

ПОЖАРОВЗРЫВО БЕЗОПАСНОСТЬ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

9'2010

Пожарные риски: кто ответит за пожар?

Полный цикл разработки и поддержки параллельного программного комплекса прогноза лесной пожарной опасности

Новый способ подачи пены и огнетушащих растворов в резервуары нефти и нефтепродуктов



Новая техника для реализации современных информационных технологий при ликвидации последствий экологических катастроф

Анализ влияния различных факторов на динамику развития ОФП в атриуме

Оценка пожарной опасности режимов электрической перегрузки кабельных линий

ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ

Том 19 • № 9 • 2010 FIRE & EXPLOSION SAFETY

Научно-технический журнал
ООО "Издательство "Пожнаука"

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

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Хафизов Ф. Ш., Бакиров И. К.

Пожарные риски: кто ответит за пожар?

Седов Д. В. К вопросу о взаимосвязи между нормативными требованиями пожарной безопасности и уровнем пожарного риска

2

GENERAL QUESTIONS OF FIRE SAFETY

Hafizov F. Sh., Bakirov I. K. Fire Risks: Who Answer for Fire?

5

Sedov D. V. To a Question About Interrelation Between Standard Requirements of Fire Safety and Level of Fire Risk

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Григорьева М. М., Кузнецов Г. В., Стрижак П. А.

Оценка пожарной опасности режимов электрической

перегрузки кабельных линий

9

FIRE SAFETY OF ELECTROTECHNICAL PRODUCTS

Grigor'eva M. M., Kuznetsov G. V., Strizhak P. A. A Fire Risk Assessment of Cable Lines on Overload

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ, СООРУЖЕНИЙ, ОБЪЕКТОВ

Барановский Н. В. Полный цикл разработки и поддержки параллельного программного комплекса прогноза лесной пожарной опасности

Ворогушин О. О., Корольченко А. Я. Анализ влияния различных факторов на динамику развития ОФП в атриуме

Кровяков В. А., Ватагин В. С., Бубнов В. Б., Самохвалов Ю. П. Автоматизированная система управления безопасностью и жизнедеятельностью предприятий

15

FIRE SAFETY OF BUILDINGS, STRUCTURES, OBJECTS

Baranovskiy N. V. Complete Cycle of Development and Support of a Parallel Program Complex of the Forest Fire Danger Forecast

23

Vorogushin O. O., Korolchenko A. Ya. Analysis of Influence of Different Factors on Dynamics of Progress of the Dangerous Factors of Fire in Atrium

31

Krovjakov V. A., Vatagin V. S., Bubnov V. B., Samokhvalov Yu. P. Automated Security Management and Livelihood Enterprise

ПОЖАРНАЯ АВТОМАТИКА

Таймурзин М. И., Валеев С. С. Информационная система сбора информации в системах безопасности

36

FIRE AUTOMATIC

Taimurzin M. I., Valeev S. S. Information System of Data Collection in Protection System

ПОЖАРНАЯ ТЕХНИКА

Захматов В. Д., Щербак Н. В. Новая техника для реализации современных информационных технологий при ликвидации последствий экологических катастроф

42

FIRE ENGINEERING

Zahmatov V. D., Shcherbak N. V. New Equipment for Realization of Modern Information Technologies in Elimination of Ecological Accidents Consequences

ТУШЕНИЕ ПОЖАРОВ

Галайда С. В., Костров С. Л. Новый способ подачи пены и огнетушащих растворов в резервуары нефти и нефтепродуктов

47

FIRE EXTINGUISHING

Galayda S. V., Kostrov S. L. New Way of Giving of Foam and Extinguishing Solutions in Reservoirs of Oil and Oil Products

Теребнев В. В., Семенов А. О., Смирнов В. А., Тараканов Д. В. Анализ и поддержка решений при тушении крупных пожаров

51

Terebnev V. V., Semenov A. O., Smirnov V. A., Tarakanov D. V. Analysis and Support Solutions that Arise When Putting Out Large Fires

ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ. СПРАВОЧНИК

58

FIRE-AND-EXPLOSION SAFETY. REFERENCE BOOK

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

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



Ф. Ш. Хафизов

д-р техн. наук, профессор,
заведующий кафедрой ГОУ ВПО
“Уфимский государственный нефтяной
технический университет”, г. Уфа,
Республика Башкортостан



И. К. Бакиров

старший преподаватель
ГОУ ВПО “Уфимский государственный
нефтяной технический университет”,
г. Уфа, Республика Башкортостан

УДК 614.841.33

ПОЖАРНЫЕ РИСКИ: КТО ОТВЕТИТ ЗА ПОЖАР?

Предложен подход в области соблюдения требований пожарной безопасности при аренде объектов защиты и порядок применения нормативных документов по пожарной безопасности и нормативных правовых актов Российской Федерации при аренде помещений и после пожаров в целях определения ответственного за допущенные нарушения в области пожарной безопасности и пожар. Исследованы характерные примеры произошедших пожаров в арендуемых помещениях, решения судов по назначению ответственных лиц и возмещению ущербов после пожаров и проведен анализ судебных разбирательств.

Ключевые слова: пожарная безопасность; пожарный риск; аренда помещений; ответственность за пожар.

Одно из важных направлений борьбы с пожарами — определение ответственных лиц за соблюдение требований пожарной безопасности, за допущенный пожар. Важно правильно и справедливо определить лицо, ответственное за допущенный пожар, чтобы в будущем человек на примере произошедших пожаров мог осознавать свою ответственность.

Часто бывает, что после произошедшего пожара трудно установить виновное и ответственное лицо, а также причину пожара. Особенно если пожар влечет за собой человеческие жертвы или большой материальный ущерб, необходимо четко знать, кто ответствен за допущенный пожар. Известно, что руководитель объекта в любом случае несет ответственность. Но часто бывает, что объект, на котором произошел пожар, сдан в аренду. В этом случае мы имеем уже два ответственных лица — арендодателя и арендатора. И в какой степени на каждом из них лежит ответственность, не всегда бывает очевидно. Естественно, что ответственное лицо стремится снять с себя ответственность в таких ситуациях, пытаясь возложить вину на другого человека.

Попробуем разобраться в подобных ситуациях. Проведем анализ некоторых пожаров по Российской Федерации с участием арендаторов и арендодателей с судебными разбирательствами.

В 1996 г. были сданы в аренду нежилые помещения общей площадью более 3000 м² в г. Москве по ул. Плеханова, 15.

В 2003 г. в арендуемых помещениях вспыхнул пожар. Ремонт после пожара произвел арендатор — ЗАО “Перовская база”, а затем обратился в Арбитражный суд с иском к Департаменту имущества г. Москвы о взыскании более 2 млн руб., составляющих стоимость произведенного ремонта. Исковые требования были заявлены на основании ст. 616, 1102 Гражданского кодекса РФ (далее — ГК РФ) [1]. Решением Арбитражного суда г. Москвы иск был удовлетворен частично. В пользу ЗАО “Перовская база” взыскано 531 646 руб., т. е. примерно четверть предъявленной суммы. Отказывая в полном возмещении иска, суд исходил из недоказанности обстоятельств того, что вся указанная в иске сумма была израсходована на устранение последствий пожара.

Вот другой пример. В 2005 г. ООО “Домо “Электроника” взял в аренду у ЗАО “ПКФ “Облторг” нежилое помещение площадью более 1000 м², расположенное на третьем этаже здания по адресу: пр. Инженерный, 28 (г. Ульяновск).

В арендуемых помещениях в 2005 г. произошел пожар, после чего арендатор отказался от продолжения договорных отношений. В соответствии со ст. 622 [1] при прекращении договора аренды арендатор обязан вернуть арендодателю имущество в том состоянии, в котором он его получил, с учетом нормального износа или в состоянии, обусловленном договором. Арендатор не восстановил арендованное помещение до нормального состояния. Арендодателем был произведен восстановительный ремонт и определена сумма затрат около 3 млн руб.

на основании доказательств. Из пожарно-технического заключения установлено, что причиной возникновения пожара явился источник открытого огня (спичка, незатушенная сигарета и т. п.). Арбитражный суд Ульяновской области взыскал с арендатора — ООО “Домо “Электроника” в пользу арендодателя — ЗАО “ПКФ “Облторг” 2 137 503 руб., т. е. чуть меньше предъявленной по иску суммы.

Пожар может быть вызван как умышленными действиями, так и стечением форс-мажорных обстоятельств. Если бедствие произошло под действием природного фактора, например грозы, то многие считают, что виновного лица нет. В акте о пожаре, например, может быть указано, что его причиной стало возгорание крыши вследствие попадания молнии в близко растущее дерево. По нормативным документам по пожарной безопасности от молнии на объектах должна предусматриваться защита молниепроводами, хотя деревья, конечно, молниепроводами защищаться не должны. Однако близко растущее дерево может попадать в зону защиты молниепровода объекта. Судьи Московского округа в одном из своих постановлений 2006 г. принято решение: если у арендатора отсутствовала возможность предотвратить грозу, то его нельзя назвать виновным в убытках арендодателя. Но известно, что объекты должны защищаться от ударов молнии молниепроводами, поэтому это решение можно считать неправильным (если дерево росло в зоне защиты молниепровода). Если в договоре аренды есть пункт об ответственности арендатора за гибель имущества арендодателя, такой как, например: “арендатор возмещает стоимость поврежденного имущества вне зависимости от причин, повлекших его порчу”, то обосновывать отказ от возмещения убытков, ссылаясь на чрезвычайные обстоятельства, практически бессмысленно.

Для расчета суммы ущерба логично совместно с арендодателем привлечь независимого эксперта. Поскольку эксперт, скорее всего, не посетит место пожарища в тот день, когда произошло возгорание, вполне достаточно сфотографировать пепелище сразу после того, как пожар будет ликвидирован: зафиксировать крупные объекты и части дорогостоящих приборов, испорченное имущество, свое и арендованное. Эти фото следует предъявить специалисту для оценки реального ущерба, нанесенного пожаром. Арендодатель также должен предъявить документы, подтверждающие его право собственности на переданное в аренду имущество, чтобы быть уверенным, что покрываются убытки собственника имущества.

Вот пример одного из пожаров, повлекших за собой “приличный” материальный ущерб, в Республике Башкортостан. Пожар произошел 05.06.2008 г. в торговом киоске по ул. Российской, 149 (г. Уфа).

Причиной пожара стало нарушение правил технической эксплуатации электрооборудования, местом пожара — электропровод, а ущерб от пожара составил 50 тыс. руб. Виновным лицом определен арендатор.

Что может сделать арендатор, чтобы снять с себя ответственность? Если в договоре не оговорено, кто отвечает за противопожарное состояние объекта и проведение ремонта (хотя это бывает крайне редко), арендатор может выполнить следующие действия.

Если передаточный акт арендуемого объекта не подписан, а договор аренды подписан, арендатор по своему усмотрению может потребовать от арендодателя по ст. 612 ГК РФ [1] устраниТЬ выявленные нарушения требований пожарной безопасности, либо возместить расходы на устранение недостатков, либо расторгнуть договор.

Если передаточный акт и договор аренды подписаны без указания нарушений требований пожарной безопасности, арендатору необходимо доказать наличие нарушений до заключения договора аренды, затем по ст. 612 ГК РФ также требовать от арендодателя устранения недостатков, либо возмещения расходов, либо расторжения договора.

Если передаточный акт арендуемого объекта и договор аренды подписаны с указанием нарушений и аварийности объекта (что бывает очень редко), тогда у арендатора возможностей больше. По ст. 616 ГК РФ арендатор может провести капитальный ремонт, вызванный неотложной необходимостью, устраниТЬ все выявленные нарушения требований пожарной безопасности, а затем взыскать с арендодателя расходы; он может потребовать также уменьшения арендной платы либо расторжения договора и возмещения убытков. Кроме того, согласно ст. 612 ГК РФ арендатор может потребовать возмещения расходов на устранение недостатков или устранения недостатков арендодателем [1].

С 01.05.2009 г. вступил в силу Федеральный закон № 123-ФЗ “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности” (далее — Технический регламент) [2]. В ст. 7 Федерального закона № 184-ФЗ “О техническом регулировании” [3] сказано, что не включенные в технические регламенты и связанные с ними требования к процессам эксплуатации не могут носить обязательный характер. Следовательно, требования п. 38 “Правил пожарной безопасности в Российской Федерации” (ППБ 01–03 [4]) о том, что при аренде объекта ответственным за противопожарное состояние объекта является арендатор, будет носить необязательный (рекомендательный) характер. Но это распространяется только на объекты, проектирование и строительство которых начато после вступления в силу Технического регламента [2].

Если проектирование и строительство объекта защиты было осуществлено до 01.05.2009 г. (до вступ-

ления в силу [2]), необходимо знать следующее. Когда с проверкой на объект защиты приходит государственный инспектор по пожарному надзору, при обнаружении нарушений требований пожарной безопасности на основании п. 38 ППБ 01–03 [4] он обязан предписать арендатору устранение нарушений требований пожарной безопасности. И арендатор обязан устранить их.

Если же инспектор придет к арендатору с проверкой на объект, запроектированный и построенный после вступления в силу Технического регламента [2], он будет иметь право предложить устранить нарушения требований пожарной безопасности, но уже в рекомендательной форме, допустим в виде информации о противопожарном состоянии объекта. В предписании — документе, обязательном для исполнения, он не будет иметь права предлагать арендатору устраниТЬ нарушения требований пожарной безопасности, если в договоре не оговорено, что ответственность за противопожарное состояние лежит на арендаторе.

Допустим, арендодатель отказывается проводить ремонт, возмещать ущерб или расторгать договор аренды, обосновывая свои действия п. 38 ППБ 01–03 [4], где сказано, что при аренде помещений арендаторами должны выполняться противопожарные требования норм. Во-первых, ГК РФ имеет статус нормативного правового акта, так как является федеральным законом, в то время как ППБ 01–03 имеют статус нормативного документа по пожарной безопасности, так как утверждены приказом МЧС России. Следовательно, ГК РФ выше по статусу и носит обязательный характер. После вступления в силу Технического регламента [2] характер ГК РФ останется обязательным, а ППБ 01–03 уже будут носить необязательный (рекомендательный) характер (для объектов, запроектированных и построенных после 01.05.2009 г.). И арендодатель не будет иметь права отказываться возмещать ущерб, проводить ремонт или расторгать договор, обосновывая свои действия п. 38 ППБ 01–03 [4].

Арендодатель, перекладывая всю ответственность на арендатора и отказываясь проводить ремонт, расторгать договор аренды или возмещать

ущерб по п. 38 ППБ 01–03, был прав до вступления в силу Технического регламента [2]. Прав также и арендатор, требующий возместить ущерб, провести ремонт или расторгнуть договор по ст. 612, 616 ГК РФ при определенных условиях [1]. При обращении в суд по данному спору должно быть принято решение в пользу арендатора, поскольку, как было уже сказано выше, ГК РФ имеет более высокий статус, чем ППБ 01–03.

Как показывает практика, при возникновении пожаров на арендуемых объектах при последующем расследовании причин и установления виновных в типовом договоре аренды всегда оговаривается, что ответственным за противопожарное состояние арендуемого объекта является арендатор. Поэтому самым главным действием арендатора после заключения договора в этом случае является полное устранение имеющихся нарушений требований пожарной безопасности.

Как мы видим, в целом арендатору в большей степени приходится отвечать за противопожарное состояние арендованного объекта.

В заключение необходимо отметить, что хотя и расставлены основные приоритеты в применении нормативных документов по пожарной безопасности и нормативных правовых актов Российской Федерации, проблемы ответственности за нарушения в области пожарной безопасности, за допущенный пожар в арендуемом помещении не всегда решаются однозначно. Необходимо быть внимательными и осмотрительными, когда собираетесь брать в аренду помещение, хорошо знать требования нормативных правовых актов и нормативных документов по пожарной безопасности, добиваться устранения нарушений требований пожарной безопасности. В первую очередь это касается нарушений в области монтажа и эксплуатации электрооборудования, так как любое несоответствие его монтажа может привести к возникновению пожара. Необходимо разработать методические рекомендации, которые помогут как арендодателям, так и арендаторам ориентироваться в вопросах пожарной безопасности при аренде помещений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть четвертая) : Федер. закон от 18.12.2006 г. № 230-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2006. — № 52 (ч. 1). — Ст. 5496.
2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федер. закон от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ : принят Гос. Думой 04.07.2008 г. : одобр. Советом Федерации 11.07.2008 г. — М. : ФГУ ВНИИПО, 2008. — 157 с.
3. О техническом регулировании : Федер. закон от 27.12.2002 г. № 184-ФЗ : принят Гос. Думой 15.12.2002 г. // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2002. — № 52 (ч. I). — Ст. 5140 ; 2005. — № 19. — Ст. 1752 ; 2007. — № 19. — Ст. 2293 ; 2007. — № 49. — Ст. 6070 ; 2008. — № 30 (ч. II). — Ст. 3616.
4. ППБ 01–03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации : утв. МЧС России 18.06.2003 г. : ввод. в действие 30.06.2003 г. — М. : ГУГПС и ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2003.

Материал поступил в редакцию 5 июля 2010 г.
Электронный адрес авторов: bakirovirek@bk.ru.



Д. В. Седов

канд. техн. наук, преподаватель
ФГОУ ВПО «Восточно-Сибирский институт
МВД России», г. Иркутск, Россия

УДК 614.8

К ВОПРОСУ О ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ НОРМАТИВНЫМИ ТРЕБОВАНИЯМИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И УРОВНЕМ ПОЖАРНОГО РИСКА

Актуальной проблемой в настоящее время является отсутствие четкой связи между теми или иными выполненными на объекте требованиями пожарной безопасности и уровнем его пожарного риска. Многие мероприятия учесть вообще трудно, а некоторые — невозможно. В результате расчетный уровень пожарного риска не отражает реальной картины. В статье анализируются качественные связи между требованиями пожарной безопасности и величиной пожарного риска.

Ключевые слова: требования пожарной безопасности; пожарный риск.

На сегодняшний день отсутствует связь между нормами пожарной безопасности и уровнем пожарного риска объекта. Насколько понизится расчетный пожарный риск, если выполнить те или иные требования? Какие требования можно не выполнять? Какие требования добровольного применения влияют на уровень риска, а какие в принципе не могут учитываться при его расчете? И вообще, зачем нужны такие требования, которые не учитываются при определении пожарного риска? Эти и другие вопросы возникают из-за того, что вопрос влияния норм на уровень пожарного риска недостаточно изучен.

Соблюдение или несоблюдение норм отражается на уровне пожарного риска в результате воздействия на его характеристики: вероятность пожара, наличие или отсутствие системы автоматического пожаротушения, вероятность эвакуации и др. Но как количественно оценить данное влияние? На сегодняшний день нормативная база такого ответа не дает.

Предлагаем сначала разобраться в том, какие характеристики имеет пожарный риск и какое влияние на них оказывают требования пожарной безопасности. Пожарный риск, по сути, представляет собой вероятность гибели человека на объекте в результате пожара. Для того чтобы человек погиб при пожаре, во-первых, на объекте должен возникнуть пожар, во-вторых, на объекте должен присутствовать человек. При отсутствии хотя бы одного из

данных условий опасность гибели человека отсутствует. Однако в случае возникновения пожара в здании и присутствия в нем человека все равно существует некоторая вероятность того, что он может выжить, например, если успеет вовремя покинуть здание или если пожар будет потушен автоматической системой пожаротушения (САПТ). Поэтому пожарный риск для зданий $Q_{\text{в}}$, по нашему мнению, должен определяться по формуле

$$Q_{\text{в}} = Q_{\text{п}} P_{\text{пр}} (1 - P_{\text{выж}}), \quad (1)$$

где $Q_{\text{п}}$ — вероятность возникновения пожара в здании в течение года;

$P_{\text{пр}}$ — вероятность присутствия людей в здании;

$P_{\text{выж}}$ — условная вероятность выживания людей при пожаре.

Условная вероятность выживания человека при пожаре, как было указано, связана с возможностью его эвакуации или с тушением пожара САПТ (возможен также вариант одновременного выполнения данных условий), поэтому она будет определяться по формуле

$$P_{\text{выж}} = 1 - (1 - P_{\text{э}}) (1 - R_{\text{а}}), \quad (2)$$

где $P_{\text{э}}$ — условная вероятность эвакуации людей при пожаре;

$R_{\text{а}}$ — условная вероятность срабатывания САПТ при пожаре.

© Седов Д. В., 2010

Подставив выражение (2) в формулу (1), получим выражение для определения уровня пожарного риска:

$$Q_{\text{в}} = Q_{\text{п}} P_{\text{пр}} (1 - P_{\text{з}}) (1 - R_{\text{а}}), \quad (3)$$

которое было предложено в работе [1]. Там же описан способ определения условной вероятности эвакуации $P_{\text{з}}$ в зависимости от времени блокирования эвакуационных путей и выходов опасными факторами пожара, времени эвакуации, времени начала эвакуации и надежности противопожарных систем.

Таким образом, основными характеристиками пожарного риска, т. е. параметрами, определяющими его величину, являются вероятность пожара $Q_{\text{п}}$, вероятность присутствия людей $P_{\text{пр}}$ и условная вероятность выживания людей при пожаре $P_{\text{выж}}$, которая, в свою очередь, зависит от условной вероятности эвакуации людей при пожаре $P_{\text{з}}$ и условной вероятности срабатывания САПТ при пожаре $R_{\text{а}}$. Для обеспечения влияния на величину пожарного риска требования пожарной безопасности должны влиять на его характеристики.

Анализируя все множество противопожарных требований (и обязательных, и рекомендательных), можно выделить комплексы требований, которые влияют на конкретную характеристику пожарного риска. При этом в каждом таком комплексе можно обнаружить требования как обязательного характера, так и добровольного применения. Другими словами, схема влияния противопожарных требований на величину пожарного риска является одинаковой как для обязательных требований, так и для требований добровольного применения.

В первом приближении все требования пожарной безопасности можно разбить на две группы (см. рисунок). Первая направлена на предотвращение возникновения пожара, вторая — на противопожарную защиту людей и имущества. Это соответствует ст. 5 [2], согласно которой каждый объект защиты должен иметь систему обеспечения пожарной безопасности, включающую систему предотвращения пожара и систему противопожарной защиты.

Первая группа требований имеет значение для периода нормальной работы объекта. Требования данной группы способствуют уменьшению возможности возникновения пожара. По сути, они определяют вероятность пожара на объекте, а значит, должны влиять на величину пожарного риска. Однако определить их влияние на вероятность пожара и пожарный риск практически невозможно. Причины этого понятны: невозможно организовать многолетние эксперименты по наблюдению за возникновением пожаров на объектах, где специально в той или иной степени не были выполнены требования пожарной безопасности, потому что такие экспери-

менты связаны с риском гибели людей и большими экономическими затратами.

Требования второй группы начинают играть роль только тогда, когда пожар произошел. Задача данных требований — минимизировать социально-экономический ущерб от пожара. Минимизация ущерба осуществляется как средствами противопожарной защиты самого объекта, так и средствами противопожарной службы.

Эффективность средств противопожарной защиты самого объекта не только может, но и должна определять величину условной вероятности выживания людей при пожаре $P_{\text{выж}}$. Требования противопожарной защиты самого объекта связаны с обеспечением тушения пожара системой автоматического пожаротушения и своевременной эвакуации людей. Блок требований по обеспечению своевременной эвакуации наиболее обширен. Он включает требования по обнаружению пожара, снижению воздействия опасных факторов пожара на людей и обеспечению процесса эвакуации (см. рисунок). В свою очередь, требования по снижению воздействия опасных факторов пожара на людей распадаются на требования по ограничению распространения опасных факторов пожара с помощью объемно-планировочных и конструктивных решений и требования к системе дымоудаления. Требования же, связанные с обеспечением процесса эвакуации, можно разделить на требования к обеспечению движения людей к выходу в безопасную зону и требования к системе оповещения о пожаре. В итоге требования, связанные с обеспечением своевременной эвакуации людей, формируют значение условной вероятности их эвакуации при пожаре $P_{\text{з}}$. В сумме с требованиями к системе автоматического пожаротушения они определяют такую характеристику пожарного риска, как условная вероятность выживания людей при пожаре $P_{\text{выж}}$.

Что же касается противопожарной службы, то она не в состоянии с какой-либо вероятностью гарантировать выживание людей, хотя бы потому что время прибытия ее сил и средств к горящему зданию весьма продолжительно (для городских округов — 10 мин, для сельских поселений — 20 мин согласно ст. 76 [2]) и зачастую превышает время блокирования эвакуационных путей и выходов опасными факторами пожара. Противопожарная служба может организовать процесс спасения людей, который, однако, не является безопасным. Но и его она гарантировать не в силах. Поэтому требования, связанные с обеспечением безопасности людей средствами противопожарной службы, не должны влиять на величину пожарного риска. Таким образом, среди как обязательных требований, так и требований добровольного применения есть такие, которые

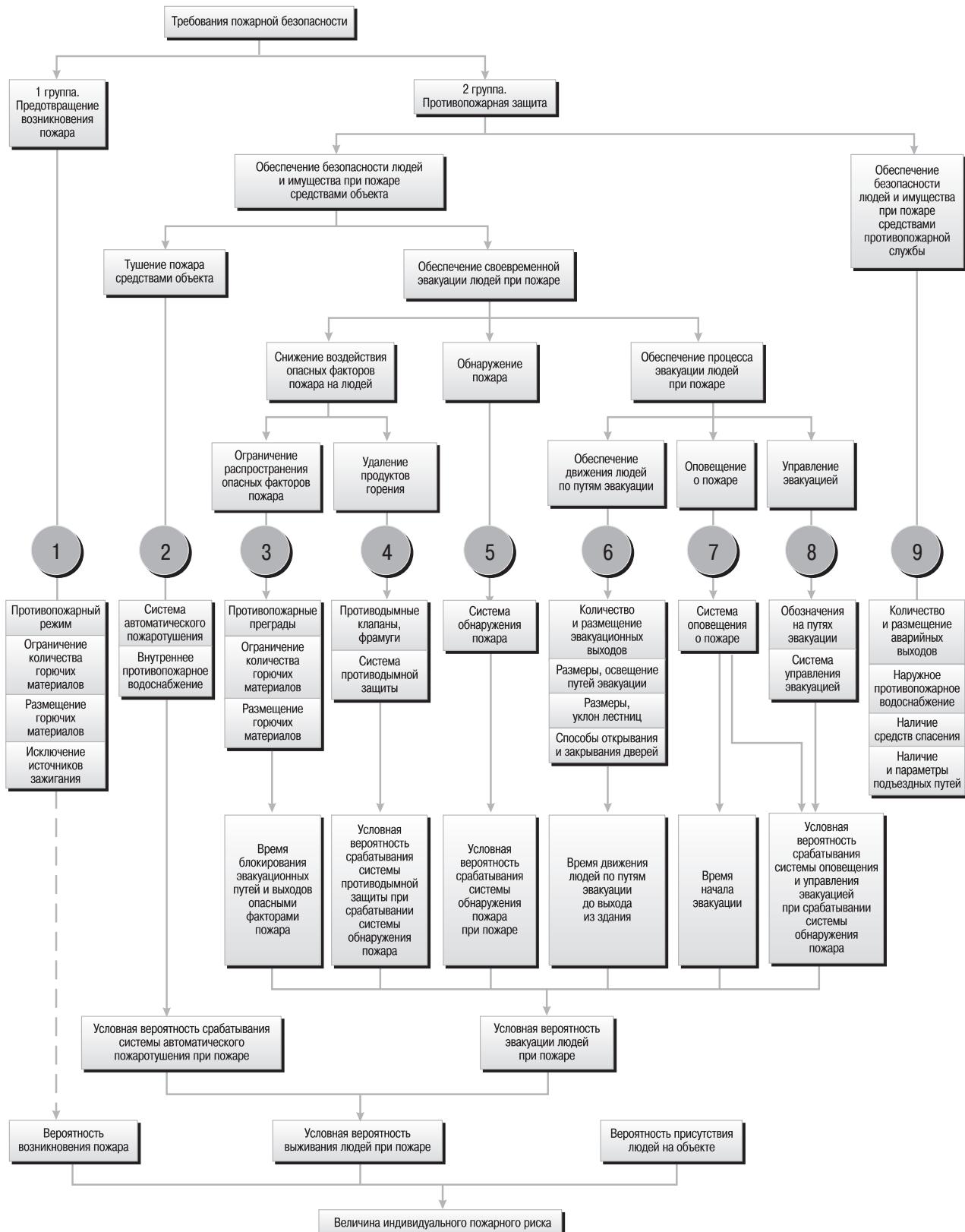


Схема влияния противопожарных требований на величину пожарного риска

не влияют на величину пожарного риска, но важность их соблюдения обусловлена необходимостью спасения людей и защитой материальных ценностей, т. е. снижением социально-экономического ущерба.

В итоге получаем, что все требования пожарной безопасности можно разделить на девять комплексов: 1) предотвращение пожара; 2) тушение пожара средствами объекта; 3) ограничение распростране-

ния опасных факторов пожара с помощью объемно-планировочных и конструктивных решений; 4) удаление продуктов горения; 5) обнаружение пожара; 6) обеспечение движения людей по путям эвакуации; 7) оповещение о пожаре; 8) управление эвакуацией; 9) обеспечение безопасности людей и имущества при пожаре средствами противопожарной службы.

Комплексы № 1 и 9, как указывалось выше, не могут влиять на величину пожарного риска.

Степень влияния требований комплекса № 2 измерить количественно можно. Если САПТ соответствует требованиям, то на величину пожарного риска влияет надежность ее срабатывания. Если она требованиям не отвечает, то и не может учитываться при определении пожарного риска.

Требования комплексов № 3 и 4 влияют на время блокирования эвакуационных путей и выходов опасными факторами пожара, и это влияние можно установить расчетом с помощью математических моделей распространения опасных факторов пожара.

Комплекс требований № 5 определяет эффективность работы системы обнаружения пожара. Если система эффективна, то на пожарный риск влияет условная вероятность срабатывания данной системы при пожаре. Если она неэффективна, то в расчете пожарного риска не учитывается.

Влияние на величину пожарного риска комплекса № 6 можно также отследить с помощью соответствующих математических моделей (моделей движения людей).

Комплексы же № 7 и 8 оказывают влияние на эффективность системы оповещения и управления эвакуацией людей. Если данная система эффективна, то влияние на пожарный риск оказывает условная вероятность срабатывания данной системы при срабатывании системы обнаружения пожара.

Таким образом, среди имеющихся нормативных требований пожарной безопасности можно выделить, во-первых, требования, которые явно влияют на величину пожарного риска (комплексы № 2–8, см. рисунок); во-вторых, требования, влияние которых на величину пожарного риска установить трудно или невозможно, но это влияние имеет место (комплекс № 1) и, в-третьих, требования, которые не влияют на величину пожарного риска (комплекс № 9).

Данную градацию требований пожарной безопасности, по нашему мнению, можно использовать для обоснования, например, отсутствия необходимости проведения оценки пожарного риска, если на объекте имеются отступления от тех требований, которые не могут влиять на уровень пожарной опасности здания, т. е. на величину пожарного риска. Данная градация также позволяет выявить перечень тех требований, выполнение которых обязательно должно сказаться на величине пожарного риска. И эти требования можно обоснованно (на основе процедуры оценки пожарного риска) предлагать в качестве мероприятий по повышению уровня пожарной безопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Седов Д. В. Уточнение методики расчета индивидуального пожарного риска // Пожарная безопасность. — 2010. — № 2.
2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ : принят Гос. Думой 4 июля 2008 г. : одобр. Советом Федерации 11 июля 2008 г. — М. : ФГУ ВНИИПО, 2008. — 157 с.

Материал поступил в редакцию 2 апреля 2010 г.
Электронный адрес автора: sedov_irk@list.ru.



М. М. Григорьева

старший преподаватель Национального исследовательского Томского политехнического университета, г. Томск, Россия



Г. В. Кузнецов

д-р физ.-мат. наук, профессор Национального исследовательского Томского политехнического университета, г. Томск, Россия



П. А. Стрижак

канд. физ.-мат. наук, ассистент Национального исследовательского Томского политехнического университета, г. Томск, Россия

УДК 536.2

ОЦЕНКА ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПЕРЕГРУЗКИ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

Решена двумерная задача тепломассопереноса для трехслойного кабеля в зоне с ограниченным теплоотводом с учетом термического разложения оболочки и диффузии компонентов термического разложения в окружающем воздухе. Проведена оценка пожарной опасности режимов перегрузки кабельных линий. Установлена зависимость времени задержки зажигания смеси окислителя с компонентами термического разложения от тока перегрузки.

