

Конспект лекций

Тема № 1 «Исходные понятия и общие сведения о методах прогнозирования ОФП в помещениях»

Литература

1. Кошмаров Ю.А. «Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении» Учебное пособие –М.: Академия ГПС МВД России 2000. 118 с.
2. С.В. Пузач Математическое моделирование газодинамики и тепломассообмена при решении задач пожаровзрывобезопасности. - М.: Академия ГПС МЧС России, 2003.
3. Кошмаров Ю.А., Зотов Ю.С., и др. Лабораторный практикум по курсу «Прогнозирование опасных факторов пожара в помещениях» -М.: МИПБ МВД РФ, 1997. 68с.

Вопросы:

Введение

1. Опасные факторы пожара.
2. Критические значения опасных факторов пожара.
3. Роль прогноза динамики опасных факторов пожара.
4. Методы прогнозирования опасных факторов пожара.
5. Исторические аспекты прогнозирования опасных факторов пожара.

Опасные факторы пожара.

Согласно ФЗ - 123 ОФП воздействующие на людей и материальные ценности являются:

- пламя и искры;
- тепловой поток;
- повышенная температура окружающей среды;
- токсичность продуктов горения и термического разложения;
- снижение видимости в дыму;
- понижение концентрации кислорода.

Каждый ОФП в количественном отношении представлен одной или

несколькими величинами.

Пламя и искры:

- $F, \text{ м}^2$ – очаг горения;
- $\psi, \text{ кг/с}$ – скорость выгорания;
- $Q_{\text{Пож}}, \text{ Вт}$ - мощность тепловыделения;
- $\psi \cdot Li$, кг/с - кол - во генерируемых за единицу времени в пламенной зоне токсических газов, где Li - кол - во i -го токсичного газа, образующегося при сгорании единицы массы Г.М.;

- $\psi \cdot L_1 \text{ кг/с}$ кол - во кислорода потребляемого в зоне горения, где L_1 - кол - во кислорода необходимое для сгорания (окисления) ед. массы Г.М.;

- $\psi \cdot D, \frac{\text{НП} \times \text{м}^2}{\text{с}}$ - оптическое кол - во дыма, образующегося в очаге горения, где D - дымообразующая способность Г.М., $\text{НП} \cdot \text{м}^2/\text{кг}$.

Повышенная температура среды, заполняющей помещение, является параметром состояния. Обозначается (Т), К или С°.

Токсичные продукты горения. Этот фактор количества характеризуется парциальной плотностью (или концентрацией) каждого токсичного газа.

Дым.

Этот фактор представлен оптической концентрацией дыма, обозначают μ , Непер/м или называют натуральным показателем ослабления.

$$l_{\text{вид}} = \frac{2,38}{\mu}$$

Понижение концентрации кислорода в помещении характеризуется значением парциальной плотности кислорода ρ_i или отношением ее к плотности газовой среды в помещении.

$$X_i = \frac{\rho_i}{\rho}$$

$$T = f_1(\tau); \rho_1 = f_2(\tau); \mu = f_3(\tau); \rho_{O_2} = f_4(\tau);$$

Совокупность этих зависимостей составляет суть динамики ОФП.

Критические значения опасных факторов пожара.

ПДЗ ОФП

Температура, t°С	70
Тепловой поток, Вт/м ²	1400
Парциальная плотность, кг/м ³	
- кислорода ρ _i	0,226
- оксида углерода ρ _i	0,00116
- диоксида углерода ρ _i	0,11
-хлористого водорода ρ _i	23·10 ⁻⁶
Оптическая плотность дыма, μ, Непер/м	2,38/1 _{цдв}
Т = 400-450 °С разрушение ЖБК.	
Т = 300-350 °С разрушение остекления.	

Роль прогноза динамики опасных факторов пожара.

В современных условиях разработка экономически оптимальных и эффективных противопожарных мероприятий немыслима без научно обоснованного прогноза динамики опасных факторов пожара (ОФП).

