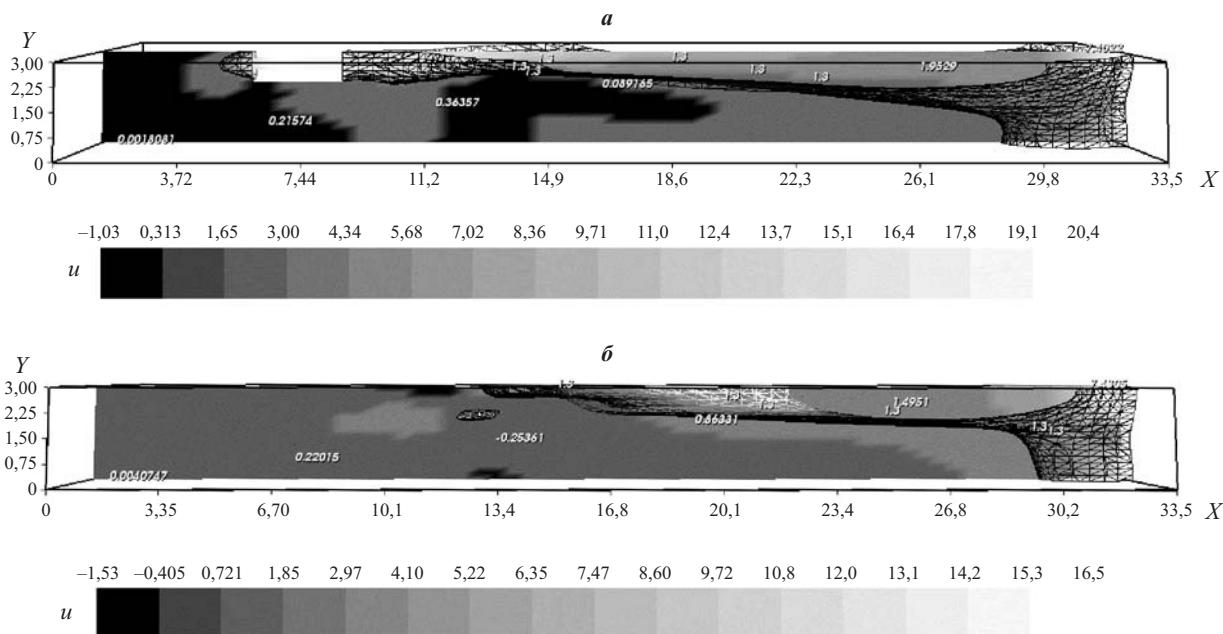


Рис. 1. Расчетные поля скоростей на момент времени 60 с: *а* — в зоне действия струйного вентилятора; *б* — при системе с воздуховодами

На рис. 1 и 2 представлены расчетные скоростные поля (горизонтальной составляющей скорости) на моменты времени 60 и 300 с. На рис. 3 и 4 показаны расчетные температурные поля на моменты времени 60 и 300 с. На рис. 5 и 6 представлены расчетные поля массовых долей сажи на моменты времени 60 и 300 с.

По результатам вышеприведенных расчетов можно сделать вывод о том, что система дымоуда-

ления с использованием струйных вентиляторов обеспечивает более равномерное удаление продуктов горения (отсутствуют застойные зоны) по сравнению с системой дымоудаления с воздуховодами, а также частично защищает строительные конструкции от огневого воздействия. За счет воздушного потока в подпотолочной зоне максимальная температура на поверхности перекрытия в рассмотренном случае снизилась с 1080 до 475 К.

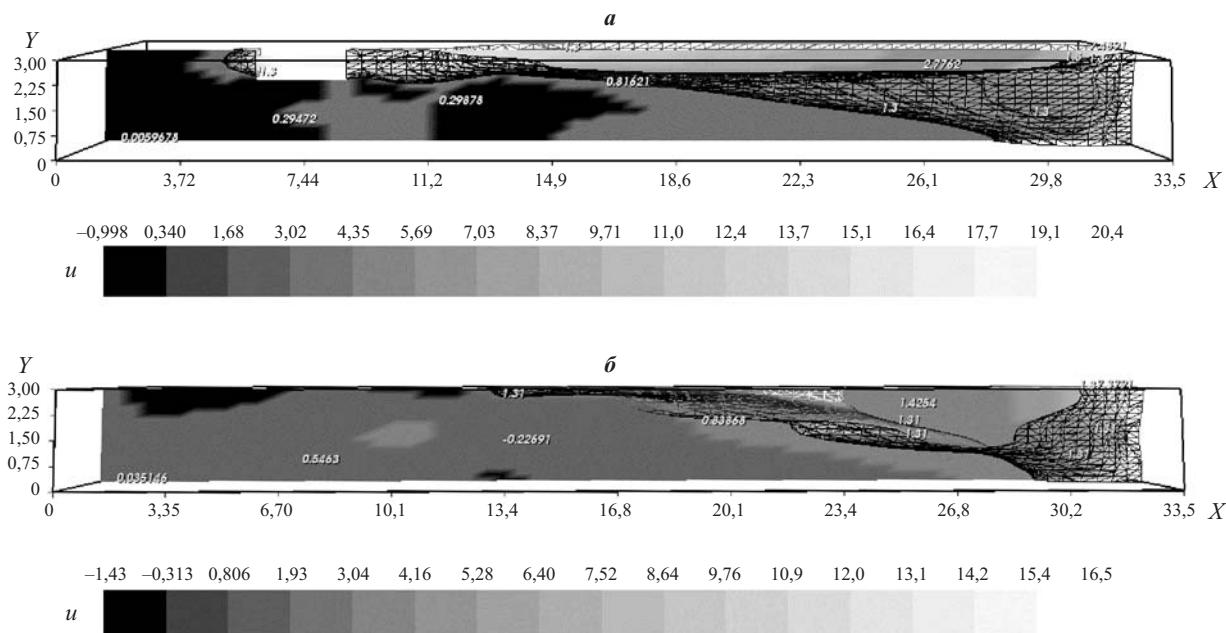


Рис. 2. Расчетные поля скоростей на момент времени 300 с: *а* — в зоне действия струйного вентилятора; *б* — при системе с воздуховодами

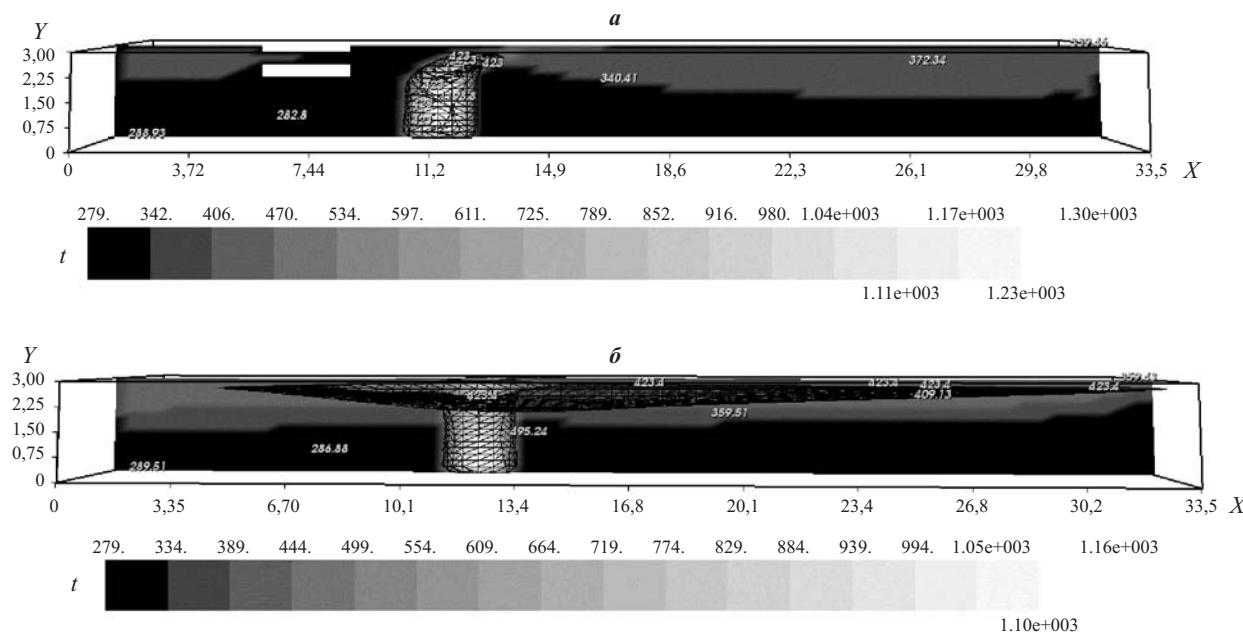


Рис. 3. Расчетные поля температур на момент времени 60 с: *а* — в зоне действия струйного вентилятора; *б* — при системе с воздуховодами

При расчете скоростных и температурных полей в помещении закрытой автостоянки использовалась трехмерная декартова система координат. Поля переменных определялись на совмещенной сетке. Площадь моделируемого помещения составляла $2817,5 \text{ м}^2$, общее количество контрольных объемов — 284970 ($161 \times 15 \times 118$). Скорость потока воздуха, выходящего из выбросного патрубка струйного вентилятора, равнялась 20 м/с (по данным

компаний-производителей). В моделируемом помещении предусматривалось наличие девяти струйных вентиляторов, а также отверстий вытяжной и приточной шахт. Очаг горения представлял собой прямоугольную горелку размерами $1,86 \times 3,0 \text{ м}$. В качестве горючего использовалась комплексная горючая нагрузка, приведенная для автомобиля (резина, бензин, ППУ, кожа ПВХ и эмаль) [7]. Мощность тепловыделения была постоянной и равня-

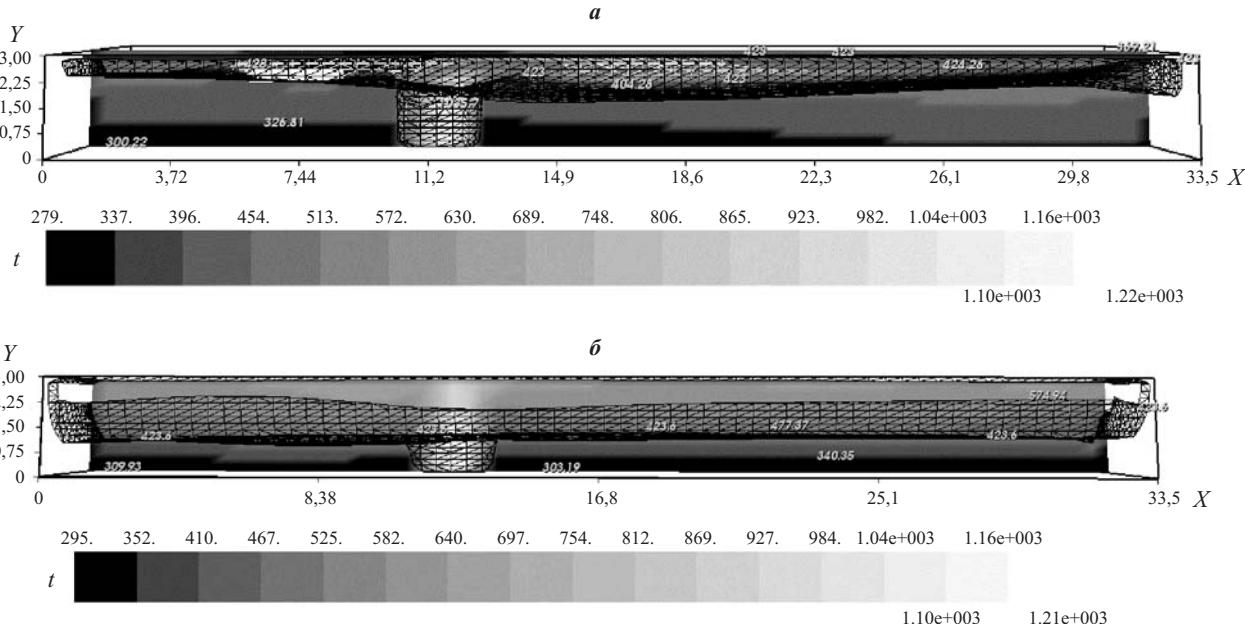


Рис. 4. Расчетные поля температур на момент времени 300 с: *а* — в зоне действия струйного вентилятора; *б* — при системе с воздуховодами

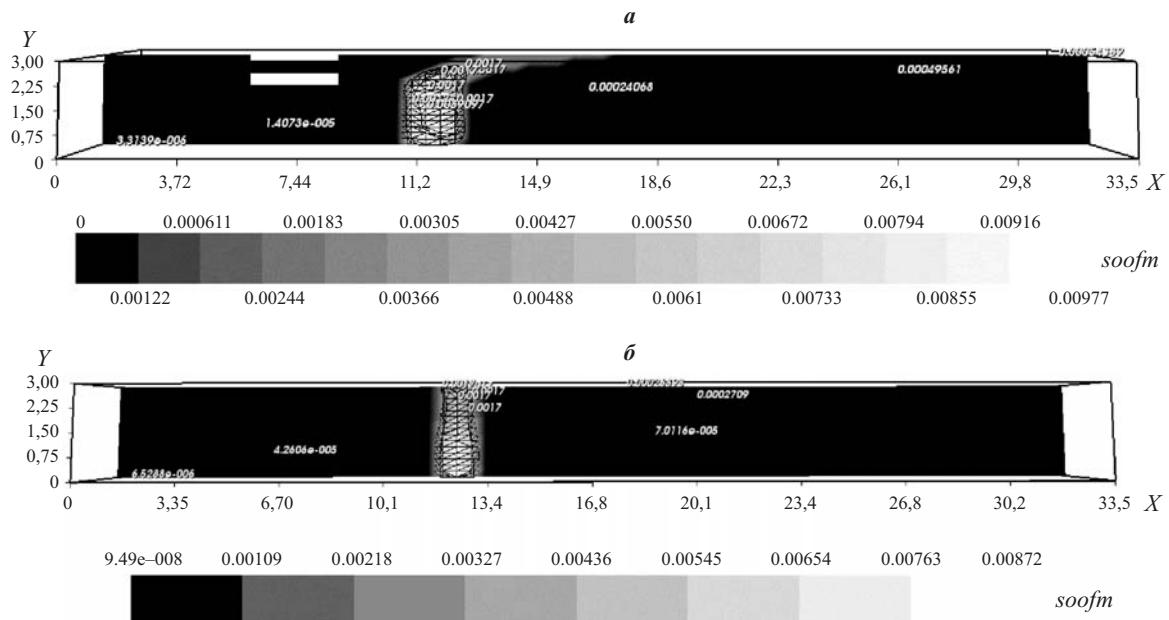


Рис. 5. Расчетные поля массовых долей сажи на момент времени 60 с: *а* — в зоне действия струйного вентилятора; *б* — при системе с воздуховодами

лась 4068 кВт. Предполагалось, что в начальный момент времени расчетная область заполнена неподвижной газовой смесью (воздухом) с температурой 278,6 К. Расчеты проводились с временным шагом 0,1 с и сходимостью по разности масс до $1 \cdot 10^{-3}$.

На рис. 7 представлены скоростные поля, а на рис. 8 — температурные поля для плоскости, от-

стоящей на 2 м от уровня пола помещения автостоянки.