Ключевые слова: кабельные линии; электрические перегрузки; пожарная опасность; численное моделирование.

Введение

Анализ статистических данных по пожарам, произошедший ФГУ ВНИИПО МЧС РФ в течение последних лет [1], показывает, что электротехнические изделия — одни из самых пожароопасных. Источником каждого четвертого пожара в стране является электротехническое изделие. Из всех видов электротехнической продукции первое место по числу пожаров, количеству жертв и величине материального ущерба с большим опережением занимают провода и кабели [1].

Причиной возгорания кабелей, как правило, является перегрев токопроводящих жил, вызванный коротким замыканием или перегрузкой и, как следствие, воспламенением изоляции. Сосредоточение кабелей в одном месте в ограниченных пространствах (например, в кабелепроводах) в случае воспламенения может привести к серьезному ущербу. Пожаробезопасность кабельных линий в значительной степени определяется состоянием заделки кабельных проходов из одного помещения в другое и состоянием изоляции [2].

До настоящего времени оценка пожарной опасности кабельных изделий проводилась [3] при допущении, что температура по сечению проводника постоянна. Учитывалось лишь изменение темпера-

туры поверхности кабеля во времени. Такой подход является слишком упрощенным и используется, как правило, для определения временных характеристик пиролиза и воспламенения изоляции при перегрузке кабельных линий. К недостаткам модели, описанной, например, в [3], можно отнести то, что она не учитывает условий, при которых теплообмен с окружающей средой затруднен (кабель замурован в стену или помещен в короб). До настоящего времени отсутствуют методики прогнозирования пожарной опасности кабельных линий в условиях ограниченного теплообмена и перегрузки.

Целью настоящей работы является оценка пожарной опасности режимов перегрузки кабельных линий в условиях ограниченного теплообмена на основе математического моделирования нестационарных температурных полей.

Постановка задачи

Рассматривается одножильный кабель с изоляцией и оболочкой. Выбор обусловлен тем, что наличие нескольких жил не может значительно повлиять на изменение температуры ввиду высокой теплопроводности металлов, из которых они изготавливаются. Многослойная изоляция может быть представлена одним слоем при решении задачи, так

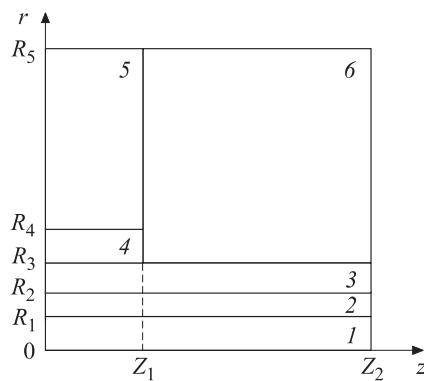


Рис. 1. Схема области решения задачи: 1 — жила; 2 — изоляция; 3 — оболочка кабеля; 4 — кабельная проходка; 5 — перегородка (стена); 6 — смесь окислителя с компонентами термического разложения материалов оболочки и кабельной проходки

как большинство изоляционных материалов имеют близкие по значению теплофизические характеристики. Принимается, что кабель проходит из одного помещения в другое, часть его замурована в стену (перегородку) с использованием заделочного материала (герметика). Геометрия области решения задачи приведена на рис. 1. Рассматривается следующая схема процесса.

При электрической перегрузке токопроводящая жила нагревается до температуры, превышающей допустимую. Происходит разогрев материала оболочки кабеля и герметика кабельной проходки. При достижении определенной температуры $T_{\text{п}}$, характерной для каждого материала и близкой к температуре его воспламенения $T_{\text{в}}$, химические реакции термического разложения материала оболочки кабеля и герметика кабельной проходки протекают интенсивно [3]. Образующиеся при этом продукты термического разложения перемешиваются с воздухом и нагреваются за счет выделяющегося тепла. При достижении критической температуры и концентрации продуктов термического разложения в воздухе происходит воспламенение формирующейся смеси.

Математическая модель и метод решения

Математическая модель, соответствующая сформулированной физической постановке задачи, включает систему нестационарных дифференциальных уравнений теплопроводности для каждого слоя системы (см. рис. 1), уравнение энергии для смеси окислителя с компонентами термического разложения, уравнение диффузии компонентов термического разложения в среде окислителя.

Поскольку кабели в большинстве случаев представляют собой многослойные цилиндры, система уравнений теплопроводности записана в цилинд-

рических координатах. При этом в уравнении энергии для жилы учтено тепловыделение, вызванное электрической перегрузкой и изменением электрического сопротивления материала жилы при изменении температуры.

Уравнение энергии для жилы:

$$\rho_1 c_1 \frac{\partial T_1}{\partial t} = \lambda_1 \left(\frac{\partial^2 T_1}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T_1}{\partial r} + \frac{\partial^2 T_1}{\partial z^2} \right) + \frac{I^2 \gamma}{S}, \quad (1)$$

$$0 < r < R_1, \quad 0 < z < Z_2.$$

Уравнение теплопроводности для изоляции:

$$\rho_2 c_2 \frac{\partial T_2}{\partial t} = \lambda_2 \left(\frac{\partial^2 T_2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T_2}{\partial r} + \frac{\partial^2 T_2}{\partial z^2} \right), \quad (2)$$

$$R_1 < r < R_2, \quad 0 < z < Z_2.$$

Термическое разложение материала оболочки кабеля и герметика, которым кабель закреплен в стене, описывается уравнением Аррениуса [4]. Принято допущение, что в диапазоне температур $T_{\text{п}} \dots T_{\text{в}}$ энергия активации термического разложения остается неизменной. Изменение теплофизических свойств материалов в процессе термического разложения не учитывается.

Уравнение энергии для оболочки кабеля:

$$\rho_3 c_3 \frac{\partial T_3}{\partial t} = \lambda_3 \left(\frac{\partial^2 T_3}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T_3}{\partial r} + \frac{\partial^2 T_3}{\partial z^2} \right) + q_3 \rho_3 \frac{d\phi_3}{dt}, \quad (3)$$

$$R_2 < r < R_3, \quad 0 < z < Z_2;$$

$$\frac{d\phi_3}{dt} = \phi_3 k_3^0 \exp \left(-\frac{E_3}{RT_3} \right).$$

Уравнение энергии для кабельной проходки (герметика):

$$\rho_4 c_4 \frac{\partial T_4}{\partial t} = \lambda_4 \left(\frac{\partial^2 T_4}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T_4}{\partial r} + \frac{\partial^2 T_4}{\partial z^2} \right) + q_4 \rho_4 \frac{d\phi_4}{dt}, \quad (4)$$

$$R_3 < r < R_4, \quad 0 < z < Z_1;$$

$$\frac{d\phi_4}{dt} = \phi_4 k_4^0 \exp \left(-\frac{E_4}{RT_4} \right).$$

Уравнение теплопроводности для переборки (стены):

$$\rho_5 c_5 \frac{\partial T_5}{\partial t} = \lambda_5 \left(\frac{\partial^2 T_5}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T_5}{\partial r} + \frac{\partial^2 T_5}{\partial z^2} \right), \quad (5)$$

$$R_4 < r < R_5, \quad 0 < z < Z_1.$$

Уравнение энергии для смеси окислителя с компонентами термического разложения:

$$\rho_6 c_6 \frac{\partial T_6}{\partial t} = \lambda_6 \left(\frac{\partial^2 T_6}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T_6}{\partial r} + \frac{\partial^2 T_6}{\partial z^2} \right) + Q_o W_o, \quad (6)$$

$$R_3 < r < R_5, \quad Z_1 < z < Z_2.$$

Уравнение диффузии компонентов термического разложения в среде окислителя:

$$\rho_6 \frac{\partial C_r}{\partial t} = \rho_6 D_6 \left(\frac{\partial^2 C_r}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial C_r}{\partial r} + \frac{\partial^2 C_r}{\partial z^2} \right) - W_o, \quad (7)$$

$$R_3 < r < R_5, \quad Z_1 < z < Z_2.$$

В системе уравнений (1)–(7) приняты следующие обозначения: ρ_i — плотность материала i -го слоя системы, кг/м³; λ_i — коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К); c_i — удельная теплоемкость, Дж/(кг·К); R_i — радиус i -го слоя системы, м; S — площадь сечения жилы, м²; Z_1 — толщина стены, м; Z_2 — длина кабеля, м; T_i — текущее значение температуры, К; k_i^0 — предэкспонента химической реакции термического разложения i -го слоя системы, с⁻¹; E_i — энергия активации химической реакции термического разложения i -го слоя системы, кДж/моль; q_i — теплота газификации материала i -го слоя системы, МДж/кг; φ_i — текущее значение объемной доли компонента, подверженного термическому разложению; Q_o — тепловой эффект химической реакции окисления, МДж/кг; W_o — массовая скорость химической реакции окисления, кг/(м³·с); D_6 — коэффициент диффузии компонентов термического разложения в воздухе, м²/с.

Уравнение баланса смеси окислителя с компонентами термического разложения:

$$C_r + C_o = 1, \quad R_3 < r < R_5, \quad Z_1 < z < Z_2,$$

где C_r — массовая концентрация компонентов термического разложения; $0 < C_r < 1$;

C_o — массовая концентрация окислителя.

Массовая скорость химической реакции окисления определялась из выражения [4]:

$$W_o = \rho_6 C_o^n C_r^m k_6^0 \exp\left(-\frac{E_6}{RT_6}\right),$$

где k_6^0 — предэкспонента химической реакции окисления, с⁻¹;

E_6 — энергия активации химической реакции окисления, кДж/моль;

n, m — константы химической реакции (порядок реакции). Рассмотрен наиболее типичный случай — первый порядок реакции ($n = m = 1$). Начальные ($t = 0$) условия:

$$T = T_0, \quad 0 \leq r \leq R_5, \quad 0 \leq z \leq Z_2;$$

$$\varphi = \varphi_0, \quad R_2 \leq r \leq R_3, \quad 0 \leq z \leq Z_2;$$

$$R_3 \leq r \leq R_4, \quad 0 \leq z \leq Z_1;$$

$$C_r = 0, \quad R_3 \leq r \leq R_5, \quad Z_1 \leq z \leq Z_2.$$

Граничные условия:

1. На оси симметрии и внешних границах области решения выполняется условие равенства нулю градиентов соответствующих функций:

$$z = 0, \quad 0 < r < R_5; \quad z = Z_2, \quad 0 < r < R_5: \quad \frac{\partial T}{\partial z} = 0;$$

$$z = Z_2, \quad R_3 < r < R_5: \quad \frac{\partial C_r}{\partial z} = 0;$$

$$r = 0, \quad 0 < z < Z_2; \quad r = R_5, \quad 0 < z < Z_2: \quad \frac{\partial T}{\partial r} = 0;$$

$$r = R_5, \quad Z_1 < z < Z_2: \quad \frac{\partial C_r}{\partial r} = 0.$$

2. Тепловое взаимодействие между слоями рассматриваемой системы описывается условиями четвертого рода:

$$r = R_1, \quad 0 < z < Z_2: \quad T_1 = T_2, \quad -\lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial r} = -\lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial r};$$

$$r = R_2, \quad 0 < z < Z_2: \quad T_2 = T_3, \quad -\lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial r} = -\lambda_3 \frac{\partial T_3}{\partial r};$$

$$r = R_3, \quad 0 < z < Z_1: \quad T_3 = T_4, \quad -\lambda_3 \frac{\partial T_3}{\partial r} = -\lambda_4 \frac{\partial T_4}{\partial r};$$

$$r = R_4, \quad 0 < z < Z_1: \quad T_4 = T_5, \quad -\lambda_4 \frac{\partial T_4}{\partial r} = -\lambda_5 \frac{\partial T_5}{\partial r}.$$

3. Так как термическое разложение происходит не только на границе материал – воздух, но и по всей толщине разлагающихся слоев, то на поверхности кабеля и герметика в зоне контакта с окислителем записываются условия:

$$r = R_3, \quad Z_1 < z < Z_2:$$

$$-\lambda_3 \frac{\partial T_3}{\partial r} = -\lambda_6 \frac{\partial T_6}{\partial r}, \quad T_3 = T_6,$$

$$-\rho_6 D_6 \frac{\partial C_r}{\partial r} = \int_{r=R_2}^{r=R_3} \rho_3 \varphi_3 k_3^0 \exp\left(-\frac{E_3}{RT_3}\right) dr;$$

$$z = Z_1, \quad R_3 < r < R_4:$$

$$-\lambda_4 \frac{\partial T_4}{\partial z} = -\lambda_6 \frac{\partial T_6}{\partial z}, \quad T_4 = T_6,$$

$$-\rho_6 D_6 \frac{\partial C_r}{\partial z} = \int_{z=0}^{z=Z_1} \rho_4 \varphi_4 k_4^0 \exp\left(-\frac{E_4}{RT_4}\right) dz.$$

4. Условия на границе стена – воздух:

$$z = Z_1, \quad R_4 < r < R_5:$$

$$T_5 = T_6, \quad -\lambda_5 \frac{\partial T_5}{\partial z} = -\lambda_6 \frac{\partial T_6}{\partial z}, \quad -\frac{\partial C_r}{\partial z} = 0.$$

Система дифференциальных уравнений (1)–(7), описывающих процессы тепло- и массопереноса в рассматриваемой системе, с соответствующими начальными и граничными условиями решена методом конечных разностей [5]. Для решения разностных аналогов дифференциальных уравнений использован локально-одномерный метод [5]. Система одномерных разностных уравнений решена методами итераций [6] и прогонки с использованием

ем неявной четырехточечной разностной схемы [5]. Шаг по времени $\Delta t = 10^{-3}$ с, шаг по пространственным координатам $\Delta r = 10^{-4}$ м, $\Delta z = 10^{-3}$ м.

Результаты и обсуждение

Проведены численные исследования для кабеля с сечением медной жилы $0,5 \text{ mm}^2$, фарфоровой изоляцией и эластомерной оболочкой. Материал перегородки — сталь. Кабельная проходка, с помощью которой кабель закреплен в перегородке, выполнена из эластомерного материала. Температурное поле стены рассчитывалось для участка, равного четырем радиусам оболочки кабеля, так как на большем расстоянии от поверхности кабеля температура перегородки практически не изменяется.

Теплофизические характеристики слоев рассматриваемой системы [7]:

$$\begin{aligned}\lambda_1 &= 384 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}), \lambda_2 = 1 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}), \lambda_3 = 0,16 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}), \\ \lambda_4 &= 0,16 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}), \lambda_5 = 46 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}), \lambda_6 = 0,026 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}); \\ \rho_1 &= 8800 \text{ кг}/\text{м}^3, \rho_2 = 2300 \text{ кг}/\text{м}^3, \rho_3 = 1100 \text{ кг}/\text{м}^3, \\ \rho_4 &= 1100 \text{ кг}/\text{м}^3, \rho_5 = 7800 \text{ кг}/\text{м}^3, \rho_6 = 1,161 \text{ кг}/\text{м}^3; \\ c_1 &= 381 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}), c_2 = 1200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}), \\ c_3 &= 1380 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}), c_4 = 1380 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}), \\ c_5 &= 460 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}), c_6 = 1190 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}); \\ D_6 &= 7,83 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}.\end{aligned}$$

Геометрические размеры кабеля и перегородки:
 $R_1 = 0,0004$ м, $R_2 = 0,0007$ м, $R_3 = 0,0019$ м,
 $R_4 = 0,0025$ м, $R_5 = 0,01$ м, $Z_1 = 0,05$ м, $Z_2 = 0,25$ м.

Параметры термического разложения материала оболочки и герметика:

$$\begin{aligned}k^0 &= 5 \cdot 10^{11} \text{ с}^{-1}, q = 1,86 \text{ МДж}/\text{кг}, \varphi_0 = 0,4, \\ R &= 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К}), E = 170 \text{ кДж}/\text{моль}.\end{aligned}$$

Параметры реакции окисления:

$$k^0 = 7 \cdot 10^9 \text{ с}^{-1}, q = 45 \text{ МДж}/\text{кг}, E = 100 \text{ кДж}/\text{моль}.$$

Условия теплообмена с окружающей средой:
 $T_0 = 300 \text{ K}$, $T^e = 300 \text{ K}$, $\alpha = 5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Задача численных исследований в рамках сформулированной математической модели состояла в определении возможности зажигания смеси продуктов термического разложения оболочки и герметика типичного кабельного изделия при различных токовых нагрузках.

Установлено, что вид распределения температуры в исследуемой системе (рис. 2) практически не изменяется в диапазоне нагрузок, при которых не реализуются условия зажигания. Зависимость максимальных температур нагрева жилы при длительности перегрузки 1 ч от силы тока приведена на рис. 3. Выявлено, что токовая нагрузка 25 А является пороговой, так как температура смеси продуктов термического разложения с окислителем через 10 ч воздействия на кабельную линию указанной нагрузки достигает условий зажигания, приведенных ниже, но концентрация газов при этом все же недостаточно высока для реализации зажигания.

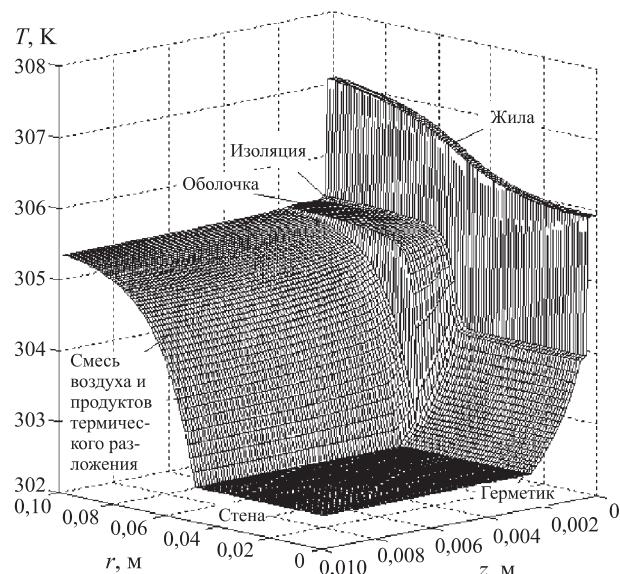


Рис. 2. Распределение температуры в исследуемой системе при токовой нагрузке 10 А при $t = 3600$ с

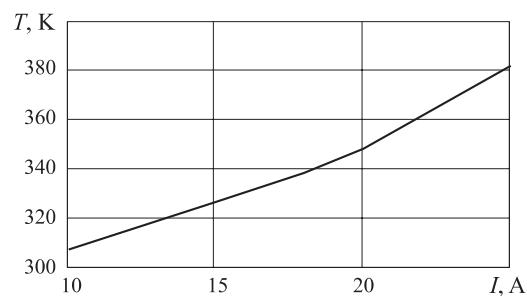


Рис. 3. Зависимость максимальной температуры жилы от токовой нагрузки при $t = 3600$ с

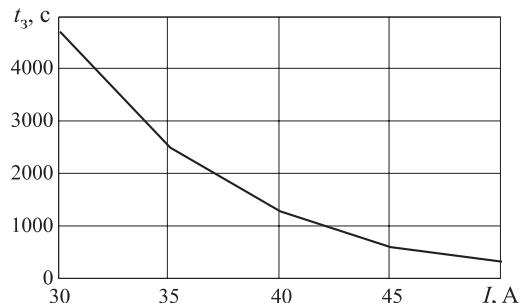
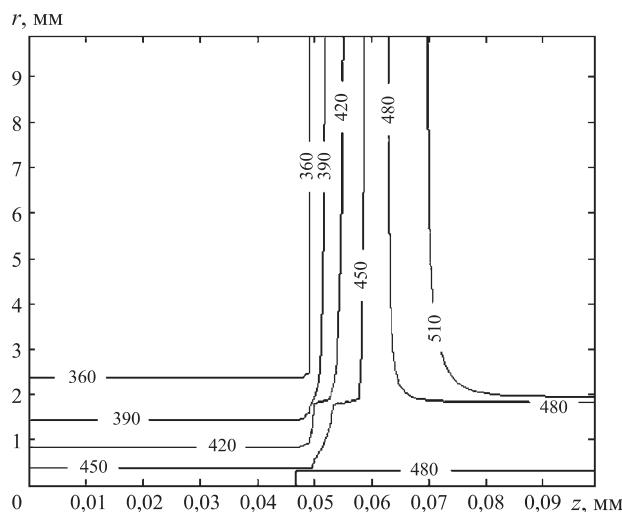


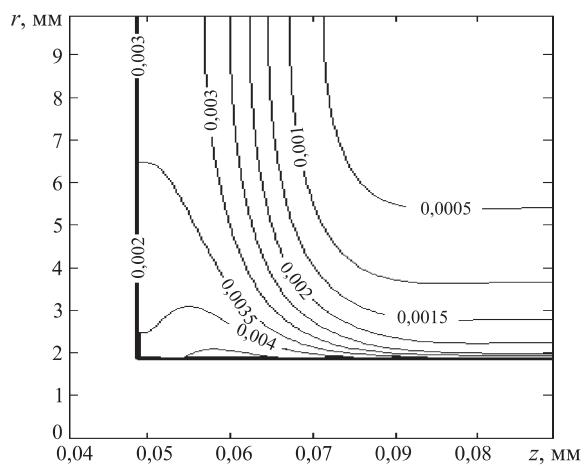
Рис. 4. Зависимость времени задержки зажигания от токовой нагрузки

Исследования показали, что при токовых нагрузках, превышающих 25 А, и температура, и концентрация смеси воздуха и продуктов термического разложения достигают критических значений, при которых происходит зажигание. Зависимость времени задержки зажигания t_3 от силы тока приведена на рис. 4. Анализ результатов численных исследований показал, что значения t_3 варьируются от 1 ч 20 мин при 30 А до 5 мин при 50 А. Распре-

Рис. 5. Изотермы при токовой нагрузке 40 А при $t = 1271$ с

деление температуры в рассматриваемой системе (см. рис. 1) и концентрации компонентов разложения в смеси при нагрузке 40 А в момент времени, предшествующий зажиганию, приведены на рис. 5 и 6. Установлено, что условия зажигания для всех исследованных значений токовой нагрузки реализуются практически при одинаковых параметрах — концентрации компонентов термического разложения в воздухе, близкой 0,005, и температуре смеси около 500 К. Максимум температуры достигается в области, расположенной на расстоянии нескольких миллиметров от перегородки и поверхности кабеля. Там же наблюдается максимум концентрации горючей компоненты.

Таким образом, ключевую роль в обеспечении пожарной безопасности кабельной линии при перегрузке играют условия теплообмена, а не наличие

Рис. 6. Линии постоянной концентрации компонентов термического разложения в воздухе при токовой нагрузке 40 А при $t = 1271$ с

или отсутствие перегородки. Анализ результатов проведенных исследований показывает, например, что принудительная вентиляция позволяет существенно снизить вероятность зажигания кабельных линий за счет снижения температуры и концентрации горючей компоненты в воздухе, окружающем разогретый до высоких температур кабель.

Выводы

Разработанная модель тепломассопереноса дает возможность прогнозировать реализацию условий зажигания кабельных линий и предотвращать указанные выше пожароопасные процессы на производстве. При этом возможна также оценка условий теплообмена кабельных линий, воздухообмена и предельных электрических нагрузок, при которых выполняются условия пожарной безопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Смелков Г. И., Рябиков А. И. Проблемы обеспечения пожарной безопасности электропроводок и кабельных линий в свете требований действующих нормативных документов // Кабель-news. — 2009. — № 6–7. — С. 40–47.
- Возгораемость кабеля // Электрик. — 2005. — № 10. — С. 6–8.
- Болодьян И. А., Третьяков В. А. О термической деструкции полимерной изоляции электрического проводника при токовой перегрузке // Вопросы горения полимерных материалов в обогащенных кислородом средах : сб. тр. ВНИИПО, вып. 1. — М. : ВНИИПО МВД СССР, 1981. — С. 75–80.
- Франк-Каменецкий Д. А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. — М. : Наука, 1987. — 502 с.
- Самарский А. А. Теория разностных схем. — М. : Наука, 1983. — 616 с.
- Коздoba Л. А. Методы решения нелинейных задач теплопроводности. — М. : Наука, 1975. — 227 с.
- Чиркин В. С. Теплофизические свойства материалов: справочное руководство. — М. : Гос. изд-во физ.-мат. лит-ры, 1959. — 356 с.

Материал поступил в редакцию 26 мая 2010 г.

Электронные адреса авторов: grigoryeva@tpu.ru; elf@tpu.ru; pavel-strizhak@yandex.ru.

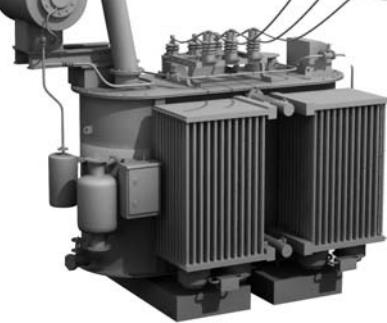
ООО «ИЗДАТЕЛЬСТВО «ПОЖНАУКА»

ПРЕДЛАГАЕТ ВАШЕМУ ВНИМАНИЮ

Учебное пособие

В. Н. Черкасов, В. И. Зыков

Обеспечение пожарной безопасности электроустановок



Рецензенты: Федеральное государственное учреждение Всероссийский ордена «Знак почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России, кафедры физики и пожарной безопасности технологических процессов Академии ГПС МЧС России.

В учебном пособии рассмотрены общая схема электроснабжения потребителей, классификация электроустановок и причины пожаров от них, а также вероятностная оценка пожароопасных отказов в электротехнических изделиях и пожарная безопасность комплектующих элементов. Приведены нормативные обоснования и инженерные решения по обеспечению пожарной безопасности электроустановок и защите зданий и сооружений от молний и статического электричества.

Учебное пособие предназначено для практических работников в области систем безопасности и может быть использовано для подготовки и повышения квалификации специалистов соответствующего профиля.



Web-сайт: firepress.ru

Эл. почта: mail@firepress.ru, izdat_pozhnauka@mail.ru

Тел.: (495) 228-09-03, тел./факс: (495) 445-42-34



Н. В. Барановский

канд. физ.-мат. наук, докторант Томского
политехнического университета, ст. научный сотрудник
Научно-исследовательского института прикладной
математики и механики, г. Томск, Россия

УДК 658.382.3:006.354

ПОЛНЫЙ ЦИКЛ РАЗРАБОТКИ И ПОДДЕРЖКИ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ПРОГНОЗА ЛЕСНОЙ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ

Рассматриваются технологии проектирования, разработки, модернизации и технической поддержки информационно-вычислительного параллельного программного комплекса (ППК). В качестве примера рассматривается ППК для прогнозирования лесной пожарной опасности. Предлагается использовать технологии "Microsoft" и провести их адаптацию на случай разработки информационно-вычислительного программного продукта для много-процессорной вычислительной системы. Делается вывод о необходимости подготовки кадров с такими навыками для служб МЧС, лесного хозяйства, пожарной охраны, а также внедрения соответствующих планов и программ подготовки (переподготовки) в учебный процесс.

Ключевые слова: лесная пожарная опасность; параллельный программный комплекс; учебный процесс; профессиональная подготовка (переподготовка).

Введение

Несмотря на интенсивный характер развития науки и техники, катастрофические явления и в настоящее время наносят значительный экономический и экологический ущерб и ведут к гибели людей. Ключевым моментом в решении этой проблемы является разработка мер по прогнозированию и предупреждению чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Интенсификация человеческой деятельности привела к увеличению антропогенной нагрузки на лесопокрытые территории, и, как следствие, лесные пожары из природного регулирующего фактора превратились в катастрофическое явление [1].

В последнее время широкое применение в области охраны лесов от пожаров находят информационно-вычислительные технологии [2–5]. Большую роль начинают играть технологии математического моделирования процессов лесопожарного созревания, сушки и зажигания лесных горючих материалов (ЛГМ) [6–8]. Стремительное развитие микронауки позволяет создавать системы с параллельной обработкой данных различного масштаба — от многоядерного процессора до многопроцессорного суперкомпьютера [9]. Появилась возможность и необходимость разработки параллельных

программных средств в области прогнозирования и мониторинга лесных пожаров. Например, разработаны и применяются: подход ландшафтного распараллеливания для прогнозирования лесной пожарной опасности [10]; параллельная реализация модели атмосферы MM5 для получения прогнозных значений метеорологических полей [11]; параллельные вычислительные технологии при моделировании процесса распространения лесного пожара [12–14]. При разработке параллельных программ необходимы специализированные инструменты программирования [15], поддающиеся параллельной реализации численные методы, наличие естественного параллелизма в решаемой задаче и способность разработчика мыслить параллельными категориями [16].

Необходима разработка нового или адаптация существующего подхода для осуществления полного цикла разработки и поддержки программного продукта для высокопроизводительных систем. Следует особо выделить технологии компании "Microsoft" [17–19]. Цель работы — адаптация и внедрение в учебный процесс технологий создания программных продуктов "Microsoft" для проектирования, разработки, модернизации и технической поддержки

информационно-вычислительного параллельного комплекса прогноза лесной пожарной опасности.

Синтез технологии проектирования и разработки ППК

Специалисты “Microsoft” считают, что при создании приложений и развитии инфраструктуры надо ориентироваться на базовые концепции уровня предприятия и принципы разработки приложений Microsoft Solution Framework (MSF) [19], поскольку применение метода MSF позволяет получать комплексные, итерационные, работоспособные решения, приоритеты которых четко определены.

Одно из ключевых понятий — производственная архитектура, которая представляет собой сконцентрированный, единый технологический план. Цель разработки архитектуры формулируется следующим образом [19]: выработать логически связанный, цельный план рутинных работ и сконцентрированных проектов, необходимых для преобразования сложившейся структуры информационных систем и приложений организации к состоянию, определенному как долгосрочная цель на основе текущих и перспективных задач и процессов. Модель производственной архитектуры предполагает итерационный, поэтапный выпуск серии последовательных версий, по мере выпуска которых производственная архитектура постоянно корректируется (рис. 1). Однако по большей части технологии “Microsoft” направлены на разработку бизнес-приложений.

В рассматриваемом нами случае речь идет о разработке ППК на базе наукоемкой информационно-вычислительной “начинки”. Каждая итерация в рамках коррекции производственной архитектуры

должна содержать вложенный итерационный процесс разрешения научной задачи посредством математического моделирования. Шаг 1 — формулировка модели; шаг 2 — формализация модели на языке математических символов; шаг 3 — программная реализация модели и проведение вычислительных экспериментов; шаг 4 — анализ и верификация результатов; шаг 5 — получение новых знаний об исследуемом явлении. Затем переход на шаг 1 и повтор процесса построения и исследования модели [20].

Разработка, поддержка и сопровождение ППК прогноза лесной пожарной опасности

Разработка ППК должна проводиться проектной группой (рис. 2), которая в дополнение к модели “Microsoft” должна включать научно-исследовательский компонент: специалиста в предметной области (лесного пиролога), специалиста-вычислителя, специалиста-физика. В данном случае можно ожидать, что в запланированный срок будет разработана стабильная версия ППК с относительно оптимальными характеристиками производительности и программной реализацией математической модели, адекватной физике исследуемого процесса. Описание обязанностей каждого члена проектной группы представлено в таблице.