Прогнозирование ОФП необходимо:

- при разработке рекомендаций по обеспечению безопасной эвакуации людей при пожаре;
- при создании и совершенствовании систем сигнализации и автоматических систем пожаротушения;
- при разработке оперативных планов тушения (планировании действий боевых подразделений на пожаре);
- при оценке фактических пределов огнестойкости; для многих других целей.

Методы прогнозирования опасных факторов пожара.

Методы прогнозирования ОФП различают в зависимости от вида математической модели пожара. Математические модели пожара в помещении условно делятся на три класса (три вида): интегральные, зонные, полевые (дифференциальные).

Интегральная модель пожара позволяет получить информацию, т.е.

сделать прогноз, о средних значениях параметров состояния среды в помещении для любого момента развития пожара. При этом для того, чтобы сопоставлять (соотносить) средние (т. е. среднеобъемные) параметры среды с их предельными значениями в рабочей зоне, используются формулы, полученные на основе экспериментальных исследований пространственного распределения температур, концентраций продуктов горения, оптической плотности дыма и т. д.

Зонная модель позволяет получить информацию о размерах характерных пространственных зон, возникающих при пожаре в помещении, и средних параметров состояния среды в этих зонах. В качестве характерных пространственных зон можно выделить, например, в начальной стадии пожара припотолочную область пространства, область восходящего над очагом горения потока нагретых газов и область незадымленной холодной части пространства.

Полевая дифференциальная модель позволяет рассчитать для любого момента развития пожара значения всех локальных параметров состояния во всех точках пространства внутри помещения.

Исторические аспекты прогнозирования опасных факторов пожара.

Интегральная модель пожара как в своей основе, так и в деталях была разработана в середине 70-х гг. и опубликована в 1976 г. Кошмаровым Ю.А. (труды ВНИИПО, научные отчеты ВИПТШ). Спустя год после этой публикации была напечатана статья на эту тему японским исследователем Т. Танака (Takeyoshi Tanaka "A Mathematical model of a compartment fire un modele mathematique de l'incendie d'une piece"). Статья Т. Танака повторяла опубликованное проф. Ю.А. Кошмаровым, содержала ряд погрешностей и носила незавершенный характер.

Существенное развитие и дополнение получила интегральная математическая модель пожара в работах учеников проф. Ю.А. Кошмарова А.В. Матюшина, СИ. Зернова, В.М. Астапенко, Ю.С. Зотова, А.Н. Шевлякова,

И.Д. Гуско, В.А. Козлова и др. В частности, интегральная модель пожара была дополнена дифференциальным уравнением, описывающим изменение оптической концентрации дыма в помещении при пожаре (Зотов Ю.С, 1988).

Первая зонная модель пожара была предложена в диссертации польского инженера Е. Воланина, выполненной под руководством проф. Ю.А. Кошмарова (Воланин Е., 1982). В последующие годы зонные модели получили существенное развитие в работах Е. Воланина и В.Н. Тимошенко и др.

Полевая модель пожара впервые в законченном виде (для ограниченных условий) была реализована в диссертации А.М. Рыжова, выполненной в 1982-1985 гг. под руководством проф. Ю.А. Кошмарова. Эта модель разрабатывалась в последующие годы И.Ф. Астаховой и рядом иностранных исследователей. Существенный вклад в развитие метода прогнозирования параметров пожара на основе полевой модели внес также за последние годы А.М. Рыжов, продолживший работу, начатую еще в кандидатской диссертации, а также проф. В. Л. Страхов и С. В. Пузач.

Тема № 2 «Интегральная математическая модель пожара в помещении»

Литература.

1. Кошмаров Ю.А., «Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении» Учебное пособие -М.: Академия ГПС МВД России 2000. 118 с.
2. Пузач СВ. Математическое моделирование газодинамики и теплообмена при решении задач пожаровзрывобезопасности. - М.: Академия ГПС МЧС России, 2003.
3. Кошмаров Ю.А., Зотов Ю.С., и др. Лабораторный практикум по курсу «Прогнозирование опасных факторов пожара в помещениях» -М.: МИПБ МВД РФ, 1997. - 68с.

Вопросы:

1. Исходные положения и основные понятия интегрального метода

описания пожара.