Исходя из принципа работы системы струйной вентиляции, при установке струйных вентиляторов необходимо учитывать геометрические параметры помещения и влияние работы других систем. К геометрическим параметрам относятся линейные размеры помещения, его конфигурация, места разме-

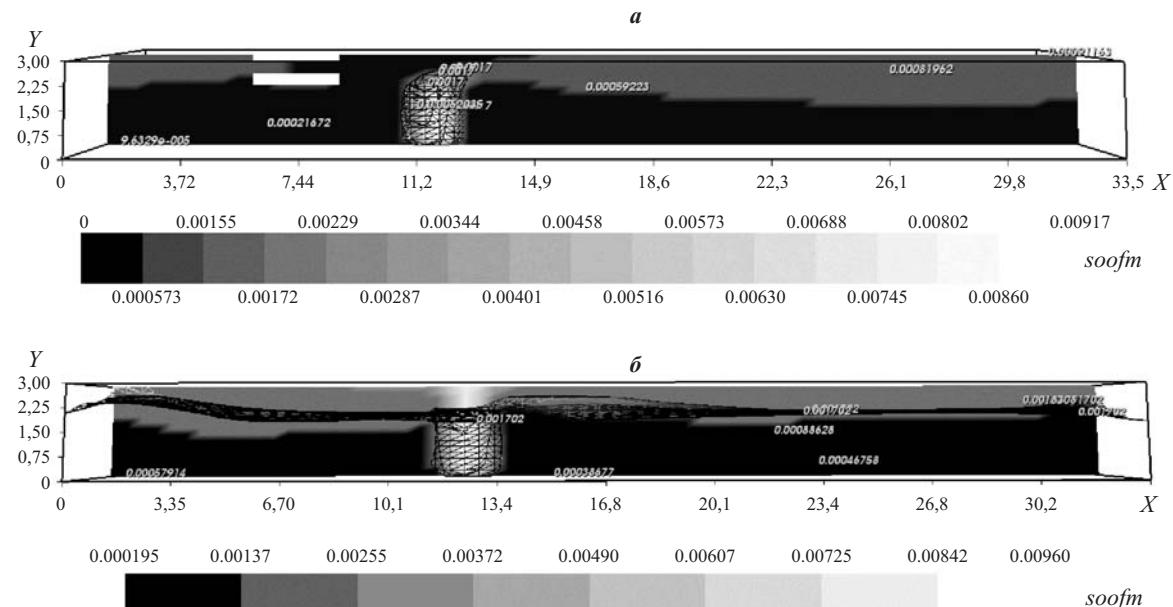


Рис. 6. Расчетные поля массовых долей сажи на момент времени 300 с: *а* — в зоне действия струйного вентилятора; *б* — при системе с воздуховодами

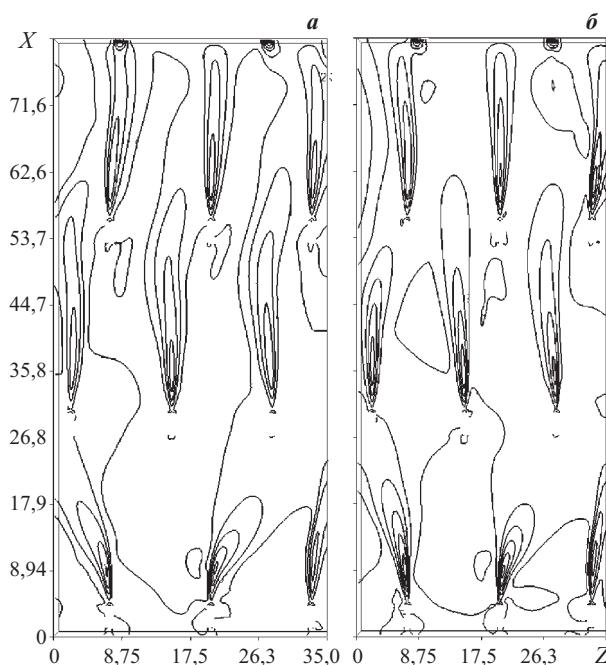


Рис. 7. Расчетные поля скоростей в помещении закрытой автостоянки на момент времени: *а* — 60 с; *б* — 300 с

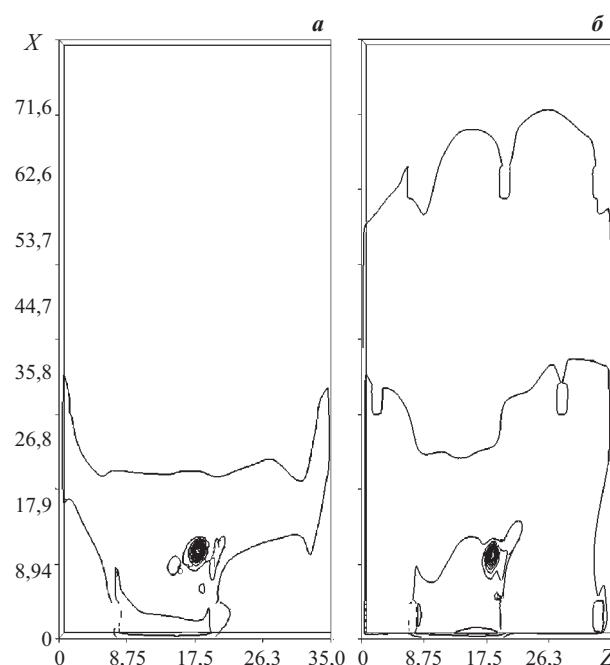


Рис. 8. Расчетные температурные поля в помещении закрытой автостоянки на момент времени: *а* — 60 с; *б* — 300 с

щения воздухо- и дымоприемных отверстий вытяжных шахт, возможные препятствия для перемещения воздуха (балки, коммуникации и т.п.), размещение выходов из помещения автостоянки, через которые возможна эвакуация, во избежание динамического давления на двери этих выходов. Системой, которая может оказывать влияние на работу системы струйной вентиляции, может быть система автоматического пожаротушения.

Заключение

1. На основе численного моделирования получены данные о распределении скоростных, температурных и концентрационных полей в зоне действия

вия струйного вентилятора в помещении закрытой автостоянки. Из результатов расчетов видно, что система дымоудаления с использованием таких вентиляторов обеспечивает достаточно равномерное и быстрое удаление вредностей по сравнению с традиционной системой дымоудаления с воздуховодами.

2. Применение струйной вентиляции позволяет частично защищать строительные конструкции (перекрытия) от огневого воздействия, так как в подпотолочной зоне создается воздушный поток.

3. Производительность вытяжных вентиляторов должна быть такой, чтобы обеспечить удаление подводимого струйными вентиляторами объема вредностей и предотвратить циркуляцию дыма.

ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование.
2. Welch S., Rubini P. SOFIE, Simulation of Fire in Enclosures: User Guide. — Cranfield University, 1996.
3. Hjertager B. H., Magnussen B. F. Computer simulation of flow, heat transfer and combustion in three-dimensional furnaces // Arch. combust. — 1982. — Vol. 2, № 1/2S. — P. 23–48.
4. Magnussen B. F., Hjertager B. H. On mathematical modelling of turbulent combustion with special emphasis on soot formation and combustion // 16th Symp. (Int.) Combust. — The Combustion Institute, Pittsburgh, PA, 1976. — P. 719–729.
5. Теснер П. А. Образование сажи при горении // Физика горения и взрыва. — 1979. — № 2. — С. 37–47.
6. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамика жидкостей. — М.: Энергоатомиздат, 1984. — С. 150.
7. Кошмаров Ю. А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: Учебное пособие. — М.: Академия ГПС МВД России, 2000. — С. 115.

Поступила в редакцию 16.01.07.



Канд. техн. наук, доцент,
начальник кафедры
“Пожарной тактики и службы”
Академии ГПС МЧС РФ
А. В. Подгрушный

Заместитель начальника кафедры
Противопожарного института Вьетнама,
полковник милиции МОБ Вьетнама,
адъюнкт Академии ГПС МЧС России
Ч. Д. Хонг

УДК 614.841:643.5

ОБСТАНОВКА С ПОЖАРАМИ В ЖИЛЫХ ЗДАНИЯХ КРУПНЫХ ГОРОДОВ ВЬЕТНАМА И КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ СИЛ

Осуществлена попытка проанализировать состояние пожарной охраны и ее возможностей по тушению пожаров на существующих и вновь строящихся объектах крупных городов Вьетнама. Показана острая необходимость научной проработки путей совершенствования противопожарной службы Вьетнама.

Динамика строительства зданий повышенной этажности в городах Вьетнама

До 80-х гг. XX в. во Вьетнаме было всего 8 зданий повышенной этажности, сосредоточенных в крупных городах. Так, в г. Ханой имелась 1 гостиница высотой 11 этажей, г. Хошимин — 7 зданий с числом этажей от 10 до 16 [1, 2]. Но в последние 10 лет ушедшего века количество зданий повышенной этажности резко возросло, их строили во всех городах Вьетнама (табл. 1). Например, в г.г. Ханой и Хошимин здания повышенной этажности занимают до 98% площади всей современной

застройки. По своему назначению здания повышенной этажности можно разделить на жилищные, гостиничные, офисные и т.д.

Из анализа статистических данных следует, что из общего числа зданий повышенной этажности более 700 расположено в крупнейших городах страны (табл. 2). Из всего количества зданий жилые составляют 207 (29,6%). Распределение жилых зданий по высоте представлено в табл. 2 [2–4].

В настоящее время жилые здания продолжают интенсивно строить в крупных городах, а также в некоторых подчиненных провинциях по всей стране. Из табл. 2 видно, что жилые здания высотой 10–17 этажей преобладают и занимаются первое место по количеству — 171 (82,6% общего числа), далее следуют здания высотой 18–25 этажей, их всего 28 (около 14%), а зданий выше 25 этажей незначительное количество — всего 9 (3,4%).

Из анализа социальных и демографических перемен в республике, можно сделать основной вывод, что перспективное строительство многоэтажных зданий различного назначения в городах и

Таблица 1. Количество зданий повышенной этажности в крупных городах Вьетнама

Город	Общее количество зданий	Жилые здания	Гостиницы	Здания другого назначения
Ханой	235	85	42	108
Хошимин	476	122	97	257
Итого	711	207	139	365

Таблица 2. Количество жилых зданий повышенной этажности в крупных городах Вьетнама

Город	Общее количество зданий повышенной этажности	Количество зданий с числом этажей											
		10	11	12	13	14–15	16–17	18	19	20–24	25	33	34
Ханой	85	11	8	21	18	9	6	6	—	3	2	—	1
Хошимин	122	43	24	7	5	9	10	5	5	3	4	2	—
Итого	207	54	32	28	23	18	16	11	5	6	6	2	1

провинциях Вьетнама обусловлено, прежде всего, следующими причинами:

- непрерывным ростом населения (постоянного и переменного);
- большой потребностью населения в жилых площадях;
- необходимостью экономии земли городов;
- изменением облика городов.

Характеристика противопожарной службы крупных городов Вьетнама

Пожарная охрана находится под руководством и контролем Министерства общественной безопасности (МОБ) Вьетнама, в структуре которого имеется Управление пожарной охраны (УПО), а во всех городах центрального подчинения и во всех провинциях страны созданы отделы пожарной охраны (ОПО). Отдел пожарной охраны состоит из руководства, специализированных групп (штабной, контрольной, организационной, служебной, технической) и нескольких подчиненных ему пожарных частей (ПЧ) [2].

В г. Ханой дислоцировано 7 ПЧ, а в г. Хошимин — 12, они расположены в большинстве своем на внутренней территории городов и частично — в пригородных районах.

По расчетам в крупнейших городах Вьетнама одна ПЧ обслуживает примерно 400 тыс. чел. на территории площадью примерно 150–175 км², в то же время в других странах мира такое соотношение значительно ниже. Например, в г. Роттердам (Голландия) одно пожарное депо приходится на территорию площадью 19 км², Лондон — 15 км², Будапешт — 35 км², Париж — 6 км² городской территории. В городах США пожарные подразделения обслуживаются значительно меньшие по площади районы. Так, в г. Александрия, Уичито-Фоле, Аллентаун, население каждого из которых немногим превышает 100 тыс. чел., одно депо приходится в среднем на 6 км² территории города, в г. Чикаго — на 3,5 км², г. Нью-Йорк — на 3,3 км². В г. Трентон (штат Нью-Джерси), население которого в начале 90-х годов составляло 106 тыс. чел., на территории площадью 22 км² размещены 13 пожарных станций (депо), следовательно, одно депо приходится в среднем на 1,7 км² [5].

Подвижных сил и средств оперативного реагирования противопожарной службы как в крупных, так и во всех других городах Вьетнама не хватает. Техническое совершенство и состояние пожарной техники, противопожарного вооружения и оборудования невысокие.

Штат сотрудников противопожарной службы в больших городах во Вьетнаме по численности небольшой. В г. Хошимин в настоящее время в наличии всего 514 пожарных сотрудников из 634 установленных по штату, в г. Ханой — 305 из 478. Итак, в крупнейших городах Вьетнама один профессиональный пожарный должен обслуживать 10 тыс. жителей. Этот же показатель составляет в г.г. Нью-Йорк (США) 700 чел., Москва (России) — 750 чел., Токио (Японии) — 640 чел., Берлин (Германия) — 700 чел., Лондон (Великобритании) — 870 чел., Гонконг — 925 чел.

Количество и качество пожарной техники и противопожарного оборудования ОПО крупнейших городов Вьетнама находятся в удручающем состоянии и под серьезной угрозой выхода из строя. На вооружении противопожарной службы г. Ханой имеются 34 основных пожарных автомобиля, в том числе 15 пожарных машин на шасси ЗИЛ (производства СССР), сроки эксплуатации которых в боевом режиме составляют от 20 до 25 лет, многие автомобили находятся в неисправном состоянии. В боевом расчете противопожарной службы г. Хошимин находятся 84 пожарных автомобиля, в том числе 30 машин в плохом техническом состоянии из-за долговременного использования, а также 6 пожарных автолестниц, 3 из которых в неисправном состоянии и ремонту не подлежат (табл. 3).

Таким образом, в настоящее время в крупнейших городах Вьетнама один основной пожарный автомобиль приходится в среднем на 80 тыс. чел. Для других крупных городов мира это отношение составляет 40–50 тыс. чел. [5]. По сравнению с некоторыми большими городами других стран, имеющими численность населения и географическую площадь, аналогичные вышеназванным городам Вьетнама, общее положение с количеством противопожарных команд, их оснащением, численностью штатного личного состава на данном этапе вызывает серьезную тревогу у жителей (табл. 3, 4).

Таблица 3. Состояние противопожарных служб крупнейших городов Вьетнама за последние годы

Город	Население, тыс. чел.	Площадь, км ²	Число пожаров в год	Гибель людей в среднем, чел.	Персонал пожарной охраны, чел.	Количество, шт.			
						автонасосов, автоцистерн	автолестниц	всего пожарных автомобилей	депо
Ханой	2889	921	180	7	305	34	2	49	7
Хошимин	5286	2095	295	21	674	84	6	123	12

Таблица 4. Средства для осуществления спасательных работ в крупнейших городах Вьетнама

Город	Автолестницы с выдвижением колен, м			Спасательная веревка длиной 30 м, шт.	Наглажное спасательное полотно, шт.	Пневматическое прыжковое спасательное устройство, шт.	Выдвижная лестница, шт.
	72	52	32				
Ханой	0	1	1	59	0	9	8
Хошимин	1	1	8	100	13	30	14

Положение с противопожарной защитой городов и провинций Вьетнама осложнено еще и очень слабой нормативно-правовой базой, отсутствием зачастую норм и правил, законодательных актов, регламентирующих организацию службы и пожаротушение.

Обстановка с пожарами и состояние осуществления спасательных операций в зданиях повышенной этажности во Вьетнаме

Анализируя общее количество пожаров, которые произошли во Вьетнаме в период с 2001 по 2005 гг. (табл. 5), можно отметить, что их число в зданиях повышенной этажности составило всего 5 (около 0,07% общего количества пожаров за 5 лет наблюдений). Число погибших людей зафиксировано на уровне 60 чел. (около 17,9% общего числа погибших).

Указанное число погибших было только на одном пожаре, произошедшем 22 сентября 2002 г. в г. Хошимин в шестиэтажном здании торгового центра. В нем располагалась всего одна лестничная клетка, которая была задымлена во время пожара. Из-за большой плотности дыма люди (более 200 чел.) в отчаянии прыгали с этажей на улицу и крышу

дома, расположенного рядом. На пожар прибыло несколько автолестниц пожарных подразделений г. Хошимин, но примыкающие к горящему зданию различные постройки почти полностью исключили возможность использования автолестниц, даже при попытке спасания людей с нижних этажей. Вследствие этого на пожаре погибли 60 чел., 70 чел. были травмированы [2, 4].