Менеджер продукта вместе с менеджером программы должны прийти к компромиссному решению относительно функциональных возможностей продукта, сроков его разработки и финансирования. В небольших организациях или при работе над мелким проектом роли могут быть совмещены. Однако в этом случае появляется другая проблема: как не упустить из виду ни одной существенной детали

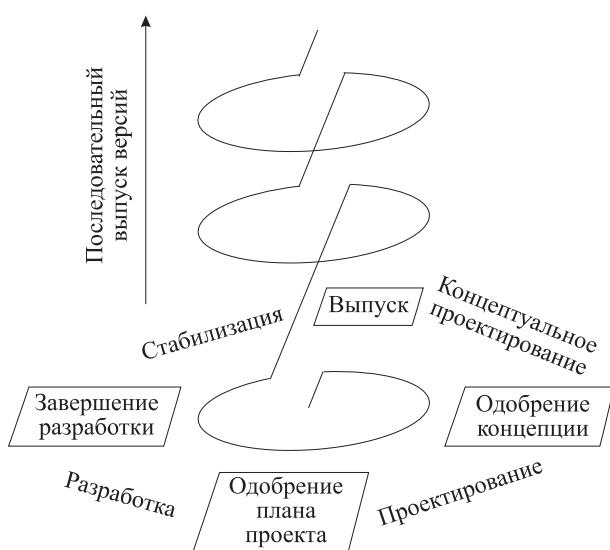


Рис. 1. Модель производственной архитектуры и итерационный процесс выпуска версий программного продукта [19]

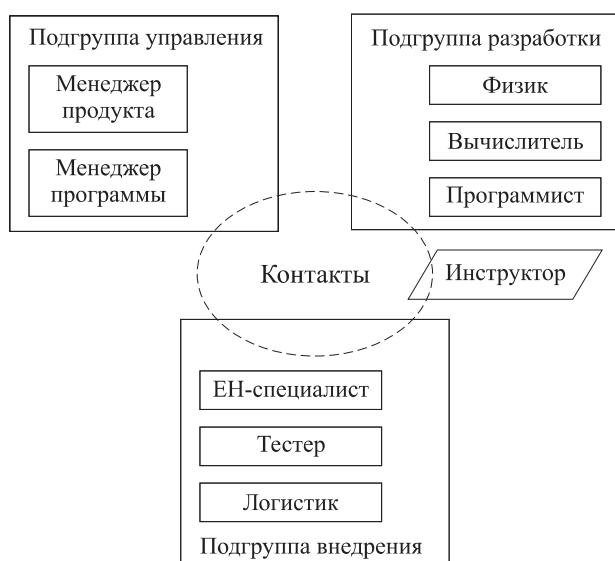


Рис. 2. Структура типичной студенческой исследовательской группы

проекта с точки зрения каждой роли. При работе над крупными проектами, наоборот, приходится делять проектную группу на тематические и функциональные подгруппы [19]. Например, в рассматриваемом нами случае могут быть выделены подгруппы, отвечающие за разработку модулей сушки слоя

ЛГМ, зажигания ЛГМ антропогенными и природными источниками. Разделение проектной группы на подгруппы (см. рис. 2) соответствует методологии корпорации “Microsoft” выделения функциональных групп, которые формируются в рамках одной роли.

Роли в проектной группе	
Члены проектной группы	Роль в группе
<i>Подгруппа управления</i>	
Менеджер продукта	Цель — удовлетворение требований заказчика. Главная задача — сформулировать общее представление о поставленной задаче и методе ее решения [19]
Менеджер программы	Цель — соблюдение ограничений проекта. Главная обязанность — выполнить все стадии разработки таким образом, чтобы нужный продукт был выпущен в нужное время, а также координировать деятельность других членов группы
<i>Подгруппа разработки</i>	
Физик	Разработка физико-математических моделей для отдельных компонентов программного комплекса
Вычислитель	Разработка оптимальных алгоритмов численной реализации физико-математических моделей
Программист	Разработка компонентов программного продукта, не связанных напрямую с численным моделированием
<i>Подгруппа внедрения</i>	
ЕН-специалист	Соответствие результатов моделирования данным наблюдений. Использование наработок и практического опыта в предметной области
Тестер	Проведение экспериментальных исследований и тестирование программного продукта. Разработка стратегии, планов и сценариев тестирования [19]
Логистик	Развертывание и внедрение, постоянное сопровождение программного продукта
<i>Особый компонент группы</i>	
Инструктор	Цель группы обучения — повысить эффективность труда пользователей. Организация обучения пользователей работе с продуктом, разработка руководства пользователя, системы on-line-помощи, специализированных Вэб-страниц, учебного курса [19]



Рис. 3. Примерный план разработки ППК посредством последовательного выпуска версий (С.У.Д.А.Н. — система усвоения данных об уровне антропогенной нагрузки)

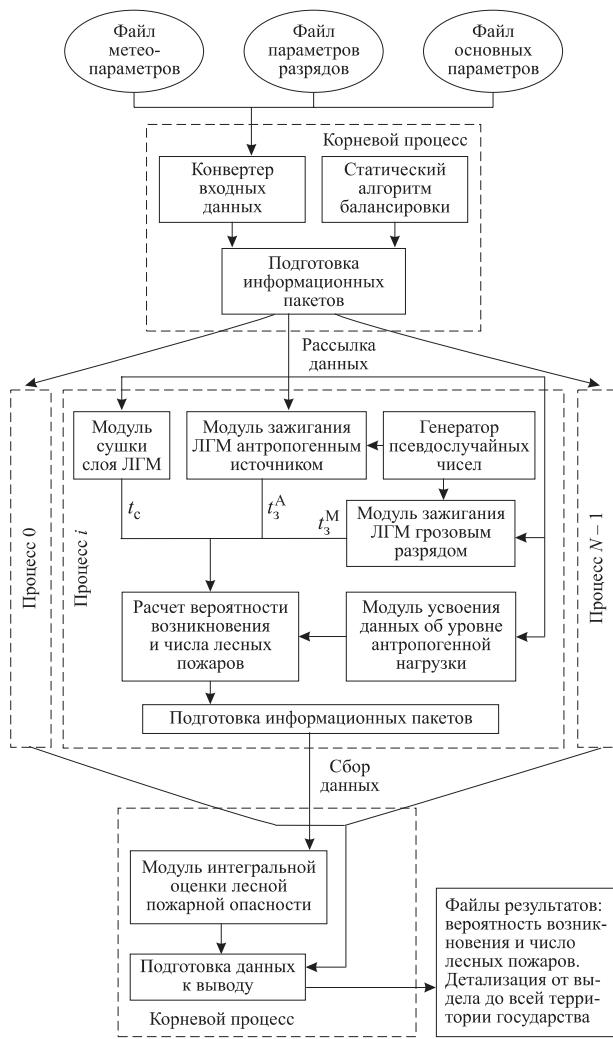


Рис. 4. Проектный алгоритм функционирования ППК прогноза лесной пожарной опасности

Выпуск каждой версии ППК должен заканчиваться переходом к уточнению производственной архитектуры и спецификации последующей версии. На рис. 3 демонстрируется примерный процесс разработки ППК прогноза лесной пожарной опасности (на схеме обозначены компоненты, которые добавляются в каждой последующей версии). Обозначенные пунктиром версии к настоящему времени уже реализованы.

На рис. 4 представлен проектный алгоритм функционирования ППК после завершения работ над версией 9 [21]. Работу начинает корневой процесс параллельной программы, который считывает информацию из файлов, содержащих исходные данные. Прогностические поля метеоданных Гидрометцентра РФ представлены в коде GRIB, поэтому необходимо конвертирование входных данных во внутренний формат ППК. Для балансировки вычислительной нагрузки между ветвями параллельной программы в настоящее время используется

статический алгоритм. Показано, что основное влияние на время сушки слоя ЛГМ (и соответственно на время расчета) оказывает его начальное влагосодержание [6]. Этот факт также может быть положен в основу динамической эвристики алгоритма балансировки.

На следующем этапе корневой процесс осуществляет подготовку и рассылку информационных пакетов с исходными данными по всем ветвям параллельной программы. В каждой такой ветви для каждого лесотаксационного выдела определяются времена сушки (t_c) и зажигания антропогенным (t_3^A) и природным (t_3^M) источниками, которые используются для определения вероятности возникновения пожара. Для задания некоторых параметров следует использовать генератор псевдослучайных чисел.

На завершающем этапе корневой процесс собирает информационные пакеты со всех ветвей параллельной программы, проводит интегральную оценку лесной пожарной опасности и выводит данные в файлы результатов.

Перспективы подготовки высококвалифицированных кадров

Следует внедрять принципы группового проектирования и разработки программных продуктов в учебный процесс, примерная схема которого представлена на рис. 5. Групповая работа над дипломным проектом возможна как с фиксированным распределением ролей, так и с их перестановкой в течение работы над проектом. Выполнение дипломного проекта предваряется серией курсовых работ по нескольким дисциплинам (в том числе спецкурсам). Возможен вариант выполнения проекта студентами разных факультетов и разных специализаций. Процедура защиты такого проекта также должна быть коллективной и носить характер семинара, когда каждый из исполнителей защищает свою часть проекта. В начале и конце выступлений ответственный исполнитель озвучивает информацию относительно объединяющей части и роли каждого из подпроектов.

В обязательном порядке на факультетах, имеющих отношение к разработке информационно-вычислительного программного обеспечения, следует внедрить в учебный процесс спецкурс “Основы современных технологий проектирования и разработки программных продуктов”. Цель предлагаемого спецкурса заключается в подготовке специалиста, понимающего и способного проектировать и разрабатывать программное обеспечение, отвечающее современным требованиям. Примерная программа такого спецкурса приведена ниже. Автор разработал и использовал программу этого спец-

курса при проведении занятий со студентами 3-го курса механико-математического факультета Томского государственного университета.

Примерная программа спецкурса "Основы современных технологий проектирования и разработки программных продуктов"

Введение

Обзорная информация по технологическому процессу аппаратного и программного обеспечения. Типы программного обеспечения.

Объем — 2 часа.

Раздел 1. Современные технологии разработки программных продуктов

Языки и средства разработки. RAD- и CASE-системы. Машинная графика и разработка 3D-приложений.

Объем — 2 часа.

Раздел 2. Проектирование и разработка крупных программных продуктов

Производственная архитектура (2 часа).

Приложения масштаба предприятия (4 часа).

Проектные группы (2 часа).

Процесс разработки (4 часа).

Предпроект (2 часа).

План проекта (2 часа).

Объем — 16 часов.

Раздел 3. Современные информационно-вычислительные технологии

Технологии пользовательского и прикладного уровня. Технологии уровня данных. 2D-, 3D-графика и визуализация. Последовательные и параллельные вычислительные технологии. Экспертные системы. Географические информационные системы. Тестирование и производственный цикл. Защита приложения. Стадия "Разработка" и ее результаты.

Объем — 10 часов.

Раздел 4. Выпуск финальной версии продукта

Стабилизация продукта. Выпуск продукта. Обсуждение продукта.

Объем — 4 часа.

Заключение

Подведение итогов.

Объем — 2 часа.

Итого 36 часов. Форма отчетности — зачет.

Примерная структура билета:

Вопрос 1. Современные подходы к проектированию программных продуктов.

Вопрос 2. Средства разработки программных продуктов.

Вопрос 3. Характеристика информационно-вычислительных технологий.

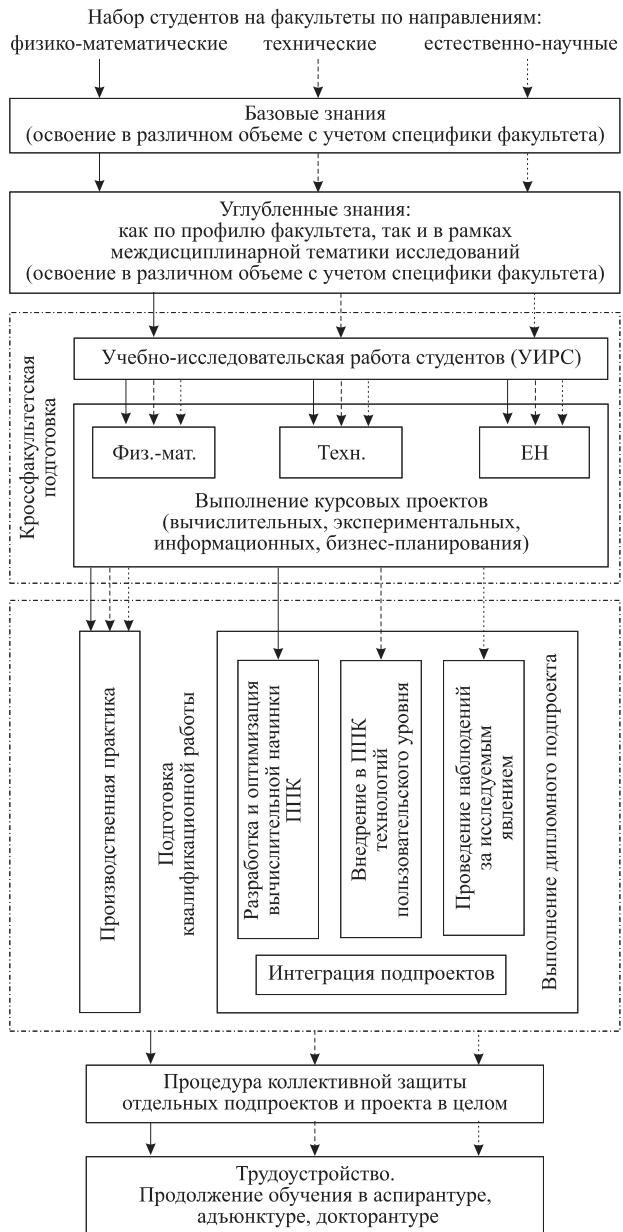


Рис. 5. Схема типичного учебного процесса: ЕН — специалист в области естественных наук

Обязательными спецкурсами, необходимыми для подготовки специалиста, способного проектировать, разрабатывать и обслуживать параллельные программные комплексы, являются курсы "Параллельное программирование в MPI" и "Методы параллельных вычислений". Автором были разработаны программы этих спецкурсов и проводились занятия со студентами 4-го курса механико-математического факультета ТГУ. В рамках первого спецкурса студенты знакомятся с инструментальными средствами разработки параллельных программ посредством программирования в модели передачи сообщений MPI (Message Passing Interface). Второй спецкурс позволяет студентам освоить некоторые

параллельные (или поддающиеся распараллеливанию) численные методы. Автор не приводит примерных программ данных курсов, так как в настоящее время выпущен достаточный объем учебной литературы по технологии программирования в MPI и параллельной реализации некоторых численных методов. Кроме того, в периодической научной литературе этому вопросу также уделяется должное внимание.

Выводы

В настоящей работе представлена стратегия обеспечения полного цикла разработки информационно-вычислительного программного обеспечения для высокопроизводительных систем параллельной архитектуры. В качестве примера приведен алгоритм разработки параллельного программного комплекса прогнозирования лесной пожарной опасности. Представленный принцип разработки ППК является достаточно общим и может применяться практически в любой предметной области, где требуется обработка больших объемов данных в режиме, опережающем реальное время развития процесса.

Текущее состояние в области прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного характера, а именно лесной пожарной опасности, требует привлечения современных информационно-вычислительных технологий. Анализ зарубежных систем прогнозирования лесной пожарной опасности (канадской Canadian Wildland Fire Information System — CWFIS [3], американской National Fire Danger Rating System — NFDRS [22], европейской European

Forest Fire Information System — EFFIS [23]) показывает, что вычислительная компонента и технологическая база этих систем превосходят уровень отечественной методики [24] и государственного стандарта на ее основе [25]. Эффективная деятельность по предупреждению возникновения и последствий лесных пожаров невозможна без разработки и внедрения новых технологий в практику охраны лесов. В связи с этим возникает необходимость подготовки (переподготовки) высококвалифицированных кадров для лесного хозяйства и МЧС РФ. Разработка новой физически обоснованной системы прогнозирования лесной пожарной опасности будет соответствовать задачам Концепции развития лесного хозяйства Российской Федерации на 2003–2010 годы [26] в части внедрения достижений науки для обеспечения интенсивного, комплексного использования лесных ресурсов при сохранении экологического потенциала лесов. Настоящая работа приближает решение этих задач в части разработки и совершенствования методов прогнозирования пожароопасных ситуаций в лесах и подготовки кадров высокой квалификации. В отличие от канадской и американской систем ГОСТ РФ на прогноз лесной пожарной опасности совершенно не учитывает уровня грозовой активности и антропогенной нагрузки [24]. Таким образом, проведенные проектные исследования соответствуют приоритетам, обозначенным в Концепции [26], в части приведения российских стандартов в сфере лесного хозяйства в соответствие с мировыми.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Turcq B., Sifeddine A., Martin L., Absy M. L., Soubies F., Suguio K., Volkmer-Ribeiro C.* Amazonia rainforest fires : a lacustrine record of 7000 years // Ambio. — 1998. — Vol. 27. — P. 139–142.
2. Сухинин А. И., Пономарев Е. И. Картирование и краткосрочное прогнозирование пожарной опасности в лесах Восточной Сибири по спутниковым данным // Сибирский экологический журнал. — 2003. — № 6. — С. 669–675.
3. Lee B. S., Alexander M. E., Hawkes B. C., Lynham T. J., Stocks B. J., Englefield P. Information systems in support of wildland fire management decision making in Canada // Computers and Electronics in Agriculture. — 2002. — Vol. 37, No. 1–2. — P. 185–198.
4. Vakalis D., Sarimveis H., Kiranoudis C., Alexandridis A., Bafas G. A GIS based operational system for wildland fire crisis management I. Mathematical modeling and simulation // Applied Mathematical Modelling. — 2004. — Vol. 28, No. 4. — P. 389–410.
5. Копылов В. Н., Полищук Ю. М., Хамедов В. А. Геоинформационная технология оценки последствий лесных пожаров с использованием данных дистанционного зондирования // Геоинформатика. — 2004. — № 2. — С. 56–61.
6. Гришин А. М., Барановский Н. В. Сравнительный анализ простых моделей сушки слоя ЛГМ, включая данные экспериментов и натурных наблюдений // Инженерно-физический журнал. — 2003. — Т. 76, № 5. — С. 166–169.
7. Кузнецов Г. В., Барановский Н. В. Математическое моделирование зажигания слоя лесных горючих материалов нагретой до высоких температур частицей // Пожаровзрывобезопасность. — 2006. — Т. 15, № 4. — С. 42–46.

8. Кузнецов Г. В., Барановский Н. В. Математическое моделирование зажигания дерева хвойной породы наземным грозовым разрядом // Пожаровзрывобезопасность. — 2008. — Т. 17, № 3. — С. 41–45.
9. Абрамов С. М., Заднепровский В. Ф., Шмелев А. Б., Московский А. А. СуперЭВМ Ряда 4 семейства СКИФ: штурм вершины суперкомпьютерных технологий // Параллельные вычислительные технологии (ПаВТ2009) : труды Международной научной конференции. — Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2009. — С. 5–16. — ISBN 978-5-696-03854-4.
10. Барановский Н. В. Ландшафтное распараллеливание и прогноз лесной пожарной опасности // Сибирский журнал вычислительной математики. — 2007. — Т. 10, № 2. — С. 141–152.
11. Hoadley J. L., Rorig M. L., Bradshaw L., Ferguson S. A., Westrick K. J., Goodrick S. L., Werth P. Evaluation of MM5 model resolution when applied to prediction of National Fire Danger Rating indexes // International Journal of Wildland Fire. — 2006. — Vol. 15, No. 2. — P. 147–154.
12. Барановский Н. В. Основные принципы параллельной реализации общей математической модели лесного пожара // Пожарная безопасность. — 2008. — № 1. — С. 98–102.
13. Вдовенко М. С., Доррер Г. А. Разработка параллельных алгоритмов, моделирующих распространение лесных пожаров // Параллельные вычислительные технологии (ПаВТ2009) : труды Международной научной конференции. — Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2009. — С. 420–426. — ISBN 978-5-696-03854-4.
14. McDonough J. M., Yang T. Parallel performance of a new model for wildland fire spread prediction // Proceedings of International Conference Parallel CFD'04, Gran Canaria, Canary Island, Spain, May 24–27, 2004. — P. 37–42.
15. Корнеев В. Д. Параллельное программирование в MPI. — Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2000. — 213 с. — ISBN 5-7692-0304-8.
16. Малышкин В. Э., Корнеев В. Д. Параллельное программирование мультикомпьютеров : учеб. пособие. — Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2006. — 295 с. — ISBN 5-7782-0702-6.
17. Маккарти Дж., Маккарти М. Правила разработки программного обеспечения. — М. : Русская редакция, 2007. — 240 с. — ISBN 978-5-91180-437-4.
18. Вигерс К. И. Разработка требований к программному обеспечению. — М. : Русская редакция, 2004. — 576 с. — ISBN 5-7502-0240-2.
19. Уилсон С. Ф., Мейплс Б., Лэндгрэйв Т. Принципы проектирования и разработки программного обеспечения. Учебный курс MCSD : пер. с англ. — М. : Русская редакция, 2000. — 608 с. — ISBN 5-7502-0179-1.
20. Прохоров Ю. В. Математический энциклопедический словарь. — М. : Советская энциклопедия, 1988. — 845 с. — ISBN 5-8527-0278-1.
21. Барановский Н. В. Перспективы создания российской системы прогноза лесной пожарной опасности // Инженерная физика. — 2009. — № 8. — С. 39–49.
22. Deeming J. E., Burgan K. E., Cohen J. D. The national fire danger rating system. Ogden, Utah: USDA Forest Service, General Technical Report. INT-39. 1978. — 66 p.
23. Camia A., Barbosa P., Amatulli G., San-Miguel-Ayanz J. Fire Danger Rating in the European Forest Fire Information System (EFFIS) : Current developments // Forest Ecology and Management. — 2006. — Vol. 234, Supplement 1. — P. 20.
24. Кузнецов Г. В., Барановский Н. В. Прогноз возникновения лесных пожаров и их экологических последствий. — Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2009. — 301 с. — ISBN 978-5-7692-1067-9.
25. ГОСТ Р 22.1.09–99. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование лесных пожаров. Общие требования. — Введ. 2000–01–01. — М. : ИПК Издательство стандартов, 1999.
26. Концепция развития лесного хозяйства России на 2003–2010 годы (внесенные изменения). — М. : МПР Рослесхоз, 2007. — 12 с.

Материал поступил в редакцию 11 мая 2010 г.
Электронный адрес автора: iredanger@yandex.ru.

А. Я. Корольченко, О. Н. Корольченко
«Средства огне- и биозащиты»

Срок выхода – сентябрь 2010 г.

В книге будут изложены требования нормативных документов к средствам и способам огне- и биозащиты и проведению огне- и биозащитных работ, в том числе по обеспечению огнестойкости и огнезащиты строительных конструкций, методы испытаний огне- и биозащитных составов, порядок лицензирования и сертификации в области огне- и биозащиты, контроль качества и правила приемки огне- и биозащитных работ.

В книге будут приведены характеристики огне- и биозащитных составов различного назначения, рассмотрены их физические свойства, даны сведения об огнезащитной эффективности, удельных расходах, представлены технологии нанесения и срок службы.

В конце книги будет приведен перечень фирм — производителей средств огне- и биозащиты.

**Внимание!!!
Распространяется
БЕСПЛАТНО!!!**

www.firepress.ru

По вопросам оформления заявки на бесплатное получение справочника просьба обращаться по тел.: (495) 228-09-03 (многоканальный) или по e-mail: mail@firepress.ru

Рекламодателям:
тел.: (495) 445-42-29
Координатор отдела рекламы
Майорова Екатерина Валерьевна



О. О. Ворогушин
ассистент Московского
государственного строительного
университета, г. Москва, Россия



А. Я. Корольченко
д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой
Московского государственного строительного
университета, г. Москва, Россия

УДК 614.841

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ДИНАМИКУ РАЗВИТИЯ ОФП В АТРИУМЕ

Выполнены численные эксперименты с использованием дифференциальной гидродинамической (CFD) модели пожара в атриумном здании. Проанализирована степень влияния различных факторов, таких как количество и свойства пожарной нагрузки и объемно-планировочные решения здания, на динамику развития опасных факторов пожара в атриуме. Произведена оценка эффективности применения различных средств противодымной защиты атриумного пространства.

Ключевые слова: атриум; здание; противопожарная защита; опасные факторы пожара; моделирование пожара.

Прогнозирование динамики распространения опасных факторов пожара (ОФП) в атриуме на сегодняшний день является труднорешаемой задачей. Проведение натурных испытаний в данном случае крайне затруднительно, следовательно, математическое моделирование является единственным доступным методом решения данной задачи. Вместе с тем атриумные здания получают все большее распространение в наши дни, что обуславливает необходимость анализа того, как те или иные факторы могут повлиять на динамику развития опасных факторов пожара в многосветном пространстве.

Математическая модель пожара

Для описания термогазодинамических параметров пожара в атриуме применимы две основные группы детерминистических моделей — зонные и полевые [1]. Приоритетность использования полевой модели пожара в данном случае обусловлена тем, она позволяет получать локальные значения замеряемых величин в определенных точках независимо от сложности конструктивного и объемно-планировочного исполнения здания, а также учитывать применение различных систем противопожарной защиты.

Полевая математическая модель пожара основана на уравнениях, выражающих законы сохранения массы, импульса, энергии и масс-компонентов в рассматриваемом малом объеме [2].

Уравнение сохранения массы:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_j) = 0. \quad (1)$$

Уравнение сохранения импульса:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho u_i) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_j u_i) = - \frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j} + \rho g_i. \quad (2)$$

Для ньютоновских жидкостей, подчиняющихся закону Стокса, тензор вязких напряжений определяется формулой

$$\tau_{ij} = \mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) - \frac{2}{3} \mu \frac{\partial u_k}{\partial x_k} \delta_{ij}. \quad (3)$$

Уравнение энергии:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} (\rho h) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_j h) = \\ = \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\frac{\lambda}{c_p} \frac{\partial h}{\partial x_j} \right) - \frac{\partial q_j^R}{\partial x_j}, \end{aligned} \quad (4)$$

где h — статическая энталпия смеси;

$$h = h_0 + \int_{T_0}^T c_p dT + \sum_k (Y_k H_k);$$

H_k — теплота образования k -го компонента;

c_p — теплоемкость смеси при постоянном давлении; $c_p = \sum_k Y_k c_{p,k}$;

q_j^R — радиационный поток энергии в направлении x_j .

Уравнение сохранения химического компонента k :

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho Y_k) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_j Y_k) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\rho D \frac{\partial Y_k}{\partial x_j} \right) + S_k. \quad (5)$$

Для замыкания представленной выше системы уравнений используется уравнение состояния идеального газа. Для смеси газов оно имеет вид:

$$p = \rho R_0 T \sum_k \frac{Y_k}{M_k}, \quad (6)$$

где R_0 — универсальная газовая постоянная; M_k — молярная масса k -го компонента.

Очевидно, что решение полевой модели пожара требует использования программных средств ЭВМ. На сегодняшний день существует ряд компьютерных программ, предназначенных для решения данной модели, таких как: PHOENICS, JASMINE, SOFIE, FDS, FLUENT, CFX. В рамках моделирования был использован программный комплекс Fire Dynamics Simulator (FDS), разработанный коллективом специалистов Института стандартов и технологий США (NIST).

Постановка задачи

В работе рассмотрено 11 расчетных вариантов, в каждом из которых смоделировано возгорание одного из типовых видов пожарной нагрузки в помещении, смежном с помещением атриума.

Рассматриваемый атриум представляет собой многосветное пространство, связывающее 10 этажей. Высота каждого из этажей — 4 м. Геометрические размеры атриума: $a = 20$ м, $b = 20$ м, $h = 40$ м. Помещение пожара расположено в уровне 1-го этажа и имеет размеры: $a = 10$ м, $b = 10$ м, $h = 4$ м (рис. 1). Указанное помещение сообщается с атриумом посредством дверного проема шириной 2,5 м и высотой 2 м. Помещение атриума сообщается с внешней средой через открытый дверной проем площадью 5 м^2 , расположенный в уровне 1-го этажа. Остальные проемы в расчете приняты закрытыми.

В качестве материала ограждающих конструкций принят бетон со следующими теплофизическими свойствами:

- плотность $\rho = 2000 \text{ кг}/\text{м}^3$;

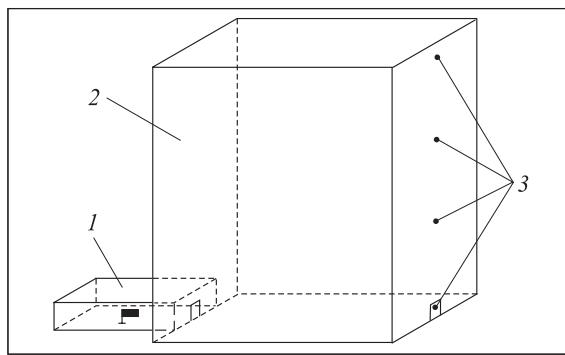


Рис. 1. Рассматриваемое атриумное здание: 1 — помещение пожара; 2 — помещение атриума; 3 — датчики контроля параметров пожара

Таблица 1. Критические значения опасных факторов пожара

Параметр	Критическое значение ОФП
Температура, °C	70
Плотность теплового потока, Вт/м ²	1400
Предельная дальность видимости, м	20
Концентрация, кг/м ³ :	
CO	$1,16 \cdot 10^{-3}$
CO ₂	$1,1 \cdot 10^{-3}$
HCl	$2,3 \cdot 10^{-5}$
O ₂	$2,26 \cdot 10^{-1}$

- теплопроводность $\lambda = 0,7 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$;
- теплоемкость $c_p = 1,67 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$;
- степень черноты поверхности — 0,9.

Значения опасных факторов пожара замеряются в объеме атриума на высоте рабочей зоны от уровня пола 1, 4, 7 и 10-го этажей.

В качестве контролируемых параметров пожара приняты основные первичные ОФП: повышенная температура, плотность теплового потока, потеря видимости, пониженная концентрация кислорода и повышенная концентрация токсичных продуктов горения. Перечень контролируемых параметров пожара и их критические значения приведены в табл. 1.

Количество и свойства пожарной нагрузки

В первых четырех расчетных вариантах оценивается влияние макрокинетических свойств пожарной нагрузки и ее количества на динамику развития ОФП в атриуме.

В 1-м расчетном варианте рассматривается возгорание мебели и тканей, размещенных в количестве, условно соответствующем категории помещения B4 по пожарной опасности согласно [3]. Принимаем, что пожарная нагрузка равномерно распределена по всей площади помещения, причем ее удельное значение $g = 150 \text{ МДж}/\text{м}^2$. При низкой теплоте сгорания $Q_h^p = 14900 \text{ кДж}/\text{кг}$ получаем, что удельная масса пожарной нагрузки составляет:

$$m_{уд} = \frac{g}{Q_h^p} = \frac{150000}{14900} \approx 10 \text{ кг}/\text{м}^2. \quad (7)$$

Таким образом, при удельной скорости выгорания $\psi_{уд} = 0,0162 \text{ кг}/(\text{м}^2\cdot\text{с})$ получаем, что время выгорания пожарной нагрузки (с последующим прекращением горения) в каждой точке площади помещения составляет:

$$\tau_v = \frac{m_{уд}}{\psi_{уд}} = \frac{10}{0,0162} = 617 \text{ с}. \quad (8)$$

Во 2-м расчетном варианте при аналогичных условиях моделирования рассматривается возгорание

Таблица 2. Исходные данные для типовых видов пожарной нагрузки

Свойство пожарной нагрузки	Мебель и ткани	Продукты пищевой промышленности (крупы, мука из них)	Ацетон
Низшая теплота сгорания, кДж/кг	14900	17000	29000
Линейная скорость пламени, м/с	0,0125	0,005	790
Удельная скорость выгорания, кг/(м ² ·с)	0,0162	0,0080	0,0440
Дымообразующая способность, Нп·м ² /кг	58,5	1096,0	80,0
Потребление кислорода (O_2), кг/кг	-1,437	-0,968	-2,220
Выделение углекислого газа (CO_2), кг/кг	1,320	0,812	2,293
Выделение угарного газа (CO), кг/кг	0,0193	0,1630	0,2690
Выделение хлористого водорода (HCl), кг/кг	0	0	0

мебели и тканей, размещенных в количестве, условно соответствующем категории В1. Таким образом, за время моделирования пожарная нагрузка прогореть не успевает.

В 3-м расчетном варианте рассмотрено возгорание пожарной нагрузки с относительно малой низшей теплотой сгорания и высокой дымообразующей способностью. В качестве таковой приняты продукты пищевой промышленности.

В 4-м варианте, наоборот, рассмотрено возгорание пожарной нагрузки с высокой теплотворной и низкой дымообразующей способностью (в качестве модельной пожарной нагрузки принят розлив ацетона площадью 2 м²).

Исходные данные для вышеперечисленных видов пожарной нагрузки показаны в табл. 2.

Объемно-планировочные решения

В 5-м расчетном варианте в рассматриваемый атриум добавлены поэтажные коридоры (галереи). Галереи шириной 3 м располагаются по периметру многосветного пространства в уровне этажей со 2-го по 10-й.