2. Дифференциальные уравнения пожара.

Исходные положения и основные понятия интегрального метода описания пожара.

Интегральная математическая модель пожара описывает в самом общем виде процесс изменения состояния газовой среды в помещении с течением времени.

Локальные значения основных термодинамических параметров состояния (плотность, давление, температура) связаны между собой уравнением Клапейрона, т.е.

$$p = \rho RT,$$

где p - локальное давление, Н·м⁻²; ρ - локальная плотность, кг·м⁻³; T - локальная температура, К; R - газовая постоянная, Дж·кг⁻¹·К⁻¹.

Среднеобъемная плотность газовой среды в помещении представляет собой отношение массы газа, заполняющего помещение, к объему помещения, т.е.

$$\rho_m = \frac{M}{V}, \text{ кг·м}^{-3},$$

где M - масса газа, заполняющего помещение, кг; V - свободный объем помещения, м³.

Среднеобъемная (удельная) внутренняя энергия представляет собой отношение внутренней тепловой энергии всего газа, заполняющего помещение, к объему помещения, т.е.

$$U_m = \frac{U}{V}, \text{ Дж/м}^3,$$

где U - внутренняя энергия всей газовой среды, заполняющей помещение, Дж.

Этот комплекс представляет собой параметр состояния рассматриваемой термодинамической системы, который называется среднемассовой температурой газовой среды, т.е.

$$T_m = \frac{U}{c \gamma M}$$

Среднеоптическая плотность (концентрация) дыма представляет собой отношение оптического количества дыма, находящегося в помещении, к объему помещения, т.е.

$$\mu_m = \frac{S}{V}, \quad \text{Нп} \cdot \text{м}^{-2},$$

где S - оптическое количество дыма, $\text{Нп} \cdot \text{м}^2$; μ_m - среднеобъемная оптическая плотность дыма, $\text{Нп} \cdot \text{м}^{-1}$. Здесь сокращением "Нп" обозначено слово "Непер".

Оптическая плотность дыма и дальность видимости связанных между собой следующим приближенным соотношением

$$\mu_m \cong \frac{2,38}{l_{\text{вид}}}$$

где $l_{\text{вид}}$ - дальность видимости, м.

Дифференциальные уравнения пожара.

Уравнения пожара описывают в самом общем виде изменение ψ среднеобъемных параметров состояния газовой среды в помещении с течением времени (в процессе развития пожара).

Уравнение баланса газовой среды:

$$\frac{d(p m V)}{d\tau} = G_g + \psi - G_z,$$

Уравнение баланса массы кислорода: Q

$$\frac{d(p_1 V)}{d\tau} = x_{1g} G_g - x_{1n} G_z - \psi L_1 \eta.$$

Уравнение баланса токсичного продукта горения:

$$\frac{d(p_2 V)}{d\tau} = \psi L_2 \eta - x_{2n} G_z$$

Уравнение баланса оптического количества дыма:

$$\frac{d(\mu m V)}{d\tau} = D \psi - \frac{\mu m n_3}{p m} G_z - k_c F_w.$$

Уравнение энергии пожара

$$\frac{1}{(k-1)} \frac{d}{d\tau}(p_m V) = \eta Q_H^P \psi + i_e \psi + c_{p\theta} T_\theta G_\theta - c_p T_m m G_2 - Q_W$$

Начальные значения для этих функций задаются условиями, которые имеют место в помещении перед началом пожара, т.е.

$$\begin{cases} \rho_m(\tau = 0) = \rho_0; p_m(\tau = 0) = p_0; \\ \rho_1(\tau = 0) = \rho_{01} = 0,27 \text{ кг} \cdot \text{м}^3; \\ \rho_2(\tau = 0); \mu_m(\tau = 0) = 0. \end{cases}$$

Тема № 3 «Газообмен помещений и теплофизические функции, необходимые для замкнутого описания пожара»

Литература

1. Кошмаров Ю. А. «Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении» Учебное пособие -М.: Академия ГПС МВД России 2000. 118 с.
2. СВ. Пузач Математическое моделирование газодинамики и тепломассообмена при решении задач пожаровзрывобезопасности. - М.: Академия ГПС МЧС России, 2003.
3. Кошмаров Ю.А., Зотов Ю.С., и др. Лабораторный практикум по курсу «Прогнозирование опасных факторов пожара в помещениях» -М.: МИПБ МВД РФ, 1997. 68с.