Статистические данные и описание состояния противопожарной защиты городов, изложенные выше, позволяют сделать следующие выводы:

- за последнее десятилетие XX в. и в настоящее время темпы строительства зданий повышенной этажности во всех городах Вьетнама возросли;
- в самых крупных городах — Ханой и Хошимин — количество многоэтажных зданий составляет порядка 98% общего числа;
- в реальных условиях пожара основными факторами, приводящими к гибели людей или полной потере сознания и отравлению, являются открытый огонь и искры, повышенная температура среди, токсичные продукты горения, дым, пониженная концентрация кислорода и др.;
- в настоящее время в крупнейших городах Вьетнама сеть пожарных частей небольшая, а размещение их нерациональное. Радиус обслуживания каждой пожарной части составляет не менее 6–7 км. Личного состава боевых расчетов, пожарной техники, средств и оборудования для целей пожаротушения в крупных и во всех других городах республики катастрофически не хватает. По сравнению с зарубежными службами пожарной охраны вьетнамская безнадежно отстала во всех отношениях. Кроме того, можно отметить, что из-за большой продолжительности эксплуатации уровень технического состояния пожарной техники, пожарно-технического вооружения и оборудования крайне низок;
- во Вьетнаме отсутствуют разработанные и утвержденные в установленном порядке нормативные, организационно-правовые документы и правила, направленные на организацию и проведение спасательных работ при пожарах в зданиях высотных и повышенной этажности;
- за последние 10 лет наблюдений число пожаров во Вьетнаме, произошедших в жилых и, особенно, зданиях повышенной этажности, было невелико (всего 5 пожаров за 2001–2005 гг.). Все эти пожары ликвидированы на первой стадии развития, т.е. до прибытия пожарных подразделений, поэтому погибшие отсутствуют. Но обстоятельства пожара, случившегося в г. Хошимин в

Таблица 5. Динамика пожаров во Вьетнаме в целом и в зданиях повышенной этажности за 2001–2005 гг.

Год	Пожары в целом			Пожары в зданиях повышенной этажности			
	Количество	Ущерб, млрд д	Гибель, чел.	Количество	Ущерб, млрд д	Гибель, чел.	
2001	1292	303,359	68	0	0	0	
2002	1267	207,860	132	1	0,976	60	
2003	1821	450,735	37	0	0	0	
2004	1829	290,677	63	2	0,120	0	
2005	2331	343,063	34	3	0,826	0	
Итого	8140	1585,694	334	5	1,922	60	

* Ущерб измеряется в национальной валюте — донг; 1 доллар США составляет 16000 донгов.

здании торгового центра, поставило перед пожарной охраной актуальные вопросы:

1. Какие показатели и параметры пожарная охрана должна выделить и исследовать с целью выработки мер по успешному спасению людей, застигнутых пожаром в здании повышенной этажности? При этом необходимо учесть условия оперативно-тактической обстановки, метеоусловия, время суток и года, подготовленность личного состава, недостаточность сил и средств для проведения работ по тушению и спасанию одновременно.

2. Если эвакуация людей, находящихся в верхней зоне зданий повышенной этажности, не может быть осуществлена по лестничной клетке, то как рационально организовать и какими способами и техническими спасательными средствами выполнить задачу успешного спасания?

3. Наличие каких спасательных средств на вооружении подразделений, какой ассортимент пожарно-спасательной техники смогут гарантировать выживание людей при пожаре в многоэтажных зданиях различного назначения?

ЛИТЕРАТУРА

1. Вьетнам. Страна и люди. — Ханой.: Изд-во Тхезьой, 2004 (на русском языке).
2. Обобщенный отчет Управления пожарной охраны Вьетнама за период 1995–2005 гг.
3. Обобщенный отчет деятельности пожарной охраны города Ханой в 2001–2005 гг.
4. Обобщенный отчет деятельности пожарной охраны города Хошимин в 2001–2005 гг.
5. Пожарная статистика: Отчет № 9 ЦПС КТИФ. — М., 2003.

Поступила в редакцию 16.01.07.



Канд. техн. наук, доцент,
заместитель директора
Государственного Эрмитажа
А. В. Богданов



Начальник представительства
Госэкспертизы МЧС РФ
по Московской области
Краснов А. В.

УДК 614.842.4.654.9

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ КРУПНЫХ МУЗЕЙНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Приведены различные и часто противоречивые требования к организации защиты и сохранения объектов культурного наследия. Обоснован выбор Государственного Эрмитажа в качестве объекта рассмотрения как одного из крупнейший музеев России и мира. Доказана необходимость разработки информационной системы безопасности и жизнеобеспечения крупных музейных комплексов и представлена ее структура.

Современное состояние общества требует специальных мер по защите и сохранению объектов культурного наследия, но всякое усиление режима безопасности влечет за собой изменение условий пребывания в них людей. Взаимодействие данных процессов в последние годы обострило потребность в создании системы, а точнее, комплекса, отвечающего за безопасность и разработанного на основе системы сбора и обработки информации.

Государственный Эрмитаж выбран в качестве объекта рассмотрения и практического построения информационной системы как один из крупнейший музеев России и мира, представляющий из себя удачный объект для моделирования различных ситуаций, отражающих масштабность процесса организации охраны.

Сегодня появилось достаточное число людей, имеющих большие финансовые ресурсы и обеспечивших себя всем необходимым для жизни, в сферу интересов которых попадают предметы искусства и старины. Их приобретение становится модным и выгодным вложением капитала. Как следствие этого возросла вероятность организации заказных краж предметов искусства для частных коллекций. Невысокая заработка плата работников музеев создает предпосылки к вступлению в сговор с преступниками с целью проведения подмены или кражи экспонатов.

Всем этим негативным процессам, способствующим утрате культурного наследия, должен быть поставлен соответствующий заслон, основу которого должна составить позиция, базирующаяся на комплексной организации охраны музея и обеспечивающая качественное повышение уровня защи-

щенности объектов культуры с учетом всех аспектов безопасности. Музей, как любой сложный развивающийся механизм, предъявляет к организации безопасности различные и часто противоречивые требования. С одной стороны, применяется современная аппаратура, предназначенная для решения инженерных задач по содержанию здания и обеспечению его жизнедеятельности, использующая последние достижения науки и техники, с другой стороны, используются различные методы и способы охраны, включающие в себя организацию работы сотрудников милиции, собственной службы безопасности, музейных смотрителей и т.д.

Большое число гостей музея, его сотрудники находятся и работают в пространстве зданий музеиного комплекса и испытывают на себе влияние различных факторов, среди которых все большую роль начинают играть вопросы безопасности. Несколько известно авторам, до сегодняшнего дня не предпринималось попыток широко исследовать эти вопросы и практически применить полученные результаты в комплексной взаимосвязи. Для этого необходимо определить все параметры, учет которых должна производить информационная система комплексной безопасности. На данном этапе представляется важным создание конкретной системы информационной безопасности музея, учитывающей весь комплекс проблем, при условии обеспечения комфортной среды для посетителей и сотрудников музея и необходимой безопасности одновременно. Такой теоретико-прикладная разработка позволит выявить основные параметры взаимосвязи проблем, наметить пути решения и, в конечном счете, создать информационно-аналитическую сис-

тему, способную успешно решать задачи безопасности.

Предлагаемые сегодня разработанные различными организациями концепции безопасности, являясь несомненно полезными и выверенными с точки зрения охраны, как правило, не учитывают музейную специфику и рассматривают проблему без взаимосвязи с основными задачами музея. Представляется необходимым провести их анализ с дальнейшей переработкой, внести в них соответствующие изменения и дополнения, создать информационно-базовую теорию, с помощью которой приступить к решению комплексной проблемы как информационно-технической, учитывающей не только интересы и структуру безопасности как таковую, но и взаимосвязь ее с социологической организацией коллектива, принимающей во внимание пожелания как посетителей, так и работников музея. Правильно организованное информационное пространство позволит обеспечить достаточную безопасность и при этом создаст условия для нормального восприятия архитектурных и художественных ценностей, которые широко представлены в музее. Наличие системы, созданной на примере Государственного Эрмитажа, безусловно позволит применять ее в других музеях и учреждениях культуры. К сожалению, очевидный путь простого увеличения технической оснащенности систем безопасности без учета информационных особенностей и нюансов проблемы не приводит к желаемым результатам.

Под комплексной информационной системой музейной безопасности подразумевается система, которая осуществляет постоянный мониторинг организационно-технических мероприятий, обеспечивающих:

- 1) всестороннюю защиту всего архитектурного комплекса зданий и сооружений, а именно: фасадов, интерьеров, архитектурного убранства залов, инженерных систем, представляющих историческую ценность;
- 2) создание условий для сохранности экспонатов, включающих в себя: защиту от краж, вандализма, подмены произведений искусства; поддержание необходимых климатических параметров (температуры, влажности); обеспечение биологической и химической защиты; реализацию плана эвакуационных мероприятий и действий в чрезвычайных ситуациях.

Рассмотрим примерный перечень систем, оказывающих основное влияние на данные параметры. Это *системы*:

- пожарной сигнализации;
- охранной сигнализации;

- видеонаблюдения;
- контроля доступа;
- пожаротушения;
- эвакуации;
- механической защиты: двери, окна, защитные решетки, витрины, способы крепления экспонатов на открытой экспозиции, остекление картин, механические ограждения;
- инженерных коммуникаций: отопления, энерго-, тепло- и водоснабжения, конденционирования и вентиляции.

Организационные мероприятия:

- основные и запасные входы и выходы;
- расстановка постов милиции;
- расстановка постов службы безопасности;
- расстановка постов музейных смотрителей;
- направление потоков одиночных посетителей и групповых экскурсий.

При создании системы информационной безопасности необходимо определить правильное соотношение данных мероприятий, расставить весовые коэффициенты, учитывающие влияние инженерных систем. Основной задачей должно стать изучение и исследование организации единого музейного пространства как пространства информационного, учитывающего постоянно изменяющуюся ситуацию, в комплексе с остальными вопросами технической и физической безопасности.

Рассмотрим более подробно структуру информационной системы, планируемой к рассмотрению и внедрению в Государственном Эрмитаже. Как должна быть построена такая система?

Во-первых, это обязательная интеграция всех инженерных систем и систем безопасности здания на базе единой Системы управления зданием (СУЗ, BMS — Building Management System). В современной СУЗ, имеющей открытую архитектуру, каждая из входящих в нее систем работает в оптимальном режиме. За счет взаимообмена данными с другими системами здания это позволяет максимизировать эффективность работы как каждой из систем, так и всей системы в целом. Кроме этого в профессионально построенной архитектуре СУЗ можно сократить число компонентов систем, отказавшись от ряда дублирующих элементов. Как показывает наша и мировая практика, интегрированная СУЗ, в конечном итоге, позволяет оптимизировать свои затраты.

Во-вторых, за счет интеграции всех систем здания повышается не только экономичность, но и комфортность здания, поскольку интеллектуальные модули систем жизнеобеспечения максимально возможно подстраивают работу оборудования под потребности человека. Например, системы климат-контроля работают не по усредненным

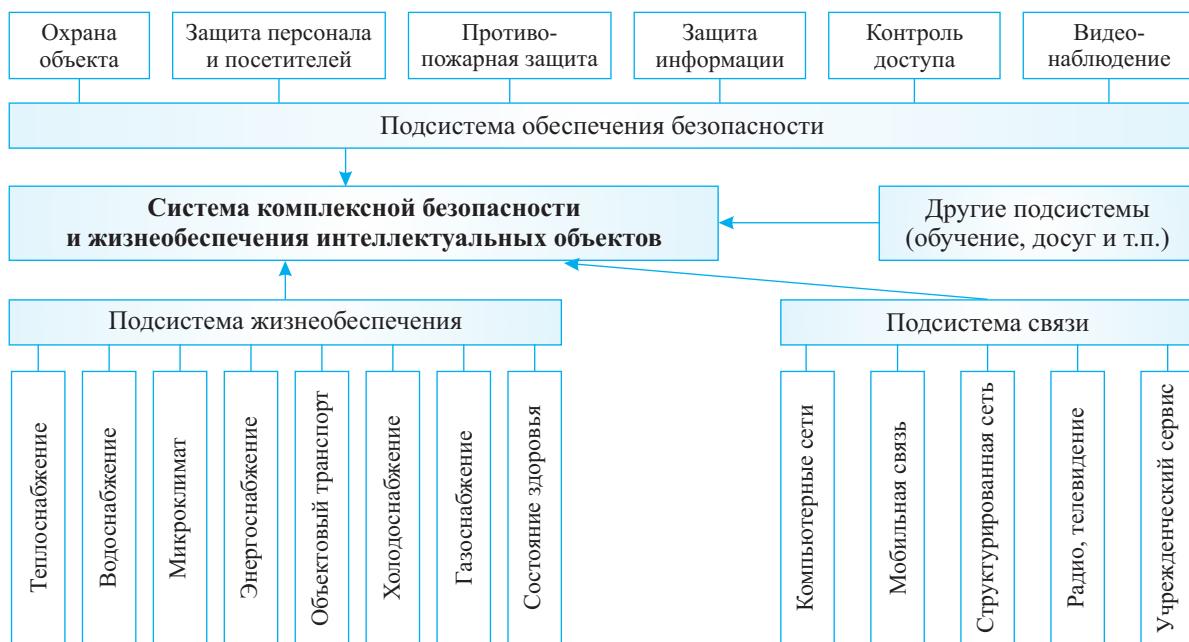


Рис. 1. Структура системы комплексной безопасности и жизнеобеспечения крупных музеиных комплексов

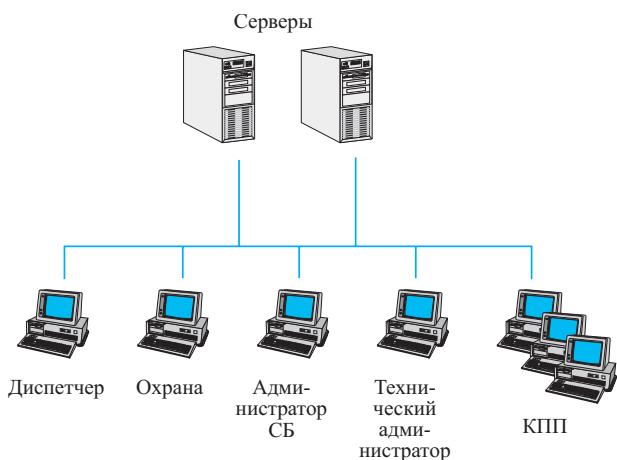


Рис. 2. Аппаратная структура системы информационной безопасности

установкам, а настраиваются для каждого помещения в зависимости от численности присутствующих в нем работников, включаются за 5–10 мин до прихода в рабочее помещение первого сотрудника, получив об этом информацию от системы контроля доступа здания.

В настоящее время достаточно успешно функционируют системы, построенные на принципах принятия оптимального решения на основе перебора возможных сценариев, т.е. выполняющие отдельные функции человека. Но человек при принятии определенного решения зачастую руководствуется не только опытом, логикой, но и интуицией. На верхнем уровне системы любой сложности все-

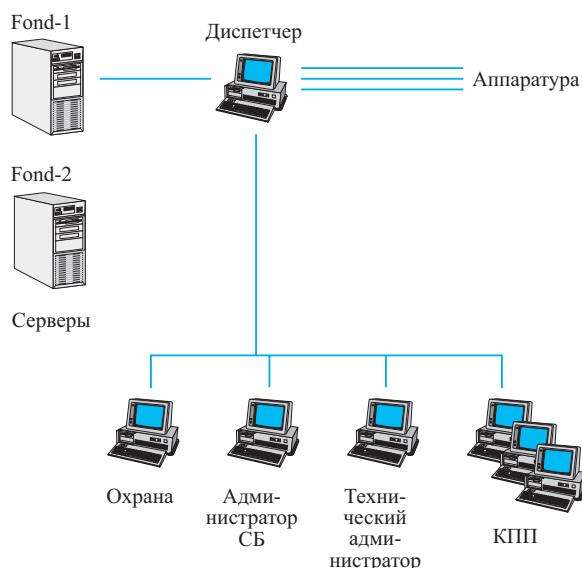


Рис. 3. Структура существующей в настоящее время сети информационной безопасности

гда будет присутствовать лицо (руководитель, менеджер или дежурный оператор), которое и будет оперативно принимать решения, определяющие поведение системы в целом. Именно этот человек за счет интеграции информации, поступающей от всех эксплуатируемых подсистем, будет выполнять необходимые действия, связанные с эксплуатацией здания, проинформировав соответствующие службы о произошедшем событии.