Остальные условия моделирования взяты аналогично тем, что приняты во 2-м расчетном варианте.

Применение различных систем противодымной защиты

В 6-м и 7-м расчетных вариантах при сохранении прочих параметров моделирования рассмотрено применение по периметру поэтажных галерей

противодымных экранов шириной соответственно 1 и 2 м.

В 8-м и в 9-м сценариях пожара предусмотрено размещение в верхней части атриума зенитных фонарей с площадью открытого проема каждого из них соответственно 1,5 и 3 м².

В 10-м расчетном варианте рассмотрено применение в комплексе противодымных экранов шириной 2 м и зенитных фонарей площадью 3 м².

И наконец, в 11-м расчетном варианте рассматривается применение системы противодымной защиты атриума с механическим побуждением тяги: в нижнюю часть атриума предусматривается подпор воздуха, из верхней части — дымоудаление. Требуемые параметры указанных выше систем взяты из расчетов, произведенных для подобного атриумного здания:

- расход системы дымоудаления — 194000 м³/ч;
- расход системы подпора воздуха — 122000 м³/ч.

Результаты моделирования

Время достижения критических значений ОФП (в секундах) в уровне различных этажей в 1-ом расчетном варианте показано в табл. 3.

Поля предельной дальности видимости в вертикальной плоскости, проходящей через центр атриума, представлены на рис. 2–13.

Время достижения критических значений ОФП (в секундах) в уровне различных этажей во 2-м расчетном варианте показано в табл. 4.

Температурный режим в уровне 1-го и 10-го этажей в 1-м и во 2-м расчетных вариантах показан на рис. 14.

Время достижения критического значения предельной дальности видимости (в секундах) в уровне различных этажей в расчетных вариантах с 5-го по 11-й представлено в табл. 5.

На рис. 15 показаны поля предельной дальности видимости в вертикальной плоскости, проходящей через центр атриума, в 5-м расчетном варианте.

Таблица 3. Время достижения критических значений ОФП в 1-м расчетном варианте, с

Этаж	Температура	Тепловой поток	Видимость	Концентрация		
				CO	CO ₂	O ₂
1-й	612	711	496	507	710	Н. д.
4-й	583	1114	389	432	604	1789
7-й	545	Н. д.*	359	396	554	1726
10-й	498	Н. д.	353	387	542	1689

* Н. д. означает, что за время моделирования ($\tau = 1800$ с) предельно допустимое значение данного ОФП не достигается.

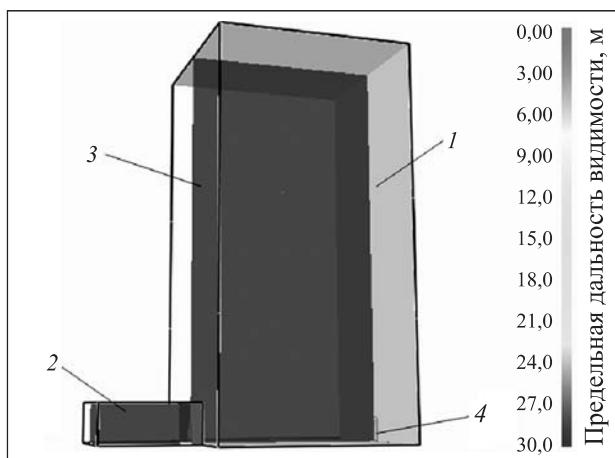


Рис. 2. Поля предельной дальности видимости в плоскости $y = 10$ м в момент времени $\tau = 0$: 1 — атриум; 2 — помещение пожара; 3 — вертикальная плоскость, проходящая через центр атриума; 4 — дверной проем

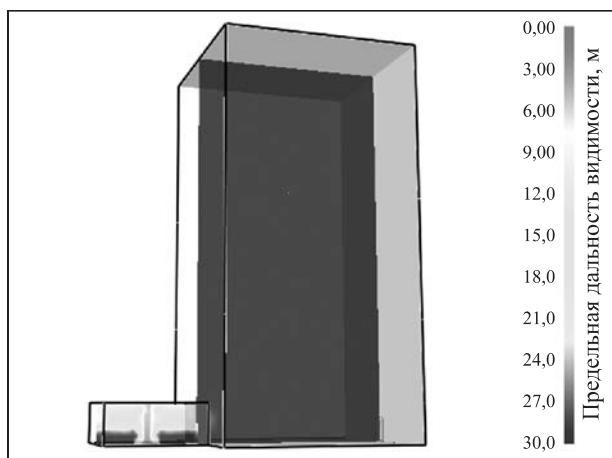


Рис. 5. Поля предельной дальности видимости в плоскости $y = 10$ м в момент времени $\tau = 90$ с. Опускание нижней границы припотолочного слоя дыма до уровня дверного проема

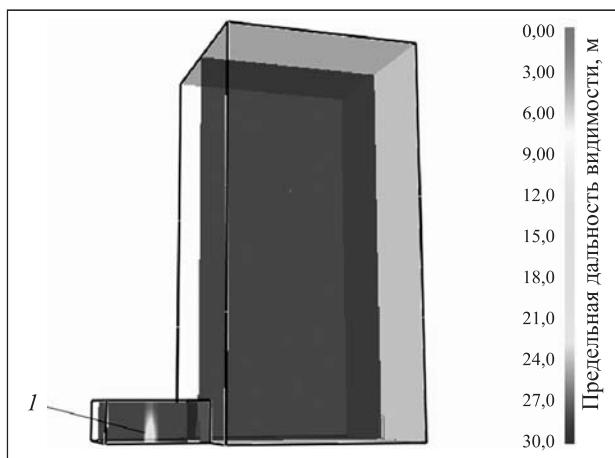


Рис. 3. Поля предельной дальности видимости в плоскости $y = 10$ м в момент времени $\tau = 30$ с: 1 — формирование конвективной колонки над очагом горения

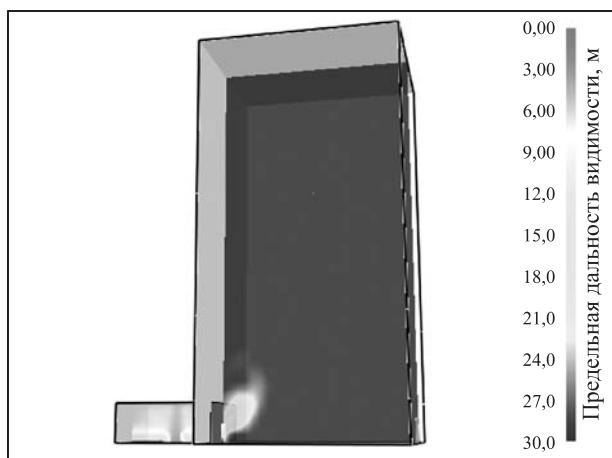


Рис. 6. Поля предельной дальности видимости в плоскости $y = 10$ м в момент времени $\tau = 120$ с. Газообразные продукты горения поступают в атриумное пространство

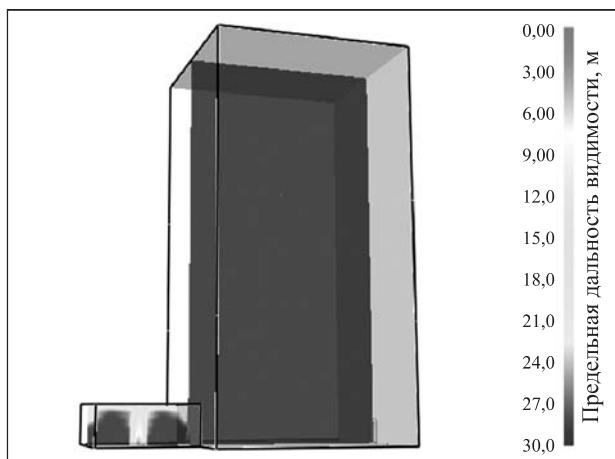


Рис. 4. Поля предельной дальности видимости в плоскости $y = 10$ м в момент времени $\tau = 60$ с. Происходит формирование припотолочного слоя дыма

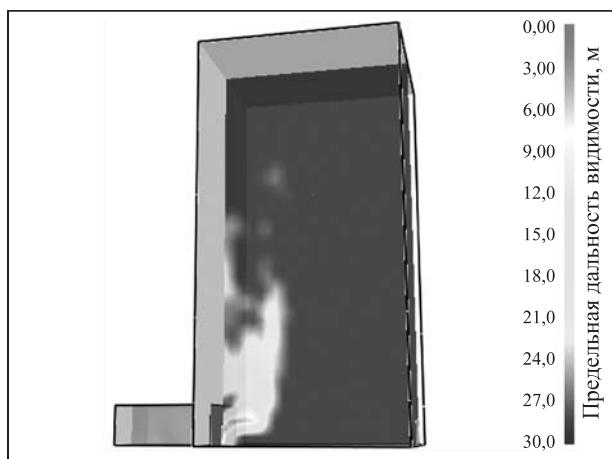


Рис. 7. Поля предельной дальности видимости в плоскости $y = 10$ м в момент времени $\tau = 180$ с

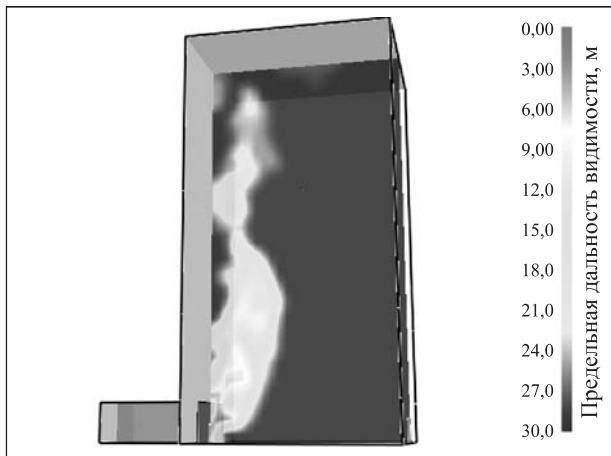


Рис. 8. Поля предельной дальности видимости в плоскости $y = 10$ м в момент времени $\tau = 240$ с. Формирование мощной конвективной колонки над дверным проемом в атриуме

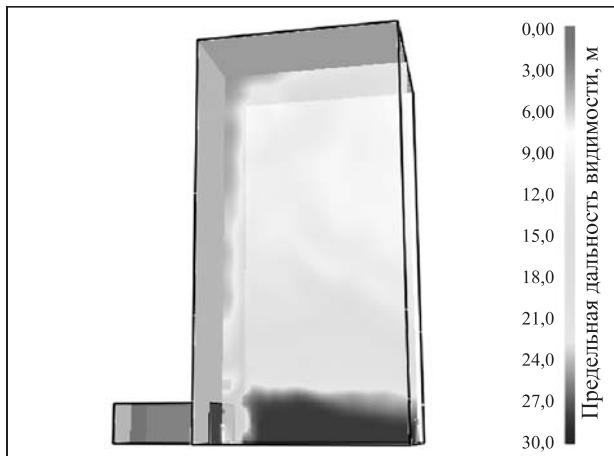


Рис. 11. Поля предельной дальности видимости в плоскости $y = 10$ м в момент времени $\tau = 420$ с

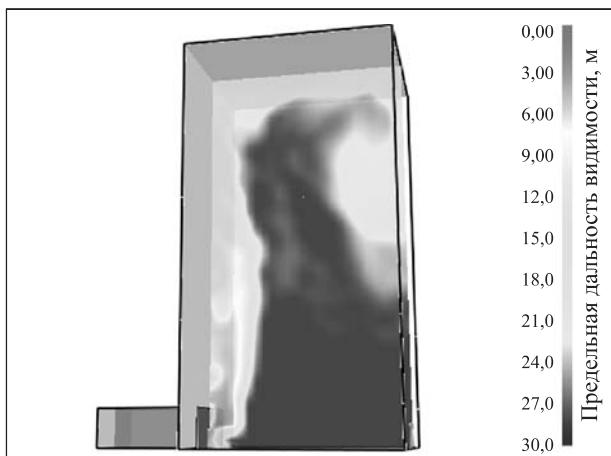


Рис. 9. Поля предельной дальности видимости в плоскости $y = 10$ м в момент времени $\tau = 300$ с. Дальность видимости падает до нуля в помещении пожара

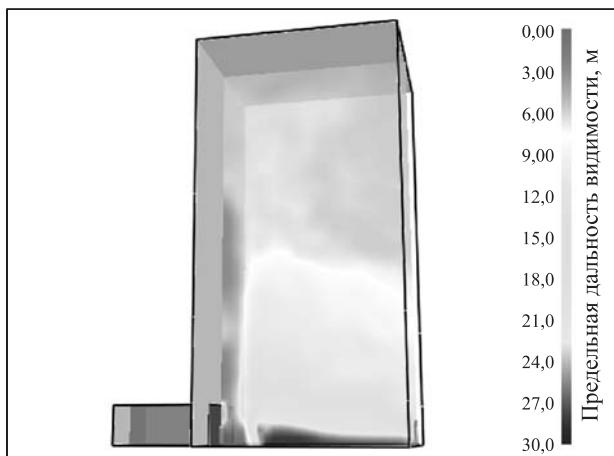


Рис. 12. Поля предельной дальности видимости в плоскости $y = 10$ м в момент времени $\tau = 480$ с

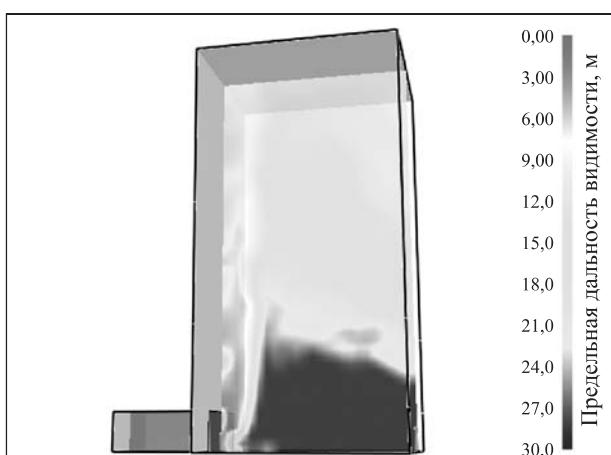


Рис. 10. Поля предельной дальности видимости в плоскости $y = 10$ м в момент времени $\tau = 360$ с

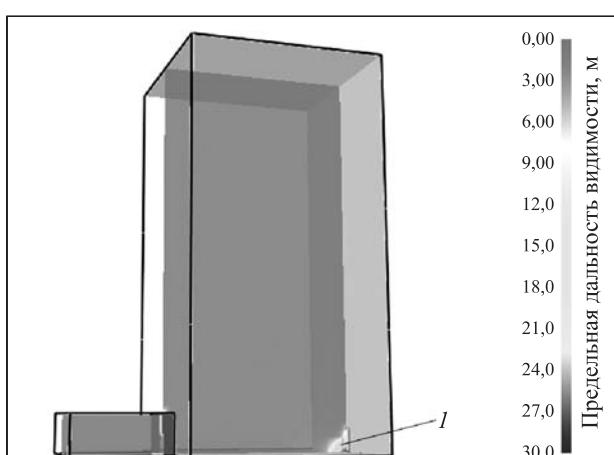


Рис. 13. Поля предельной дальности видимости в плоскости $y = 10$ м в момент времени $\tau = 720$ с. Видимость в атриуме падает до нуля: I — наружный воздух подсасывается через дверной проем

Таблица 4. Время достижения критических значений ОФП во 2-м расчетном варианте, с

Этаж	Темпера-тура	Тепловой поток	Видимость	Концентрация		
				CO	CO ₂	O ₂
1-й	612	710	496	507	706	1796
4-й	583	1098	389	432	604	1735
7-й	545	Н. д.	359	396	554	1662
10-й	498	Н. д.	353	387	542	1599

Таблица 5. Время блокирования дымом этажей в расчетных вариантах с 5-го по 11-й, с

Этаж	Расчетный вариант						
	5	6	7	8	9	10	11
1-й	424	415	453	Н. д.	Н. д.	Н. д.	Н. д.
4-й	426	422	444	476	555	601	613
7-й	429	431	446	482	587	617	624
10-й	427	436	452	485	568	607	639

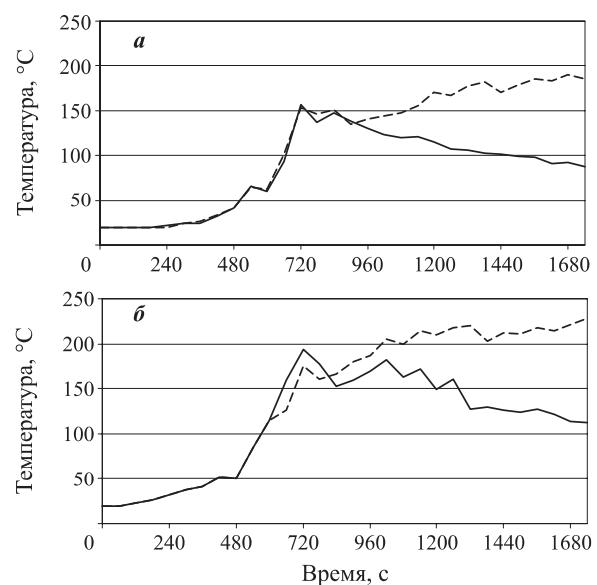


Рис. 14. Зависимость температуры от времени в уровне 1-го (a) и 10-го (б) этажей в 1-м (—) и во 2-м (---) расчетных вариантах

На рис. 16 показаны поля предельной дальности видимости в горизонтальной плоскости, расположенной на высоте $h = 2$ м от уровня пола 1-го этажа в 11-м расчетном варианте.

Анализ результатов и их обсуждение

Из табл. 3 следует, что наиболее опасным фактором пожара в 1-м расчетном варианте является потеря видимости. Предельно допустимые значения всех ОФП достигаются раньше в уровне 10-го этажа и далее последовательно в уровне 7, 4 и 1-го этажей.

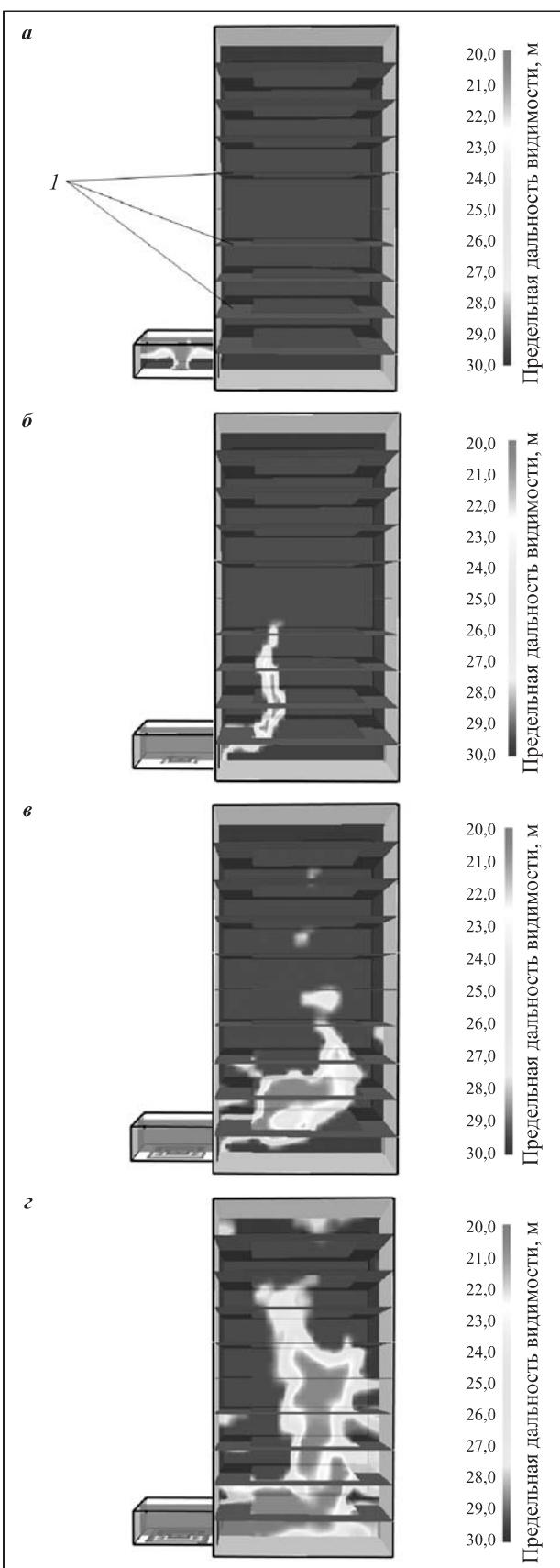


Рис. 15. Поля предельной дальности видимости в плоскости $y = 10$ м в момент времени t , равный 90 с (a), 240 с (б), 360 с (в) и 420 с (г) (5-й расчетный вариант): I — открытые позажарные коридоры (галереи)

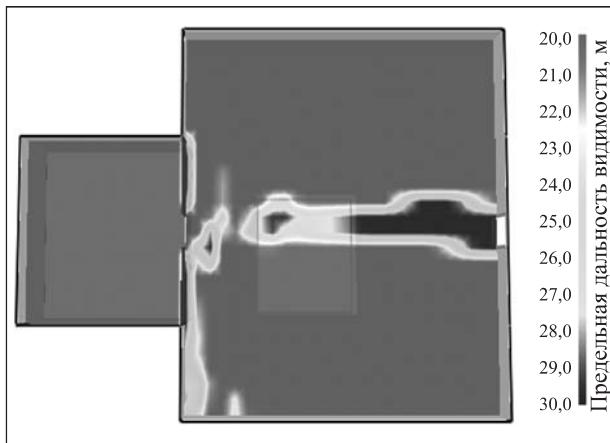


Рис. 16. Поля предельной дальности видимости в плоскости $h = 2$ м в момент времени $t = 1800$ с (11-й расчетный вариант)

При принятых в 1-м и во 2-м расчетных вариантах условиях моделирования (объемно-планировочные решения, вид пожарной нагрузки и схема ее размещения, схема распространения пламени и пр.) изменение количества пожарной нагрузки не оказало влияния на время блокирования этажей в атриуме, так как критические значения наиболее опасных факторов пожара достигаются раньше, чем успевает прогореть пожарная нагрузка. Другими словами, необходимое время эвакуации в данном случае не изменилось.

Следует отметить, однако, что в данном случае не учитывался тот факт, что при большем удельном размещении пожарной нагрузки возрастает удельная площадь горения.

Существенное влияние изменение количества пожарной нагрузки оказалось на температурный режим в помещении атриума (см. рис. 14). В конце времени моделирования разность между значениями температуры в 1-м и во 2-м расчетных вариантах в уровне 1-го этажа составляет почти 200 %.

При анализе влияния свойств пожарной нагрузки на динамику развития опасных факторов пожара в атриуме (3-й и 4-й расчетные варианты) сделаны следующие выводы:

1. Распространение продуктов горения в атриуме происходит подобным образом независимо от свойств и количества пожарной нагрузки: над дверь-

ным проемом образуется мощная конвективная колонка, далее дым стелется под потолком и вдоль противоположной стены; затем происходит завихрение потока задымленных газов и формирование припотолочного слоя с последующим его опусканием до уровня пола (см. рис. 2-13).

2. Значение температуры в атриуме в каждый момент времени увеличивается от нижней отметки атриума до его верха относительно равномерно: оценить нижнюю границу припотолочного слоя прогретых газов не представляется возможным.

3. Несмотря на относительно высокую удельную теплоту сгорания и низкую дымообразующую способность ацетона, предельно допустимое значение предельной дальности видимости в 3-м расчетном варианте достигается раньше, чем предельно допустимое значение температуры. Это можно объяснить, во-первых, тем, что дым (как это видно из рис. 2-13) стелется вдоль стены, у которой замеряются значения ОФП, и, во-вторых, достаточно большим объемом атриумного пространства, газовая среда которого прогревается относительно равномерно.

Добавление поэтажных открытых коридоров (галерей) по периметру атриумного пространства (см. рис. 15, а) существенно изменило динамику распространения продуктов горения в атриуме. В уровне 1-го этажа происходит завихрение конвективной колонки. В результате в отличие предыдущих расчетных вариантов в данном случае 1-й этаж блокируется дымом раньше, чем остальные (см. рис. 15, б-г).

Эффективность применения различных средств противодымной защиты (расчетные варианты с 6-го по 11-й) оценивалась как изменение времени блокирования этажей атриума с учетом их применения и без него. Результаты приведены в табл. 6.

Из табл. 6 видно, что противодымные экраны эффективны только в случае комплексного применения их с зенитными фонарями. Оборудование атриумного здания системой дымоудаления с естественным побуждением тяги также не является достаточно эффективным решением. В случае применения системы противодымной защиты с механическим побуждением тяги требуется проведение соответствующего расчета требуемой производительности системы.

Таблица 6. Эффективность применения различных средств противодымной защиты

	Расчетный вариант					
	6	7	8	9	10	11
Применение- мое решение	Экраны, $b = 1$ м	Экраны, $b = 2$ м	Фонари, $s = 1,5 \text{ м}^2$	Фонари, $s = 3 \text{ м}^2$	Экраны + фонари	Дымоудаление с механическим побуждением тяги
Эффектив- ность, %	< 5	< 10	≈ 15	≈ 30	≈ 40	> 100

Из табл. 5 видно, что в расчетных вариантах с 8-го по 11-й блокирование дымом 1-го этажа не происходит. Это объясняется тем, что при наличии открытых проемов в верхней и нижней частях атриума движение воздушных потоков происходит по принципу аэродинамической трубы: за счет разности давлений внутри здания и снаружи его значительное количество холодного воздуха подсасывается через дверной проем, а нагретые газы в большом количестве выбрасываются через проемы в покрытии. Важно отметить, однако, что незадымленной в уровне 1-го этажа остается лишь небольшая зона у открытого дверного проема (см. рис. 16).

Выводы

В данной статье произведена оценка влияния различных факторов на динамику развития опасных факторов пожара в атриуме. Проведенный анализ является достаточно грубым и пригоден лишь для описания основных процессов и закономерностей, сопровождающих пожар в атриумном здании. Из приведенных в статье данных очевидно, что лю-

бое изменение условий моделирования в той или иной степени влияет на динамику развития ОФП. Таким образом, подобные расчеты необходимо производить индивидуально для каждого конкретного здания, с учетом всех особенностей защищаемого объекта. Результаты выполненной работы свидетельствуют о возможности оптимизации способов обеспечения нормативного значения уровня пожарного риска (на этапе проектирования зданий) варьированием архитектурных решений, а также состава и способов размещения пожарной нагрузки.

Практически во всех рассмотренных сценариях развития пожара наиболее опасным фактором является потеря видимости. Таким образом, можно заключить, что эффективность работы применяемой на объекте системы противодымной защиты играет важнейшую роль в обеспечении безопасности людей при пожаре в здании. Поэтому поиск наиболее эффективных схем размещения и параметров работы средств противодымной защиты представляется авторам наиболее перспективным и важным направлением для дальнейших исследований в этой области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности : приложение к Приказу МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382 : зарегистр. в Минюсте РФ 6 августа 2009 г., рег. № 14486 [электронный ресурс]. URL : <http://www.mchs.gov.ru> (дата обращения: 20.07.2010).
2. Кошмаров Ю. А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении. — М. : Академия ГПС МВД России, 2000.
3. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности : утв. Приказом МЧС РФ от 25.03.2009 № 182 : введ. в действие 01.05.2009. — М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009.

*Материал поступил в редакцию 26 июля 2010 г.
Электронный адрес авторов: oo.vorogushin@gmail.com.*

**В. А. Кровяков**

Верхневолжское
представительство
компании "Инда Софт",
г. Москва, Россия

**В. С. Ватагин**

канд. хим. наук, старший
научный сотрудник, профессор
Ивановского института ГПС МЧС
России, г. Иваново, Россия

**В. Б. Бубнов**

канд. техн. наук, доцент
Ивановского института
ГПС МЧС России,
г. Иваново, Россия

**Ю. П. Самохвалов**

канд. техн. наук, доцент
Ивановского института
ГПС МЧС России,
г. Иваново, Россия

УДК 681.3

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ И ЖИЗНЕНДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ПРЕДПРИЯТИЙ

Обоснованы значимость и актуальность появления среднего звена в структуре управления безопасностью и жизнедеятельностью предприятия, объединяющего уровни автоматизации производственных и бизнес-процессов. Показано, что программное обеспечение (ПО) PI System может успешно обеспечивать интеграцию производственно-технологических данных, их анализ, хранение и предоставление по запросу пользователя.

Ключевые слова: управление безопасностью и жизнедеятельностью предприятия; уровни автоматизации производственных и бизнес-процессов; интеграция производственно-технологических данных.

Актуальность задачи автоматизации процесса управления безопасностью и жизнедеятельностью предприятия связана с необходимостью обеспечения в МЧС России оперативного мониторинга объектов — предоставления всем специалистам достоверной и оперативной информации (о загазованности, задымлении, возгораниях, превышении ПДК СДЯВ), требуемой для принятия эффективных и своевременных управленческих решений с целью предотвращения последствий или снижения уровня их опасности при возникновении чрезвычайных ситуаций. В результате управление МЧС региона приобретает гибкость, что позволяет быстро реагировать на изменения параметров жизнедеятельности контролируемых объектов.

Традиционно подобная задача решалась с помощью телефонной связи, создания набора “вертикальных” узкоспециализированных приложений с реляционными базами данных (РСУБД). Каждое из этих приложений обладало жестко заданной функциональностью (например, создание рапортов, отсылка по e-mail и т. п.) и оперировало определенными при разработке приложения наборами данных (т. е. не было гибким и масштабируемым). Ситуация отягчалась разнообразием систем автоматизации на потенциально опасных промышленных объектах и т. п. [1–6].

Одним из главных условий эффективного управления предприятием является достоверная и оперативная информация о состоянии производства, а именно: о текущем состоянии технологического процесса (ТП) основных объектов; о данных подсистем коммерческого учета сырья и готовой продукции; о состоянии вспомогательного оборудования; о результатах диагностических исследований; о техническом обслуживании технологического оборудования; о качестве поступающего сырья и готовой продукции; о потреблении энергоресурсов; об экологической обстановке. Эта информация обычно хранится в бумажных отчетах или разнородных БД и потому часто недоступна или содержит устаревшие данные.

В настоящее время на предприятиях управленческие решения принимаются, главным образом, на основе практического опыта специалистов. Повышение эффективности, оперативности и объективности управленческих решений, снижение влияния субъективных факторов можно обеспечить путем использования специалистами предприятия агрегированных объективных данных реального времени (РВ) о состоянии ТП и производства в целом.

За последнее время сформировалось несколько основных подходов к автоматизации управления производством в реальном масштабе времени, в рамках

© Кровяков В. А., Ватагин В. С., Бубнов В. Б., Самохвалов Ю. П., 2010

которых ведутся работы по созданию автоматизированных систем управления производством (АСУП), информационных систем производства (ИСП), автоматизированных систем общезаводского диспетчерского управления (АСОДУ), систем поддержки принятия решений (СППР) и др. Как правило, объем реализуемых функций и подходы к решению функциональных задач на различных предприятиях индивидуальны и обусловлены потребностями специалистов в производственной информации на момент внедрения информационной системы.

В мировой практике сформировалась и закрепилась идеология MES (Manufacturing Execution System), охватывающая более широкий круг функциональных задач. По определению международной некоммерческой ассоциации MESA (<http://www.mesa.org/>) MES-система — это АСУ производственной деятельностью предприятия, с помощью которой в режиме РВ осуществляется планирование, оптимизация, контроль и документирование производственных процессов от начала формирования заказа до выпуска готовой продукции.

Разработанная в 1980 г. компанией OSISoft (США) информационная платформа производства РВ PI System (Plant Information System) ознаменовала собой появление нового уровня в информационной структуре предприятия. Это средний уровень, который служит средством объединения уровня управления производственными процессами (DCS, SCADA, PLC, LIMS) и уровня автоматизации и оптимизации бизнес-процессов (ERP).

Система управления производством выполняет две наиболее важные функции:

- интеграцию действующих на предприятии АСУ и создание единого информационного пространства данных производственно-технического характера;
- обработку и представление данных РВ по всему производству.

Интеграция действующих АСУ выполняется по двум направлениям — “горизонтальному” и “вертикальному”.