Вопросы:

Введение

1. Дополнительные уравнения для расчета расходов уходящих газов и поступающего воздуха через проемы.
2. Дополнительные уравнения для расчета суммарного теплового потока в ограждения.
3. Методы расчета скорости выгорания горючих материалов и скорости тепловыделения.

Дополнительные уравнения для расчета расходов уходящих газов и поступающего воздуха через проемы.

При пожаре происходит газообмен помещения с окружающей средой через проемы различного назначения (окна, двери, технологические

отверстия и т.д.).

Побудителем движения газа через проемы является перепад давлений, т.е. разность между давлением внутри помещения и давлением в окружающей атмосфере. Перепад давлений обусловлен тем, что при пожаре плотность газовой среды внутри помещения существенно отличается от плотности наружного воздуха. Кроме того, необходимо учитывать влияние ветра на величину этого перепада.

Вывод формулы, отражающей распределение давлений по высоте снаружи и внутри помещения.

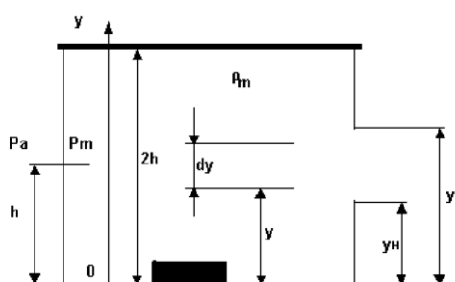


Рис. 1. Схема помещения и распределение давлений в наружном воздухе. Обозначения: OY - координатная ось с началом отсчета на поверхности пола; $2h$ - высота помещения, м; y - координата, отсчитываемая от плоскости пола, м; dy - расстояние между двумя параллельными близко расположенными горизонтальными плоскостями, м; y_n - координата нижнего края проема, м; y_v - координата верхнего края проема, м; ρ_m - среднеобъемная плотность среды внутри помещения, $\text{кг}\cdot\text{м}^{-3}$; ρ_a - плотность наружного воздуха, $\text{кг}\cdot\text{м}^{-3}$; p_a - наружное давление в окружающей атмосфере на высоте, равной половине высоты помещения, $\text{Н}\cdot\text{м}^{-2}$.

Плоскость равных давлений и режимы работы проема

$$y_* = h - \frac{p_m - p_a}{g(\rho_a - \rho_m)}$$

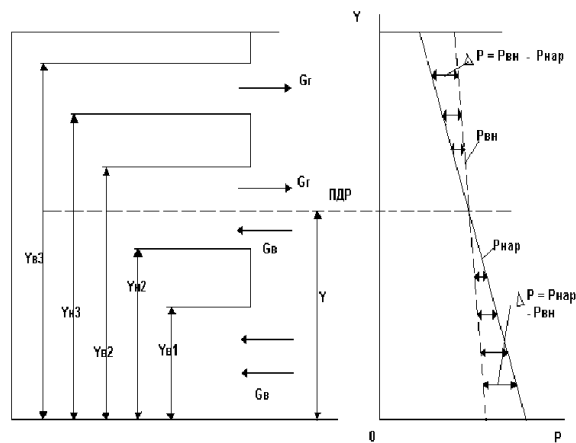


Рис. 2. Схема помещения с тремя проемами, расположенными в трех уровнях, и эпюра давлений. Обозначения: y_* - координата ПРД; p_m, ρ_m, T_m - среднеобъемные параметры состояния газовой среды в помещении в фиксированный момент процесса развития пожара; сплошная линия на эпюре – распределение наружных давлений $p_{нар}$ по координате y ; пунктирная линия - распределение давлений внутри помещения $p_{вн}$ по координате y . Стрелками, расположенными в проемах, показано направление движения газов и воздуха.

