



МИНИСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ  
И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ

Научно-техническое управление  
Совет молодых ученых и специалистов  
ФГБОУ ВПО Воронежский институт Государственной противопожарной службы



ШКОЛА МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ  
МЧС РОССИИ-2013

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ  
И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

Сборник статей по материалам конференции

3-7 июня 2013 года

Воронеж – 2013

По результатам расчета делается достаточно большой отчет, где подробно расписано как получилась та или иная величина, на данном слайде показан маленький кусочек расчета интенсивности теплового излучения.

К текстовому отчету обязательно прилагается геоинформационное отображение опасных зон. На данном слайде отображено изменение потенциального риска от расстояния от объекта. Белыми точками выделена граница производственной зоны.

К преимуществам данной системы можно отнести

1. Повышение точности расчета параметров пожарного риска за счет использования геопространственной информации
2. Визуализация объекта защиты, селитебной зоны
3. Оперативное изменение исходных данных для расчета и один из немаловажных пунктов: простота выполнения расчета и приятный интерфейс.

Данная система в первую очередь разрабатывается для создания площадки для проведения разного рода анализа, направленного на получение самых эффективных в той или иной ситуации мер по обеспечению пожарной безопасности.

Так как данная система хранит все результаты в БД, она позволяет производить разного рода исследования. В будущем в ходе наполнения БД, будет вестись статистика, в результате которой можно будет отметить самые проблемные места в обеспечении пожарной безопасности на нефтегазовых объектах, а так же отметить типовые решения проблем или же малоизвестные выходы, которые приводят к самому рациональному решению проблем.

Направление дельнейшей работы:

1. Тестирование и исправление ошибок программного кода системы, для предоставления общего доступа к её использованию.
2. Проведение исследования модельной неопределенности пожарного риска

## **МОДЕЛЬ ПОЖАРА В ЗАКРЫТОМ ПОМЕЩЕНИИ НА ОСНОВЕ ПОЛНОГО ФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА**

**Э.Н. Гулида, д.т.н., профессор, А.А. Ренкас, адъюнкт  
Львовский государственный университет БЖД, г. Львов**

Для создания метода прогнозирования основных показателей теплообмена в процессе возникновения пожара в закрытом помещении необходимо получить на основе активного полного факторного эксперимента математическую модель. Эта модель должна определять температуру в закрытом помещении на начальной стадии пожара на любом радиусе  $R$  от очага пожара и любой высоте  $Z$  в зависимости от пожарной нагрузки  $G$ , площади пожара  $S_{II}$  и времени свободного горения  $\tau_{в.з.}$ .

Методика подобных экспериментальных исследований, проводившихся во Всероссийском научно-исследовательском институте пожарной охраны (ВНИИПО), и их результаты представлены в работе [1]. Рассматривалось

помещение размерами 5,8x5,8 м и высотой - 5,8 м. Площадь поверхности пола была равна 33,64 м<sup>2</sup>, объем помещения - 195,11 м<sup>3</sup>. Стены выполнены из красного кирпича на цементно-песочном растворе. Верхнее перекрытие выполнено в виде рамы из стальных швеллеров, облицованные сверху и снизу стальными листами. Пространство между листами заполнено минеральной ватой. Экспериментальное помещение имело 2 отверстия, высота которых равна 1,1 м. Также в помещении было дверное отверстие, которое при проведении эксперимента закрывалось металлическими дверями.

Исследование проводилось в две серии экспериментов. В первой серии в качестве пожарной нагрузки использовали древесину, во второй - органическое стекло. Горючий материал складывался на платформе весов, расположенных по центру помещения. Для разжигания горючего материала использовались таблетки сухого топлива.

Для определения температуры в помещении устраивались 107 хромель-алюмелевых термопар (ТХА), 62 из которых использовались для определения температуры на ограждающих конструкциях, 45 - в объеме помещения. Расположение ТХА приведено на рисунку 1 и на рисунку 2. Опыты проводились в летнее время года при температуре внешнего воздуха 17-20°С и скорости ветра 1 м/с.

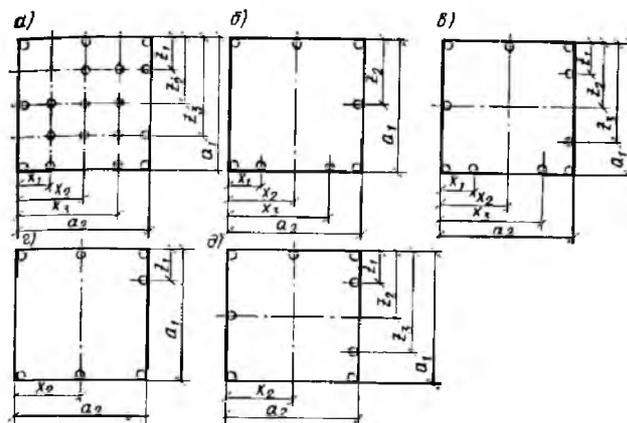


Рис. 1. Размещение ТХА на поверхностях ограждающих конструкций на высоте: а - 5,8 м; б) - 4,4 м; в - 2,9 м; г - 1,4 м; д - 0,0 м