Горизонтальная интеграция обеспечивает сбор данных в режиме РВ от всех действующих на сегодняшний день разнородных и территориально распределенных АСУТП, систем телемеханики и АРМ ручного ввода информации, обеспечивающих контроль и управление ТП. Сложность горизонтального интегрирования заключается в территориальной распределенности существующих АСУТП и разнородности форматов их данных. По мере развития производства, оснащения его разнородными системами АСУТП и технологическими БД на предприятии возникает сложная информационная структура сбора и обработки производственной информации.

Кроме того, на современном предприятии существуют большие объемы технологической информации (лабораторные аналитические данные, результаты экологических анализов, результаты диагностических исследований, данные по техническому обслуживанию технологического оборудования и т. п.), хранящейся в электронном виде.

Современная система управления производством, построенная на базе ПО PI System, обеспечивает интеграцию всех существующих источников производственно-технологических данных, их долговременное хранение, анализ и предоставление различным потребителям (рис. 1).

Сбор информации от различных систем осуществляется при помощи специализированного ПО — PI-интерфейсов. В настоящее время в библиотеке PI насчитывается более 370 стандартных (OPC, DDE, RelDB, ModBus и др.) и специализированных интерфейсов практически ко всем существующим системам DCS и SCADA.

Архив данных PI System является уникальным программным продуктом, который при помощи специальных патентованных алгоритмов обеспечивает одновременный ввод большого объема измеряемых параметров (до 100 тыс. измерений в 1 с), хранение данных в сильно сжатом (в 5–20 раз) виде вместе с меткой времени, имеющей миллисекундную точность. Архив позволяет оперативно выдавать данные РВ для клиентских приложений (АРМ специалистов). Архив позволяет также проводить вычисления с использованием данных, хранящихся в архиве или вводимых в него. Результаты вычислений могут также храниться в архиве.

К наиболее распространенным клиентским приложениям относятся: *PI ProcessBook*, *PI Active View*, *PI Data Link*, *PI ProcessTemplates*, а также Web-портал *PI ICE*.

PI ProcessBook — это простой в использовании инструмент для разработки графического интерфейса пользователя и отображения как текущей, так и архивной информации (мнемосхемы, тренды). Приложение *PI Active View* предназначено для просмотра мнемосхем, трендов (созданных в среде PI ProcessBook) через MS Internet Explorer. *PI Data Link* — надстройка к MS Excel для формирования и просмотра разнообразных отчетов. Приложение *PI Process Templates* позволяет создавать шаблоны повторяющихся во времени операций, благодаря которым улучшается устойчивость процессов.

PI ICE (*Interactive Configurable Environment*) — инструмент создания интерактивных, легко настраиваемых мнемосхем для просмотра их любым web-обозревателем. Реализация идеологии “тонкого” клиента позволяет интегрироваться с существующими средствами защиты данных и предоставлять

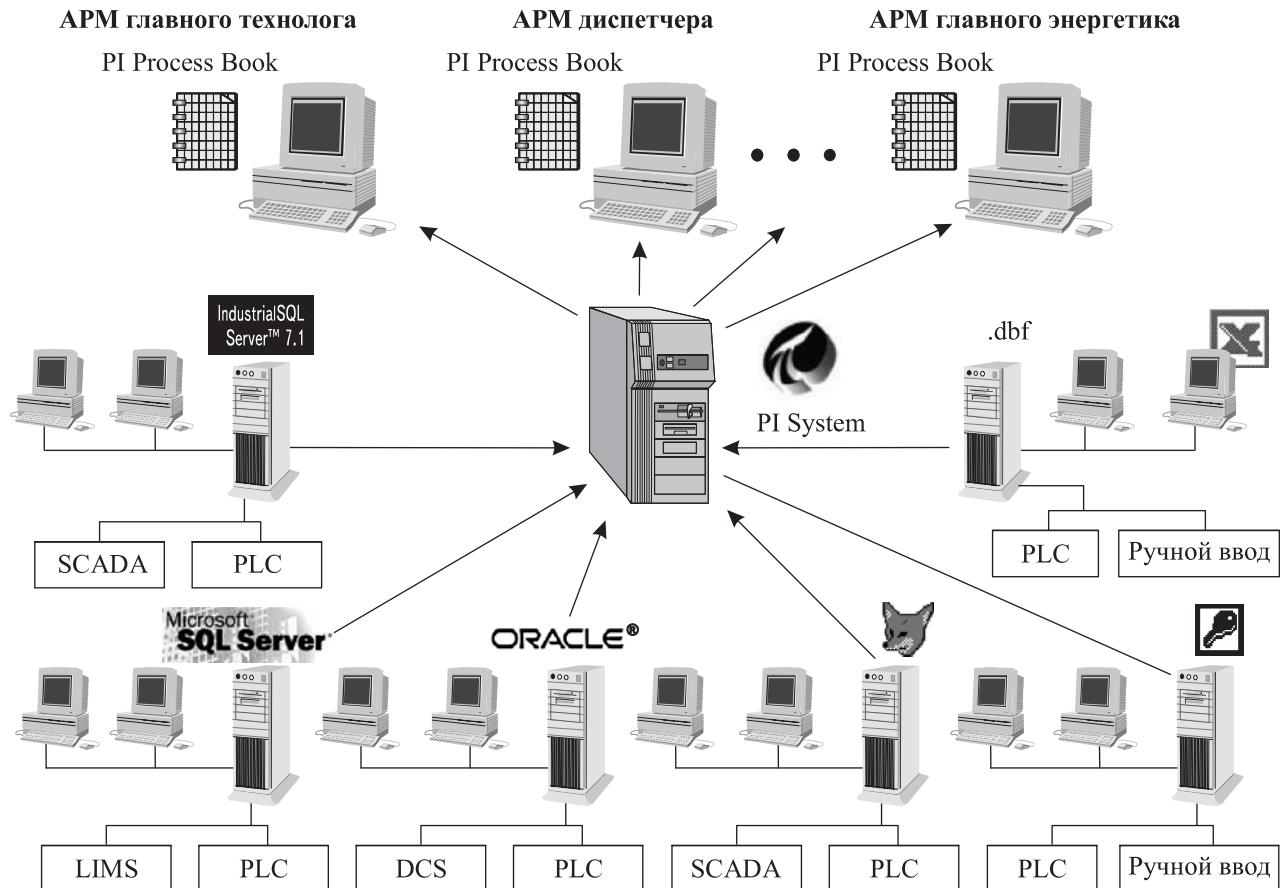


Рис. 1. Интеграция данных, их обработка и представление в АСУП на базе PI System

доступ конечным пользователям к производственной информации в РВ из любого места без установки специализированного ПО.

Вертикальная интеграция обеспечивает автоматизацию обмена данными между уровнем АСУТП и уровнем управления предприятием. Основной проблемой вертикальной интеграции является то, что в системах АСУТП обрабатываются и хранятся данные в реальном времени, а для управления предприятием необходима агрегированная (синтетическая) информация за какой-либо период, например за смену, месяц. Важной задачей является также обеспечение достоверности передаваемых данных, что при существующих потоках обмена информацией с наличием человеческого фактора недостижимо (рис. 2).

Из-за несогласованности природы и назначения данных верхнего и нижнего уровней между ними необходим промежуточный слой, который должен служить мостом между столь разнородными потоками данных. Этот же мост должен быть средством объединения упомянутых выше отдельных АСУТП (рис. 3).

PI System имеет возможность обмена данными с системами управления бизнес-процессами таких компаний, как SAP, Baan, "Галактика", "Парус" и др.

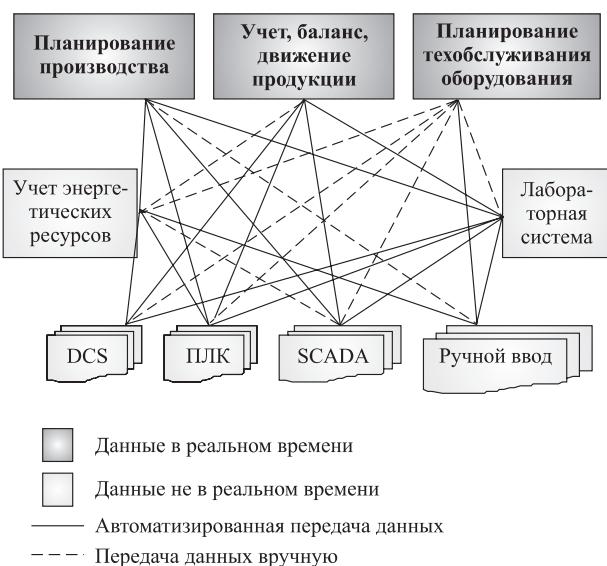


Рис. 2. Пример существующей схемы информационных связей

Модули *RLINK*, входящие в состав PI System, обеспечивают обмен данными с производственными модулями ERP-систем на базе SAP R/3, JD Edwards OneWorld, MRO Software Maximo и Indus International PassPort/EMPAC. Так же легко осуществляется

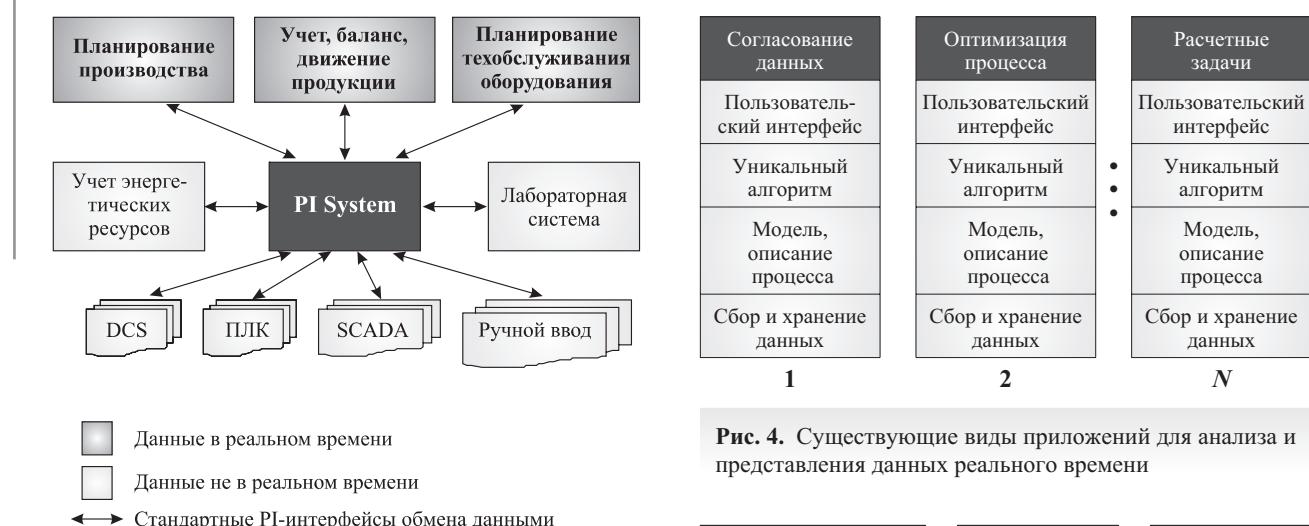


Рис. 3. Структура вертикально интегрированной системы на базе PI System

интеграция с ERP-системами других производителей при помощи драйвера PI ODBC, представляющего архив PI System как реляционную БД.

Кроме того, для обработки производственных данных, используемых для принятия управленческих решений, необходимы специальные программные средства, позволяющие создавать приложения для анализа технологических данных РВ. Из-за разнородности и узкой специализации существующих приложений (рис. 4), предназначенных для такого анализа, зачастую дублируется разработка пользовательского интерфейса, модели или описания процесса, систем сбора и хранения данных.

Характерными особенностями указанных выше приложений являются:

- узкая специализация прикладного программного обеспечения;
- высокая стоимость разработки приложений;
- сложность изменения конфигурации приложений и значительные затраты времени на этот процесс;
- необходимость большого числа специалистов, поддерживающих каждое отдельное приложение.

В настоящее время на базе прикладного ПО PI System создается **единая** интегрированная платформа разработки приложений (рис. 5).

Характерными особенностями интегрированной платформы является использование:

- одного программного инструмента для разработки различных приложений, что обеспечивает низкие затраты на разработку и поддержку приложений;
- одного источника данных различными приложениями;
- одной модели, что минимизирует затраты времени на изменение конфигурации приложений;

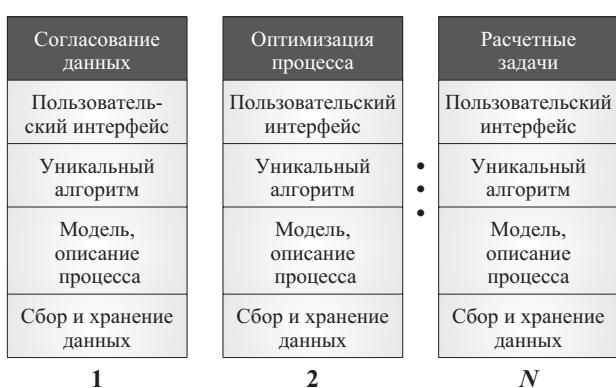


Рис. 4. Существующие виды приложений для анализа и представления данных реального времени



Рис. 5. Идеология построения приложений для анализа и представления данных реального времени на базе PI System

- единого интерфейса приложений, что обеспечивает простоту обучения пользователей и работу их с приложениями.

PI Module Database — это иерархическая БД, реализованная с помощью объектной модели PI-SDK и представляющая структуру объектов интуитивно понятным образом. Одной из главных задач модульной БД является обеспечение простого доступа к временным рядам данных РВ. Это позволяет создать обобщенную иерархическую модель данных и связать ее с “плоским” архивом данных PI, добавив логический доступ к этому архиву.

PI ACE (Advanced Computing Engine) — программный пакет для сложных вычислений по расписанию или по событию. Используется для построения математических моделей, виртуальных анализаторов, расчета затрат, себестоимости выработанного продукта в реальном времени и др. Позволяет использовать вычислительные модули, реализованные в специализированных программных пакетах, таких как MathLab.

Аналитическое приложение *Sigmafine*, основываясь на данных PI System, позволяет получить со-

гласованный материальный, энергетический и по-компонентный баланс как по отдельной установке, так и по предприятию в целом. Согласованные данные используются для контроля работы датчиков коммерческого учета и совершенствования измерительной системы.

Приложение *PI LDS (Lab Data Storage)* предназначено для управления характеристиками качества сырья и продукции и обеспечивает ввод, хранение и обработку лабораторных данных в PI System.

Приложение *PI OMS (Oil Moving System)* предназначено для обеспечения учета поступления сырья на завод, учета направлений и потоков сырья, полуфабрикатов и учета количества сырья и готовой продукции в емкостях завода, а также для предоставления сведений о наличии сырья в производстве.

PI System как информационная система производства и система поддержки принятия решений получила широкое распространение во всем мире: проведено более 10 тыс. инсталляций этой системы, в том числе на предприятиях ТЭК, целлюлозно-бумажных комбинатах, горно-обогатительных, металлургических, химических заводах, энергосистемах крупнейших компаний и др.

PI System используется в России и за рубежом в составе системы DeltaV (компании Emerson) в качестве глубокого архива. Существуют возможности по расширению встроенного ПО PI System от уровня локальной установки до информационной системы всего предприятия.

В России и СНГ PI System в настоящее время внедрена на Борском стекольном заводе, Омском НПЗ (НК “Сибнефть”), Новокуйбышевском, Сызранском и Куйбышевском НПЗ (НК “ЮКОС”), Кременчугском НПЗ (УКРТАТНАФТА), в ЛУКОЙЛ-Пермнефтегорситезе, на Ачинском ГОК, Воскресенском заводе минеральных удобрений и заводе ПЭТФ (г. Тверь, СИБУР).

Выходы

Современная система управления безопасностью и жизнедеятельностью производства, построенная на базе ПО PI System, обеспечивает интеграцию всех существующих источников производственно-технологических данных, их долговременное хранение, анализ и предоставление различным потребителям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Topolski N. G., Vatagin V. S. Some Problems of Computer Aided Safety System Application. In the Proceeding Book of IFORS'99 Conference, Chine, August 14, 1999.
2. Vatagin V. S., Topolski N. G. Computer Aided Fire Safety Systems in Chemical Industries / Mary Kay O'Connor Process Safety Center Symposium : proceeding. October 24–25, 2000, Reed Arena, Texas A&M. — University, College Station, Texas. — P. 348–349.
3. Topolski N. G., Vatagin V. S. Computer Aided Fire Prevention Systems in High Risk Industrial Structures / Third International Seminar on Fire and Explosion Hazards : Book of Abstracts. — Center for Research in Fire and Explosion Studies University of Central Lancashire, Preston, 2000. — P. 157–158.
4. Ватагин В. С., Топольский Н. Г. Hi-Tech House — интеллектуальное здание // Системы безопасности. — 2003. — № 6(48). — С. 16–19.
5. Ватагин В. С. Новые технологии автоматизированных систем управления техногенной безопасностью производства // Безопасность труда в промышленности. — 2007. — № 3. — С. 64–67.
6. Ватагин В. С. Системный анализ в управлении безопасностью техногенных объектов и предотвращением чрезвычайных ситуаций : монография. — Москва – Иваново: Изд-во ИВИ ГПС МЧС России, 2007. — 240 с.

Материал поступил в редакцию 9 апреля 2010 г.

Электронные адреса авторов: Vitaly.Krovyakov@indusoft.ru;
Vatagin@mail.ru; kafppv@mail.ru.



М. И. Таймурзин
аспирант Уфимского
государственного авиационного
технического университета,
г. Уфа, Республика Башкортостан



С. С. Валеев
д-р техн. наук, профессор Уфимского
государственного авиационного
технического университета, г. Уфа,
Республика Башкортостан

УДК 614.842.4

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА СБОРА ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМАХ БЕЗОПАСНОСТИ

Рассматривается адаптивная система сбора информации, отличающаяся тем, что включает в себя подсистему перемещения датчиков с учетом изменений информационного поля и возможных отказов датчиков. Описывается алгоритм размещения датчиков, позволяющий в случае утраты работоспособности частью из них оптимизировать расположение оставшихся.

Ключевые слова: системы сбора информации; системы пожарной безопасности; системы безопасности; интеллектуальные системы; иерархические системы.

На сегодняшний день разработаны различные системы безопасности, позволяющие своевременно предупреждать, а в некоторых случаях и предотвращать нежелательные последствия от воздействия различных угроз. К таким системам относятся системы охранно-пожарной сигнализации, пожаротушения, оповещения людей о пожаре, видеонаблюдения, контроля и управления доступом (СКУД). Каждая из них специфична по своему назначению и имеет индивидуальные особенности в проектировании, монтаже и эксплуатации [1].

На рис. 1 представлен интерфейс системы пожарной сигнализации, позволяющий предупреждать о возгорании на его начальной стадии и при необходимости активизировать систему пожаротушения. Сбор необходимой информации для определения очага возгорания осуществляется с помощью разнотипных датчиков съема информации, устанавливаемых как по отдельности, так и в комбинации: датчиков дыма, тепла, пламени [1]. Распределение датчиков по защищаемой площади производится согласно нормативно-технической документации, крепление осуществляется стационарно на несущей поверхности помещения [2, 3]. Подобные системы хорошо зарекомендовали себя в условиях статической неизменяемой обстановки, но перемещение пожарной нагрузки на другое место или утрата работоспособности частью датчиков может привести к утрате эффективности системы в целом. В подобном случае возникает сложность в изменении положения датчиков, увеличивается время срабатывания устройства сигнализации, снижается эффективность обнаружения пожара на его ранней стадии. Для решения рассматриваемой проблемы необходимо разработать распределенную систему сбора информации с возможностью автоматически, без участия человека, адаптироваться к новым условиям защищаемой площади.

Для достижения требуемого уровня безопасности защищаемой площади предполагается использовать комбинации датчиков различного назначения (дыловых, тепловых, пламени), устанавливаемых на направляющих, что позволяет перемещать датчики как вручную, так и в автоматическом режиме.

1. Концепция адаптивной информационной системы сбора информации

Рассмотрим концепцию построения интеллектуальной отказоустойчивой системы сбора информации (ИОССИ), в основе которой лежит иерархическая организация системы обработки информации. Система позволяет в непрерывном режиме контролировать защищаемую площадь, осуществлять реорганизацию датчиков в случае утраты части из них или перемещение пожарной нагрузки (мебель, предметы интерьера, сигареты и т. п.) в новое место и обеспечивает высокую гибкость построения, безопасность защищаемого периметра и экономическую эффективность всей системы безопасности.

Для достижения требуемого уровня безопасности защищаемой площади предполагается использовать комбинации датчиков различного назначения (дыловых, тепловых, пламени), устанавливаемых на направляющих, что позволяет перемещать датчики как вручную, так и в автоматическом режиме.

© Таймурзин М. И., Валеев С. С., 2010

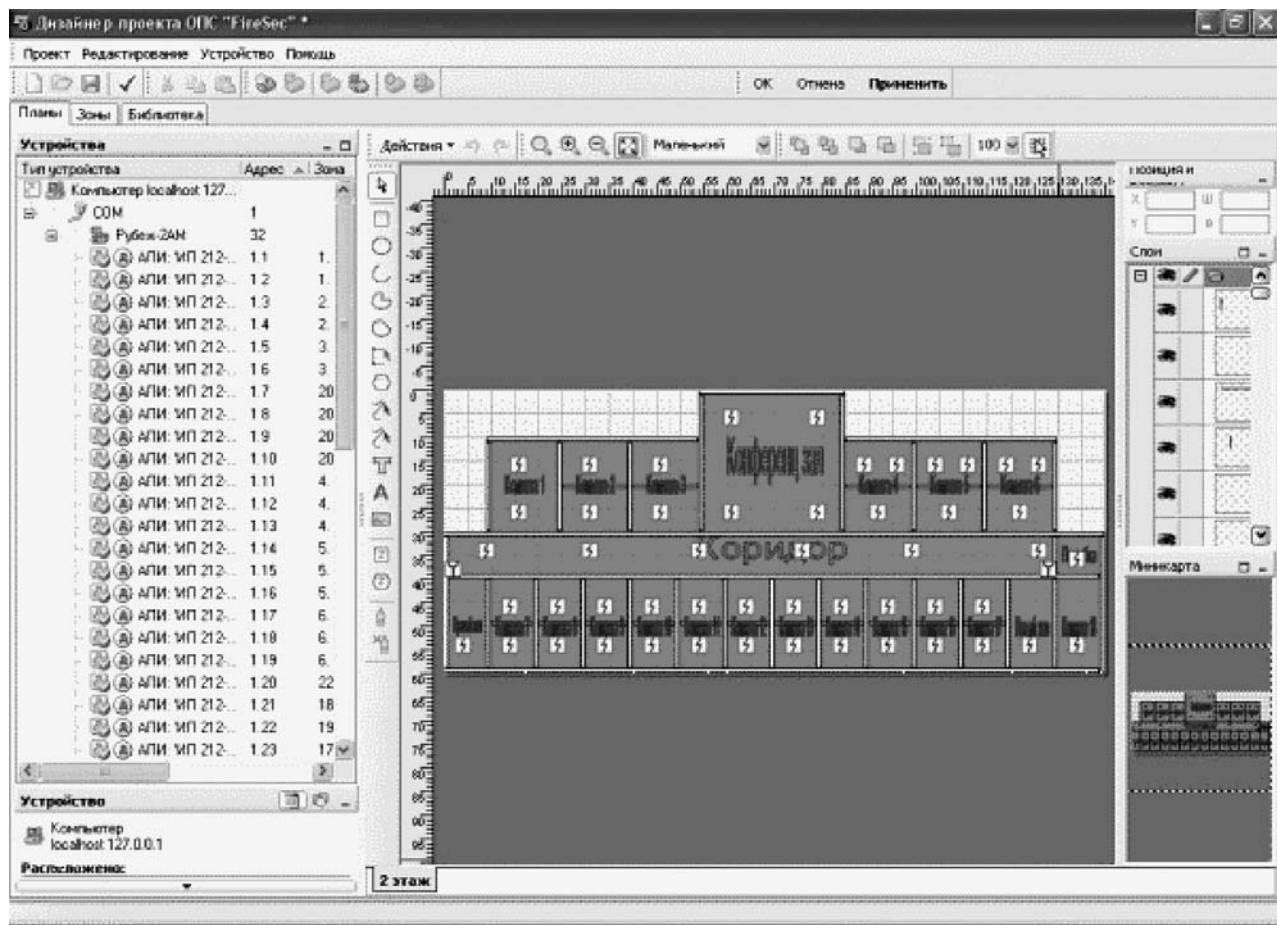


Рис. 1. Комплексная система пожарной безопасности ОПС “FireSec”

Направляющими могут служить рельсы, тросы и т. п. Первоначальное размещение датчиков осуществляется согласно нормативной документации и ведомственных документов предприятия, на котором проектируется система сбора информации. На рис. 2 представлена ИОССИ, построенная на основе трехуровневой иерархической организации системы сбора информации, обработки и принятия решений. На исполнительном уровне распределяются датчики, реагирующие на появление дыма, по всей защищаемой площади для контроля наиболее распространенной пожарной нагрузки. На уровне координации осуществляется распределение датчиков тепла или пламени строго над потенциальным очагом возгорания в зависимости от вида находящейся на площади пожарной нагрузки. Использование комбинации датчиков на части защищаемой площади основано на определении первичного фактора возгорания, например при возгорании бочки с бензином первоначально выделяется пламя и тепло.

В случае перемещения пожарной нагрузки активизируется механизм исполнительного уровня, обеспечивающий размещение датчиков уровня координации непосредственно над пожароопасным объектом. Определение маршрута и конечного ме-

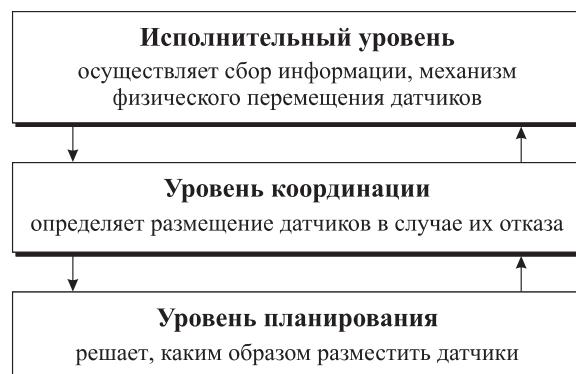


Рис. 2. Интеллектуальная отказоустойчивая система сбора информации (ИОССИ)

тоположения пожароопасного объекта осуществляется двумя способами. Первый способ реализуется путем занесения координат перемещения объекта в базу данных ИОССИ при помощи оператора. Второй способ основан на системе территориально распределенных по защищаемому периметру видеокамер, ведущих непрерывный контроль за пожароопасными объектами, и позволяет автоматически заносить в базу данных ИОССИ координаты конечного местоположения объекта.

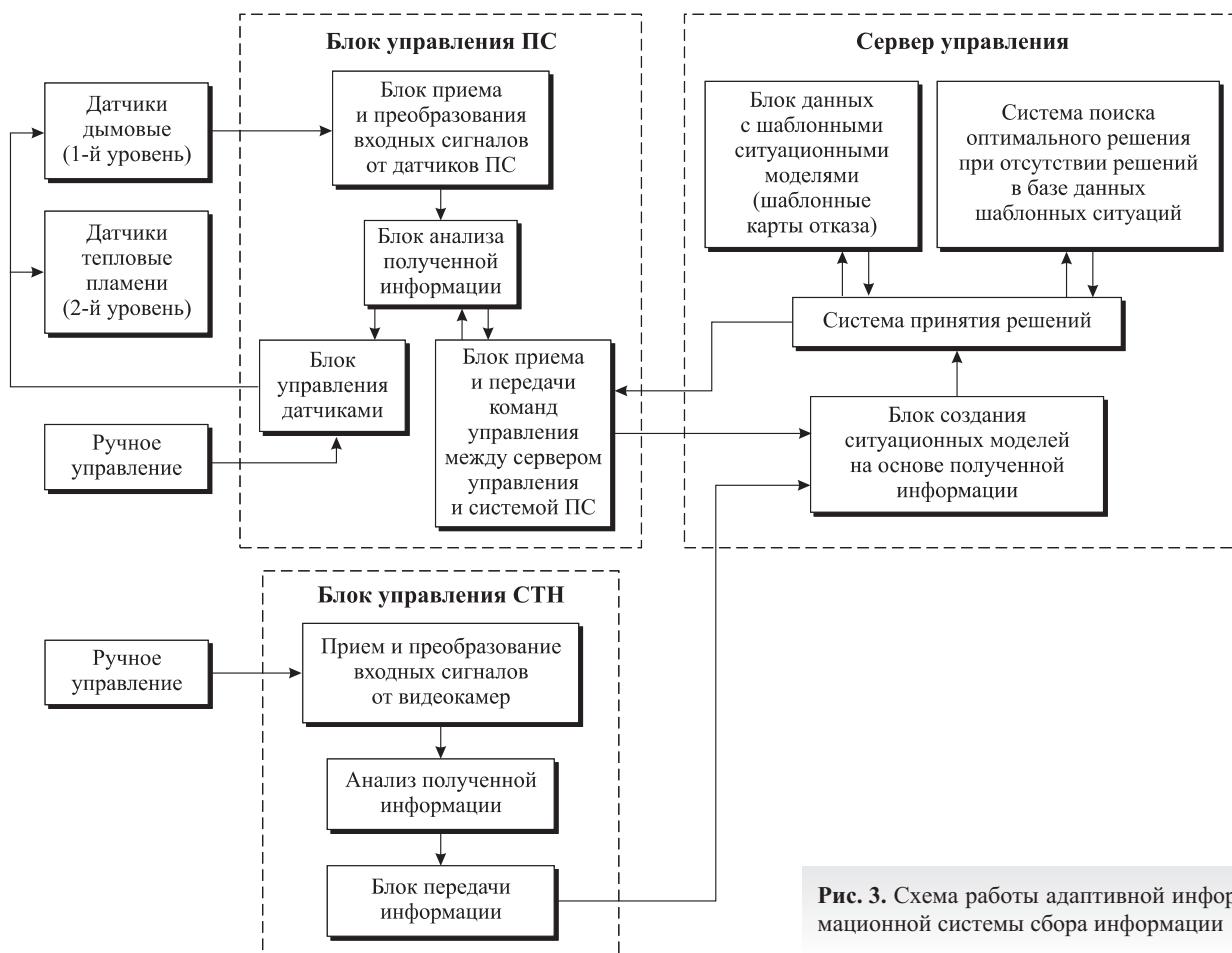


Рис. 3. Схема работы адаптивной информационной системы сбора информации

При продолжительной эксплуатации, несвоевременном техническом обслуживании, возможном преднамеренном или случайном выведении из строя одного или некоторого количества датчиков система сбора информации становится менее эффективной и до момента замены утраченных датчиков не позволяет обеспечивать контроль соответствующей части периметра, что может привести к задержке сигнала запуска системы пожаротушения. Для решения возникшей задачи активизируются алгоритмы уровня координации, позволяющие найти оптимальное решение для реорганизации работоспособного количества датчиков в целях обеспечения максимального сбора информации о состоянии объекта защиты на основе сложившейся карты отказа датчиков. Подобный подход к построению систем безопасности позволяет оперативно и с минимальными затратами времени обеспечивать пожарную безопасность защищаемой площади.

В случае отсутствия сложившейся карты отказа в силу вступают алгоритмы уровня планирования, позволяющие создать наиболее подходящую карту реорганизации (новое местоположение датчиков) оставшихся работоспособных датчиков для обеспечения максимальной безопасности защищаемого объекта.

На рис. 3 представлена схема работы адаптивной информационной системы сбора информации. На основе информации, полученной от камер видеонаблюдения или оператора системы, производится анализ местоположения пожароопасного объекта и при его перемещении подается сигнал в систему ситуационных моделей для определения дальнейших действий. Система принятия решений подает сигнал на блок управления пожарной сигнализации (ПС) для перемещения датчиков второго уровня вслед за пожароопасным объектом.

Датчики пожарной сигнализации в непрерывном режиме ведут контроль над защищаемым периметром и индивидуальным техническим состоянием. При утрате одного или группы датчиков подается сигнал в блок управления, где осуществляется анализ с последующей передачей сигнала на сервер управления для создания карты отказа в блоке ситуационных моделей. Система принятия решений подает запрос в базу данных с шаблонными ситуационными моделями — базу карт отказа (БКО) на наличие сложившейся карты отказа. При отсутствии подобной карты подается запрос в систему поиска (СП) для поиска оптимального решения сложившейся карты отказа. Найдя оптимальное решение, система принятия решений подает сигнал в блок

управления пожарной сигнализации о реорганизации датчиков съема информации.