Структура системы комплексной безопасности и жизнеобеспечения крупных музеиных комплексов

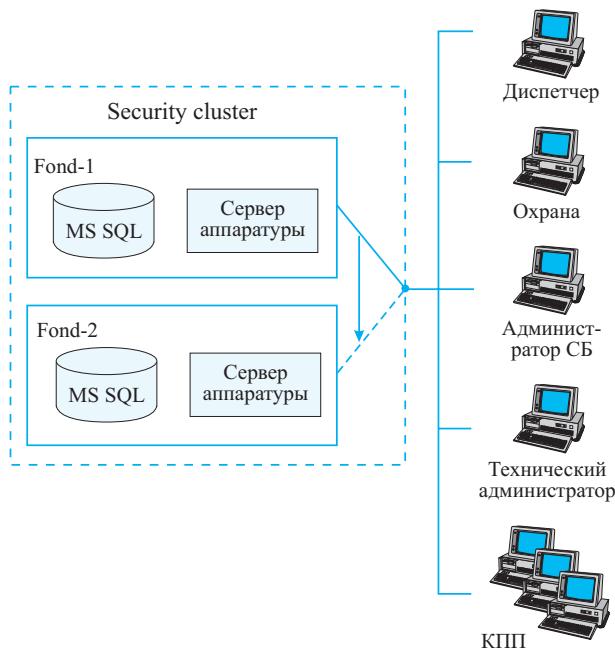


Рис. 4. Новый вариант структуры сети информационной безопасности крупного музейного комплекса. Решение: создание кластерного ресурса; клиенты обращаются к серверу(ам) по виртуальному имени кластера, а не по имени сервера

изображена на рис. 1, аппаратная структура системы информационной безопасности — на рис. 2.

Существующая в настоящее время сеть информационной безопасности построена так, что при выходе из строя основного сервера на диспетчере требуется перенастроить строку подключения к базе данных на резервный сервер (рис. 3). При выходе из строя ПК диспетчера требуется заменить компьютер, обновив вручную программное обеспечение с сервера. Одновременно оба диспетчерских компьютера в сети находиться не могут, так как имеют одинаковые адреса и имена.

При построении системы информационной безопасности данное решение должно быть изменено. В новой конфигурации кластерный ресурс сам при необходимости переключает клиентов на рабочий сервер при выходе из строя одного из серверов. Структура системы в новом варианте показана на рис. 4.

В заключение хотелось бы отметить все возрастающую роль информационных систем в управлении комплексной безопасностью крупных музеиных комплексов, особенно в сложных или чрезвычайных ситуациях. Несомненно, за такими системами будущее. Предложенная в статье информационная система обеспечения безопасности крупных музеиных комплексов (на примере Государственного Эрмитажа) позволяет повысить эффективность комплексных мер их безопасности.

Поступила в редакцию 17.01.07.

ООО НПФ "Спецсистемы"
Г. М. Карнаухов

УДК 614.841

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ДИСКРЕТНОСТИ ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА МНОГОТОЧЕЧНЫХ ПОЖАРНЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ НА ИХ ОБНАРУЖИВАЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ

На основе анализа общепринятой модели очага пожара исследовано влияние дискретности чувствительных элементов многоточечных пожарных извещателей суммирующего типа на их обнаруживающую способность. Введено понятие времени раннего обнаружения пожара, представлена методика расчета верхней границы этого времени. Получено аналитическое выражение для расчета требуемой величины шага дискретизации чувствительного элемента многоточечных извещателей.

В системах пожарной сигнализации сложных промышленных объектов в последнее время широко применяются линейные и многоточечные тепловые и дымовые пожарные извещатели. По сравнению с традиционными точечными эти извещатели обеспечивают защиту помещений большой площади с высокими потолками, а также обнаружение пожаров на ранней стадии их возникновения [1, 2]. По принципу действия и эффективности многоточечные пожарные извещатели (МТИ) близки к линейным. Однако, имея более гибкую конструкцию датчика, МТИ обеспечивают возможность монтажа и эксплуатации на объектах со сложной конфигурацией потолков, наличием большого количества оборудования и движущихся объектов, что существенно расширяет область применения МТИ по сравнению с линейными пожарными извещателями (ЛИ).

В качестве примера многоточечного теплового извещателя суммирующего типа можно привести тепловой дифференциальный извещатель ИП 102-2×2 (Россия) [1], в качестве дымовых МТИ можно рассматривать дымовые аспирационные извещатели типа PASSASD (Германия) [2]. В отличие от линейных извещателей МТИ имеют датчик с ограниченным числом чувствительных элементов (ЧЭ), расположенных с определенным шагом Δl . Причем величина Dl задается либо при производстве извещателя (ИП 102-2×2), либо в процессе проектирования и монтажа его на объекте (PASSASD). Поэтому в процессе анализа влияния дискретности датчиков МТИ на эффективность их применения может возникнуть необходимость решения двух задач:

1) определение шага Δl размещения дискретных ЧЭ на линии датчика МТИ при его разработке и серийном производстве исходя из целей применения этого извещателя на объектах;

2) определение шага Δl размещения дискретных ЧЭ по линии датчика МТИ при проектировании системы пожарной сигнализации конкретного объекта исходя из условий применения МТИ на этом объекте.

Для решения указанных задач воспользуемся общепринятой моделью точечного стационарного очага пожара [3]. Согласно данной модели исследуется очаг пожара (ОП), удаленный от стен помещения, с интенсивностью $Q = \text{const}$, кВт, при высоте потолков помещения H , м. При этом определены выражения функций избыточной температуры ΔT под потолком в зависимости от расстояния R от оси очага пожара и заданы выражения скоростей распространения горячих газов в конвективной колонке V_H и веерной струи под потолком V_R [3, 4]. В случае нахождения ОП у стены помещения в выражении ΔT применяется коэффициент $K_{cm} = 2$, в углу помещения — $K_{угл} = 3$. В процессе исследования распространения дыма по помещению используются те же выражения, что и для тепловых потоков с учетом коэффициентов дымообразования различных веществ [3]. Поэтому полученные в дальнейшем результаты в одинаковой степени справедливы как для тепловых, так и для дымовых извещателей.

Обнаруживающая способность ЛИ определяется выражением [4]:

$$\int_0^{L_o} \varepsilon(l) \, dl > S_{nop}, \quad (1)$$

где L_o — длина датчика ЛИ, подверженного воздействию признака пожара или находящегося в зоне обнаружения радиуса R_o ;
 $\varepsilon(l)$ — сигнал на выходе датчика длиной l ;

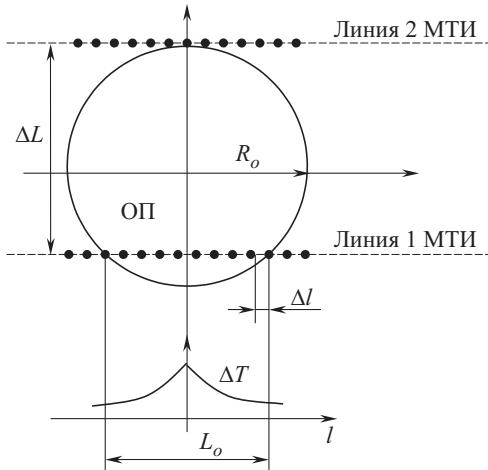


Рис. 1. Воздействие признака пожара ΔT на МТИ длиной L_o

S_{nop} — интегральный пороговый уровень сигнала датчика, соответствующий признаку “Пожар”.

Обнаруживающая способность многоточечного извещателя определяется из выражения:

$$\sum_{i=1}^N \varepsilon_i \geq F_{nop}, \quad (2)$$

где N — количество датчиков МТИ, находящихся в зоне обнаружения;

ε_i — сигнал на выходе i -го датчика МТИ;

F_{nop} — дискретный пороговый уровень срабатывания МТИ.

На рис. 1 показана зона обнаружения пожара радиусом R_o и функция распространения избыточной температуры ΔT , действующей на отрезок чувствительного элемента МТИ длиной L_o , находящегося в этой зоне.

Количество N датчиков МТИ, находящихся в зоне обнаружения ОП радиусом R_o , зависит от шага их размещения на ЧЭ и определяется из выражения:

$$N = L_o / \Delta l. \quad (3)$$

Заменим в уравнении (2) ε_i на его среднее значение, которое определим из выражения [4]:

$$\varepsilon_{cp} = \frac{1}{L_o} \int_0^{L_o} \varepsilon(l) dl. \quad (4)$$

В результате подстановки выражений (3) и (4) в формулу (2) находим требуемое значение шага Δl размещения датчиков на ЧЭ МТИ:

$$\Delta l \leq \frac{1}{E_{nop}} \int_0^{L_o} \varepsilon(l) dl. \quad (5)$$

Из уравнения (5) следует, что Δl зависит не только от характеристики извещателя (E_{nop}), но и от параметров очага пожара, который требуется этим извещателем обнаружить. На основе анализа выражения (5) произведем оценку зависимости Δl от Q , H и времени обнаружения пожара t_{obn} . В применении к многоточечному тепловому извещателю типа ИП 102-2×2

$$E_{nop} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ В},$$

а $\varepsilon_i = \varepsilon(l_i)$ находится из выражения, определяющее го электродвигущую силу на выходе термопары [6]:

$$\varepsilon = \alpha \Delta T, \quad (6)$$

где ΔT — превышение температуры, действующей на ЧЭ, над температурой вне зоны обнаружения пожара, К;

α — коэффициент чувствительности термопары, В/град.;

Для термопары извещателя ИП 102-2×2

$$\alpha = 0,02 \cdot 10^{-3} \text{ В/град.}$$

Величина перепада температуры под потолком помещения определяется из выражения:

$$\Delta T = \frac{5,38 \cdot 9^{2/3}}{HR^{2/3}}, \quad (7)$$

где R — расстояние от оси ОП до линии датчика МТИ, м;

Q — интенсивность очага пожара, кВт;

H — высота помещения, м.

Определим l через R и интервал ΔL между линиями датчика, полагая, что через зону обнаружения проходит только одна линия датчика МТИ (см. рис. 1), в следующем виде:

$$l = 2\sqrt{R^2 - (\Delta L - R)^2} = 2R\sqrt{1 - (1,6 - 1)^2} = 1,6R, \quad (8)$$

где $\Delta L = 1,6R$ — оптимальное значение интервала между линиями датчика МТИ.

Обоснование оптимального значения ΔL не входит в рамки данной статьи и определяется из методики расчета параметров многоточечных и линейных пожарных извещателей при проектировании.

Подставляя выражение (8) в формулу (7) и затем в (6) и (5), окончательно находим:

$$\Delta l \leq \frac{30 \alpha \cdot 9^{2/3}}{E_{nop} H} R_o^{1/3}. \quad (9)$$

Используя выражение (9) для определения Δl на стадии разработки МТИ, необходимо задать на-

ихудшие условия применения разрабатываемого извещателя:

- $Q = Q_{min}$ — минимально возможное значение интенсивности ОП, который должен обнаружить данный извещатель;
- $H = H_{max}$ — максимально возможная высота потолков защищаемых помещений, м;
- $R_o = R_{o\ min}$ — минимально возможный радиус зоны обнаружения пожара, м.

Значения α и E_{nop} — физические величины, которые определяются выбранной технологией производства чувствительных элементов датчика МТИ. Таким образом, из всех величин в выражении (9) неопределенной оказывается только R_o .

Рассмотрим методику расчета R_o , исходя из необходимого времени обнаружения пожара t_{obn}^p . При проектировании систем пожарной сигнализации в качестве основного критерия, как правило, рассматривают минимизацию времени обнаружения пожара. В связи с этим введем понятие времени раннего обнаружения пожара t_{obn}^p или времени обнаружения пожара на ранней стадии его возникновения. В качестве t_{obn}^p будем рассматривать время достижения признаком пожара (тепло, дым, газ и т.п.) места установки датчика извещателя. Это время может быть определено из выражения:

$$t_{obn}^p = t_H + t_R, \quad (10)$$

где t_H — время движения горячих газов от очага пожара к потолку помещения;

t_R — время движения горячих газов в веерной струе под потолком от оси очага пожара до границы зоны радиусом R .

Времена t_H и t_R определяются как соответствующие расстояния H и R , деленные на скорости V_H и V_R , определяемые из выражений [3]:

$$V_H = \frac{0,946 \vartheta^{1/3}}{H^{1/3}} \approx \frac{\vartheta^{1/3}}{H^{1/3}}; \quad (11)$$

$$V_R = \frac{0,197 \vartheta^{1/3} H^{1/2}}{R^{5/6}} \approx \frac{0,2 \vartheta^{1/3} H^{1/2}}{R^{5/6}}. \quad (12)$$

Подставляя выражения (11) и (12) в выражение (10), находим величину зоны раннего обнаружения пожара:

$$R_o = 0,5H \left(\frac{\vartheta^{1/3}}{H^{4/3}} t_{obn}^p - 1 \right)^{6/11}. \quad (13)$$

Анализ выражения (13) показывает, что с увеличением высоты при фиксированном t_{obn}^p радиус зоны обнаружения сужается, т.е. требования к количеству чувствительных элементов на единицу

длины датчика ужесточаются. Подставляя равенство (13) в выражение (9), окончательно получим:

$$\Delta l \leq \frac{24\alpha}{E_{nop}} \left(\frac{\vartheta}{H} \right)^{2/3} \left(\frac{\vartheta^{1/3}}{H^{4/3}} t_{obn}^p - 1 \right)^{2/11}. \quad (14)$$

Таким образом, для расчета Δl необходимо задать величину t_{obn}^p . Определим влияние t_{obn}^p на величину Δl . Для оценки граничного значения величины t_{obn}^p воспользуемся условием $\Delta l > 0$. Положительное значение правая часть выражения (14) принимает при

$$t_{obn}^p > H^{4/3} / \vartheta^{1/3}. \quad (15)$$

Задаваясь минимальным значением $Q = Q_{min}$, из соотношения (15) находим t_{obn}^p max для различных H .

На рис. 2 приведены графики зависимостей t_{obn}^p от H для различных Q .

Анализируя приведенные на рис. 2 графики, которые показывают нижнюю допустимую границу величины раннего времени обнаружения, и полагая, что возможная интенсивность очага пожара всегда > 10 кВт, для дальнейших расчетов можно принять

$$t_{obn}^p = t_{obn}^p(Q_{min} = 10 \text{ кВт}).$$

Учитывая данное допущение, выражение (14) можно записать в виде:

$$\Delta l \leq \frac{24\alpha}{E_{nop}} \left(\frac{\vartheta}{H} \right)^{2/3} \left(\frac{\vartheta^{1/3}}{9^{1/3}} - 1 \right)^{2/11}. \quad (16)$$

Подставляя в выражение (16) допустимые значения Q , определим возможный диапазон измене-

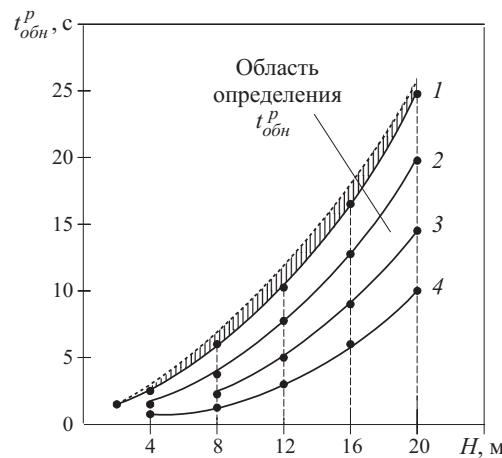


Рис. 2. Зависимость времени раннего обнаружения t_{obn}^p от высоты: 1 — $Q = 10 \text{ кВт}$; 2 — 20 кВт ; 3 — 50 кВт ; 4 — 100 кВт

ний величины выражения в скобках, возведенного в степень 2/11.