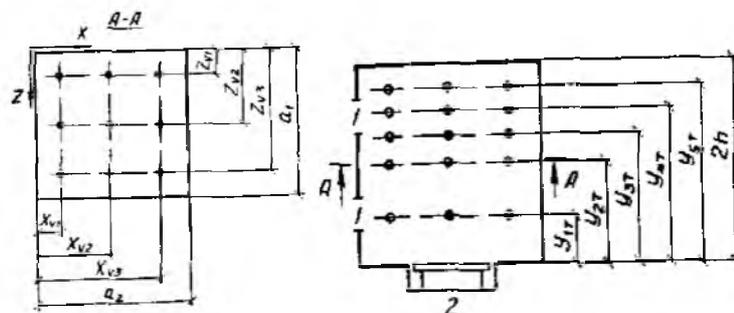


Рис. 2. Размещение ТХА в объеме помещения :  
1 - оконные отверстия; 2 - весы

Для проведения полного факторного эксперимента использовалось помещение Научно-исследовательской лаборатории пожарной безопасности Львовского государственного университета безопасности жизнедеятельности. Помещение, в котором проводились исследования, готовилось на основании рекомендаций ВНИИПО [1]. Размеры помещения: высота – 2,57 м, длина – 6,33 м, ширина – 3,9 м. Стены выполнены из красного кирпича на цементно-песочном растворе. Перекрытия железобетонное, покрытое известково-глиняным раствором. Кроме этого над очагом пожара перекрытия защищалось слоем минеральной ваты под стальным листом на площади 4 м<sup>2</sup>. В левом углу помещения размещалось прямоугольное отверстие размером 1000х1000 мм на высоте 1,57 м для выбросов нагретого воздуха. В помещении было дверное отверстие, которое при проведении эксперимента закрывалось металлическими дверьми. Горючий материал закладывался на высоте 10 см на специально подготовленном навесе. Перед началом опыта материал взвешивался на технотесах типа ТВ-1-150.

В помещении было размещено 28 термопар типа ТХА. Термопары №1-18 и проводники, соединявшие их с регуляторами-преобразователями температур, изолировались минеральной ватой для защиты от нагревания. Схема размещения термопар показана на рисунке 3. В трех горизонтальных и трех вертикальных плоскостях находится по 9 ТХА, то есть на пересечении плоскостей по 3 ТХА.

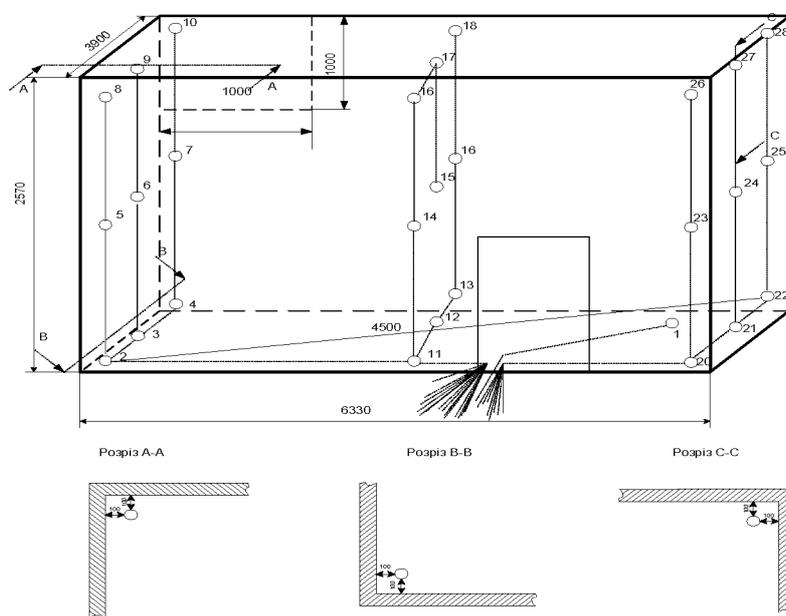


Рис. 3. Схема размещения термопар в помещении

Такое размещение термопар объясняется тем, что через 3 точки всегда можно провести кривую. Очаг пожара размещали в правом крайнем углу помещения, к которому на штативе подводили ТХА № 1. Контакты термопар подсоединялись до четырех восьмиканальных регуляторных измерителей температур РТ- 0102, а из них непосредственно на ПЕОМ для регистрации значений температур.