Формулы для расчета расходов газа, выбрасываемого через прямоугольный проем

$$G_{Г} = \frac{2}{3} b \sqrt{2g\rho_m(\rho_a - \rho_m)} [(y_{в} - y_*)^{\frac{3}{2}} - (y_{н} - y_*)^{\frac{3}{2}}]$$

$$G_{В} = \frac{2}{3} b \sqrt{2g\rho_a(\rho_a - \rho_m)} (y_* - y_{н})^{\frac{3}{2}}$$

Дополнительные уравнения для расчета суммарного теплового потока в ограждения.

Приближенная оценка величины теплового потока в ограждения

$$Q_w = \varphi Q_{\text{пож}}$$

$$Q_W = Q_{\text{СТЕН}} + Q_{\text{ПОТОЛ}} + Q_{\text{ПОЛ}}$$

Эмпирические методы расчета теплового потока в ограждения

- при $T_o < T_m < 333 \text{ K}$

$$Q_W = \alpha_1 F \alpha (T_m - T_o) - b (T_m - T_o^2)^{\frac{4}{3}}$$

- при $T_m > 333 \text{ K}$

$$Q_W = \alpha_2 F \alpha (T_m - T_o) - b (T_m - T_o^2) \exp \alpha (T_m - T_o)$$

Тема № 4 «Математическая постановка задачи о динамике ОФП в начальной стадии пожара»

Литература

1. Кошмаров Ю. А. «Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении» Учебное пособие -М.: Академия ГПС МВД России 2000. 118 с.
2. СВ. Пузач Математическое моделирование газодинамики и тепломассообмена при решении задач пожаровзрывобезопасности. - М.: Академия ГПС МЧС России, 2003.
3. Кошмаров Ю.А., Зотов Ю.С., и др. Лабораторный практикум по курсу «Прогнозирование опасных факторов пожара в помещениях» -М.: МИПБ МВД РФ, 1997. 68с.

Вопросы:

Введение

1. Интегральная математическая модель начальной стадии пожара.
2. Расчет критической продолжительности пожара.
3. Распределение локальных параметров состояния по объему

помещения.

4. Расчет коэффициента теплопотерь.

Интегральная математическая модель начальной стадии пожара.

Особенности начальной стадии пожара

$$G_B = 0$$

$$\frac{dp_m}{d\tau} \therefore \cong 0$$

$$p_m T_m = T_o p_o$$

Величины η , D , R в начальной стадии пожара остаются неизменными.

Уравнения пожара для начальной стадии пожара в помещениях с малой проемностью можно существенно упростить. Они принимают следующий вид:

$$V \frac{dp_m}{d\tau} = \psi - G_{\partial},$$

$$\psi Q^p k \eta - C_p T_m G_{\Gamma} - Q_W = 0$$

$$V \frac{d\rho_1}{d\tau} = -\psi L_1 \eta - \frac{\rho_1}{\rho_m} G_{\partial}$$

$$V \frac{d\rho_2}{d\tau} = -\psi L_2 \eta - \frac{\rho_2}{\rho_m} G_{\partial}$$

$$V \frac{d\mu_m}{d\tau} = \psi D - \mu_m \frac{1}{\rho_m} G_{\partial}$$

$$\rho_b T_m = \rho_o T_o.$$

Расчет критической продолжительности пожара.

Критическая продолжительность пожара есть время достижения предельно допущенных для человека значений ОФП в зоне пребывания людей.

$$\tau_{\text{кп}}^T=\left[\frac{A}{B}ln\left(\frac{T_{\text{кп}}}{T_0}\right)\right]^{\frac{1}{n}}$$

$$\tau_{\text{кп}}^{O_2}=\left\{\frac{A}{B}ln\left[\frac{\frac{BL_1\eta}{V}+\rho_{01}}{\frac{BL_1\eta}{V}+\rho_{\text{кп}}^1}\right]\right\}^{\frac{1}{n}}$$

$$\tau_{\text{кп}}^{\text{T}\Gamma}=\left\{\frac{A}{B}ln\left[\frac{1}{1-\frac{(1-\varphi)Q_H^P}{C_p\rho_0T_0L_2}\rho_{2\text{кп}}^1}\right]\right\}^{\frac{1}{n}}$$

T

Распределение локальных параметров состояния по объему помещения.