Предельно допустимая интенсивность ОП, который должен быть обязательно обнаружен пожарным извещателем, по ГОСТ 12.1.004–91 составляет $Q_{max} = 1050$ кВт, то есть это является максимально возможной величиной Q в выражении (16). При этом, величина выражения во вторых скобках соотношения (16) после возведения в степень не превышает 1,2. Например, при $Q = 100$ кВт величина данного выражения составит 1,1. Таким образом, при изменении Q анализируемая величина изменяется незначительно, поэтому с достаточной степенью точности окончательно можно записать:

$$\Delta l = \frac{24\alpha}{E_{nop}} \left(\frac{9}{H} \right)^{2/3}. \quad (17)$$

Следовательно, при расчете Δl время обнаружения пожара извещателем на объекте можно не учитывать, достаточно знать предельную высоту H защищаемого помещения и интенсивность Q возможного очага пожара.

Например, при $Q = 100$ кВт и $H = 20$ м для МТИ суммирующего типа ИП 102-2×2:

$$\Delta l = 24 \frac{0,02 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 10^{-3}} \left(\frac{100}{20} \right)^{2/3} = 0,47 \approx 0,5 \text{ м},$$

т.е. величина шага $\Delta l = 0,5$ м, который имеет в настоящее время данный извещатель, достаточна для обнаружения пожара интенсивностью 100 кВт в помещении высотой 20 м. При этом время обнаружения будет не более 25 с. Очевидно, что выражение (17) можно применять также для расчета расстояний между отверстиями в трубе аспирацион-

ных извещателей, задавая при этом соответствующие значения Q , H и E_{nop} , или при проектировании систем пожарной сигнализации с аналоговыми датчиками, сигналы которых суммируются на входе прибора.

С другой стороны, зная параметры датчика МТИ, можно, используя равенство (17), определить минимальную интенсивность очага пожара Q , которую данный извещатель обнаружит в помещении с заданной высотой потолка H .

Выводы

1. В результате проведенного исследования определено влияние величины шага Δl размещения чувствительных элементов многоточечных пожарных извещателей суммирующего типа на их обнаруживающую способность.

2. Получено аналитическое выражение для расчета Δl . Показано, что требуемая величина Δl зависит от физических параметров чувствительного элемента МТИ, высоты помещения и интенсивности очага пожара, который должен быть обнаружен извещателем в данном помещении, и практически не зависит от необходимого времени обнаружения.

3. Полученное выражение может быть использовано как для оценки возможности применения МТИ на конкретном объекте, так и для расчета интервалов между чувствительными элементами МТИ при их проектировании.

4. Результаты расчетов подтверждают правильность выводов о высокой эффективности применения многоточечных извещателей при обнаружении пожаров на ранних стадиях их возникновения в помещениях большой площади и с высокими потолками.

ЛИТЕРАТУРА

1. Здор В. Л., Филаретов М. Б., Старшинов Б. П., Карнаухов Г. М. Анализ эффективности применения тепловых многоточечных пожарных извещателей // Пожаровзрывобезопасность. 2004. Т. 13. № 1. С. 30.
2. Савин М. В., Здор В. Л. Современные системы раннего обнаружения пожара // Пожаровзрывобезопасность. 2003. Т. 12. № 3. С. 70.
3. Драйздейл Д. Введение в динамику пожаров / Под ред. Ю. А. Кошмарова. — М.: Стройиздат, 1990.
4. Шаровар Ф. И. Принципы построения устройств и систем автоматической пожарной сигнализации. — М.: Стройиздат, 1983.
5. Бронштейн И. Н., Семеняев К. А. Справочник по математике для инженеров и учащихся ВУЗов. — М.: Наука, 1980.
6. Кухлиг Х. Справочник по физике. — М.: Мир, 1983.

Поступила в редакцию 20.12.06.



Канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры "Пожарной тактики и службы" Академии ГПС МЧС РФ

Н. С. Артемьев



Канд. техн. наук, доцент, начальник кафедры "Пожарной тактики и службы" Академии ГПС МЧС РФ

А. В. Подгурский



Адъюнкт кафедры "Пожарной тактики и службы" Академии ГПС МЧС РФ

Д. Е. Опарин

УДК 614.841.412

СКОРОСТЬ ПРОДВИЖЕНИЯ ВОЗДУШНО-МЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕНЫ ПО ПОВЕРХНОСТИ НЕФТЕПРОДУКТА

На основании обработки данных экспериментов приведены зависимости скорости растекания огнетушащей пены и дальности ее продвижения по поверхности горючей жидкости от различных параметров: температуры жидкости, высоты расположения прибора подачи пены над ее поверхностью, времени подачи пены. Данные зависимости могут представлять интерес для практических работников при расчетных обоснованиях принимаемых решений по тушению пожаров и противопожарной защите.

Исследования проводились на резервуаре РВС-5000 диаметром 22,8 м и высотой 11,9 м. Резервуар был оборудован приборами для измерения давления взрыва паров, температуры, площади растекания пены. В качестве горючей жидкости использовался бензин А-80 с температурой вспышки 25°C, опыты проводились на верхнем и среднем уровнях взлива (10 и 5,5 м соответственно).

Высота слоя пены в резервуаре определялась с помощью специальной измерительной линейки, а площадь растекания пены — масштабной линейки. Толщина слоя бензина на водяной подушке в резервуаре составляла 0,15 м. Подача пены на тушение горящей в резервуаре жидкости производилась с помощью пеногенераторов (ГПС). Измерялись расход раствора пенообразователя и изменение площади растекания пены во времени.

На первом этапе опыты проводились по определению параметров растекания пены по холодной поверхности нефтепродукта. Пена подавалась из двух ГПС-2000, ее кратность составляла ~50, интенсивность подачи раствора пенообразователя — 0,08 л/(м²·с). Результаты опытов приведены в табл. 1.

Полученные результаты опытов свидетельствуют о том, что примерно через 3,3 мин скорость растекания пены уменьшается до ее средней величины, равной 0,5 м/мин. Пена, подаваемая из двух пеногенераторов в один общий пенный поток, по-

крывает всю площадь зеркала нефтепродукта в резервуаре.

По данным табл. 1 можно определить другие параметры пенного потока.

Объем полученной пены средней кратности можно рассчитать с помощью известной формулы:

$$W_n = N_{\text{ГПС}} q_{\text{ГПС}} \tau_{\text{раб}} k_n, \quad (1)$$

где $N_{\text{ГПС}}$ — количество работающих пеногенераторов данного типа;

$q_{\text{ГПС}}$ — расход пеногенератора по пены, м³/с;

$\tau_{\text{раб}}$ — время работы пеногенератора по подаче пены, с;

k_n — коэффициент, учитывающий фактическую кратность полученной пены.

Таблица 1. Параметры движения пены по холодной поверхности нефтепродукта в резервуаре

Время подачи пены, с	Высота слоя пены, м	Расход раствора пенообразователя, л/с	Кратность пены	Площадь растекания пены, м ²	Скорость растекания пены, м/с
15	0,70	40	50	14	1,25
35	0,65	40	50	45	0,31
200	0,50	40	50	200	0,07
450	0,45	40	50	390	0,05

Таблица 2. Параметры пенного слоя

Время подачи пены, с	Высота слоя пены, м	Площадь растекания пены, м ²	Объем полученной пены, м ³	Скорость растекания пены, м/с
20	0,46	14	14	0,073
110	0,50	75	75	0,042
350	0,52	300	400	0,021
400	0,53	390	800	0,02

Объем полученной пены средней кратности и высота ее слоя при движении по поверхности горящей в резервуаре жидкости приведены в табл. 2.

Высота слоя воздушно-механической пены средней кратности на поверхности горящей жидкости составляет около 0,5 м (на верхнем уровне взлива).

Исследования процессов растекания пены по поверхности горящего нефтепродукта на среднем уровне взлива (5,5 м) показали следующее. Пенная струя падает с высоты 6–7 м на поверхность горящей жидкости (рисунок), поэтому увеличивается количество разрушенной пены и ее сминаемость, следовательно уменьшается площадь растекания пены. Сложение динамического и статического напоров пенной струи, падающей с высоты на горящую жидкость, приводит к небольшому увеличению скорости движения пенного потока (табл. 3).

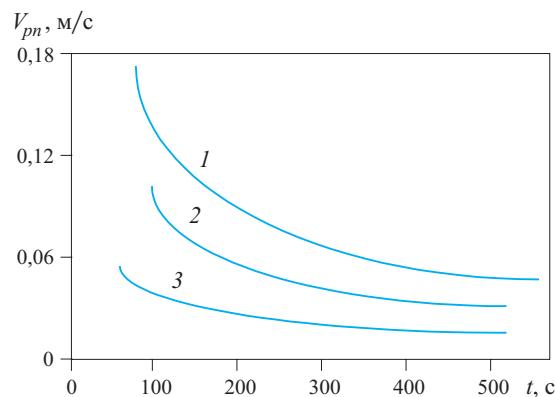
Скорость движения пенного потока по холодной поверхности нефтепродукта в 2,8 раза больше, чем по поверхности горящей жидкости.

На рисунке видно, что в начале подачи пены скорость ее растекания имеет максимальное значение. Потом она резко снижается и после трех минут движения имеет почти постоянное значение — 0,03 м/с. Скорость движения пены на среднем уровне взлива в 1,5 раза больше, чем на верхнем. При проведении расчетов можно использовать среднее значение скорости продвижение пены ($h_{\text{взл}} = 5,5$ м), равное 0,05 м/с в течение первых трех минут, а затем 0,03 м/с.

Согласно требованиям [1, 2] расчетное время подачи пены должно составлять 15 мин. Средняя

Таблица 3. Скорость растекания пены

Время подачи пены, с	Площадь растекания пены, м ²	Длина растекания пены, м	Скорость растекания пены, м/с
30	30	3,1	0,10
100	100	5,6	0,06
180	170	7,4	0,04
300	270	9,3	0,03
430	408	11,4	0,03



Скорость растекания пены в резервуаре: 1 — $h_{\text{взл}} = 10$ м, холодная жидкость; 2 — $h_{\text{взл}} = 5,5$ м, горящая жидкость; 3 — $h_{\text{взл}} = 10$ м, горящая жидкость

длина продвижения пены по поверхности горящей в резервуаре жидкости будет

$$L_{pn} = V_{pn} \tau_1 + V_{pn} \tau_2 = \\ = 0,05 \cdot 60 \cdot 3 + 0,03 \cdot 60 \cdot 12 = 30,8 \text{ м.}$$

Указанная величина дальности продвижения пены не гарантирует ликвидацию горения на всей площади. Дальнейшее увеличение времени подачи пены на тушение не приведет к резкому качественному улучшению этого процесса, так как средняя величина стойкости пены составляет 15 мин. Следовательно, увеличение времени подачи пены в резервуар приведет к быстрому ее разрушению и не ускорит процесс ликвидации горения. В этом случае следует повысить количество ГПС, подающих воздушно-механическую пену на тушение внутри резервуара.

ЛИТЕРАТУРА

1. Руководство по тушению нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках. — М.: ГУГПС, ВНИИПО, МИПБ МВД РФ, 2000. — 79 с.
2. Повзик Я. С., Холошня Н. С., Артемьев Н. С. Тактические задачи по тушению пожаров. — М.: ВИПТШ МВД СССР, 1987. — 148 с.

Поступила в редакцию 20.11.06.



Д-р техн. наук, начальник кафедры "Общей и специальной химии" Академии ГПС МЧС РФ
С. С. Воевода



Канд. техн. наук, докторант кафедры "Общей и специальной химии" Академии ГПС МЧС РФ
С. А. Макаров



Соискатель кафедры "Общей и специальной химии" Академии ГПС МЧС РФ
Б. А. Маркев

Д-р техн. наук, профессор кафедры "Общей и специальной химии" Академии ГПС МЧС РФ, заслуженный деятель науки РФ
А. Ф. Шароварников

УДК 614.84.664

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТУШЕНИЯ ЕВРОТОПЛИВ ФТОРСИНТЕТИЧЕСКОЙ ПЕНОЙ

Сделана попытка математического моделирования процесса тушения евротоплив фторсинтетической пленкообразующей пеной. Представленные математические выражения выполнены в соответствии с современными представлениями процесса пенного тушения и основаны на примере материального баланса между поданной и разрушенной пеной.

В России вместе с ростом объемов нефтепереработки происходит постепенный переход топлив на евротандарт. Разработанный технический регламент устанавливает обязательные требования для всех стадий производства и реализации нефтепродуктов по показателям экологической безопасности, соответствующим нормам ЕС 98/70. После вступления в силу регламента производить бензин ниже норм Евро-2 будет запрещено. Существенно изменен состав топлив, введены ограничения по концентрации в них серы, свинца, ароматических и олефиновых углеводородов, а некоторые топлива, так называемые смесевые, для повышения октанового числа будут содержать спирты.

Особенность тушения евротоплив фторсинтетической пеной состоит в том, что необходимо учитывать несколько процессов, одновременно происходящих во время тушения. Тем не менее модель строится из условия прекращения горения после полного покрытия поверхности горючей жидкости огнетушащим веществом (эффективной степени покрытия). Так как пена является пленкообразующей, то часть поверхности горючего будет покрыта пеной, а часть — пленкой. Если пена не обладает пленкообразующим действием, то расчеты производятся без учета скорости растекания водной пленки. Также принимается во внимание то, что пена будет разрушаться под воздействием тепла от факела пламени и от контакта с горючим (контактное разрушение) [1].

Эффективная степень покрытия поверхности горючего вычисляется по формулам:

$$\Theta = \Theta_f + \Theta_s; \quad (1)$$

$$\Theta = \frac{S_f + S_s}{S_0}; \quad (1a)$$

$$\Theta_s = \Theta_f c V_s; \quad (2)$$

$$\Theta = \Theta_f + \Theta_f c V_s, \quad (3)$$

где Θ_f и Θ_s — часть поверхности горючего, покрытая пеной и пленкой соответственно;

S_f и S_s — площадь, покрытая пеной и пленкой соответственно, m^2 ;

S_0 — площадь поверхности резервуара;

V_s — скорость растекания водной пленки из низкократной пены, mm/s ;

c — коэффициент пропорциональности, $с/mm$, связывающий скорость растекания и степень покрытия поверхности горючего пленкой, при тушении горючего в модельном резервуаре составляет (1,5–2,1) a ;

a — безразмерный коэффициент, зависящий от процентного содержания спирта в топливе.

Приняв $1 + cV_s = P$, имеем:

$$\Theta_s = \Theta_f P - \Theta_f; \quad (3a)$$

$$\Theta = \Theta_f P. \quad (4)$$

Запишем уравнение материального баланса:

$$qdt = \rho_f h_f S_0 d\Theta_f + U_0^f (1 - \Theta_f P) S_0 \Theta_f dt + U_0^s (1 - \Theta_f P) S_0 \Theta_s dt + \rho_s h_s S_0 d\Theta_s, \quad (5)$$

где q — секундный расход пены, кг/с;

ρ_f — плотность пены, кг/м³;

ρ_s — плотность водной пленки (равна плотности раствора пенообразователя), кг/м³;

h_f — средняя высота пенного слоя, м;

U_0^f и U_0^s — удельная скорость разрушения пены и пленки соответственно, кг/(м²·с);

h_s — толщина водной пленки, м.