Исследование проводилось в четыре этапа с повторяемостью опытов 2 раза. Общее количество опытов уровня  $2^{5-2}$ . Варьировались площадь горения, величина пожарной нагрузки и время проведения опытов. В качестве пожарной нагрузки использовали древесину (сосну), которая имела такие показатели:  $Q_{min}=13800 \cdot 10^3$  Дж/кг; линейную скорость распространения пламени  $V_{л}=0,022$  м/с; удельную скорость выгорания  $\psi_{н}=0,0145$  кг/(м<sup>2</sup>·с). Древесина укладывалась равномерным слоем на поверхности навеса. Принимали угловой пожар. Уровни изменения факторов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Уровни изменения факторов

Уровни факторов	$G, \text{ кг/м}^2$		$\tau_{в.з.}, \text{ мин}$		$R, \text{ м}$		$Z, \text{ м}$		$S_{п}, \text{ м}^2$	
	$\tilde{x}_1$	$\ln \tilde{x}_1$	$\tilde{x}_2$	$\ln \tilde{x}_2$	$\tilde{x}_3$	$\ln \tilde{x}_3$	$\tilde{x}_4$	$\ln \tilde{x}_4$	$\tilde{x}_5$	$\ln \tilde{x}_5$
Верхний(+)	50	3,9	20	3	7,4	2	2,5	0,9	3,14	1,1
Нулевой(0)	40	–	7,5	–	3,75	–	1,3	–	1,9625	–
Нижний (–)	30	3,4	5	1,6	0,1	-2,3	0,1	-2,3	0,785	-0,2

Вход в помещение осуществлялся через дверное отверстие, которое от начала и к окончанию пожара было закрытым. Это давало возможность исследовать начальную стадию пожара, а именно получить значение температур в зоне конвекционной колонки, в зоне припотолочного нагретого газа и зоне напольного холодного воздуха.

После обрабатывания результатов полного факторного эксперимента методом математической статистики [2] была получена адекватная по критерию Фишера математическая модель для определения температуры в любой точке закрытого помещения при пожаре

$$t_i = t_{o.n.} \cdot \frac{C_t \cdot G^{0,28} \cdot \tau_{в.з.}^{0,218} \cdot Z^{1,116+0,105 \cdot \ln(z)} \cdot S_n^{0,24}}{x^{0,479}}, \quad ^\circ\text{C} \quad (1)$$

где:  $t_{o.n.}$  – теоретическая температура горения,  $^\circ\text{C}$ ;  $G$  – пожарная нагрузка в помещении, кг/м<sup>2</sup>;  $\tau_{в.з.}$  – время свободного горения, хв;  $Z$  – высота, на которой определяется температура, м;  $S_n$  – площадь пожара, м<sup>2</sup>;  $x$  – расстояние, на котором определяется температура, м;  $C_t$  – коэффициент пропорциональности и обезразмеривания составных элементов дроби;  $C_t=0,0172 \text{ хв}^{0,218} \cdot \text{кг}^{0,28} \cdot \text{м}^{-0,557}$ .

Рассмотрим распределение температуры по ширине перекрытия помещения при пожаре в жилищном помещении при высоте помещения 2,5 м. Рассчитаем значение температуры над очагом пожара, на расстоянии 0,25; 0,5; 1; 1,5 и 2 м. Данные расчетов изображены на рисунку 4. Также рассмотрим распределение температуры по высоте помещения при пожаре в жилищном помещении на расстоянии 1 м от очага пожара. Рассчитаем значение температуры на высоте 0,1 м; 0,675 м; 1,25 м; 1,925 и 2,4 м. Данные расчетов изображены на рисунку 5.

Следовательно, полученная математическая модель позволяет определять температуру в любой точке помещения, которое дает возможность в

дальнейшем учесть температурное влияние пожара на строительные конструкции в зданиях различного назначения.

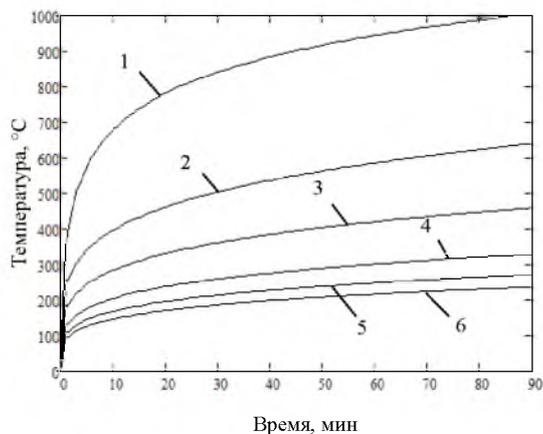


Рис. 4. Изменение температуры со временем: 1 - над очагом пожара; 2 - на расстоянии 0,25 м; 3 - на расстоянии 0,5 м; 4 - на расстоянии 1 м; 5 - на расстоянии 1,5 м; 6 - на расстоянии 2 м