Формула М.П. Башкирцева для расчета критического значения средней температуры.

Формула Т.Г. Меркушкиной, .С. Зотова, В.н. Тимошенко для расчета критических значений всех средних параметров состояния газовой среды.

Расчет коэффициента теплопотерь.

Коэффициент теплопотерь φ_* представляет собой отношение суммарного теплового потока в ограждения Q_w к скорости тепловыделения в очаге горения $Q_{\text{пож}}$.

Тема № 6 «Основные положения зонного моделирования пожаров»

Литература

1. Кошмаров Ю. А. «Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении» Учебное пособие -М.: Академия ГПС МВД России 2000. 118 с.
2. СВ. Пузач Математическое моделирование газодинамики и тепломассообмена при решении задач пожаровзрывобезопасности. - М.: Академия ГПС МЧС России, 2003.
3. Кошмаров Ю.А., Зотов Ю.С., и др. Лабораторный практикум по курсу «Прогнозирование опасных факторов пожара в помещениях» -М.: МИПБ МВД РФ, 1997. 68с.
4. ФЗ №123-ФЗ. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2008. – 156 с.
5. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности. Приложение к приказу МЧС России от 30.06.2009 № 382.

Введение.

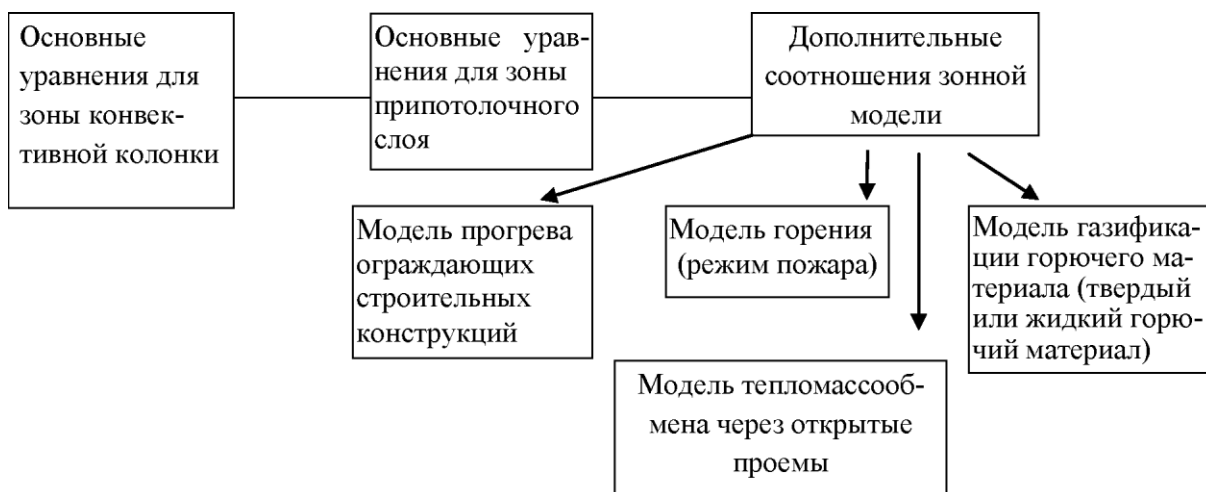
Необходимость применения зонной модели для решения практических и научных задач пожарной безопасности. Расчет пожарного риска.

Основные положения зонного подхода к моделированию динамики ОФП.

Основные допущения и упрощения реальной термогазодинамической картины пожара.

Схема расчета тепломассообмена при пожаре в помещении.

Структура зонной модели.



Зона конвективной колонки.