В данном выражении учитывается механизм потери пенного раствора через процесс растекания водной пленки по поверхности горючего. Необходимо иметь ввиду, что пленка испаряется под воздействием факела пламени и постоянно подпитывается из пены, поэтому все члены уравнения (5) связаны через Θ_f . В связи с малым значением h_s (толщина водной пленки составляет всего 20–40 мкм) величина последнего слагаемого правой части уравнения (5) незначительна относительно величин трех других членов. Поэтому пренебрежем этим слагаемым и с учетом выражения (4) получим:

$$qdt = \rho_f h_f S_0 d\Theta_f + U_0^f (1 - \Theta_f P) S_0 \Theta_f dt + U_0^s (1 - \Theta_f P) S_0 (\Theta_f P - \Theta_f) dt; \quad (6)$$

$$qdt = \rho_f h_f S_0 d\Theta_f + (U_0^f + U_0^s (P - 1)) (1 - \Theta_f P) S_0 \Theta_f dt. \quad (6a)$$

Для простоты дальнейших расчетов представим $U_0^f + U_0^s (P - 1) = U_0$. Разделив обе части уравнения материального баланса (6а) на площадь поверхности горючей жидкости S_0 , с учетом того, что $q/S_0 = J$ (J — интенсивность подачи пены), получим:

$$Jdt = \rho_f h_f d\Theta_f + U_0 (1 - \Theta_f P) \Theta_f dt. \quad (7)$$

Приведем дифференциальное уравнение (7) к виду, удобному для интегрирования:

$$dt = \frac{\rho_f h_f d\Theta_f}{U_0 P \Theta_f^2 + (-U_0 \Theta_f) + J}. \quad (7a)$$

Проинтегрировав уравнение (7а) в пределах от $\tau = 0$, $\Theta_f = 0$ до $\tau = \tau_m$ (τ_m — время тушения, с), $\Theta_f = 1/P$, имеем:

$$\tau_m = \frac{2\rho_f h_f}{\sqrt{U_0(4JP - U_0)}} \operatorname{arctg} \frac{2U_0}{\sqrt{4U_0 PJ - U_0^2}}. \quad (8)$$

Формула (8) описывает зависимость времени тушения от интенсивности подачи пены. По мере снижения интенсивности подачи пены время тушения будет увеличиваться и в случае, когда $\tau_m \rightarrow \infty$, реализуется критическая ситуация тушения. Величину интенсивности, соответствующую этому времени, назовем критической интенсивностью подачи пены J_{kp} . Время тушения стремится к бесконечности в случае, если знаменатель подкоренного выражения члена, стоящего перед тригонометрической функцией, стремится к нулю. Это условие реализуется при $4JP - U_0 \rightarrow 0$. Поэтому

$$J_{kp} = U_0/4P; \quad (9)$$

$$J_{kp} = \frac{U_0^f + U_0^s (P - 1)}{4P}. \quad (9a)$$

Удельную скорость разрушения пены U_0^f представим как сумму удельных скоростей контактного U_k^f и термического $U_{t^o}^f$ разрушения пены:

$$U_0^f = U_k^f + U_{t^o}^f. \quad (9b)$$

Удельную скорость разрушения пены с учетом выражения, предложенного в работе [2], представим в виде:

$$U_0^f = \frac{aP_0 r \sigma^2}{K^2} \frac{1 - C_0}{C_0} \exp\left(-\frac{B}{RT}\right) + \frac{U_m Q_e}{z Q_b}, \quad (9b)$$

где a — константа;

P_0 — капиллярное давление в пенных каналах, Па;

r — средний радиус пенных пузырьков, м;

σ — поверхностное натяжение пенообразующего раствора, мН/м;

K — кратность пены;

C_0 — предельная концентрация полярного растворителя;

B — энергия активации вязкого течения, Дж;

R — универсальная газовая постоянная, Дж/(К·моль);

T — температура, К;

U_m — удельная скорость выгорания горючего в стационарном режиме, кг/(м²·с);

Q_e и Q_b — удельная теплота, необходимая для испарения горючей жидкости и воды соответственно, кДж/кг;

z — безразмерный коэффициент, учитывающий часть поверхности пузырьков, на которую действует тепло факела пламени (форму пузырьков пены), $z = 0,15-0,3$.

Удельную скорость разрушения пленки представим в виде:

$$U_0^s = \frac{U_m Q_e c V_s}{Q_e}. \quad (9g)$$

Перепишем уравнение (8) с учетом выражения (9):

$$\tau_m = \frac{\rho_f h_f}{2\sqrt{J_{kp}P(J - J_{kp})}} \arctg \frac{2J_{kp}}{\sqrt{J_{kp}P(J - J_{kp})}}. \quad (10)$$

Заменив тригонометрическую функцию степенным рядом, с учетом его первого члена получим:

$$\tau_m = \frac{\rho_f h_f}{P(J - J_{kp})}. \quad (10a)$$

Из формулы (10a) следует, что чем выше скорость растекания водной пленки, тем меньшее время необходимо для тушения пламени евротоплива при заданной интенсивности подачи пены. Среднюю толщину пенного слоя представим в виде полусуммы толщины слоя пены h_q в месте всплыивания и минимального слоя пены h_0 :

$$h_f = \frac{h_0 + h_q}{2}; \quad (11)$$

$$h_f = \frac{h_0 + \beta J}{2}. \quad (11a)$$

Так как параметр β определяется соотношением h_0/J_{kp} , то среднюю высоту пенного слоя можно выразить следующим образом:

$$h_f = h_0 \frac{1 + J/J_{kp}}{2}. \quad (11b)$$

С учетом выражения (11b) получена формула для определения времени тушения в зависимости от интенсивности подачи пены:

$$\tau_m = \frac{\rho_f h_0 (J_{kp} + J)}{2J_{kp} P(J - J_{kp})}; \quad (12)$$

$$\tau_m = \frac{\rho_f h_0 (J_{kp} + J)}{2J_{kp} (1 + cV_s)(J - J_{kp})}. \quad (12a)$$

Удельный расход раствора пенообразователя на тушение 1 м² поверхности горючего определяем как

$$Q_{y\delta} = J\tau_m; \quad (13)$$

$$Q_{y\delta} = \frac{\rho_f h_0 J (J_{kp} + J)}{2J_{kp} P(J - J_{kp})}. \quad (13a)$$

Приняв за критерий оптимальной интенсивности ту интенсивность, при которой расходуется минимальное количество раствора пенообразователя $Q_{min}^{y\delta}$, имеем:

$$dQ_{y\delta}/dJ = 0; \quad (14)$$

$$\left[\frac{\rho_f h_0 J (J_{kp} + J)}{2J_{kp} P(J - J_{kp})} \right]' = 0. \quad (14a)$$

Продифференцировав левую часть выражения (14a) с учетом того, что $\rho_f h_0 / 2J_{kp} P = \text{const}$, и решив квадратное уравнение, получим:

$$J_{omn} = (1 + \sqrt{2})J_{kp}. \quad (15)$$

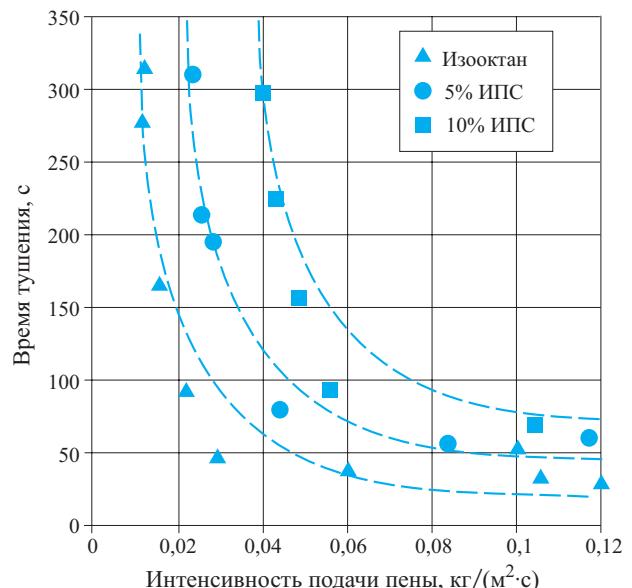
Подставив вместо интенсивности правую часть выражения (15), в формуле по определению удельного расхода (13a) имеем:

$$Q_{min}^{y\delta} = \frac{(1,5 + \sqrt{2})}{P} \rho_f h_0. \quad (16)$$

Если в выражении (16) P заменить на $1 + cV_s$, то оно примет вид:

$$Q_{min}^{y\delta} = \frac{(1,5 + \sqrt{2})}{1 + cV_s} \rho_f h_0. \quad (16a)$$

На рисунке представлена зависимость времени тушения от интенсивности подачи пены. Точками обозначены результаты эксперимента, пунктирные кривые — расчет. Пунктирные кривые удовлетворяют



Зависимость времени тушения от интенсивности подачи пены; вода — пресная мягкая; топливо — изооктан + ИПС

рительно совпадают с результатами эксперимента, что свидетельствует о правильности выбора модели. Принимая во внимание наличие экспериментальных данных по скорости растекания водной пленки и контактной устойчивости пены, расчет проводился из условий: скорость растекания вод-

ной пленки по поверхности изооктана — 2,9 мм/с, изооктана с содержанием 5% ИПС — 1,6 мм/с, изооктана с содержанием ИПС 10% — 0,1 мм/с; удельная скорость контактного разрушения пены на поверхности изооктана с содержанием 5% ИПС — 0,0029 кг/(м²·с) и 10% ИПС — 0,0047 кг/(м²·с).

ЛИТЕРАТУРА

1. Шароварников А. Ф. и др. // Тушение пожаров нефти и нефтепродуктов. — М.: Издательский дом “Калан”, 2002. — 448 с.
2. Шароварников А. Ф. Контактное разрушение пен водно-органическими смесями / Горение и проблемы тушения пожаров: Материалы 6-й Всес. науч.-практ. конф. — М.: ВНИИПО, 1979. — С. 32.

Поступила в редакцию 19.12.06.



Интерактивное учебное пособие “ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ОБЪЕКТОВ”

Представляет курс, построенный на основе методических материалов, разработанных ведущими специалистами кафедры пожарной безопасности Московского государственного строительного университета, и включает 16 уроков (лекции и тестовые вопросы), объединенные в электронный учебник.

Учебно-методическое пособие содержит сборник нормативных актов по организации и обеспечению пожарной безопасности объектов.

Поурочная структура курса позволяет изучать материал в удобное время и в удобном темпе.

Данное интерактивное учебное пособие рекомендуется для проведения дистанционного обучения.

Курс рассчитан на самостоятельное изучение и консультационной помощью не поддерживается.

Освоив предлагаемый материал, вы можете сдать квалификационный экзамен в виде контрольного тестирования по всем пройденным темам.

Успешно сдавшим квалификационный экзамен предоставляется скидка 30% от базовой стоимости курса и выдается удостоверение государственного образца, подтверждающее прохождение слушателем курса повышения квалификации руководителей и специалистов в объеме 72-часовой программы.

Удостоверение высыпается на почтовый адрес слушателя или вручается лично в УВЦ ИИБС МГСУ по адресу: Москва, ул. Смирновская, дом 1 А.

По вопросам приобретения компакт-диска обращаться по адресу:

109052, Москва, ул. Смирновская, дом 1 А, каб. 400

Тел./факс: (095) 918-03-11, 918-03-60

E-mail: vasillkova@gmail.com



Канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры "Пожарной тактики и службы" Академии ГПС МЧС РФ

Н. С. Артемьев



Канд. техн. наук, доцент, начальник кафедры "Пожарной тактики и службы" Академии ГПС МЧС РФ

А. В. Подгрушный



Адъюнкт кафедры "Пожарной тактики и службы" Академии ГПС МЧС РФ

Д. Е. Опарин

УДК 614.841.412

КОЭФФИЦИЕНТ РАЗРУШЕНИЯ ВОЗДУШНО-МЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕНЫ СРЕДНЕЙ КРАТНОСТИ ПРИ ТУШЕНИИ ЖИДКОСТИ В РЕЗЕРВУАРЕ

В научной и учебной литературе по тушению пожаров нефтепродуктов в резервуарах воздушно-механической пены средней кратности расчетные значения коэффициента разрушения пены ограничены величинами от 3 до 5 в зависимости от конкретной оперативно-тактической обстановки на пожаре. Однако конкретные условия этой обстановки и связанные с ними соответствующие величины коэффициента разрушения пены не приводятся [1–3]. Рекомендуются для практического использования при тушении пожаров горючих жидкостей в резервуарах пеной средней кратности средние значения коэффициента разрушения пены, определенные экспериментальным путем.

Коэффициент разрушения воздушно-механической пены (ВМП) является одним из параметров, определяющих: высоту (толщину) гасящего слоя пены; требуемое количество генераторов пены средней кратности для тушения пожара; площадь растекания по поверхности горящего нефтепродукта и подаваемой в резервуар пены.

Исследования проводились следующим образом. Вертикальный стальной резервуар объемом 5000 м³ заполнялся водой до определенного уровня. Сверху на воду наливался бензин слоем толщиной 0,15 м. Для его тушения применялись генераторы пены средней кратности ГПС-2000. Кратность измерялась на выходе пенной струи из ГПС и составляла ~50. Площадь растекания пены по поверхности горящей жидкости определялась визуально и фиксировалась во времени наблюдателем с вышки.

Параметры тушения бензина в резервуаре ВМП средней кратности приведены в табл. 1.

Вначале пена накапливается в месте соприкосновения пенной струи с поверхностью горящего бензина. Площадь растекания пены растет медленно из-за высокой температуры факела пламени и соприкосновения с нагретой поверхностью бензина, что интенсивно разрушает пену. Затем происходит ликвидация горения на небольшой площади, и пена продвигается дальше по поверхности горящего нефтепродукта с некоторым увеличением скорости роста площади растекания. При продвижении пены

ближе к противоположному борту от места ее падения на зеркало жидкости в слое пены остаются отдельные небольшие очаги горения паров бензина, которые в дальнейшем покрываются новыми пенными потоками и ликвидируются уже после того, как пена дойдет до противоположного борта резервуара.

По представленным в табл. 1 результатам экспериментальных исследований можно рассчитать коэффициент разрушения пены по формуле:

$$K_p = \frac{W_n^m}{h_{cl}S_p} = \frac{N_{ГПС} q_{ГПС}^{p-p} k_n \tau_{раб}}{h_{cl}S_p \cdot 1000},$$

где W_n^m — теоретический объем пены, полученный за время работы ГПС, л;

Таблица 1. Параметры тушения бензина в резервуаре ВМП

Время подачи пены, с	Расход раствора, л/с	Кратность пены	Площадь растекания пены, м ²	Результат тушения
30	40	50	30	
100	40	50	100	
180	40	50	170	Не потушено
300	40	50	270	
430	40	50	408	

h_{cl} — высота слоя пены, равна 0,5 м;
 S_p — площадь растекания пены по поверхности горящей жидкости за время ее подачи на тушение, м^2 ;
 $N_{\text{ГПС}}$ — количество работающих пеногенераторов данного типа;
 $q_{\text{ГПС}}^{p-p}$ — расход ГПС по раствору пенообразователя, $\text{м}^3/\text{с}$;
 k_n — кратность пены, равна 50;
 $\tau_{\text{раб}}$ — время работы ГПС по подаче пены, с.
Результаты расчетов по указанной формуле приведены в табл. 2.

Таким образом, средняя величина коэффициента разрушения, полученная в ходе эксперимента, составляет около 4,16. В научной и учебной литературе по тушению пожаров нефтепродуктов в резервуарах ВМП средней кратности приводятся значения коэффициента разрушения пены от 3 до 5 в зависимости от различной оперативно-тактической обстановки на пожаре. Однако конкретные условия

Таблица 2. Коэффициент разрушения ВМП средней кратности при тушении бензина в резервуаре

Время подачи пены, с	Расход раствора, л/с	Площадь растекания пены, м^2	Объем пены, м^3	Коэффициент разрушения
30	40	30	60	4,0
100	40	100	200	3,8
180	40	170	360	4,3
300	40	270	600	4,5
430	40	408	860	4,2
Среднее				4,16

этой обстановки и связанные с ними соответствующие величины коэффициента разрушения пены не указываются [1–3]. Для практического использования можно рекомендовать среднее значение коэффициента разрушения пены, равное 4,2 при среднем уровне взлива нефтепродукта в резервуаре, 3 — при верхнем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванников В. П., Клюс П. П. Справочник руководителя тушения пожара. — М.: Стройиздат, 1987. — 288 с.
2. Справочное пособие по пожарной тактике / Под ред. Н. М. Евтушкина и Я. С. Повзика. — М.: ВИПТШ МВД СССР, 1975. — 176 с.
3. Руководство по тушению нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервных парках. — М.: ГУГПС, ВНИИПО, МИПБ МВД РФ, 2000. — 79 с.