2. Информационная система сбора информации

Разработан прототип информационной системы сбора информации, осуществляющий непрерывный контроль над защищаемым периметром с помощью датчиков съема информации. Разработаны алгоритмы, позволяющие реализовывать перемещение датчиков съема информации на новое место относительно сложившейся карты отказа при утрате части датчиков или изменение местоположения зоны повышенной опасности. Предлагаемая система сбора информации позволяет повысить эффективность системы безопасности, скорость реакции системы пожаротушения и оповещения людей о пожаре.

При перемещении пожароопасного продукта или утраты части датчиков система в автоматическом режиме на основе разработанных алгоритмов перемещения осуществляет реорганизацию датчиков съема информации для обеспечения максимальной безопасности в пожароопасных зонах. При этом система сохраняет информацию о конечном положении датчиков с сохранением результатов перемещения (карты перемещения) в базе данных ИОССИ. В случае возникновения аналогичной ситуации система подает запрос в базу данных шаблонных карт перемещения; отсутствие подобной карты отказа активизирует алгоритм поиска нового местоположения датчиков.

2.1. Математическая постановка задачи

Пусть в декартовом пространстве координат заданы n областей, каждая из которых представляет собой круг с центром в точке (x_{Zi}, y_{Zi}) и радиусом r_{Zi} , $i = 1, 2, \dots, n$. Эти области назовем областями 1-го типа, соответствующими зонам повышенной опасности в помещении.

Имеются m областей в форме квадратов, центры которых расположены в точках (x_{Sj}, y_{Sj}) , а длины их сторон равны $2r_{Sj}$, $j = 1, 2, \dots, m$. Эти области назовем областями 2-го типа, соответствующими зонам покрытия датчиков. На координаты этих областей наложены k ограничений вида

$$y_{Sj} = C_p, A_p \leq x_{Sj} \leq B_p, p = 1, 2, \dots, k \quad (1)$$

и l ограничений вида

$$x_{Sj} = C_q, A_q \leq y_{Sj} \leq B_q, q = 1, 2, \dots, l, \quad (2)$$

где $j = 1, 2, \dots, m$;

C_t — некоторые константы; $t = 1, 2, \dots, k + l$.

Введем функцию $y = f(x_{Zl}, y_{Zl}, r_{Zl}, \dots, x_{Zn}, y_{Zn}, r_{Zn}, x_{Sl}, y_{Sl}, r_{Sl}, \dots, x_{Sm}, y_{Sm}, r_{Sm})$, определяющую общую

площадь участков областей 1-го типа, непокрытых областями 2-го типа. Параметры x_{Zi}, y_{Zi}, r_{Zi} и r_{Sj} считаются заданными. Требуется найти такие значения координат центров областей 2-го типа x_{Sj}, y_{Sj} , удовлетворяющих ограничениям (1) и (2), при которых $y = f(x_{Zl}, y_{Zl}, r_{Zl}, \dots, x_{Zn}, y_{Zn}, r_{Zn}, x_{Sl}, y_{Sl}, r_{Sl}, \dots, x_{Sm}, y_{Sm}, r_{Sm}) \rightarrow \min$.

2.2. Алгоритм решения

Рассматриваемая функция зависит от большого числа аргументов. Алгоритм достижения минимума значения функции будет основан на эвристическом подходе.

Шаги решения алгоритма:

1. Для каждой области 1-го типа найти ее долю в суммарной площади всех областей 1-го типа.

2. Пропорционально этим долям определить количество областей 2-го типа N_i , которые следует направлять на покрытие каждой i -й области 1-го типа.

3. Определить текущую непокрытую площадь S_{old} как значение функции f при текущем расположении датчиков и зон повышенной опасности.

4. Для каждой области 1-го типа сгенерировать случайным образом N_i точек внутри круга с центром в точке (x_{Zi}, y_{Zi}) и радиусом $r_{Zi} + r_{Sj}$ с учетом ограничений (1) и (2).

5. Проверить расстояние между всеми точками. Если расстояние между какими-либо из них меньше $2r_{Sj}$, то расположение считается неудачным (так как области датчиков перекрываются, что приводит к снижению эффективности). Перейти на шаг 4.

6. Если новое расположение удачно, то вычислить новую непокрытую площадь S_{new} . Если $S_{new} \leq S_{old}$, то сохранить новые координаты точек.

7. Если в течение определенного числа итераций не удается достичь удачного расположения, то количество размещаемых точек (центров областей 2-го типа) уменьшить на 1. Перейти на шаг 4.

8. Для каждой найденной точки найти ближайшую область 2-го типа и установить для нее центр в этой точке.

9. Для областей, которым не хватило новых центров, попытаться найти новое расположение в окрестности, соответствующей области 1-го типа, также на основе псевдослучайных координат с учетом расстояния до других областей. Если при проходе нескольких итераций такое расположение найти не удается, увеличить радиус окрестности и продолжить поиск.

По окончании работы алгоритма датчики займут положение, при котором общая непокрытая площадь зон повышенной опасности будет близка к минимальной, тем самым обеспечив приемлемый результат.

По приведенному выше алгоритму разработана программа. На рис. 4 отображена ее упрощенная UML-диаграмма.

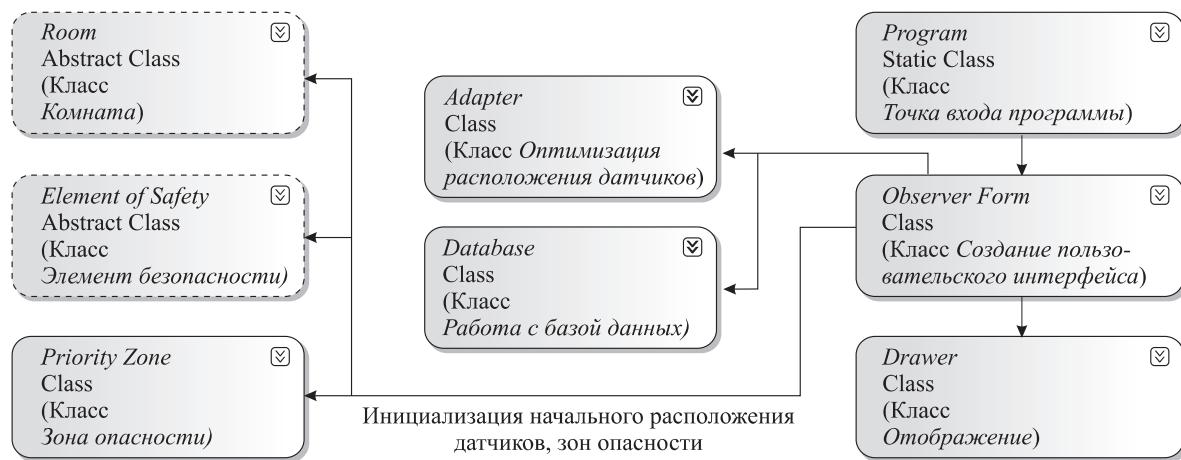


Рис. 4. UML-диаграмма

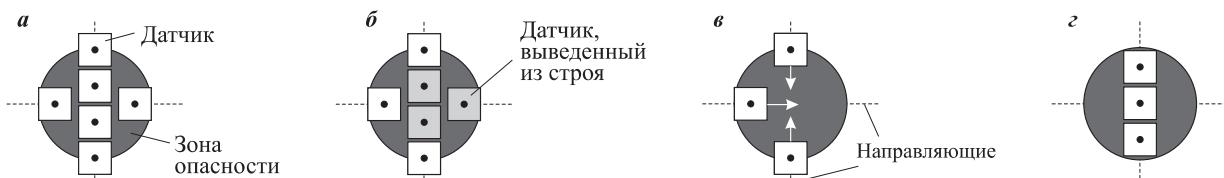


Рис. 5. Принцип работы алгоритма: а — начальное расположение; б — вывод из строя датчиков; в — перемещение работоспособных датчиков; г — конечное расположение

Программа реализует объектно-ориентированный подход. Для каждого действующего объекта, участвующего в построении системы, создается объект программы. Размеры помещения и расположение направляющих — в объектах класса *Room*. Положения датчиков и их радиусы действия — в объектах класса *Element of Safety*. Вывод на экран графического представления помещения осуществляет класс *Drawer*.

На рис. 5 показан принцип работы алгоритма перемещения датчиков. Область в форме круга представляет собой зону опасности (приоритетная зона покрытия). Областью в форме квадрата показана площадь действия датчика съема информации, находящегося в центре. Пунктирные линии представляют собой направляющие перемещения датчиков. При выводе из строя одного или нескольких датчиков система активизирует алгоритмы поиска оптимальной реорганизации датчиков для максимального покрытия зоны посредством оставшихся работоспособных датчиков.

2.3. Тестирование алгоритма (выводы)

При тестировании разработанного программного прототипа рассматривались дымовые датчики (в количестве 72 шт.), закрепленные на направляющих в прямоугольном помещении размером 108×54 м². В процессе тестирования производилось искусственное выключение различного количества датчиков для наблюдения за реакцией систе-

Результаты тестирования

исходное	Количество выведенных из строя	Непокрытая датчиками область зон опасности, м ²		Время работы алгоритма, с
		до работы алгоритма	после работы алгоритма	
72	5	15	0	0,21
72	10	47	0	0,35
72	15	71	0	0,30
72	20	182	0	1,79
72	30	221	0	0,47
72	40	356	1,5	0,79

мы. Измерялись показатели области зон опасности, непокрытой датчиками, до и после работы алгоритма, а также время получения оптимального решения. Результаты тестов приведены в таблице.

В результате эксперимент показал, что за счет датчиков съема информации уменьшена площадь зон опасностей; в некоторых случаях зоны оказались покрыты полностью; поиск решения задачи выполнен за небольшой промежуток времени. Таким образом, разработанный алгоритм позволяет оптимальным образом контролировать защищаемую площадь помещения.

Интерес представляет изучение параметров используемых эвристик для оптимизации программы, а именно для сокращения времени работы и более оптимального распределения датчиков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Омельянчук А. М. Формирование систем комплексной безопасности // Системы безопасности. — Февраль – март 2009. — 1(85). — С. 100–102.
2. НПБ 88–2001*. Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы и правила проектирования. — утв. ГУГПС МВД России 04.06.2001 г.; МЧС России 18.06.2003 г. : ввод. в действие 01.01.2002 г. — М. : ГУГПС и ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2003.
3. НПБ 110–03. Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и автоматической пожарной сигнализации : утв. МЧС России 18.06.2003 г. : ввод. в действие 30.06.2003 г. — М. : ГУГПС и ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2003.

Материал поступил в редакцию 16 июля 2010 г.

Электронные адреса авторов: max1486@mail.ru, vss2000@mail.ru.

000 «ИЗДАТЕЛЬСТВО «ПОЖНАУКА»

ПРЕДЛАГАЕТ ВАШЕМУ ВНИМАНИЮ

**Технические средства
систем охранной
и пожарной сигнализации**

**А.Н. Членов, Т.А. Буцынская, И.Г. Дровникова. — Ч. 1. — 316 с.
В.П. Бабуроv, В.В. Бабурин, В.И. Фомин. — Ч. 2. — 300 с.**

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

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

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

WEB-САЙТ:
www.firepress.ru

ЭЛ. ПОЧТА:
mail@firepress.ru;
izdat_pozhnauka@mail.ru

Телефон:
(495) 228-09-03,
тел./факс:
(495) 445-42-34

Часть 1 **Часть 1** **Часть 1** **Часть 1** **Часть 1**
А.Н. Членов
Т.А. Буцынская
И.Г. Дровникова

Часть 2 **Часть 2** **Часть 2** **Часть 2** **Часть 2**
В.П. Бабуроv
В.В. Бабурин
В.И. Фомин

**Технические средства
систем охранной и
пожарной сигнализации**

Издательство
«ПОЖНАУКА»



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



Н. В. Щербак
аспирант Института гидромеханики
НАН Украины, г. Киев, Украина

УДК 502/504:628.3

НОВАЯ ТЕХНИКА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ

Описана новая техника по универсальному распылению различных огнетушащих составов и впервые природных материалов: жидкостей, гелей, пены, порошков, грунта, пыли, песка, воды, грязи, снега — за счет использования энергии микрозарядов взрывчатых веществ. Приведены основные преимущества новой универсальной техники пожаротушения и защиты: эффективное действие с помощью малых количеств экологически чистых составов и материалов, отсутствие трубопроводов и емкостей высокого давления, малая масса и компактность, увеличение радиуса, площади и объема эффективного действия в 2 и более раз, низкая себестоимость производства, конструктивная простота и минимальный сервис, надежная, эффективная работа при экстремальных температурах — от минус 50 до +60 °C, длительный срок службы — до 10 лет.

Ключевые слова: универсальное импульсное распыление; огнетушащие составы; природные материалы; оружие пожаротушения и защиты; мини-огнетушитель; профессиональный огнетушитель; многоствольная установка; вертолетная подвеска.

В настоящее время современные информационные технологии, в том числе географические, информационные системы и спутники дистанционного зондирования Земли, широко применяются для отслеживания и анализа операций по ликвидации последствий катастроф. Потенциально эти информационные технологии создают наилучшие условия для быстрой и эффективной ликвидации последствий катастроф, в частности с помощью армейских подразделений. Однако современная защитная техника отличается инерционностью, слабоуправляемостью и низкой эффективностью, что позволяет только в очень незначительной степени влиять с помощью информационных технологий на реальную эффективность проводимых операций по защите объектов и тушению пожаров [1].

В последние годы в связи с нехваткой аварийно-спасательных подразделений и опасностью решаемых задач наблюдается устойчивая тенденция к увеличению масштабов участия военных, армейских и флотских соединений в ликвидации последствий техногенных аварий, стихийных бедствий, локальных войн, террористических и диверсионных акций. Однако опыт применения военных частей и подразделений демонстрирует их низкую эффектив-

тивность и высокий уровень травматизма. Это связано с невысокими техническими возможностями современной аварийно-спасательной техники и невозможностью обеспечить достаточный уровень подготовки солдат и матросов для работы на этой технике, весьма значительно отличающейся по устройству и эксплуатации от боевого вооружения. Нельзя из одного и того же человека подготовить двух различных специалистов — солдата и спасателя, обладающих хотя бы средним уровнем квалификации по обеим специальностям. Как показывает практика, это будет либо плохой солдат, либо плохой спасатель [2].

Тем не менее неуклонно возрастающие технологенные, стихийные, военные и террористические угрозы не позволяют в настоящее время и не позволяют в будущем ни одному государству отказаться от крупномасштабного использования хорошо организованных, гибко управляемых людских ресурсов армии и флота при ликвидации последствий катастроф, пожаров, токсичных и радиоактивных выбросов, разливов нефти, при контроле массовых беспорядков и антитеррористических операциях. Руководящие документы НАТО предусматривают расширенное использование военных подразделений

© Захматов В. Д., Щербак Н. В., 2010

для аварийно-спасательных работ, в том числе создание совместных натовских сил быстрого реагирования для оперативной помощи странам — членам НАТО и их союзникам в ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС).

Есть только один путь обеспечить высокую эффективность и безопасность применения войсковых подразделений для ликвидации последствий ЧС — это создание специального вооружения, способного эффективно ликвидировать последствия ЧС при обеспечении безопасности военных, применяющих это вооружение. Обязательным условием является конструктивная, эксплуатационная и сервисная похожесть, т. е. соответствие нового вида вооружения традиционному оружию. Это в очень большой степени сблизит боевую и аварийно-спасательную подготовку солдат и матросов, что позволит им с высокой эффективностью участвовать в аварийно-спасательных операциях и при этом одновременно повышать свой уровень боевой и психологической подготовки к действиям в экстремальных условиях.

Современная техника не может обеспечить своевременное и эффективное тушение пожаров в силу следующих причин:

- необходимости доставлять на пожар большие массы огнетушащих составов;
- длительной подготовки к тушению, наличия большого числа людей и техники, плохо защищенных от поражающих воздействий пожара, радиации, токсичных сред и стрелкового оружия;
- неопределенности затрат времени на тушение даже при больших расходах огнетушащих составов.

В настоящее время по всему миру широко рекламируются германские пневматические импульсные системы фирмы “IFEX-3000”:

- ручные профессиональные огнетушители — ранцевые и возимые на тележках, стоимостью от 5 тыс. до 10 тыс. USD;
- многоствольные установки на подъемниках;
- одноствольные установки на вертолетах.

Германская пневматическая импульсная техника фирмы “IFEX-3000” (см. таблицу) обеспечивает эффективное тушение при очень малых расходах воды — всего около 1 л на 1 м² площади пожара. На сегодня эта техника является наиболее эффективной и универсальной по сравнению с традиционной пневматической, механической и гидравлической техникой тушения пожаров. Однако эта техника обладает и рядом весьма существенных недостатков:

- большой массой баллона и магистралей высокого давления;
- возможностью использования только чистой воды;

- опасностью получения тяжелых травм операторами при разрыве шлангов и соединительных муфт;
- низкой надежностью техники вследствие сложной конструкции клапанов высокого давления, их засорения;
- по мере повышения мощности резким увеличением массы и снижением роста эффективности импульсных установок (например, пневматические одноствольные “пушки” на джипах и вертолетах относительно менее эффективны, чем ранцевые импульсные огнетушители).

Предлагается принципиально новая импульсная техника, гораздо более эффективная, безопасная и универсальная. Впервые в мире создана техника, обладающая следующими качественными преимуществами (см. таблицу) по сравнению с лучшими образцами мировой техники:

- более низким (в 1,5–2 раза) расходом огнетушащих составов по сравнению с огнетушителями фирмы “IFEX-3000”;
- эффективным использованием без дополнительной подготовки конструкций любых жидких и порошковых составов и впервые вязких и клейких составов, а также экологически чистых природных материалов — грунта, песка, воды, грязи, промышленных порошковых отходов;
- гибким и простым регулированием вида, мощности и масштаба воздействия;
- простотой комбинированного тушения;
- низкой стоимостью;
- простотой конструкции, высокой технологичностью массового производства на различных заводах или в ремонтных мастерских;
- высокой надежностью и стабильностью работы в широком диапазоне температур — от минус 60 до +60 °C, а также в различных погодных (ветер) и климатических (влажность, запыленность) условиях;
- нахождением в режиме ожидания от 3 до 10 лет без потери работоспособности;
- высокой степенью безопасности работы (человек выводится из опасной зоны);
- постановкой светотеплозащитных занавес для обеспечения эвакуации людей и техники;
- предотвращением объемных взрывов газов, паров, пыли в помещениях и на открытом воздухе;
- локализацией разливов нефти на воде, выбросов радиоактивных пыли и аэрозолей.

В настоящее время на Украине с участием российских предприятий и в Швейцарии хорошо отработаны и испытаны в реальных условиях следующие образцы новой, близкой по конструкции и методу работы к традиционному вооружению, им-

Сравнительные характеристики украинско-швейцарских и германских образцов импульсной техники тушения пожаров

№ п/п	Вид импульсной техники*	Параметры воздействия		Объем, м ³	Масса огнетушащего состава/общая, кг	Стоимость, USD
		Дальность, м	Площадь, м ²			
1	Бытовой мини-огнетушитель	3–5	1–1,5	2–3	0,5/0,8	15
2	Ранцевый огнетушитель IFEX-3012	1–2	10–15	15	10/19	5500
3	Профессиональный огнетушитель: одноствольный “Импульс-1/2” четырехствольный шестиствольный	10–20 3–5 10–15	15–120 4–6 12–40	30–200 8–12 25–80	2 · 6 = 12/18 0,5 · 4 = 2/5,5 1,5 · 6 = 9/12	200 100 300
4	Огнетушитель на тележке IFEX-3050	0,5–2	50–75	100–150	50/90	11000
5	Огнетушители шестиствольные: на тележке на подъемнике	20–40 20–40	60–120 60–120	120–250 120–250	60/90 60/120	1000 3000
6	Шестиствольный огнетушитель IFEX на подъемнике	10–20	60–120	100–200	60/50	15000
7	Одноствольный огнетушитель IFEX на джипе	10–40	800–1200	1400–2000	100/2000	500000
8	Огнетушители “Импульс”: 20 стволов по 20 кг огнетушащего состава в стволе на шасси джипа 50 стволов по 30 кг огнетушащего состава в стволе на шасси грузовика, танка, САУ 80 стволов по 40 кг огнетушащего состава в стволе на шасси аэродромной пожарной машины	40–80 60–100 60–120	1000–1500 1500–2500 2000–3500	2000–3000 3000–5000 4000–7000	20 · 20 = 400/700 1500/4500 2400/15000 4800/30000	10000 (без шасси) 30000 (без шасси) 45000
9	Пневматический IFEX на вертолете	10–40	800–1200	1400–2000	1000/2000	500000
10	Подвесные бомбы на вертолете “Импульс-9/200”	50–500 (высота полета)	1300–2000 (окончательное тушение)	2000–3000	9 · 200 = 1800/2900	10000
11	Бомбы, сбрасываемые с самолета	1000–4000 (высота полета)	< 1000 (временное сбивание пламени)	< 3000	330/500	500

* В поз. 2, 4, 7, 9 техника пневматическая, 1, 3, 5, 6, 8, 10, 11 — патронная.

пульсной техники пожаротушения и многоплановой защиты (см. таблицу).

Мини-огнетушитель карманного или поясного ношения (рис. 1) предназначен для пожарных, полицейских и спасателей и является постоянно носящим средством индивидуальной многоплановой защиты от пожаров, объемного взрыва, светового или теплового излучения, а также от нападения террористов и пр. Данный мини-огнетушитель предназначен для широких слоев населения, для домов, офисов, автомобилей, грузовиков, автобусов, железной дороги, кораблей, судов, самолетов, аэропортов, вокзалов, башенных отделений и пр. Его основные преимущества по сравнению с малыми традиционными огнетушителями: малые размеры и масса, высокая стабильность и надежность работы при раз-

личной погоде и температуре, а также после длительного хранения, возможность заряжания различными огнетушащими составами.

Переносной импульсный огнетушитель (одноствольный и многоствольный) предназначен преимущественно для профессионалов: пожарных, спасателей, охранников, военных, обученных добровольцев-пожарных. Производство данного огнетушителя освоено в Швейцарии фирмами “Ругомекс” и “Highland Technologies” в г. Цуг (рис. 2). Основные преимущества этого огнетушителя — простота, дешевизна, эффективная работа на природных материалах. Это в сочетании с компактностью и малой массой источника энергии — холостых патронов впервые дает возможность при тушении лесных и сельских пожаров обеспечить автономную,



Рис. 1. Мини-огнетушитель

т. е. независимую от доставки огнетушащих составов, многоократную и эффективную работу и эвакуацию группы людей из опасной зоны. В городских и объектовых пожарных частях данный огнетушитель наиболее эффективен для пожарных на мотоциклах и джипах, обеспечивая им значительные потенциальные возможности по тушению и спасению.

Многоствольный возимый огнетушитель может применяться в оперативных пожарных частях, а также для защиты объектов: промышленных, административных, транспортных, вокзалов, метро, аэропортов, багажных терминалов, подземных гаражей, сельских домов, ферм, складов. Основные преимущества по сравнению с традиционными баллонами на ручных тележках — высокие дальность и масштаб тушения, эффективность, надежность и безопасность работы.

Многоствольная установка на шасси джипа, грузовика, танка (рис. 3), самоходной артиллерийской установки (САУ) может использоваться самыми различными (оперативными, объектовыми, сельскими, профессиональными и добровольными) пожарными и аварийно-спасательными командами. Вследствие высокой степени простоты применения, надежности и качества работы и многопланности воздействия мобильная многоствольная “пушка” хорошо зарекомендовала себя для сельской местности и защиты военных объектов. В последнем случае весьма важна близость тактико-технических характеристик, конструкции, приемов и методов работы к традиционному оружию.

Вертолетная установка наиболее эффективна для тушения низовых, локальных лесных пожаров,

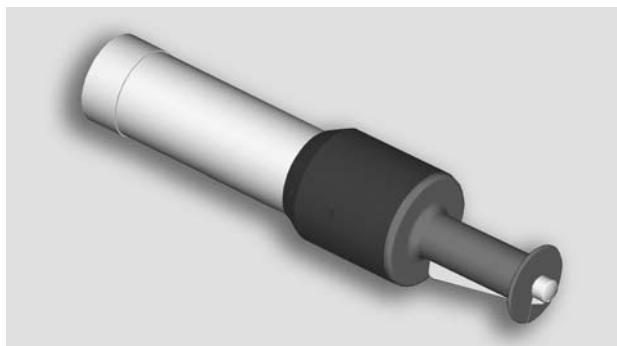


Рис. 2. Переносной импульсный огнетушитель швейцарского производства



Рис. 3. Многоствольная установка на шасси танка Т-62

локализации верховых, массовых пожаров и самых различных пожаров в отдаленных местностях (тайга, саванна, пустыня, степь) и в труднодоступных районах аварий и катастроф — радиоактивно или токсично зараженных объектах или местностях. Очень эффективна вертолетная подвеска для локализации крупномасштабных разливов нефти на водной поверхности (река, озеро, море, океан), в том числе при ветре и волнении. В Швейцарии готовится к испытаниям опытно-промышленный образец нового варианта подвески и ее снаряжения.

Данная техника не имеет аналогов в мире по своим тактико-техническим характеристикам. Наибольшие преимущества по сравнению с традиционной данной техникой имеют при использовании в пустынях и безводных местностях вследствие малых расходов огнетушащих составов, возможности эффективного использования экологически чистых, местных природных материалов для тушения и решения защитных задач [3].

Кроме защитных многоплановых функций, импульсная техника весьма эффективна для контроля массовых беспорядков. Используя экологически чистые, инертные материалы, эта техника может создавать весьма внушительные вихри, облака, ока-

зывающие сильное психологическое воздействие с кратковременным, но сильным раздражающим воздействием на органы зрения, дыхания, обоняния, с мгновенной потерей ориентировки и видимости на больших территориях. В то же время она может мгновенно обеспечить видимость в требуемое время на четко заданных локальных участках для групп обезвреживания террористов. Такая техника позволит весьма эффективно и значительно ускорить операции по локализации и обезвреживанию террористических групп, уменьшить людские потери при их проведении.

Одно из основных преимуществ импульсной техники — это реальная возможность исключить присутствие пожарных и спасателей в труднодоступных зонах, ликвидировать очаги пожаров, возможных взрывов, утечек активных (токсичных, биологически и радиоактивных) материалов с безопасных дистанций, быстро и эффективно.

С применением этой техники впервые появляется возможность своевременно обеспечить свето-теплозащиту групп людей и вывод их из труднодоступных зон [4].

Впервые стало возможным проведение крупномасштабных акций по пожаротушению, например лесных пожаров, в том числе верховых, многопла-

новой защите с помощью распыления небольших масс местных, природных, экологически чистых материалов — грунта, песка, воды, грязи, глины и пр.

Впервые реальной становится возможность гибкого, достаточно быстрого, технически простого управления мощностью, направленностью, масштабами, скоростью, видом защитного воздействия при высокоточном накрытии источников поражающего воздействия и зон поражения. Точность, равномерность и эффективность накрытия зон заданных размеров впервые обеспечивают возможность создания эффективных автоматизированных систем и роботизированных установок [3].

Таким образом, впервые появилась возможность широкого, эффективного и безопасного использования военных подразделений для ликвидации последствий аварий, катастроф, террористических атак, военных действий. Это, несомненно, позволяет расширить диапазон эффективных армейских операций по обеспечению безопасности страны и общества.

Авторы выражают благодарность Л. И. Найверт (“Украгротехника”, Украина) и С. А. Ковалеву, В. В. Гайдею (Севастопольский военно-морской институт им. П. С. Нахимова) за активное участие в подготовке статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безродный И. Современные технологии пожаротушения // Пожарное дело. — 1998. — № 3–5.
2. Взрывчатые вещества, пиротехника, средства инициирования в послевоенный период // Люди. Наука. Производство. — М.—СПб : Изд-во “Гуманистика”, 2001. — 928 с.
3. Захматов В. Д. Перспективные импульсные устройства и автоматические системы пожаро-взрывозащиты радиационно зараженных объектов // Пожаровзрывобезопасность. — 1999. — Т. 8, № 5. — С. 69–75.
4. Импульсные системы для эвакуации людей из зон пожаров // Винахідник і рационалізатор. — 2006. — № 3(53). — С.18–23.

*Материал поступил в редакцию 14 мая 2010 г.
Электронный адрес авторов: z-impulse@rambler.ru.*

С. В. Галайдазаместитель генерального директора ЗАО "НПО "Вариант-Гидротехника",
Московская обл., г. Красноармейск, Россия**С. Л. Костров**генеральный директор ЗАО "НПО "Вариант-Гидротехника",
Московская обл., г. Красноармейск, РоссияНАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
«ВАРИАНТ-ГИДРОТЕХНИКА»

УДК 614.842.615

НОВЫЙ СПОСОБ ПОДАЧИ ПЕНЫ И ОГНЕТУШАЩИХ РАСТВОРОВ В РЕЗЕРВУАРЫ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

В существующих схемах пожаротушения резервуаров, предназначенных для хранения нефти и нефтепродуктов и других горючих жидкостей, как при надслойном, так и при подслойном пожаротушении имеется ряд факторов, напрямую влияющих на увеличение времени тушения пожара и снижение эффективности использования пены. К ним относятся: уровни взлива в резервуаре в момент возникновения пожара; особенности горения в зависимости от характера хранящейся жидкости; вязкость нефтепродукта; климатические особенности местности, где установлен резервуар, влияющие на вязкость нефтепродукта, а также на работу систем пожаротушения. Предлагаемый способ позволяет, практически полностью игнорируя указанные факторы, обеспечить подачу пену непосредственно на поверхность нефтепродукта или в зону над ним, где температура горения, лучевое излучение пламени и конвективные потоки оказывают относительно небольшое влияние на пену. Это позволит сократить время тушения пожара, обеспечить более эффективное использование пены и, как следствие, снизить объем пенообразователя, используемого для тушения. Показана возможность использования комбинированного способа подачи огнетушащих средств: пены низкой кратности — на начальной стадии тушения и пены средней кратности — после ликвидации пламенного горения, а также использования газовых составов как самостоятельно, так и в комбинации с пеной низкой и средней кратности.

Ключевые слова: пена низкой и средней кратности; время тушения; эффективность использования огнетушащих средств.

Пожары в резервуарах, предназначенных для хранения нефти, нефтепродуктов и других легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, до настоящего времени нередки.

Существующая система пожаротушения предусматривает ликвидацию горения путем охлаждения поверхности горючей жидкости с целью снижения скорости ее испарения и создания условий для предотвращения попадания кислорода в зону горения применением систем пенотушения.

В настоящее время рядом организаций и предприятий разрабатываются способы тушения пожаров в резервуарах с использованием газовых и порошковых составов, которые могут стать перспективными.

Однако порошковые и газовые составы эффективно ликвидируют пламенное горение, но не гарантируют исключение повторного воспламенения паров горючих жидкостей, находящихся в разогретом состоянии. Во избежание повторного воспламенения следует предусмотреть использование дополнительных средств как для снижения испарения

и для охлаждения поверхностного слоя, так и для снижения общеобъемной температуры в толще хранящейся жидкости.

В настоящее время для этой цели используются пены различной кратности (низкой, средней, высокой) на основе пенообразователей как общего, так и специального назначения, в том числе фторсодержащих пленкообразующих.

Использование пены на основе любого пенообразователя предусматривает ее нахождение непосредственно на поверхности жидкости в горящем резервуаре. Однако система надслойного пенотушения эффективна только при максимальном уровне взлива. При снижении же уровня жидкости в резервуаре эффективность этого способа тушения снижается, что обусловлено наличием конвективных потоков, препятствующих быстрому попаданию пены на поверхность. Одновременно с этим высокая температура и пламя, быстро разрушая пену, способствуют доставке в зону горения воздуха из пузырьков пены, что дополнительно поддерживает горение. Вследствие этого для тушения горящей

жидкости необходимо большее количество воды и пенообразователя, чем требуется по нормативному расчету для тушения пожара этой же поверхности в нормальных условиях.