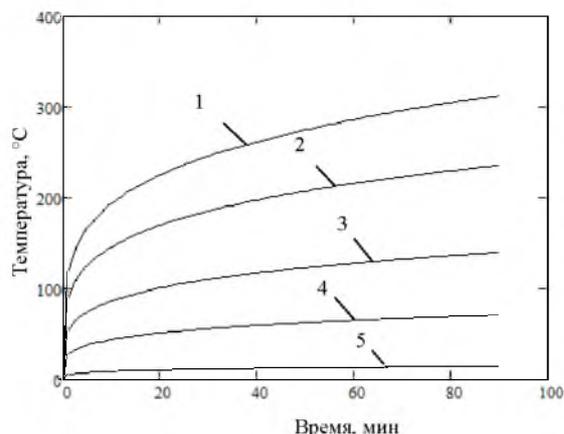


Рис. 5. Изменение температуры со временем на расстоянии 1 м от очага пожара : 1 - на высоте 2,4 м; 2 - на высоте 1,925 м; 3 - на высоте 1,25 м; 4 - на высоте 0,675 м; 5 - на высоте 0,1 м

#### Список использованной литературы

1. Термогазодинамика пожаров в помещениях / Астапенко В.М., Кошмаров Ю.А., Молчадский И.С., Шевляков А.Н.; под ред. Ю.А. Кошмарова. М. : Стройиздат, 1988. 448 с.
2. Сидняев Н.И., Вилисова Н.Т. Введение в теорию планирования эксперимента. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. 463 с.

## ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНЫЕ СВОЙСТВА МЕТАНА

**Р.А. Загуменников, Академия ГПС МЧС России**

Основным источником метана на Земле является природный газ, который был известен человечеству за много столетий до нашей эры. Его содержание в газовых месторождениях составляет 58,86 – 98,9%, нефтяных 30,1 – 63,9% [1]. Как и все углеводороды взрывопожароопасен, что может создать условия для возникновения аварий в местах его присутствия. Метан используется по двум направлениям – энергетическому и химическому. Энергетическое использование осуществляется путём его применения в качестве промышленного, бытового и моторного топлива. Обеспечение взрывобезопасности метано – воздушных смесей считается одной из наиболее актуальных проблем топливной энергетики. Не менее серьезной и сложной является проблема безопасной химической переработки. Крупнейшие

*Д.В. Юхненко*

Оценка рисков неблагоприятных  
социально-психологических последствий чрезвычайных ситуаций ..... 185

**СЕКЦИЯ № 4. Обеспечение пожарной безопасности, пожарный надзор ..... 186**

*О.И. Антитина*

Обеспечение пожарной безопасности на подвижном составе  
железнодорожного транспорта ОАО «РЖД»: состояние и ближайшие  
перспективы развития подразделений добровольной пожарной охраны..... 186

*А.А. Бондарь*

Автоматическая установка тушения пожаров  
в строительном объеме и ее практическое применение ..... 190

*М.Л. Галкин*

Надзор за обеспечением пожарной безопасности  
на объектах градостроительной деятельности..... 194

*Т.С. Гудина*

Модель адаптивного контроля знаний ..... 197

*С.В. Гудин*

Разработка геоинформационной системы  
для обеспечения пожарной безопасности на нефтегазовых объектах ..... 199

*Э.Н. Гулида, А.А. Ренкас*

Модель пожара в закрытом помещении  
на основе полного факторного эксперимента ..... 200

*Р.А. Загуменников*

Пожаровзрывоопасные свойства метана ..... 204

*С.Н. Захаревская, А.Н. Денисов* Проблемы принятия решений РТП в условиях риска  
при ведении оперативно-тактических действий ..... 206

*В.Н. Иванов*

Огнестойкость основного несущего каркаса  
в системе обеспечения ПБ высотных зданий ..... 209

*Д.В. Иванов*

Система поддержания пластового давления  
как альтернативный источник водоснабжения для тушения нефтяных  
и газовых фонтанов в условиях Крайнего Севера ..... 213

*А.В. Кокшаров*

Повышение огнетушащей способности пены низкой кратности..... 217

*Т.С. Колбин*

Влияние показателей пожарной опасности  
материалов горючей нагрузки на результаты моделирования пожара ..... 220

*Д.С. Королев, П.А. Морозов*

Необходимость разработки программного обеспечения  
для подбора эффективной системы обеспечения пожарной безопасности ..... 223

*И.М. Ситников, Д.В. Каргашилов*

Использование математических моделей пожаров  
для определения пределов огнестойкости  
строительных конструкций производственных зданий ..... 224

*Е.В. Ширяев*