Поступила в редакцию 20.11.06.



Издательство ООО “Издательство “Пожнаука”
109052, г. Москва, ул. Смирновская, д. 1А
(495) 918-0311, 918-0360, 918-1890
e-mail: firescience@pisem.net;
<http://www.firepress.ru>

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

ООО “Издательство “Пожнаука” более 10 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 года. Периодичность — 6 номеров в год. С октября 2001 года 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.

Журнальное приложение “Пожарная безопасность в строительстве”

Издается с декабря 2004 года. Периодичность — 6 номеров в год. 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 — 28000 руб. + 1 двухцветная полоса бесплатно

3-я полоса — 25000 руб. + 1 двухцветная полоса бесплатно

4-я полоса — 35000 руб. + 2 двухцветные полосы бесплатно

2. Рекламная статья: 1/1 двухцветной полосы — 12000 руб.

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

4. Рекламные вклейки:

Размер модуля	Стоимость модуля, руб.	
	полноцветного	двухцветного
1/1 полосы (215 × 300 мм)	17000	12000
1/2 полосы (190 × 137 мм)	11000	9000

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

Тираж: 10000 экз.

Технические требования к макету

Растровые оригинал-макеты представляются в форматах TIF, PSD (с необъединенными слоями) с разрешением не менее 300 dpi, черно-белая штриховая графика — 600 dpi. Размер элементов на вылет — 5 мм. Цветовая модель — CMYK.

Векторные оригинал-макеты передаются в CDR, AI, EPS. Шрифты должны быть в кривых. Цветовая модель — CMYK.

Размер оригинал-макета должен точно соответствовать размеру рекламного модуля. К каждому оригинал-макету прилагается распечатка.

Возможно изготовление оригинал-макета рекламного модуля исполнителем.

Спецпредложение!

Для наших рекламодателей мы предоставляем возможность бесплатного распространения буклетов и листовок (200 экз.) на выставках в г. Москве, в которых данный номер журнала будет принимать участие.

ПРЕДЛАГАЕМ ВАМ СЛЕДУЮЩИЕ ИЗДАНИЯ В СФЕРЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Наименование	Цена руб./экз.
ДЛЯ ПОДПИСЧИКОВ ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДАНИЙ!	
Научно-технический журнал “Пожаровзрывобезопасность”	
Практическое приложение “Пожарная безопасность в строительстве”	
Специализированное издание о последних достижениях в сфере предупреждения и тушения пожаров с приложением по проблемам пожарной безопасности в строительстве.	
Периодичность выхода комплекта — 6 раз в год.	
1 комплект (журнал + приложение)	420
Полугодовая подписка на комплект	1260
Годовая подписка на комплект	2520
Журнал “Пожаровзрывобезопасность” (архив на CD-диске), номера за 2002–2004 гг.	204
Стоимость электронной версии одного журнала	
Журнал “Пожаровзрывобезопасность” с приложением “Пожарная безопасность в строительстве” (архив на CD-диске), номера 2005 г.	324
Стоимость электронной версии одного комплекта	
Журнал “Пожаровзрывобезопасность” с приложением “Пожарная безопасность в строительстве” (архив на CD-диске), номера 2006 г.	349
Стоимость электронной версии одного комплекта	
УЧЕБНЫЕ И СПРАВОЧНЫЕ ИЗДАНИЯ	
А. Я. Корольченко, Д. А. Корольченко “Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов и средства их тушения”: Справочник в 2-х т. — М.: Пожнauка, 2004. — 1-й том — 713 с.; 2-й том — 774 с.	2200
Н. Н. Брушлинский, А. Я. Корольченко “Моделирование пожаров и взрывов”. — М.: Пожнauка, 2000. — 492 с.	360
Л. П. Пилюгин “Обеспечение взрывоустойчивости зданий с помощью предохранительных конструкций”. — М.: Пожнauка, 2000. — 224 с.	240
В. М. Ройтман “Инженерные решения по оценке огнестойкости проектируемых и реконструируемых зданий”. — М.: Пожнauка, 2001. — 382 с.	300
А. Я. Корольченко, Д. В. Трушкин “Пожарная опасность строительных материалов”: Учебное пособие. — М.: Пожнauка, 2006. — 232 с.	200

Наименование	Цена руб./экз.
Н. А. Тычино “Огнезащита и биозащита строительной древесины посредством капиллярной пропитки”. — М.: Пожнаука, 2004. — 107 с.	175
В. Н. Баранин “Экономика чрезвычайных ситуаций и управление рисками”. — М.: Пожнаука, 2004. — 332 с.	120
А. Ф. Шароварников, В. Л. Молчанов, С. С. Воевода, С. А. Шароварников “Тушение пожаров нефти и нефтепродуктов”: Учебное пособие. — М.: Пожнаука, 2006. — 438 с.	350
А. Ф. Шароварников, С. А. Шароварников “Пенообразователи и пены для тушения пожаров. Состав. Свойства. Применение”: Справочник. — М.: Пожнаука, 2006. — 336 с.	250
М. М. Любимов, С. В. Собурь “Пожарная и охранио-пожарная сигнализация”: Справочник в 2-х т. — М.: ПожКнига, 2005. — 1-й т. — 292 с.; 2-й т. — 308 с.	420
В. В. Теребнёв “Справочник руководителя тушения пожара. Тактические возможности пожарных подразделений”: Справочник. — М.: Пожнаука, 2004.	120
В. С. Родин, О. Н. Найденков, С. В. Собурь “Справочник инспектора пожарного надзора”: Справочник в 2-х т. — М.: ПожКнига, 2005. — 1-й т. — 400 с.; 2-й т. — 368 с.	350
Сборник официальных материалов по пожарной безопасности. — М.: Изд-во ООО ИБС Холдинг. — Выпуск 2005 г.	300
СЕРИЯ “СОВРЕМЕННАЯ ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ”	
А. Я. Корольченко, Д. А. Корольченко “Основы пожарной безопасности предприятия. Полный курс пожарно-технического минимума”: Учебное пособие. — М.: Пожнаука, 2006. — 320 с.	300
А. Я. Корольченко, О. Н. Корольченко “Средства огнезащиты”: Справочник. — М.: Пожнаука, 2006. — 258 с.	200
СЕРИЯ “ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА И ТУШЕНИЕ ПОЖАРОВ”	
В. В. Теребнёв, Н. С. Артемьев, А. И. Думилин “Общественные здания и сооружения”: Учебное пособие. — М.: Пожнаука, 2006. — 352 с.	НОВИНКА 320
В. В. Теребнёв, Н. С. Артемьев, В. А. Грачёв, А. В. Подгрушный “Промышленные здания и сооружения”: Учебное пособие. — М.: Пожнаука, 2006. — 370 с.	НОВИНКА 320
В. В. Теребнёв, Н. С. Артемьев, А. В. Подгрушный “Здания повышенной этажности”: Учебное пособие. — М.: Пожнаука, 2006. — 240 с.	НОВИНКА 300
Электронная версия самообучающего учебного пособия по курсу “Пожарная безопасность объекта” . Пособие включает в себя сборник нормативных актов по организации и обеспечению пожарной безопасности объектов	1100
Электронная версия учебного пособия по курсу “Пожарная безопасность объекта” , авторы — Корольченко А.Я. и др. Пособие включает в себя сборник нормативных актов по организации и обеспечению пожарной безопасности объектов	НОВИНКА 450
Электронная версия комплекта типовых инструкций по пожарной безопасности для руководителя предприятия	НОВИНКА 1000

Наименование	Цена руб./экз.
СЕРИЯ “БИБЛИОТЕКА НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОГО РАБОТНИКА”	
С. В. Собурь “Пожарная безопасность”: Справочник. — 2-е изд. (с изм.). — М.: ПожКнига, 2005. — 292 с.	120
С. В. Собурь “Пожарная безопасность промпредприятий”: Справочник. — М.: ПожКнига, 2004. — 216 с.	150
С. В. Собурь “Пожарная безопасность складов”: Справочник. — М.: ПожКнига, 2004. — 240 с.	150
С. В. Собурь “Пожарная безопасность общественных и жилых зданий”: Справочник. — 2-е изд. с доп. и измен. — М.: ПожКнига, 2004. — 224 с.	150
С. В. Собурь “Пожарная безопасность нефтегазохимических предприятий”: Справочник. — М.: ПожКнига, 2004. — 432 с.	180
С. В. Собурь “Пожарная безопасность сельскохозяйственных предприятий”: Справочник. — М.: ПожКнига, 2004. — 88 с.	45
СЕРИЯ “ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЯ”	
С. В. Собурь “Пожарная безопасность предприятия. Курс пожарно-технического минимума”: Справочник. — М.: ПожКнига, 2006. — 496 с.	250
С. В. Собурь “Краткий курс пожарно-технического минимума”: Справочник. — 2-е изд. с доп. и измен. — М.: ПожКнига, 2004. — 304 с.	120
С. В. Собурь “Огнетушители”: Справочник. — М.: ПожКнига, 2006. — 96 с.	60
С. В. Собурь “Установки пожаротушения автоматические”: Справочник. — М.: ПожКнига, 2004. — 408 с.	200
С. В. Собурь “Установки пожарной сигнализации”: Справочник. — 4-е изд. (с измен.). — М.: ПожКнига, 2004. — 296 с.	150
С. В. Собурь “Пожарная безопасность электроустановок”: Справочник. — М.: ПожКнига, 2004. — 280 с.	150
С. В. Собурь “Огнезащита материалов и конструкций”: Справочник. — М.: ПожКнига, 2004. — 256 с.	150
С. В. Собурь “Предпринимателю о пожарной безопасности предприятия”: Справочник. — 2-е изд. с доп. и измен. — М.: ПожКнига, 2004. — 328 с.	120
С. В. Собурь “Заполнение проемов в противопожарных преградах”: Справочник. — М.: ПожКнига, 2004. — 187 с.	90
С. В. Собурь “Доступно о пожарной безопасности”: Брошюра. — М.: ПожКнига, 2004. — 32 с.	20
СЕРИЯ “ОХРАНА ТРУДА”	
О. С. Ефремова “Охрана труда в строительстве”: Сборник. Ч. 1. — М.: Альфа-Пресс, 2006. — 400 с.	140
О. С. Ефремова “Охрана труда в строительстве”: Сборник. Ч. 2. — М.: Альфа-Пресс, 2006. — 468 с.	140
О. С. Ефремова “Охрана труда в строительстве”: Сборник. Ч. 3. — М.: Альфа-Пресс, 2006. — 300 с.	140
О. С. Ефремова “Сборник инструкций по охране труда”. Ч. 1. — М.: Альфа-Пресс, 2006. — 336 с.	100
О. С. Ефремова “Сборник инструкций по охране труда”. Ч. 2. — М.: Альфа-Пресс, 2006. — 320 с.	100

Наименование	Цена руб./экз.
О. С. Ефремова “Сборник инструкций по охране труда”. Ч. 3. — М.: Альфа-Пресс, 2006. — 440 с.	100
О. С. Ефремова “Изменения и дополнения в законодательстве об охране труда”. — М.: Альфа-Пресс, 2007. — 176 с.	90
О. С. Ефремова “Обучение и инструктирование работников по охране труда”. — М.: Альфа-Пресс, 2007. — 160 с.	55
О. С. Ефремова “Охрана труда в организации в схемах и таблицах”. — М.: Альфа-Пресс, 2007. — 108 с.	155
О. С. Ефремова “Охрана труда от “А” до “Я”. — 4-е изд. — М.: Альфа-Пресс, 2007. — 516 с.	160
В. П. Ковалев “Система работы с приказами по предприятию специалиста по охране труда и технике безопасности”. — М.: Альфа-Пресс, 2006. — 60 с.	60
О. С. Ефремова “Документация по охране труда в организации”. — М.: Альфа-Пресс, 2007. — 1366 с.	55
О. С. Ефремова. Журналы по охране труда (комплект из 8 шт.). — 2007.	170
И. Д. Еналеева “200 образцов должностных инструкций”. — М.: Альфа-Пресс, 2007. — 416 с.	105

ГОТОВИТСЯ К ИЗДАНИЮ

А. Я. Корольченко

“Процессы горения и взрыва”: Учебник. — М.: Пожнauка, 2007.

Изложены современные представления о закономерностях процессов возникновения горения, распространения пламени и прекращения горения веществ, находящихся в газообразном, жидком и твердом состояниях. В доступной форме представлены теории самовоспламенения и вынужденного зажигания. Описаны особенности протекания химических процессов в предпламенной зоне, зоне пламени и зоне догорания. Подробно рассмотрен механизм химических превращений при горении водорода, оксида углерода и низших углеводородов. Дан анализ процессов флегматизации и ингибиции пламени, прекращения горения.

Описаны показатели, характеризующие пожаровзрывоопасность веществ и материалов в различных агрегатных состояниях, методы расчетного и экспериментального определения этих показателей.

Учебник подготовлен на основе курса лекций по дисциплине “Теория горения и взрыва” Московского государственного строительного университета и предназначен для студентов технических ВУЗов, обучающихся по специальностям “Пожарная безопасность”, “Безопасность технологических процессов и производств”, “Безопасность в техносфере”, “Безопасность при чрезвычайных ситуациях”.

В. И. Горшков

“Тушение пламени горючих жидкостей”. — М.: Пожнauка, 2007.

Подробно описаны основные механизмы тушения пламени горючих жидкостей, обусловленные особенностями взаимодействия химических и физических процессов, характерных для ликвидации горения распыленной водой и порошковыми составами.

Поскольку на процесс тушения существенное влияние оказывает скорость выгорания жидкостей, определяя интенсивность, расход огнетушащего вещества, время и критические условия тушения, то описание закономерностей выгорания в книге удалено значительное внимание.

Структурно книга состоит из двух разделов, в которых описаны процессы выгорания жидкостей и тушение пламени водой и порошковыми составами. Приведены экспериментальные данные, характеризующие эти процессы.

Результаты экспериментальных исследований послужили основой для создания методов расчета скорости выгорания и основной характеристики процесса тушения, связывающей время тушения с интенсивностью подачи огнетушащего вещества.

Книга написана на основе результатов многолетних исследований автора, выполненных во время его работы во ВНИИ противопожарной обороны.

Книга рассчитана на специалистов пожарной охраны, разработчиков систем противопожарной защиты зданий и сооружений, производителей систем автоматической противопожарной защиты, специалистов в области пожарной безопасности.