Массовый расход по высоте колонки зависит от скорости тепловыделения, низшей рабочей теплоты сгорания, удельной скорости выгорания, полноты сгорания, ускорения свободного падения, температуры и плотности холодного (окружающего) воздуха, расхода газов через поперечное сечение струи, отстоящее по высоте от поверхности горения на определенное расстояние, изобарной теплоемкости газа, коэффициент а теплотер в конвективной колонке; суммарного теплового потока, отводимого из конвективной колонки в ограждающие конструкции, расстояния от фиктивного источника тепла до поверхности горения.

Зона нагретого задымленного припотолочного слоя.

Для расчета характеристик задымленного нагретого припотолочного слоя вводятся упрощения реальной термогазодинамической картины пожара. Уравнение динамики опускания припотолочного газового слоя.

Уравнение материального баланса для токсичного газа.

Уравнение закона сохранения массы.

Заключение.

Значимость зонной модели для решения практических задач пожарной безопасности. Пути развития и совершенствования зонного подхода.

Тема № 8 «Основы дифференциального метода прогнозирования ОФП»

Литература

1. Кошмаров Ю. А. «Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении» Учебное пособие -М.: Академия ГПС МВД России 2000. 118 с.
2. СВ. Пузач Математическое моделирование газодинамики и тепломассообмена при решении задач пожаровзрывобезопасности. - М.: Академия ГПС МЧС России, 2003.
3. Кошмаров Ю.А., Зотов Ю.С., и др. Лабораторный практикум по курсу «Прогнозирование опасных факторов пожара в помещениях» -М.: МИПБ МВД РФ, 1997. 68с.
2. Пузач С.В., Казеннов В.М., Горностаев Р.П., Вараксин А.Ю. Определение времени эвакуации людей и огнестойкости строительных конструкций с учетом параметров реального пожара. Учебное пособие. – М.: Академия ГПС МВД России, 2006.
3. ФЗ №123-ФЗ. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2008. – 156 с.
4. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности. Приложение к приказу МЧС России от 30.06.2009 № 382.

Вопросы:

Введение.

Необходимость применения полевой модели для решения практических

и научных задач пожарной безопасности. Расчет пожарного риска.

Основные положения полевого подхода к моделированию динамики ОФП.

Основные допущения и упрощения реальной термогазодинамической картины пожара.

Схема расчета тепломассообмена при пожаре в помещении.

Основные возмущающие течение факторы, действие которых приводит к существенному отличию закономерностей тепломассообмена от хорошо изученных “стандартных” условий.

Основные уравнения полевой модели.

1. Уравнение неразрывности:

$$\frac{\partial \rho}{\partial \tau} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho w_x) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho w_y) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho w_z) = 0$$

где ρ - плотность; τ - время; x, y, z - координатные оси вдоль длины, ширины и высоты помещения соответственно; w_x, w_y, w_z - проекции скорости на соответствующие оси;

3. Уравнения движения:

$$\begin{aligned} & \rho \frac{\partial W_x}{\partial t} + \rho w_x \frac{\partial W_x}{\partial x} + \rho w_y \frac{\partial W_y}{\partial y} + \rho w_z \frac{\partial W_z}{\partial z} \\ &= -\frac{\partial p}{\partial x} + 2 \frac{\partial}{\partial x}((\mu + \mu_\tau) \frac{\partial W_x}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}((\mu + \mu_\tau) (\frac{\partial W_x}{\partial y} + \frac{\partial W_y}{\partial x})) \\ &+ \frac{\partial}{\partial z}((\mu + \mu_\tau) (\frac{\partial W_x}{\partial z} + \frac{\partial W_z}{\partial x})) - \frac{2}{3} \frac{\partial}{\partial x}((\mu + \mu_\tau) (\frac{\partial W_x}{\partial x} + \frac{\partial W_y}{\partial y} \\ &+ \frac{\partial W_z}{\partial z})) \end{aligned}$$

3. Уравнение энергии.

Дополнительные соотношения полевой модели.

1. Модель газификации и горения горючего материала.
2. Модель прогрева ограждающих конструкций.
3. Модель газообмена через открытые проемы.
4. Модель радиационного теплообмена.

Заключение.

Значимость полевой модели для решения практических задач пожарной безопасности. Пути развития и совершенствования полевого подхода.