Применение подслойного способа тушения пожара с использованием фторсодержащих пенообразователей не имеет проблем, связанных с конвективными процессами в зоне горения над поверхностью жидкости. Однако время тушения пожара в зависимости от уровня взлива и плотности хранящейся в резервуаре жидкости может варьироваться в большом диапазоне, т. е. чем выше уровень и плотность, тем больше время тушения.

Кроме того, этот способ тушения требует специального оборудования и устройств для пенообразования, соблюдения определенных, достаточно жестких параметров давления и скорости струи пены внутри жидкости.

Предлагаемый ниже способ подачи пены на поверхность жидкости в горящем резервуаре позволяет значительно снизить время тушения пожара, повысить эффективность используемых огнетушащих веществ, сократить их объем, а также использовать комбинированные огнетушащие составы — пены с инертными наполнителями (CO_2 , азот, инертные газы) вместо воздуха. Кроме того, он может быть использован в резервуарах со стационарной крышей без внесения изменений в их конструкцию.

Данный способ заключается в следующем. Внутрь резервуара практически на всю его высоту вертикально или под небольшим наклоном устанавливается перфорированный многосекционный сухотруб. В зависимости от размеров и вместимости резервуара может устанавливаться от одного до нескольких таких сухотрубов.

Диаметр сухотруба, размеры и конфигурация перфорации зависят от расчетной интенсивности подачи и количества огнетушащего вещества (пены, раствора пенообразователя, газа).

Установка сухотрубов возможна как по периметру, так и ближе к центру резервуара. Наиболее перспективной является установка сухотрубов в центральной части, что позволит соединить их между собой в виде полной или усеченной пирамиды. Это также позволит установить данную конструкцию таким образом, чтобы ее крепление не зависело от других конструкций резервуара, которые при пожаре могут значительно деформироваться или полностью разрушиться.

В заводских условиях секции сухотруба изготавливаются из металлической трубы круглого или иного сечения. В стенке трубы выполняется перфорация, площадь которой рассчитывается исходя из условия обеспечения максимальной пропускной способности. Изготовление в заводских условиях

подразумевает высокое качество и при большом объеме выпуска низкую стоимость. Диаметр и толщина стенок трубы подбираются для каждого типоразмера резервуара из условия сохранения несущей способности при перфорировании.

Секции сухотруба покрываются с наружной стороны синтетической пленкой или иным синтетическим покрытием, обеспечивающим герметичность внутреннего пространства сухотруба и защищающим от попадания в него хранящейся в резервуаре жидкости.

Синтетическая пленка и синтетическое покрытие должны отвечать следующим требованиям:

- быть нейтральными по отношению к хранящейся в резервуаре жидкости или ее парам;
- не разрушаться и не изменять своих характеристик при длительном контакте с агрессивной средой внутри резервуара;
- выдерживать без деформации и разрывов с учетом конфигурации и размеров перфорации постоянное давление хранящейся в резервуаре жидкости в течение всего гарантийного срока эксплуатации;
- выдерживать с учетом конфигурации и размеров перфорации и постоянного давления хранящейся в резервуаре жидкости в течение гарантийного срока эксплуатации давление струи огнетушащей жидкости, или пены, или газа, подаваемых в сухотруб из системы пожаротушения;
- разрушаться при температуре окружающей среды $150\text{--}200^\circ\text{C}$ или при прямом огневом воздействии. (Температура $150\text{--}200^\circ\text{C}$ принята условно. В принципе она должна быть на $50\text{--}100^\circ\text{C}$ выше температуры на поверхности жидкости, хранящейся в резервуаре, или горения паров непосредственно над поверхностью жидкости.)

Сухотруб или конструкция из нескольких сухотруб монтируется из секций внутри резервуара. Нижний конец сухотруба подсоединяется к системе пожаротушения. Подсоединение сухотруба может производиться как без соответствующих запорных устройств (типа УГВП), так и с ними. Может также устанавливаться обратный клапан для предотвращения слива хранящейся в резервуаре жидкости при ее попадании в сухотруб в системы пожаротушения. Для этой цели возможна посекционная установка обратных клапанов.

Верхний конец сухотруба свободно, с учетом обеспечения крепления, выступает выше возможного максимального уровня взлива жидкости в резервуаре не менее чем на 0,5 м и остается частично открытым.

В период нормальной работы резервуара уровень жидкости повышается и понижается в соот-

ветствии с регламентом, не доходя до верхнего уровня сухотруба.

В случае возникновения пожара при достижении температуры 150–200 °С над поверхностью хранящейся жидкости происходит разрушение синтетической пленки или синтетического покрытия, при этом открываются отверстия перфорации. При соответствующем подборе температурных параметров разрушения пленки расстояние от поверхности жидкости до открытых перфорационных отверстий может составлять 3–5 см, что препятствует переливу жидкости в сухотрубу.

В случае задержки срабатывания системы пожаротушения уровень выгорающей жидкости понижается и по мере этого понижения происходит разрушение синтетической пленки.

После запуска системы пожаротушения огнетушащее вещество поднимается по сухотрубу и изливается непосредственно на поверхность жидкости. В результате происходит тушение пожара.

После тушения пожара отдельные секции сухотруба заменяются при условии ремонтопригодности резервуара. В секциях сухотруба, находившихся в толще хранящейся жидкости и не испытывавших значительных температурных деформаций, синтетическая пленка или синтетическое покрытие не разрушается.

У любой системы и способа имеются свои достоинства и недостатки.

Возможными достоинствами данного способа использования системы пожаротушения являются:

- подача огнетушащего вещества через сухотрубу, позволяющая значительно сократить время свободного горения, так как время на прохождение пены низкой кратности через слой жидкости уменьшается в несколько раз;
- независимость крепления сухотрубов от других несущих конструкций резервуара, что обеспечивает их устойчивость при температурных деформациях стенок резервуара;
- попадание огнетушащего вещества при деформации сухотрубов во внутреннее пространство резервуара, в том числе из-под слоя жидкости. (*Деформированный сухотруб, находясь в зоне горения или теплового воздействия постоянно, по мере понижения уровня жидкости в резервуаре открывает перфорацию. При полном закрытии сухотруба выше уровня жидкости в резервуаре возможно вскрытие перфорации за счет давления подаваемого огнетушащего состава. При обрушении крыши резервуара внутрь его возможна деформация сухотрубов. Механическая деформация трубы приведет к разрушению синтетического покрытия сухотруба, т. е. к открытию перфорации.*);
- возможность подачи пены на поверхность жидкости через сухотруб; при этом конвективные потоки, возникающие внутри резервуара, не оказывают существенного влияния на пену;
- применение сухотрубов с увеличенным диаметром по сравнению с необходимым для подачи пены низкой кратности, что позволяет подавать пену низкой кратности до прекращения пламенного горения, а затем — пену средней кратности (*пеногенерирующие устройства с изменяемой кратностью пены уже существуют*);
- возможность исключить из средств для тушения пожара специальные фторсодержащие пенообразователи, а использовать пенообразователи общего назначения с тем же или незначительно увеличенным расходом раствора;
- возможность подачи раствора специальных фторсодержащих пенообразователей без создания пены низкой кратности, который, растекаясь по поверхности жидкости, будет создавать защитную пленку. (*В данном варианте отпадает необходимость использования пеногенерирующих устройств; расчет системы значительно упрощается.*);
- возможность подачи через сухотруб в зону над поверхностью жидкости газовых составов, способствующих тушению за счет образования парогазового слоя, который не поддерживает горение и может дольше не разрушаться под воздействием конвективных потоков, а также разбавляет зону горения, что способствует увеличению скорости тушения пожара;
- возможность одновременной подачи вместе с пеной в зону горения газов, не поддерживающих горение (CO₂, азота, инертных газов), или получения пены с использованием этих газов;
- применение в нижней части сухотруба специального насадка, образующего высокоскоростную струю, что позволяет обеспечить пробой (продавливание) огнетушащего вещества через слой жидкости, попавшей в сухотруб из резервуара; при этом объем эмульсии будет минимальным, и она разрушится в зоне горения;
- возможность применения водопенного оборудования с более низкими значениями давления, расхода и других, не менее важных характеристик, влияющих на стоимость системы пожаротушения;
- возможность размещения внутри сухотруба температурных датчиков для обеспечения мониторинга состояния хранящейся в резервуаре жидкости;
- при расположении сухотрубов по периметру резервуара возможность отказа от применения камер для пены низкой и средней кратности (КНП,

ГПСС и др.) в верхней части резервуара и увеличение за счет этого его полезного объема.

Основным же преимуществом предлагаемого способа в данном случае является сокращение времени тушения и более эффективное использование огнетушащих средств, а также применение системы без внесения изменений в конструкцию резервуара.

Несмотря на то что для специалистов не нужно расшифровывать, считаем необходимым отметить, что при уменьшении времени тушения пожара:

- снижается риск значительных деформаций стенок резервуара, что позволит использовать резервуар в дальнейшем при незначительном ремонте;
- сокращается время лучевого и конвективного температурного воздействия на соседние резервуары, что предотвращает дальнейшее развитие пожара;
- уменьшается экологический и материальный ущерб.

К основным возможным недостаткам данного способа использования системы пожаротушения относятся:

- увеличение затрат на разработку проектных решений (если не использовать типовые решения, которые можно разработать для всего типоряда резервуаров), приобретение и установку сухих трубов внутри резервуара;
- некоторое снижение полезного объема резервуара;

- необходимость пересмотра имеющейся нормативной базы и разработки методик расчета для данного способа тушения;
- невозможность использования данного способа для резервуаров с pontonной крышей без внесения изменений в конструкцию самой pontonной крыши (в принципе это чисто технические проблемы);
- изменение подхода заказчиков и проектных организаций к применению данного способа подачи огнетушащих веществ, отказ от стереотипов в системе по обеспечению безопасности.

С учетом вышеизложенного предлагаемый способ не может претендовать на исключительность, но может с успехом использоваться как самостоятельно, так и в комбинации с другими способами.

Кроме того, становится очевидной необходимость проведения дополнительных работ по доработке, совершенствованию и внедрению данного способа при участии организаций (предприятий), эксплуатирующих резервуары, а также ВНИИПО МЧС России, Академии ГПС МЧС России, РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина и других заинтересованных организаций.

По результатам патентного поиска авторами статьи 19 мая 2010 г. подана заявка на патентную защиту способа (рег. № 2010119853) и на получение патента на полезную модель (рег. № 2010119849).

Материал поступил в редакцию 29 июня 2010 г.

Электронные адреса авторов: GSVs-i@yandex.ru; GSVs-i@mail.ru; variant-hydro@krasno.ru.



В. В. Теребнев
канд. техн. наук, доцент,
профессор Академии ГПС
МЧС России, г. Москва,
Россия



А. О. Семенов
канд. техн. наук, доцент, начальник
учебно-научного комплекса "Пожаро-
тушение" Ивановского института ГПС
МЧС России, г. Иваново, Россия



В. А. Смирнов
канд. пед. наук, начальник кафедры
в составе учебно-научного комплекса
"Пожаротушение" Ивановского института
ГПС МЧС России, г. Иваново, Россия



Д. В. Тараканов
адъюнкт Академии ГПС
МЧС России, г. Москва,
Россия

УДК 519.283

АНАЛИЗ И ПОДДЕРЖКА РЕШЕНИЙ ПРИ ТУШЕНИИ КРУПНЫХ ПОЖАРОВ

Приводится механизм анализа и поддержки управленческих решений, возникающих в системах управления оперативными подразделениями при ликвидации крупных пожаров. Данный механизм может составлять основу автоматизированной системы поддержки принятия решений.

Ключевые слова: крупный пожар; пожаротушение; управленческие решения; многокритериальный выбор.

1. Актуальность и постановка задачи

Обеспечение национальной безопасности в чрезвычайных ситуациях достигается путем совершенствования и развития единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) природного и техногенного характера. Это закреплено Указом президента Российской Федерации от 12 мая 2009 г. № 537 "О стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года" [1].

Развитие РСЧС направлено на решение важных и сложных задач, стоящих перед МЧС России, и охватывает все ее структурные и функциональные подсистемы, включая и систему управления оперативными подразделениями (СУОП), занятые ликвидацией крупных пожаров. Важным направлением повышения эффективности функционирования СУОП является повышение качества решений, принимаемых должностными лицами, составляющими ее управляющую подсистему. Одним из способов реализации данного направления является разработка и внедрение в процесс управления автоматизированных механизмов анализа и поддержки решений в виде компьютерных систем поддержки принятия решений [2]. На пути реализации данного направления возникает ряд теоретических задач, решение которых позволит ответить на практический вопрос: какие модели анализа и поддержки ре-

шений могут быть использованы при автоматизации процесса принятия решений на месте пожара?

Об одной из таких моделей пойдет речь в данной работе.

2. Формальная постановка задачи

Процесс принятия решений в классической форме понимается как выбор альтернативы и состоит из трех этапов: сбора и обработки информации, генерации альтернатив и выбора наилучшей* альтернативы. Первые два этапа с методической точки зрения считаются неформализуемыми, поэтому основное внимание исследователей уделяется третьему этапу — этапу выбора наилучшей альтернативы [3].

Выбор наилучшей альтернативы при подготовке решений, реализуемых при тушении крупных пожаров, осуществляется людьми, поэтому он может быть или стихийным, или разумным. Стихийный выбор производится наугад, т. е. без каких-либо логических обоснований. Результат такого выбора в общем случае не поддается формализации, и его нельзя использовать в будущем. В отличие от стихийного выбор разумный осуществляется на основе логических рассуждений; информация о таком выборе хранится и может быть использована при при-

* Наилучший — от лат. optimus (оптимальный).

нятии решений в схожих проблемных ситуациях. В связи с этим в дальнейшем изложении, используя понятие выбора, будем иметь в виду выбор разумный.

Итак, рассмотрим задачу. Пусть имеется множество, состоящее из n альтернатив. Обозначим его X , а составляющие его элементы, т. е. альтернативы, обозначим $x^{(i)}$, $i = 1, 2, \dots, n$. Рассматриваемая задача состоит в том, чтобы выбрать наилучшую альтернативу; обозначим ее $\text{Best}(X)$.

Для решения такой задачи Д. Пейн предложил и обосновал теорию конструирования стратегий человеческого поведения при выборе наилучшей альтернативы. Подробнее о стратегии поведения человека при выборе можно прочитать в работе [3]. Так, для решения предложенной задачи человек использует стратегию парных сравнений и стратегию исключения, в комплексе позволяющие человеку построить на множестве альтернатив доминантную структуру поиска. Используя такой подход к решению поставленной задачи, необходимо произвести $(n - 1)$ сравнений для выбора наилучшей альтернативы $\text{Best}(X)$. Сравнения в данном подходе основаны на том, что у человека имеется качественная функция, позволяющая ему сравнивать альтернативы по принципу “больше”, “меньше” либо “равно”. Данная функция в контексте является критерием выбора. На практике, для того чтобы приблизить решаемую задачу принятия решений к реальной обстановке на месте пожара, необходимо использовать не один, а несколько критериев, причем, как правило, противоречивых. Для того чтобы произвести парные сравнения на основе многих критериев, необходимо время, а как раз его-то в критических ситуациях (в данном случае во время пожара) и нет. Другой подход к выбору наилучшей альтернативы основан на понятии количественной важности критериев, получившем развитие в работе В. Д. Ногина и его учеников [4].

Одним из требований к процессу принятия решений при тушении крупного пожара является оперативность, причем большей оперативностью обладают те методы, которые при автоматизации вычислительных процессов требуют меньшего количества парных сравнений при реализации выбора в рамках принятия решений. Таким образом, наша задача в данной работе состоит в том, чтобы показать преимущество подхода, основанного на количественной важности критериев, в сравнении с теорией построения доминантной структуры на множестве альтернатив и выдвинуть гипотезу о том, что именно количественный подход может быть основой для автоматизированных моделей анализа и поддержки решений при тушении крупных пожаров.

3. Математическая модель принятия решений на основе многих критериев

Задача принятия решений на основе многих критериев (далее — ЗМВА) состоит из трех основных объектов:

- множества альтернатив;
- векторного критерия;
- лица, принимающего решение (ЛПР).

Множество альтернатив X исчислимо. В него, как уже говорилось, входят элементы $x^{(i)}$ с номерами $i = 1, 2, \dots, n$, причем $n \geq 2$.

В общем случае принятия решений данное множество разбивают на два подмножества: допустимые альтернативы и недопустимые альтернативы. Как правило, это разбиение происходит за счет некоторых ограничений в соответствии с требованиями нормативных документов или со здравым смыслом. Считается, что на “вход” к задаче принятия решений не стоит вводить недопустимые варианты, так как они только ухудшают восприятие структуры множества, поэтому множество X в рассматриваемой задаче составляют только допустимые альтернативы.

Альтернативы характеризуются различными показателями их привлекательности. Эти показатели называются признаками, факторами, атрибутами или критериями. Критерий определяется шкалой, позволяющей выполнять над ним преобразования, поэтому с математической точки зрения критерий будет характеризоваться критериальной функцией, имеющей под собой множество допустимых значений и шкалу для количественных критериев не хуже интервальной [5]. Критерий, или критериальная функция, в работе обозначается буквой μ .

Для решения многокритериальных задач используется набор критериев, который будем называть векторным критерием, или вектор-функцией: $\mu = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_m)$. Множество решений и вектор-функция индуцируют множество векторных оценок. Каждая альтернатива x^* в многокритериальных задачах принятия решений характеризуется векторной оценкой:

$$\mu(x^*) = (\mu_1(x^*), \mu_2(x^*), \dots, \mu_m(x^*)), \quad (1)$$

где $\mu_i(x^*)$ — оценка альтернативы x^* по критериальной функции μ_i .

В общем случае при принятии решений одни компоненты векторной функции необходимо максимизировать выбранной альтернативой, другие, наоборот, минимизировать, что ставит лицо, осуществляющее выбор, в затруднительное положение [3]. Для приведения компонент векторной функции к однородному виду используется классическая модель нормализации:

- в случае максимизации исходной критериальной функции μ_i :

$$\xi_i(x^i) = \frac{\mu_i(x^{(i)}) - \min(\mu_i(X))}{\max(\mu_i(X)) - \min(\mu_i(X))}; \quad (2)$$

- в случае минимизации исходной критериальной функции μ_i :

$$\xi_i(x^i) = \frac{\mu_i(x^{(i)}) - \max(\mu_i(X))}{\min(\mu_i(X)) - \max(\mu_i(X))}, \quad (3)$$

где $\max(\mu_i(X))$ — наибольшее значение критериальной функции μ_i на множестве X ;

$\min(\mu_i(X))$ — наименьшее значение критериальной функции μ_i на множестве X .

Поэтому далее будем понимать, что критериальные функции μ находятся в нормализованном виде ξ и требуют максимизации в результате выбора.

Таким образом, задача многоокритериального выбора приобретает экстремальный вид задачи многоокритериальной оптимизации, которая может быть задана таблицей, столбцы которой характеризуют векторные оценки альтернатив, а строки — шкалы критерииев. В такой задаче необходимо найти векторную оценку альтернативы, которая имела бы наибольшие оценки по всем критериям. Такая альтернатива и объявляется наилучшей, но, как правило, альтернативы с такой векторной оценкой не существует и для ее поиска необходима дополнительная информация от лица, принимающего решение.

Процесс выбора невозможен без наличия того, кто осуществляет выбор, преследуя свои цели [4]. В процессе выбора при управлении тушением пожара важно учитывать следующее: как человек готовит себя к психофизическим нагрузкам принятия решений в экстремальных (сложных) ситуациях тушения пожара; каким образом он умеет работать с документами предварительного планирования тушения пожара; как умеет систематизировать данные оперативной обстановки при тушении пожара; как может генерировать альтернативы для принятия решений; каким аппаратом прогнозирования оценок данных альтернатив он обладает и т. п. К сожалению, в математической модели принятия решений невозможно учесть все аспекты личности ЛПР, но, говоря о ЛПР в контексте многоокритериальной задачи принятия решений, будем иметь в виду не его целиком, а лишь ту его “часть”, те его характеристики, которые так или иначе связаны с процессом выбора [4]. Пусть ЛПР из пары альтернатив x' , x'' выбрало альтернативу x' и не выбрало альтернативу x'' . Это означает, что альтернатива x' предпочтительнее альтернативы x'' для данного ЛПР. Этот факт записывается следующим образом:

$$x' \succ_X x''. \quad (4)$$

Знак \succ_X характеризует отношение предпочтения ЛПР на множестве X . Другими словами, принимается главное допущение теории принятия решений относительно ЛПР: если различные индивиды в одинаковых ситуациях выбора ведут себя одинаковым образом, т. е. однозначно отдают свои предпочтения, то они ничем не отличаются друг от друга и представляют собой одно и то же ЛПР [4].

Итак, окончательная математическая формулировка задачи выбора наилучшей альтернативы звучит следующим образом.

Дано: множество возможных альтернатив X и векторная функция $\xi = (\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_m)$, которые порождают множество векторных оценок альтернатив по векторной функции $\xi(x^*) = (\xi_1(x^*), \xi_2(x^*), \dots, \xi_m(x^*))$, где $x^* \in X$. Необходимо выявить и formalизовать отношение предпочтения ЛПР, заданное на множестве альтернатив \succ_X , и найти наилучшую альтернативу $\text{Best}(X)$.

4. Анализ многоокритериальных альтернатив

Принятие решений человеком осуществляется на основе фундаментального принципа Эджворта – Парето, согласно которому человек должен искать решение среди некоторого подмножества “разумных” вариантов (альтернатив) [5]. Данное подмножество разумных вариантов называется множеством Эджворта – Парето (далее — множество Парето), названное так в честь английского экономиста Фрэнсиса Эджворта и итальянского социолога Вильфредо Парето. Это множество составляют парето-опимальные альтернативы. Само понятие парето-опимальности несложно: некоторый возможный вариант действий (альтернатива) является оптимальным по Парето, если при замене его любым другим вариантом нельзя добиться улучшения значения хотя бы одного из критерииев, не ухудшив при этом значения какого-то другого [5].

В связи с этим этап анализа многоокритериальных альтернатив заключается в построении множества Парето. Формально это записывается следующим образом:

$$P_\xi(X) = \left\{ x^* \in X \mid \begin{array}{l} \text{не существует такого } x \in X, \\ \text{при котором } \xi(x) \geq \xi(x^*) \end{array} \right\}, \quad (5)$$

где $P_\xi(X)$ — множество Парето, построенное на множестве допустимых альтернатив X и векторной функции ξ при помощи бинарного отношения $\xi(x) \geq \xi(x^*)$.

Бинарное отношение $\xi(x) \geq \xi(x^*)$ означает выполнение покомпонентных неравенств $\xi_i(x) \geq \xi_i(x^*)$ для всех $i = 1, 2, \dots, m$, причем $\xi(x) \neq \xi(x^*)$. Следовательно, отношение предпочтения при осуществлении построения множества Парето должно быть

иррефлексивным и транзитивным, т. е. задавать строгий порядок на множестве альтернатив. Более подробно о бинарных отношениях можно прочитать в работе [4]. В многокритериальной задаче принятия решений при тушении крупного пожара данной информации достаточно.

Практика принятия многокритериальных решений показала, что одного только принципа Эджворта – Парето недостаточно для выбора наилучшей альтернативы. Дальнейший анализ альтернатив невозможен без участия человека, который с методической точки зрения является источником дополнительной информации для выбора наилучшей альтернативы. Поэтому необходимо выявить информацию о предпочтениях ЛПР и использовать ее при поиске наилучшей альтернативы. Для этого предлагается этап поддержки решения, основанный на методе последовательного сужения множества Парето количественной информацией о предпочтениях ЛПР.

5. Поддержка принятия решений

Итак, вернемся к парному сравнению альтернатив. При сравнении векторных оценок двух парето-оптимальных альтернатив обязательно найдется такая группа критериальных функций, по которой оценки первой альтернативы превосходят оценки второй, и такая группа критериальных функций, по которым, наоборот, оценки второй альтернативы превосходят оценки первой. В общем случае могут найтись и такие критериальные функции, оценки по которым у альтернатив равны. В этом заключается главное свойство парето-оптимальности.

Рассмотрим сравнение двух векторных оценок парето-оптимальных альтернатив (рис. 1):

$$\xi(x') = (\xi_1(x'), \xi_2(x'), \xi_3(x'), \xi_4(x'), \xi_5(x'), \xi_6(x'))$$

и

$$\xi(x'') = (\xi_1(x''), \xi_2(x''), \xi_3(x''), \xi_4(x''), \xi_5(x''), \xi_6(x'')).$$

Пусть ЛПР при сравнении этих альтернатив отдало свое предпочтение альтернативе x' в сравнении ее с альтернативой x'' , а это значит, что $x' \succ_x x''$.

Вычтем из векторной оценки выбранной альтернативы векторную оценку невыбранной и получим вектор разностей:

$$\begin{aligned} \xi(x') - \xi(x'') &= (\xi_1(x') - \xi_1(x''), \dots, \xi_6(x') - \xi_6(x'')) \\ &= w_1, \dots, w_6. \end{aligned}$$

Если $\xi_i(x') - \xi_i(x'') = w_i > 0$, то это значит, что ЛПР при выборе получило “выигрыш” в размере w_i по критериальной функции ξ_i , а сама критериальная функция ξ_i относится к группе A , т. е. группе выигрышных критериальных функций (см. критериальные функции (ξ_1, ξ_2) на рис. 1). Если же

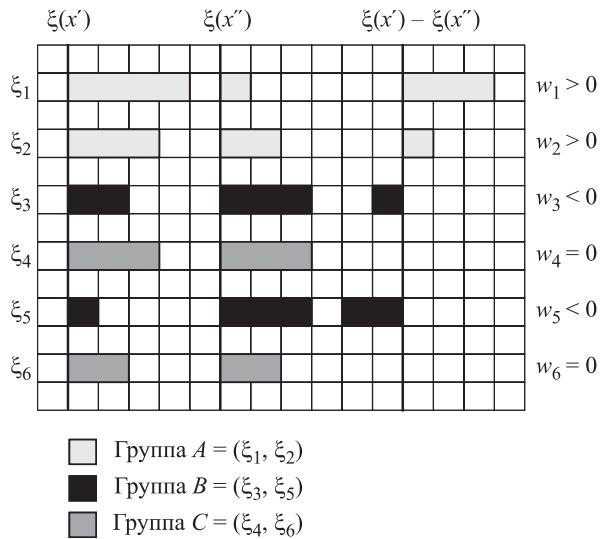


Рис. 1. Сравнение двух векторных оценок парето-оптимальных альтернатив

$\xi_j(x') - \xi_j(x'') = w_j < 0$, то это говорит о том, что ЛПР получило “проигрыш” в размере w_j по критериальной функции ξ_j , а сама функция относится к группе B , т. е. группе проигрышных критериальных функций (см. критериальные функции (ξ_3, ξ_5) на рис. 1). И наконец, если $\xi_c(x') - \xi_c(x'') = w_c = 0$, то это означает, что ЛПР не получило ни “выигрыша”, ни “проигрыша” по данной критериальной функции ξ_c , и она относится к группе C , т. е. группе безразличных критериальных функций (см. критериальные функции (ξ_4, ξ_6) на рис. 1).

Специфика поведения человека при решении задач многокритериальной оптимизации говорит о том, что ЛПР желает максимизировать “выигрыши” и минимизировать “проигрыши”. После того как выявлены предпочтения ЛПР из парного сравнения векторных оценок парето-оптимальных альтернатив, необходимо учесть эту информацию при выборе наилучшей альтернативы. Это осуществляется с помощью теоремы о последовательном сужении множества Парето количественной информацией о предпочтениях ЛПР, выдвинутой и доказанной В. Д. Ногиным в его работе [4].

Теорема 1. Предположим, что I — множество номеров критериальных функций вектор-функции ξ . Пусть $I_A, I_B \subset I$, где $I_A \neq \emptyset$ — номера выигрышных критериальных функций, $I_B \neq \emptyset$ — номера проигрышных критериальных функций. При этом совпадений номеров выигрышных и проигрышных функций нет, т. е. $I_A \cap I_B = \emptyset$. Пусть группа критериальных функций A важнее группы критериальных функций B с заданными наборами положительных параметров w_i для всех $i \in I_A$ и отрицательных параметров w_j для всех $j \in I_B$. Тогда для любого

непустого множества выбираемых альтернатив имеют место включения:

$$\text{Best}(X) \subset P_g(X) \subset P_\xi(X), \quad (6)$$

где $P_\xi(X)$ — множество парето-оптимальных альтернатив в многокритериальной задаче с множеством X и исходной векторной функцией ξ ;

$P_g(X)$ — множество парето-оптимальных альтернатив, построенное на множестве парето-оптимальных альтернатив $P_\xi(X)$ по новой p -мерной вектор-функции g :

$$p = m - |B| + |A| \cdot |B|, \quad (7)$$

которая составлена из всех компонент ξ_i вектор-функции ξ , для которых $i \in I \setminus I_B$, а также компонент вида:

$$g_{ij}(x) = w_i \xi_j(x) - w_j \xi_i(x) \quad (8)$$

для всех $i \in I_A$ и для всех $j \in I_B$.

Таким образом, данная теорема говорит о том, что наилучшая альтернатива относительно мнения ЛПР находится среди парето-оптимальных альтернатив, построенных по новой векторной функции g , которая получилась в результате модификации исходной векторной функции ξ , формализованной информацией о предпочтениях ЛПР.

Сужение множества Парето будет осуществляться до тех пор, пока не будет найдена одна наилучшая альтернатива, т. е. поиск наилучшей альтернативы представляет собой цикл, включающий в себя четыре этапа, а именно:

- 1) нормализация векторных оценок альтернатив;
- 2) построение множества Парето по исходной векторной функции; если в данном множестве окажется одна альтернатива, то ее и стоит считать наилучшей;
- 3) выявление дополнительной информации от ЛПР; данный этап осуществляется путем парного сравнения парето-оптимальных альтернатив;
- 4) модификация исходной векторной функции информацией о предпочтениях ЛПР, постановка новой задачи. После четвертого этапа необходимо вернуться ко второму этапу и так до тех пор, пока не будет найдена одна, наилучшая, альтернатива.

При каждом цикле метода применение теоремы 1 обеспечивает удаление как минимум одной невыбранной альтернативы.

6. Пример

Рассмотрим задачу выбора места установки мобильного средства пожаротушения (МСП) на водоподводку. Для решения такой задачи необходимо учитывать как минимум два критерия выбора. Первым

Таблица 1. Исходные данные задачи принятия решения

Векторная функция	$x^{(1)}$	$x^{(2)}$	$x^{(3)}$	$x^{(4)}$
Подача ОТВ μ_1 , л/с	10	20	10	14
Время развития пожара μ_2 , мин	20	20	6	10

критерием является подача огнетушащего вещества МСП от водоисточника (μ_1), которая характеризуется водоотдачей водопроводной сети, выясняемой по справочным данным (см. табл. 5.12 из справочника [6]), и возможностями пожарных насосов, установленных на МСП. Вторым критерием является время развертывания насосно-рукавных систем (μ_2), измеряемое в минутах. Количественные оценки каждого из вариантов установки МСП на водоисточник могут быть определены по методике расчета параметров систем забора и транспортирования огнетушащих веществ, приведенной в работе [7]. Здесь мы не будем останавливаться на количественной оценке вариантов (альтернатив), так как это выходит за рамки решаемой в статье задачи. Принимаем в качестве исходных данных векторные оценки альтернатив, приведенные в табл. 1.

Решение

Нормализация векторных оценок альтернатив

Для осуществления этого этапа воспользуемся формулами (2) и (3) и табл. 2.

Итоги нормализации приведены в табл. 3. Для примера рассмотрим нормализацию векторной оценки альтернативы $x^{(3)}$:

$$\xi_1(x^{(3)}) = \frac{\mu_1(x^{(3)}) - \min(\mu_1(X))}{\max(\mu_1(X)) - \min(\mu_1(X))} = \frac{10 - 10}{20 - 10} = 0;$$

$$\xi_2(x^{(3)}) = \frac{\mu_2(x^{(3)}) - \max(\mu_2(X))}{\min(\mu_2(X)) - \max(\mu_2(X))} = \frac{6 - 20}{6 - 20} = 1,00.$$

Теперь перейдем ко второму этапу.