Наименование	Цена руб./экз.
В. А. Грачёв, Д. В. Поповский, В. В. Теребнёв “Газодымозащитная служба”: Учебник. — М.: Пожнаука, 2007.	Подробно рассмотрен порядок организации и обеспечения деятельности газодымозащитной службы, подготовки газодымозащитников. Специальный раздел посвящен рассмотрению воздействия опасных факторов пожара на организм человека. Большое внимание уделено устройству и особенностям правильной эксплуатации средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения человека. Учебник одобрен и рекомендован Министерством РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий.
В. А. Грачёв, В. В. Теребнёв “Средства и способы защиты органов дыхания и зрения”: Справочник. — М.: Пожнаука, 2007.	Рассматриваются история создания и современное состояние производства и применения средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения (СИЗ) на пожарах, термины, определения, классификация СИЗ, основные технические требования и методы их испытаний. Приведены основные технические требования, предъявляемые СИЗ и комплектующим частям.
Д. А. Корольченко “Огнетушители. Практическое применение”: Учебное пособие. — М.: Пожнаука, 2007.	Рассматриваются вопросы классификации, выбора и применения огнетушителей на пожаре. Содержит нормативно-технические документы, применяемые при проведении пожарно-профилактических мероприятий на предприятиях.
В. В. Теребнёв, Н. С. Артемьев, А. В. Подгрушный “Объекты добычи, переработки и хранения горючих жидкостей и газов”: Учебное пособие. — М.: Пожнаука, 2007.	Предназначено для рабочих различных отраслей промышленности, студентов технических ВУЗов, слушателей курсов повышения квалификации и широкого круга читателей.
В. В. Теребнёв, Н. С. Артемьев, В. А. Грачёв, О. Ю. Сабинин “Леса, торфяники, лесосклады”: Учебное пособие. — М.: Пожнаука, 2007.	Изложены требования нормативных документов по пожарной безопасности объектов хранения, переработки горючих жидкостей и газов. Рассматриваются проблемы обеспечения пожарной безопасности хранения нефти и нефтепродуктов, примеры тушения крупных пожаров. Даны рекомендации по тушению пожаров резервуарных парков, технологического оборудования НПЗ. Рассмотрена тактика тушения пожаров горючих жидкостей и газов на открытом пространстве.
В. В. Теребнёв, Н. С. Артемьев, В. А. Грачёв, О. Ю. Сабинин “Леса, торфяники, лесосклады”: Учебное пособие. — М.: Пожнаука, 2007.	Излагаются требования нормативных документов по пожарной безопасности лесов, торфяников, лесоскладов. Авторы анализируют проблемы обеспечения пожарной безопасности лесных участков и складов древесины, рассматривают примеры тушения крупных пожаров. Рассмотрена тактика тушения лесных пожаров и пожаров на торфяниках.
В. В. Теребнёв, Н. С. Артемьев, В. А. Грачёв, А. И. Думилин “Транспорт: наземный, морской, речной, воздушный, метро”: Учебное пособие. — М.: Пожнаука, 2007.	Приведены существующие и новейшие разработки в области противопожарной защиты водного, воздушного, автомобильного и железнодорожного транспорта, метрополитена. Рассмотрены вопросы развития и тушения пожаров в этих видах транспорта. Книга предназначена для работников пожарной охраны, инженерно-технического состава предприятий транспорта, слушателей и курсантов учебных заведений МЧС РФ, морских учебных заведений.

**Издательство приглашает к сотрудничеству
авторов и распространителей!**

Для наших распространителей существует гибкая система скидок!

Заявку направить в отдел распространения издательства ООО “Издательство “Пожнаука”:

- ✓ по почте: 109052, г. Москва, ул. Смирновская, д. 1А;
- ✓ по тел./факсу: (495) 918-03-11, 918-03-60, 918-18-90 (многоканальные);
- ✓ по e-mail: firescience@pisem.net, vasillkova@gmail.com;
- ✓ <http://www.firepress.ru>

Название организации, реквизиты (ИНН/КПП обязательно)	ВНИМАНИЮ ЗАКАЗЧИКОВ! <u>Электронные версии высылаются по электронной почте!</u>
Наименование и количество заказываемой литературы (электронных версий)	
Вид доставки <ul style="list-style-type: none">• самовывоз• почтовая (+20% от стоимости заказа)	
Почтовый адрес, тел./факс, контактное лицо, e-mail	

ВНИМАНИЮ ПОДПИСЧИКОВ ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДАНИЙ!

ООО “Издательство “Пожнаука” продолжает подписку на 2007 г. на специализированный научно-технический журнал “Пожаровзрывобезопасность” с приложением “Пожарная безопасность в строительстве”.

Стоимость подписки на полугодие — 1260 руб., на год — 2520 руб.

Подписка осуществляется:

- в почтовом отделении по каталогам “Роспечать” (83340) и ЗАО АПР (83647);
- через подписные агентства ООО “Вся пресса”, ООО “Интерпоста”, ООО “АртосГал”, ООО “Урал-Пресс XXI” и ООО “Информ-наука”.

Контактные телефоны: (495) 918-0311, 918-0360, 918-1890 (многоканальные)

E-mail: firescience@pisem.net

Отдел рекламы: О. И. Нестерова, Л. И. Рахманова

Отдел распространения: Е. Н. Василькова

**МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

УЧЕБНО-ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР
тел./факс: (495) 918-03-60, 918-03-11, 918-18-90
E-mail: uvctoutor@zebra.ru, www.mgsu.ru



Лицензия

Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки РФ
серия А № 164498; ГУ ГПС МЧС РФ № 1/1061

ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПЕРЕПОДГОТОВКА

специалистов предприятий и организаций по программам дополнительного профессионального образования на основании установленных квалификационных требований по должностям:

Инженер (техник) по специальности 330400

“Пожарная безопасность” (550 часов – 6 месяцев)

Изучаемые дисциплины:

- Пожар. Пожарная безопасность
- Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов
- Средства пожаротушения
- Пожаровзрывобезопасность технологических процессов
- Пожарная опасность электроустановок
- Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре
- Прогнозирование опасных факторов пожара
- Противопожарное водоснабжение
- Производственная и пожарная автоматика
- Огнезащита строительных материалов и конструкций

Инженер (техник) по специальности 330500

“Безопасность технологических процессов и производств”
(510 часов – 6 месяцев)

Изучаемые дисциплины:

- Общие вопросы охраны труда
- Производственная санитария
- Техника безопасности
- Пожаровзрывобезопасность

**Форма обучения - заочная
с применением дистанционных образовательных технологий**

Обучение проводится по индивидуальному графику

Стоимость переподготовки - 35000 руб. (НДС не облагается)

По окончании обучения выдается диплом государственного образца о профессиональной переподготовке, который дает право на ведение профессиональной деятельности в определенной сфере

Начальник учебно-выставочного центра - Ишунькин Александр Иванович
Методист - Бахлычева Светлана Николаевна

ВТОРОЕ ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Инженер по специальности 330400

“Пожарная безопасность” (срок обучения – 3,5 года)

Программа обучения составлена с учетом современных требований к данной специальности. Включает в себя помимо общих дисциплин все основные аспекты пожарной безопасности, особое внимание уделяется аспектам пожарной безопасности в строительстве:

Теория горения и взрыва

Пожаровзрывобезопасность технологических процессов и оборудования

Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре

Взрывозащита зданий

Системы охранной и охрально-пожарной сигнализации

Системы автоматического пожаротушения

Моделирование развития пожаров в зданиях и прогнозирование опасных факторов пожара

Эвакуация людей при пожаре

Программа и форма обучения корректируются индивидуально в зависимости от базового уровня образования отдельных слушателей и успешности выполнения ими учебного плана

Форма обучения – очно-заочная;

– заочная с применением дистанционных образовательных технологий

Стоимость обучения – 36000 рублей в год.

Повышение квалификации для руководителей и специалистов, работающих в сфере обеспечения

пожарной безопасности и охраны труда – 72 часа

С выдачей удостоверения государственного образца сроком на 5 лет

Пожарная безопасность объектов

9100 руб.

Пожарная безопасность предприятий нефтегазового комплекса

15000 руб.

Пожарная безопасность образовательных учреждений

9100 руб.

Расчет сметной стоимости в составе проектной документации

9100 руб.

Управление охраной труда на предприятии

9100 руб.

Повышение квалификации для руководителей и специалистов по пожарной безопасности и охране труда – 40 часов

С выдачей свидетельства сроком на 3 года

Пожарно-технический минимум

4100 руб.

Охрана труда

4100 руб.

Повышение квалификации для руководителей и специалистов работающих в сфере обеспечения пожарной безопасности и охраны систем – 72 часа

С выдачей удостоверения государственного образца сроком на 5 лет

Проектирование автоматических установок пожаротушения

9100 руб.

Проектирование средств и систем охраны

10500 руб.

Проектирование пожарной сигнализации

9100 руб.

Проектирование охранно-пожарной сигнализации

10500 руб.

Проектирование, монтаж и эксплуатация систем охранного видеонаблюдения

10500 руб.

Огнезащита строительных материалов и конструкций

8500 руб.

Монтаж и эксплуатация охранной-пожарной сигнализации

10500 руб.

Монтаж и эксплуатация пожарной сигнализации

9100 руб.

Монтаж и эксплуатация автоматических установок пожаротушения

9100 руб.

Монтаж и эксплуатация средств и систем охраны

10500 руб.

При совмещении программ повышения квалификации предоставляется скидка 50% на одну из программ по усмотрению учебного центра

Возможно проведение занятий на базе предприятий и организаций



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 в двух экземплярах, ясно изложена, тщательно отредактирована и подписана автором. Корректура авторам не высыпается. Редакция будет признательна авторам за представление текста статьи и графического материала в электронном виде.

2. Размер статей, как правило, не должен превышать 20 стр. машинописного текста, включая иллюстрации, таблицы и библиографию.

3. Текст статьи должен быть напечатан через 2 интервала без помарок и вставок на одной стороне стандартного листа формата А4 с левым полем 3 см.

4. Материал статьи излагается в такой последовательности:

- номер УДК (универсальная десятичная классификация);
- название статьи;
- имена, отчества и фамилии авторов (полностью), должности, степени, звания, название организации, фотография, контактный телефон;
- реферат (на русском и английском языках);
- текст статьи;
- цитируемая литература;
- подписи к рисункам;
- рисунки.

5. К статье необходимо приложить расширенную аннотацию на английском языке (объем не ограничивается) для наилучшего представления Вашей работы за рубежом.

6. Сокращения и условные обозначения физических величин должны соответствовать действующим международным стандартам (см. Политехнический словарь, 1989, с.647–649). 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{o}); греческие буквы подчеркиваются красным карандашом. Буквенные обозначения, входящие в формулы, должны быть расшифрованы с указанием единиц измерения.

7. Иллюстрации прилагаются отдельно. Фотографии должны быть сделаны с хорошего негатива контрастной печатью (файлы раstraовых изображений представляются с разрешением не менее 300 dpi, черно-белая штриховая графика — 600 dpi). Все иллюстрации должны иметь сквозную нумерацию. Номера проставляются простым карандашом на каждом рисунке, а также в рукописи на левом поле страницы против соответствующего места в тексте. На обороте каждого рисунка ставится название статьи и фамилия автора. Чертежи в качестве иллюстраций не приемлемы. Желательно прилагать электронные версии иллюстраций.

8. 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.

9. Отклоненные статьи автору не возвращаются. Просьба редакции о переработке материала не означает, что он принят к печати. Приглашаем Вас к сотрудничеству на страницах нашего журнала.

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, академик РАЕН,
заслуженный деятель науки РФ Н. Н. Брушинский

к.т.н., профессор Е. Е. Кириюханцев

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 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
О. В. Бубнова

Отдел рекламы и распространения:
О. И. Нестерова, Е. Н. Василькова, Л. И. Рахманова

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, 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 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
O. V. Bubnova

PR and Subscription Section:

O. I. Nesterova, E. N. Vasil'kova, L. I. Rahmanova

Учредитель – ООО “Издательство “Пожнаука”

ISSN 0869-7493



9 770869 749006

Подписано в печать 24.01.07.

Формат 60×84 1/8. Тираж 10000 экз.

Бумага офсетная №1. Печать офсетная.

Отпечатано в типографии “ГранПри”, г. Рыбинск

БЕЗОПАСНОСТЬ

пожаровзрыво-

ПЕРСОНАЛЬНАЯ ПОДПИСКА

на журнал

Карточка учета сведений о подписанке

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

Издание	Цена подписки на полугодие, руб., включая НДС	Количество экземпляров	Стоймость подписки, руб.
Комплект: журнал “Пожароопасность” + приложение “Пожарная безопасность в строительстве”. Полугодовая подписка Один комплект			1260 420

- 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 факсу (495) 918-03-60, 918-03-11 в отдел распространения. Проследите, пожалуйста, чтобы были высланы **обе стороны** купона.

Оплату за подпиську Вы можете произвести по следующим реквизитам:
ООО "Издательство "ПОЖНАУКА"
Юридический адрес:
109052, г. Москва, ул. Смирновская, д. 1 А, офис 402
ИНН 7722589941 КПП 772201001
Р/с 40702810060120585901 в АКБ "ПРОМСВЯЗЬБАНК" (ЗАО)
БИК 0445583119
К/с 30101810600000000119
Генеральный директор — Конопльченко Александра Яковлевича

**По вопросам подписки просьба обращаться по телефонам:
(495) 918-03-60, 918-03-11, 918-18-90 (многоканальный)**

ПОДПИСКА:

через агентство "РОСПЕЧАТЬ", индекс 83340;
через агентство "АПР", индекс 83647
(в любом почтовом отделении в каталоге "Газеты и журналы");
через подисные агентства: ООО "Вся пресса",
ООО "Интерпочта", ООО "Элстистат", ООО "Урал-Пресс"



ПЕРСОНАЛЬНАЯ ПОДПИСКА

пожаровзрыво- БЕЗОПАСНОСТЬ

Купон '2007

Издание	Цена подписки на полугодие, руб., включая НДС	Количество экземпляров	Стоимость подписки, руб.
Комплект: журнал "Пожаровзрывобезопасность" + приложение "Пожарная безопасность в строительстве"; Полугодовая подписка Один комплект	1260	420	

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 факсу (495) 918-03-60, 918-03-11 в отдел распространения. Проследите,

пожалуйста, чтобы были высланы **обе стороны** купона.

Оплату за подписку Вы можете произвести по следующим реквизитам:

Юридический адрес:

Юридический адрес:
109052, г. Москва, ул. Смирновская, д. 1 А, офис 402
ИНН 7722589941 КПП 772201001
Р/с 40702810060120585901 в АКБ "ПРОМСВЯЗЬБАНК" (ЗАО)
БИК 0445583119
К/с 3010181060000000119
Генеральный директор — Корольченко Александр Яковлевич

*По вопросам подписки просим обращаться по телефонам:
(495) 918-03-60, 918-03-11, 918-18-90 (многоканальный)*

ПОДПИСКА:

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 "Интерпоста", ООО "Эльстаг", ООО "Урал-Пресс"

Карточка учета сведений о подписчике

Полное наименование фирмы (в соответствии с учредительными документами)	Идентификационный номер (ИНН / КПП)
--	-------------------------------------

Код отрасли по ОКОНХ

Код отрасли по ОКОНХ

Полное наименование банка

Местонахождение банка

БИК

Расчетный счет

Корсчет

Юридический адрес (в соответствии с учредительными документами)
--

Телефон по юридическому адресу

Фактический адрес

Почтовый адрес

Индекс	Область, край	Город	Улица	Дом	Телефон	Факс	Контактное лицо	Телефон контактного лица
--------	---------------	-------	-------	-----	---------	------	-----------------	--------------------------



Dr. STHAMER HAMBURG



**СОВРЕМЕННЫЕ
ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ**

109052, Москва, Смирновская ул., 1А

Тел./факс: (495) 918-03-11, 918-03-60, 918-18-90. E-mail: spt@pisem.net

ПЕНООБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ ПОЖАРОТУШЕНИЯ



Шторм-Ф и Шторм-М

Пленкообразующие синтетические фторсодержащие пенообразователи целевого и специального назначения для получения пены низкой и средней кратности. Служат для тушения пожаров классов А и В. Основная область применения: химическая и нефтехимическая промышленность, аэродромы.

**Штамекс АFFF (STHAMEX АFFF 3/6),
Штамекс многоцелевой
(STHAMEX-Multiform АFFF 3/6)**

Высокоэффективные пленкообразующие синтетические фторсодержащие пенообразователи целевого и специального назначения для получения пены низкой, средней и высокой кратности. Служат для тушения пожаров классов А и В. Могут использоваться для подслойного пожаротушения.

Штамекс F-15 (STHAMEX F-15)

Углеводородный пенообразователь на основе синтетических ПАВ с широким спектром применения.

ISSN 0869-7493



9 770869 749006