Таблица 2. Векторные оценки альтернатив по исходной векторной функции

Векторная функция	$x^{(1)}$	$x^{(2)}$	$x^{(3)}$	$x^{(4)}$	$\max(\mu_i(X))$	$\min(\mu_i(X))$
$\mu_1 \max$	10	20	10	14	20	10
$\mu_2 \min$	20	20	6	10	20	6

Таблица 3. Нормализованные векторные оценки альтернатив

Нормализованная векторная функция	$x^{(1)}$	$x^{(2)}$	$x^{(3)}$	$x^{(4)}$
ξ_1	0,00	1,00	0,00	0,40
ξ_2	0,00	0,00	1,00	0,71

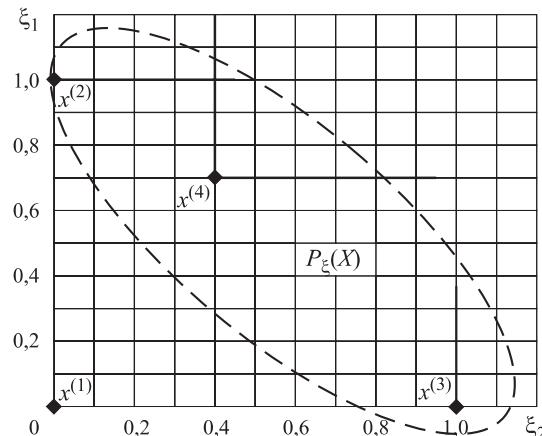


Рис. 2. Геометрическая интерпретация поиска парето-оптимальных альтернатив

Удаление не парето-оптимальных альтернатив

Для задач с двумя критериями допускается геометрическое построение множества Парето, разработанное В. Д. Ногиным в работе [8].

Для того чтобы найти множество Парето, нужно для каждого допустимого двумерного вектора (точки на плоскости) построить (по крайней мере, умозрительно) угол с вершиной в данной точке и посмотреть, находится ли в этом угле (включая стороны угла) хотя бы одна из каких-то возможных точек множества X или нет. Если такая точка найдется, то вершина угла не является парето-оптимальной, в противном случае вершина парето-оптимальна (рис. 2).

Из рис. 2 видно, что к парето-оптимальным относятся все альтернативы без $x^{(1)}$. Так как во множестве Парето находится больше одной альтернативы, то переходим к этапу выявления и формализации предпочтений ЛПР.

Выявление и формализация предпочтений ЛПР

Пусть ЛПР говорит о том, что альтернатива $x^{(2)}$ предпочтительнее альтернативы $x^{(4)}$, т. е. $x^{(2)} \succ_X x^{(4)}$. Вычтем из векторной оценки альтернативы $x^{(2)}$ векторную оценку альтернативы $x^{(4)}$. Рассмотрим полученный вектор разностей $\xi(x^{(2)}) - \xi(x^{(4)}) = (0,6; -0,71)$, который означает, что ЛПР готово пойти на “проигрыш” по второй критериальной функции в размере 0,71 безразмерных единиц (б. е.) ради “выигрыша” по первой критериальной функции в размере 0,6 б. е. Таким образом, первая критериальная функция ξ_1 относится к группе А, вторая ξ_2 — к группе В.

Таблица 5. Новые векторные оценки альтернатив

Новая векторная функция	$x^{(1)}$	$x^{(2)}$	$x^{(3)}$	$x^{(4)}$
g_1	0,00	1,00	0,00	0,40
g_2	0,00	0,71	0,60	0,71

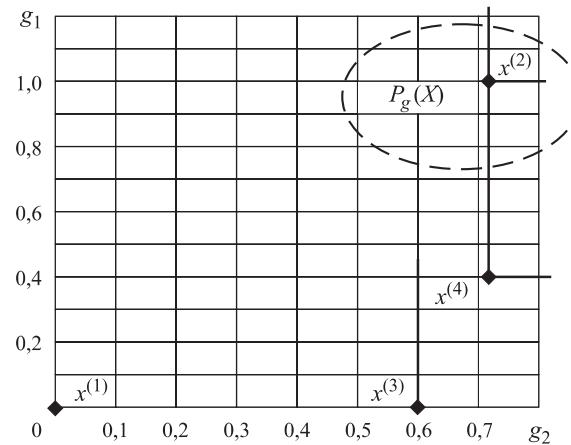


Рис. 3. Геометрическая интерпретация поиска парето-оптимальных альтернатив по векторной функции g

Модификация векторной функции и получение новых векторных оценок альтернатив

Первая компонента новой векторной функции g в силу теоремы 1 равна первой компоненте векторной функции ξ , т. е. $g_1 = \xi_1$, вторая компонента получается как линейная комбинация первой и второй компонент векторной функции ξ по формуле (8):

$$g_2 = w_1 \xi_2 - w_2 \xi_1 = 0,60 \xi_2 + 0,71 \xi_1.$$

В табл. 5 приведены векторные оценки альтернатив по новой векторной функции $g = (g_1, g_2)$.

Возвращаемся к этапу 2 и строим новое множество Парето (рис. 3).

Как видим из рис. 3, парето-оптимальной альтернативой является только лишь альтернатива $x^{(2)}$, поэтому она и является наилучшей.

Ответ

$$\text{Best}(X) = x^{(2)}.$$

Заключение

В статье мы привели механизм анализа и поддержки решений, который может быть положен в основу автоматизированной системы поддержки принятия решений при планировании тушения пожара. Данный механизм существенно сокращает время на выработку решений, обоснованных человеком. В рассматриваемом примере для выбора наилучшей альтернативы потребовалось одно пар-

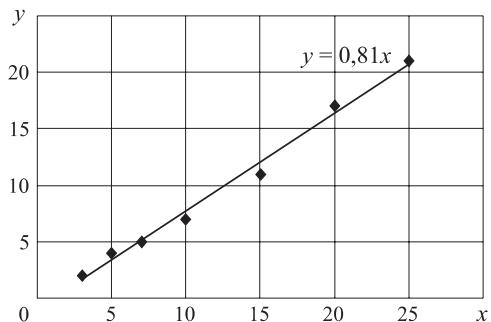


Рис. 4. Зависимость альтернатив, удаляемых за один цикл метода, от исходного количества альтернатив во множестве Парето

ное сравнение. Проведя ряд имитационных экспериментов при решении задачи принятия решения на основе двух критериев данным методом, авторы

установили, что количество исключенных альтернатив за один цикл метода является случайной величиной, распределенной по показательному закону. На рис. 4 с достоверностью 0,95 показаны данные по количеству исключенных альтернатив (ось y) за один цикл метода в зависимости от количества альтернатив, составляющих исходное множество Парето (ось x).

Из рис. 4 видно, что за один цикл метода в задаче с двумя критериями в 95 случаях из 100 удаляется 80 % альтернатив. В сравнении с теорией конструирования стратегии, при которой за один цикл удаляется одна альтернатива, можно утверждать, что метод последовательного сужения множества Парето оперативнее при поиске наилучшего решения на основе двух критериев.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сборник нормативно-правовых и методических документов по обеспечению защищенности критически важных объектов Российской Федерации / О. А. Глазачев, В. Л. Камзолкин, В. Н. Лисица, Ю. В. Седельников, А. А. Таранов ; под общ. ред. С. В. Шапошникова. — М. : ДГЗ МЧС России; ЗАО "Научно-проектный центр исследований риска и экспертизы безопасности", 2009. — 496 с.
2. Тетерин И. М., Топольский Н. Г., Прус Ю. В., Клиmovцов В. М. Системы поддержки принятия управлеченческих решений при тушении пожаров. — М. : Академия ГПС МЧС России, 2008. — 102 с.
3. Ларичев О. И. Теория и методы принятия решений. — М. : Университетская книга; Логос, 2008. — 392 с.
4. Ногин В. Д. Принятие решений в многокритериальной среде: количественный подход. — М. : Физматлит, 2002. — 144 с.
5. Подиновский В. В., Ногин В. Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. — М. : Физматлит, 2007. — 256 с.
6. Теребнев В. В., Смирнов В. А., Семенов А. О. Пожаротушение : справочник. — Екатеринбург : ООО "Издательство Калан", 2009. — 486 с.
7. Теребнев В. В., Тараканов Д. В., Грачев В. А., Теребнев А. В. Оперативно-тактические задачи. Часть I : Методика, примеры. — Екатеринбург : ООО "Издательство Калан", 2010. — 406 с.
8. Ногин В. Д. Принятие решений при многих критериях. — Спб : Издательство "ЮТАС", 2007. — 104 с.

Материал поступил в редакцию 19 июля 2010 г.
Электронный адрес авторов: den-pgsm@mail.ru.



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

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

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

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

Специализированный журнал “Пожаровзрывобезопасность”

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

Журнал “Пожарная безопасность в строительстве”

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

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

1. Реклама на обложке (полноцветная):
2-я полоса — 28 000 руб. + 1 черно-белая полоса бесплатно;
3-я полоса — 25 000 руб. + 1 черно-белая полоса бесплатно;
4-я полоса — 35 000 руб. + 2 черно-белых полосы бесплатно.
2. Рекламная статья: 1/1 черно-белой полосы — 15 000 руб.
3. Статья обзорно-аналитического, проблемного, научно-технического характера — бесплатно.
4. Рекламные вклейки:

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

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

Тираж: 5000 экз.

Спецпредложение!

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

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

Сентябрь 2010 г.

Авторы	Наименование	ISBN	Цена, руб./экз.
НОВИНКИ			
Книги написаны с учетом требований Федерального закона № 123-ФЗ “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности”!			
	Своды правил. Системы противопожарной защиты. — 2009. — 618 с.	978-5-91444-012-8	1500
	Федеральный закон “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности”. — 2010. — 150 с.		220
Антоненко А. А., Буцынская Т. А., Членов А. Н.	Основы эксплуатации систем комплексного обеспечения объектов: учебно-справочное пособие. — 2010. — 220 с.	978-5-91444-017-3	380
Бондарь В. А.	Электрооборудование для взрывоопасных и пожароопасных зон производств различных отраслей промышленности. — 2009. — 126 с.	978-5-91444-004-3	220
Корольченко А. Я.	Пожарная опасность материалов для строительства: учебное пособие. — 2009. — 217 с.	978-5-91444-013-5	350
Корольченко А. Я., Загорский Д. О.	Категорирование помещений и зданий по взрыво-пожарной и пожарной опасности. — 2010. — 118 с.	978-5-91444-015-9	250
Корольченко Д. А., Громовой В. Ю.	Огнетушители. Устройство. Выбор. Применение. — 2010. — 94 с.	978-5-91444-014-02	140
Пилигин Л. П.	Прогнозирование последствий внутренних аварийных взрывов. — 2010. — 380 с.	978-5-91444-016-6	450
Смелков Г. И.	Пожарная безопасность электропроводок. — 2009. — 328 с.	978-5-9901554-2-8	540
Черкасов В. Н., Зыков В. И.	Обеспечение пожарной безопасности электроустановок: ученое пособие. — 2010. — 430 с.	Выходит в августе 2010 г.	
Членов А. Н., Буцынская Т. А., Дровникова И. Г., Бабуров В. П., Бабурин В. В., Фомин В. И.	Технические средства систем охранной и пожарной сигнализации: учебно-справочное пособие: в 2 ч. — 2009. — Ч.1. — 316 с.; Ч. 2 — 300 с.	978-5-91444-008-1	950
СУПЕРСКИДКИ			
Баранин В. Н.	Экономика чрезвычайных ситуаций и управление рисками. — 2004. — 332 с.	5-901-283-02-5	70
Корольченко А. Я., Корольченко О. Н.	Средства огнезащиты: справочник. — 2006. — 258 с.: ил.	5-903049-04-4	100
Собурь С. В.	Пожарная безопасность: справочник. — Изд. 2-е, с изм. — 2005. — 292 с.	5-98629-001-1	50
Собурь С. В.	Пожарная безопасность сельскохозяйственных предприятий: справочник. — 2005. — 88 с.	5-98629-004-6	36
Собурь С. В.	Установки пожаротушения автоматические: справочник. — Изд. 4-е, с изм. — 2004. — 408 с.: ил.	5-98629-008-9	50
Теребнев В. В., Артемьев Н. С., Грачев В. А.	Транспорт: наземный, морской, речной, воздушный, метро: учебное пособие. — 2007. — 383 с.	5-903049-09-5	280
Теребнев В. В., Артемьев Н. С., Подгрушиной А. В.	Леса, торфяники, лесосклады. — 2007. — 358 с.	5-903049-12-5	280

Авторы	Наименование	ISBN	Цена, руб./экз.
Теребнев В. В., Артемьев Н. С., Подгрушный А. В.	Объекты добычи, переработки и хранения горючих жидкостей и газов: учебное пособие. — 2007. — 325 с.	5-903049-11-7	280
Шароварников А. Ф., Шароварников С. А.	Пенообразователи и пены для тушения пожаров. Состав. Свойства. Применение. — 2005. — 335 с.	5-903049-02-X	120
Бабуров В. П., Бабурин В. В., Фомин В. И.	Автоматические установки пожаротушения: учебно-справочное пособие. — 2009. — 294 с. ГОТОВИТСЯ ПЕРЕИЗДАНИЕ КНИГИ!	978-5-91444-011-1	400
Брушилинский Н. Н., Корольченко А. Я.	Моделирование пожаров и взрывов. — 2000. — 492 с.		540
Горшков В. И.	Тушение пламени горючих жидкостей. — 2007. — 268 с.	5-903049-08-7	250
Грачев В. А., Собурь С. В.	Средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД): пособие. — Изд. 2-е, с изм. и доп. — 2007. — 224 с.: ил.	5-98629-006-2	345
Грачев В. А., Поповский Д. В., Теребнев В. В.	Газодымозащитная служба: учебно-методическое пособие. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — 2009. — 328 с.	978-5-91444-007-4	350
Долговидов А. В., Теребнев В. В.	Автоматические установки порошкового пожаротушения. — 2008. — 322 с.	978-5-91444-005-X	310
Корольченко А. Я.	Процессы горения и взрыва: учебник. — 2007. — 266 с.: ил.	978-5-91444-001-2	450
Корольченко А. Я., Корольченко Д. А.	Основы пожарной безопасности предприятия. Полный курс пожарно-технического минимума: учебное пособие. — 2008. — 314 с.	5-903049-10-9	300
Корольченко А. Я., Корольченко Д. А.	Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справочник: в 2 ч. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — 2004. — Ч. I. — 713 с.; Ч. II. — 774 с.	5-901283-02-3	2500
Корольченко А. Я., Корольченко О. Н.	Средства огнезащиты. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — 2009. — 560 с.: ил.	978-5-91444-010-4	540
Корольченко А. Я., Трушкин Д. В.	Пожарная опасность строительных материалов: учебное пособие. — 2006. — 232 с.	978-5-91444-006-7	250
Пилигин Л. П.	Обеспечение взрывоустойчивости зданий с помощью предохранительных конструкций. — 2000. — 224 с.: ил.	5-901283-03-1	240
Собурь С. В.	Заполнение проемов в противопожарных преградах: пособие. — Изд. 2-е, с изм. и доп. — 2006. — 168 с.	5-98629-005-4	90
Собурь С. В.	Краткий курс пожарно-технического минимума: учебное пособие. — Изд. 4-е, с изм. и доп. — 2010. — 320 с.: ил.	978-5-98629-016-4	180
Собурь С. В.	Огнетушители: учебно-справочное пособие. — Изд. 6-е, с изм. — 2009. — 80 с.	978-5-98629-020-1	70
Собурь С. В.	Пожарная безопасность общественных и жилых зданий: справочник. — Изд. 3-е, с изм. и доп. — 2007. — 192 с.: ил.	978-5-98629-014-0	125
Собурь С. В.	Пожарная безопасность предприятия. Курс пожарно-технического минимума: пособие. — Изд. 12-е, перераб. — 2008. — 496 с.: ил.	978-5-98629-023-2	250
Собурь С. В.	Пожарная безопасность промпредприятий: справочник. — Изд. 2-е, с изм. — 2007. — 176 с.	5-98629-013-5	110
Собурь С. В.	Пожарная безопасность: справочник. — Изд. 3-е, с изм. и доп. — 2007. — 272 с.	5-98629-012-7	145
Собурь С. В.	Установки пожарной сигнализации: учебно-справочное пособие. — Изд. 5-е, с изм. и доп. — 2006. — 280 с.	5-98629-003-8	150

Авторы	Наименование	ISBN	Цена, руб./экз.
Теребнев В. В.	Справочник руководителя тушения пожара. Тактические возможности пожарных подразделений: справочник. — 2007. — 256 с.: ил.	5-902604-06-0	330
Теребнев В. В., Артемьев Н. С., Грачев В. А.	Справочник спасателя-пожарного: справочник. — 2006. — 528 с.	5-91017-019-8	385
Теребнев В. В., Артемьев Н. С., Шадрин К. В.	Основы пожарного дела: учебное пособие. — 2006. — 328 с.	5-91017-016-3	390
Теребнев В. В., Грачев В. А., Теребнев А. В.	Организация службы начальника караула пожарной части: пособие. — 2007. — 216 с.: ил.	5-901520-06-8-006-2	340
Теребнев В. В., Грачев В. А., Шехов Д. А.	Подготовка спасателей-пожарных. Пожарно-строительная подготовка: учебно-методическое пособие. — 2008. — 350 с.	5-91017-019-9	460
Теребнев В. В., Подгрушный А. В.	Пожарная тактика. Основы тушения пожаров. — 2008. — 512 с.	5-91017-019-8	595
Теребнев В. В., Теребнев А. В.	Управление силами и средствами на пожаре: учебное пособие. — 2006. — 264 с.	5-98135-009-1	330
Теребнев В. В., Теребнев А. В., Грачев В. А., Шехов Д. А.	Организация службы пожарной части: учебное пособие. — 2008. — 344 с.	5-98629-305-8	460
Теребнев В. В., Теребнев А. В., Подгрушный А. В., Грачев В. А.	Тактическая подготовка должностных лиц органов управления силами и средствами на пожаре: учебное пособие. — 2006. — 304 с.	5-98135-004-0	330
Теребнев В. В., Ульянов Н. И., Грачев В. А.	Пожарная техника: учебное пособие: в 2 т. — 2007. — Т. 1: Пожарно-техническое вооружение. Устройство и применение. — 328 с.; Т. 2: Пожарные машины. Устройство и применение. — 328 с.: ил.	5-91017-016-4 5-91017-016-5	495
Теребнев В. В., Шадрин К. В.	Подготовка спасателей-пожарных. Пожарно-профилактическая подготовка: учебное пособие. — 2007. — 270 с.	5-91017-019-8	420
	Электронная версия комплекта типовых инструкций по пожарной безопасности для руководителя предприятия		980

ВНИМАНИЮ ПОДПИСЧИКОВ ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДАНИЙ!

**ООО “Издательство “Пожнаука” предлагает подписку на 2011 г.
на комплект журналов “Пожаровзрывобезопасность”
и “Пожарная безопасность в строительстве”.**

	Стоймость, руб.
1-е полугодие 2011 г.	
Комплект журналов “Пожаровзрывобезопасность” (6 номеров) и “Пожарная безопасность в строительстве” (3 номера)	3790
Журнал “Пожарная безопасность в строительстве” (3 номера)	1140

Подписка осуществляется через следующие агентства:

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

Образец заявки для оформления заказа на литературу

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

Желающие сделать заказ в “Издательстве “Пожнаука” (г. Москва)

могут отправить заявку в отдел распространения:

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



К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

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

Редакция просит авторов при подготовке рукописи руководствоваться изложенными ниже правилами.

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

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

3. Материал статьи излагается в такой последовательности:

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

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

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

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

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

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

9. Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Приглашаем Вас к сотрудничеству на страницах нашего журнала.

Fire Risks: Who Answer for Fire?

Hafizov F. Sh., Dr. of Technics, Professor,
Head of Department of SEI of HPE "Ufa State Petroleum Technological University", Ufa, Republic Bashkortostan
Bakirov I. K., Chief Lecturer of SEI of HPE "Ufa State Petroleum Technological University", Ufa, Republic Bashkortostan

The approach to compliance of fire safety requirements in leasing of protection objects and procedure of application of fire safety normative documents and normative legal acts of Russian Federation in leasing of premises after fire with aim to detect the responsible for introduced breaches and fire is suggested. Typical examples of fires in leaseable premises, judgments by appointment of the guilties and reparation of damages after fire are examined; analysis of judicial proceedings is done.

Key words: fire safety; fire risk; lease of premises; responsibility for fire.

To a Question About Interrelation Between Standard Requirements of Fire Safety and Level of Fire Risk

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

Actual problem now is absence of accurate communication between those or other requirements of fire safety executed on object and level of fire risk for it. To consider many actions is difficult often, and to consider some actions is impossible. As a result settlement level of fire risk doesn't reflect a real picture. In article qualitative communications between requirements of fire safety and level of fire risk are analyzed.

Key words: requirements of fire safety; fire risk.

A Fire Risk Assessment of Cable Lines on Overload

Grigor'eva M. M., the High Teacher of National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

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

Strizhak P. A., Cand. of Physics-Mathematics, Lecturer of National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

The two-dimensional heat-and-mass transfer problem for a three-layer cable in the area of limited heat sink is solved. Thermal decomposition of the cable sheath and diffusion of thermal decomposition components and air were taken into account. Fire risk assessment of cable lines on overload in conditions of limited heat transfer is carried out. The dependence of ignition time delay for mixture of oxidizer and thermal decomposition components from intensity of a current.

Key words: cable lines; electrical overload; fire danger; numerical modeling.

Complete Cycle of Development and Support of a Parallel Program Complex of the Forest Fire Danger Forecast

Baranovskiy N. V., Cand. of Physics-Mathematical Sciences, Senior Research Assistant of Isolate

Organization Development of Scientific-Research Institute of Applied Mathematics and Mechanics of Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

Technologies of designing, development, modernization and technical support of informational-computational parallel program complex were considered in present paper. Forest fire danger forecast parallel program complex is considering as example. It is offering to use Microsoft technologies and to lead their adaptation on a case of development of informational-computational software product for the multiprocessing computing system. It is judging necessity of maintenance of a professional training with such skills for services of the Ministry of Emergency Measures, a forestry and fire protection service. Introduction of corresponding plans and programs of training (re-training) in educational process is necessary.

Key words: forest fire danger; parallel program complex; educational process; professional training (retraining).

Analysis of Influence of Different Factors on Dynamics of Progress of the Dangerous Factors of Fire in Atrium

Vorogushin O. O., Lecturer of Fire Safety Department of Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

Korolchenko A. Ya., Dr. of Technics, Professor, Head of Fire Safety Department of Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

Numerical experiments were executed using a computational fluid dynamics (CFD) model of fire in an atrium building. A degree of influence of different factors on dynamics of progress of the dangerous factors of fire (such as an amount and properties of a fire load and a planning scheme of a building) was analyzed. An estimation of efficiency of different smoke protection equipment was made.

Key words: atrium; building; fire safety; dangerous factors of fire; fire modeling.

Automated Security Management and Livelihood Enterprise

Krovayakov V. A., InduSoft Company, Moscow, Russia

Vatagin V. S., Cand. of Chemistry, Professor of Ivanovo State Institute of Fire-Prevention Service of Emercom RF, Ivanovo, Russia

Bubnov V. B., Cand. of Technics, Associated Professor of Ivanovo State Institute of Fire-Prevention Service of Emercom RF, Ivanovo, Russia

Samokhvalov Yu. P., Cand. of Technics, Associated Professor of Ivanovo State Institute of Fire-Prevention Service of Emercom RF, Ivanovo, Russia

The work reveals the importance and relevance of the emergence of middle managers in the structure of safety management and livelihood enterprise, combining levels of automation and business processes. It is shown that software (SW) PI System can successfully integrate an industrial and technological data, analysis, storage and presentation of the user's request.

Key words: monitoring management Emergency Situation (ES); safety monitoring; objects activity integrated systems; InduSoft Company PI System.

Information System of Data Collection in Protection System

Taimurzin M. I., Postgraduate Student of Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Republic Bashkortostan

Valeev S. S., Dr. of Technics, Professor of Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Republic Bashkortostan

An adaptive system of information collection the peculiarity of which is the inclusion subsystem that can change the placement of sensors in case of changing information space and in case of faulty of some sensors is presented. Algorithm of optimal positioning of sensors in the case of faulty of some of them is discussed.

Key words: system of information collection; fire safety system; intelligent system; hierarchical system.

New Equipment for Realization of Modern Information Technologies in Elimination of Ecological Accidents Consequences

Zahmatov V. D., Dr. of Technics, Professor of ICAGIC NASU, Kiev, Ukraine

Shcherbak N. V., Postgraduate Student of Institute of Hydromechanics of NAS Ukraine, Kiev, Ukraine

A novel approach of dispersing extinguishing agents and natural substances (at first), including liquids, gelatins, foams, powders, ground, sand, water, dirty, miry, snow, employing propelling and disintegrating energy of explosive microcharges to pulverize various agents and substances on to long range and discharge its over large areas or volumes, is presented. The new pulse extinguishing and protecting technology main features are: conventional and environment friendly agents and substances in smaller specific masses than their usual requirements, no need for pressurised cylinders and piping, flexibility in systems design, increased effectiveness on a weight-volume basis, effective range, area, volume is double and more, low cost effective, simple devices and minimal service, operates with reliable, stable and high efficiency at hard-to-reached zones and at extreme temperatures up to +60 down to -50 °C, long shelf-life up to 10 years.

Key words: universal pulse pulverization; fire extinguishing compositions; natural materials; fire fighting and protection equipment; mini fire extinguisher; professional fire extinguisher; multibarrelled unit; helicopter suspended unit.

New Way of Giving of Foam and Extinguishing Solutions in Reservoirs of Oil and Oil Products

Galayda S. V., Deputy of General Director "Scientific Industrial Union Variant-Hydrotechnics" CJSC, Moscow Region, Krasnoarmeisk, Russia

Kostrov S. L., General Director "Scientific Industrial Union Variant-Hydrotechnics" CJSC, Moscow Region, Krasnoarmeisk, Russia

Existing schemes fire extinguishing reservoirs for storage of oil and oil products and other combustible liquids both at surface, and at subsurface fire extinguishing there is a number of factors directly influencing increase in time of fire extinguishing and at inefficient use of foam. Such factors concern: level of giving of foam and extinguishing solutions at the moment of fire occurrence; features of burning depending on character storage liquids; viscosity of oil product; climatic features of district where reservoir is established, influencing viscosity of oil product, and also on feature of work of systems fire extinguishing is established. The offered way allows to ignore, almost completely, the specified factors and to provide giving foam directly on a surface of oil product or in a zone over it where burning temperature, beam radiation of a flame and convection streams will make rather minimum impact on foam. It will allow to reduce time of fire extinguishing and to provide more an effective utilisation of foam and, as consequence, to lower volume foam former used for suppression. Simultaneously with its use of the combined way of giving fire extinguishing means is possible: foam of low frequency rate in an initial stage of suppression and foam of average frequency rate after liquidation of ardent burning; use of gas structures as is independent, so with foam of low and average frequency rate.

Key words: foam of low and average frequency rate; time of fire extinguishing; efficiency of use fire extinguishing means.

Analysis and Support Solutions that Arise When Putting Out Large Fires

Terebnev V. V., Cand. of Technics, Professor of Fire Tactics and Service Chair, Academy of State Fire Fighting Service of Emercom RF, Moscow, Russia

Semenov A. O., Cand. of Technics, Head of Research Complex "Firefighting", Ivanovo State Institute of Fire-Prevention Service of Emercom RF, Ivanovo, Russia

Smirnov V. A., Cand. of Pedagogy, Head of the Department of Scientific Complex "Firefighting", Ivanovo State Institute of Fire-Prevention Service of Emercom RF, Ivanovo, Russia

Tarakanov D. V., Postgraduate Student of Fire Tactics and Service Chair, Academy of State Fire Fighting Service of Emercom RF, Moscow, Russia

A mechanism for analysis and support management decisions in control systems operational units in the elimination of large fires. The mechanism may form the basis for automated decision support system.

Key words: large fire; firefighting; management decisions; multi-criteria selection.

Председатель Редакционного совета:

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

Зам. председателя Редакционного совета:

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

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

д.т.н., профессор В. П. Назаров

Редакционный совет:

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

д.т.н., профессор Н. М. Барбин

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

к.т.н., профессор Е. Е. Кирюхантцев

к.т.н. Д. А. Корольченко

к.т.н. В. А. Меркулов

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

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

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

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

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

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

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

профессор Т. Дж. Шилдс

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

Редакция:

Главный редактор журнала

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

Шеф-редактор
Н. Н. Соколова

Редакторы:

Л. В. Крылова, Т. В. Сергунина

Отдел рекламы и распространения:
Е. В. Майорова

Chairman of Editorial Council:

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

Deputy of Chairman of Editorial Council:

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

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

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

Editorial Council:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Professor Thomas Jim Shields

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

Editorial Office:

Deputy Editor-in-Chief

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

Editor-in-Chief
N. N. Sokolova

Editors:

L. V. Krylova, T. V. Sergunina

PR and Subscription Section:

E. V. Maiorova

Учредитель – ООО “Издательство “Пожнauка”

Тел./факс: (495) 228-09-03, 445-42-34
121352, г. Москва, ул. Давыдовская, д. 12, стр. 7
E-mail: mail@firepress.ru, firepress@gmail.com
<http://www.firepress.ru>

ISSN 0869-7493



9 770869 749006

Подписано в печать 25.08.10.

Формат 60×84 1/8. Тираж 5000 экз.

Бумага офсетная №1. Печать офсетная.

Отпечатано в типографии “ГранПри”, г. Рыбинск

Здравствуйте, наши дорогие читатели!

Издательство "Пожнauка" предлагает Вам оформить годовую или полугодовую подписку на журналы "Пожаровзрывобезопасность" и "Пожарная безопасность в строительстве" на 2011 г.

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

Годовая подписка включает в себя двенадцать номеров журнала "Пожаровзрывобезопасность" и шесть номеров журнала "Пожарная безопасность в строительстве". Стоимость годовой подписки на комплект составляет 7080 руб. (в том числе НДС — 18 %).



ПЕРСОНАЛЬНАЯ ПОДПИСКА на журнал пожаровзрыво- БЕЗОПАСНОСТЬ КУПОН '2011

Издание	Цена подписки, руб., включая НДС	Количество экземпляров	Стоимость подписки, руб.
Комплект журналов "Пожаровзрывобезопасность" и "Пожарная безопасность в строительстве": полугодие год	3790 7080		
Журнал "Пожарная безопасность в строительстве": полугодие год	1140 2080		

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

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

ПОДПИСКА:

*через редакцию журнала "Пожаровзрывобезопасность";
через агентство "РОСПЕЧАТЬ", индекс 83340;
через агентство "АПР", индекс 83647*

(в любом почтовом отделении в каталоге "Газеты и журналы");

*через подписные агентства:
ООО "Интер-почтa", ООО "Урал-Пресс XXI",
ООО "Артос-ГАЛ", ООО "Информнаука", ЗАО "МК-ПЕРИОДИКА"*

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

Стоимость полугодовой подписки (три номера) составляет 1140 руб. (в том числе НДС — 18 %). Стоимость годовой подписки (шесть номеров) составляет 2080 руб. (в том числе НДС — 18 %).

Расширяя тематику журнала, в 2011 г. редакция планирует увеличить количество обзоров, посвященных состоянию отечественного рынка средств обеспечения пожарной безопасности. В журнале также будут опубликованы тексты основных нормативных документов в сфере пожарной безопасности и комментарии ведущих специалистов к ним, даны необходимые пояснения.

**Редакция с благодарностью примет все замечания и пожелания
по тематике журнала и содержанию публикуемого материала.
Надеемся на длительное и плодотворное сотрудничество!**



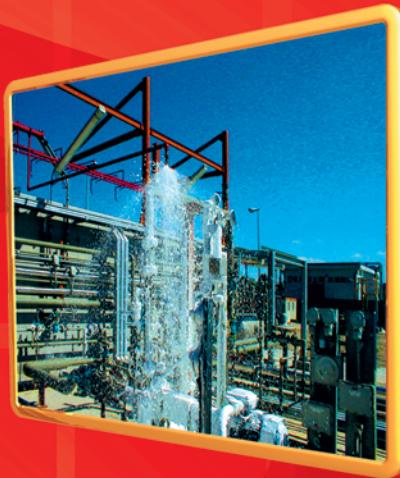
Карточка учета сведений о подписчике

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

ПЕНООБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Шторм-М 3/6

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



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

