

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ИВАНОВСКАЯ ПОЖАРНО-
СПАСАТЕЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ
СЛУЖБЫ МИНИСТЕРСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДЕЛАМ
ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ И
ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ»**



**Методические рекомендации
для самостоятельной работы
обучающихся по дисциплине
«Прогнозирование опасных факторов
пожара»**

Направление подготовки
20.03.01 Техносферная безопасность

Профиль
«Пожарная безопасность»

Иваново 2024

Мочалов А.М.

Методические рекомендации для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Прогнозирование опасных факторов пожара» (далее – методические рекомендации) по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность профиль «Пожарная безопасность» – Иваново: ИПСА ГПС МЧС России, 2024. – 43 с.

Методические рекомендации содержат краткое изложение дисциплины «Прогнозирование опасных факторов пожара» в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность и основной профессиональной образовательной программы высшего образования по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность, советы по планированию и организации времени, необходимого на изучение дисциплины, пожелания по изучению отдельных тем курса, рекомендации по использованию материалов учебно-методического комплекса, рекомендации по работе с литературой; советы по подготовке к промежуточной аттестации.

Методические рекомендации рассмотрены на заседании кафедры государственного надзора и экспертизы пожаров (в составе УНК «Государственный надзор»).

Протокол № « » от « » 2024 г.

Методические рекомендации обсуждены и одобрены на заседании методико-педагогического совета Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России.

Протокол № « » от « » 2024 г.

СОДЕРЖАНИЕ

№ п/п	Наименование раздела	Стр.
1.	Введение	4
2.	Методические рекомендации по изучению тем дисциплины	7
2.1	Тема 1. Методы прогнозирования динамики опасных факторов пожара в помещении	7
2.2	Тема 2. Уравнения интегральной математической модели пожара в помещении	9
2.3	Тема 3. Газообмен помещений и теплофизические функции, необходимые для замкнутого описания пожара	15
2.4	Тема 4. Математическая постановка задачи о динамике опасных факторов пожара в помещении в начальной стадии	19
2.5	Тема 5. Основные положения зонного метода моделирования динамики опасных факторов пожара в помещении	23
2.6	Тема 6. Основные положения дифференциального метода моделирования динамики опасных факторов пожара в помещении	27
3.	Методические рекомендации для подготовки к промежуточной аттестации	34
4.	Словарь терминов по дисциплине «Прогнозирование опасных факторов пожара»	42

ВВЕДЕНИЕ

«Прогнозирование опасных факторов пожара» является важной дисциплиной при подготовке обучающихся. Данная дисциплина является прикладной и изучает принципы и методы математического моделирования взаимосвязанных термогазодинамических процессов, характеризующих в целом пожар в помещении (зданиях, сооружениях), как сложное физическое явление, при котором наряду с выделением тепловой энергии изменяется со временем температура газовой среды и содержание кислорода в помещении, образуются токсичные газы, в результате задымления меняются оптические свойства газовой среды, происходит газообмен помещения с внешней атмосферой (или со смежными помещениями) через проемы и прогреваются строительные конструкции.

Численные исследования проводятся с помощью учебных прикладных программ «Intmodel», «RiskManager», «Fenix+ 3», «FireGuide», «Сигма ПБ», предназначенных для расчета динамики пожара в помещении.

Цель изучения дисциплины «Прогнозирование опасных факторов пожара» состоит в формировании научных знаний о принципах и методах математического описания (моделирования) взаимосвязанных термогазодинамических процессов, характеризующих в целом пожар в помещении (здании, сооружении) как сложное физическое явление, при котором наряду с выделением тепловой энергии (вследствие горения) изменяется со временем температура газовой среды и содержание кислорода в помещении, образуются токсичные газы, в результате задымления меняются оптические свойства газовой среды, происходит газообмен помещения с внешней атмосферой (или со смежными помещениями) через проемы и прогреваются строительные конструкции.

Задачи дисциплины – теоретически и главное практически подготовить обучающихся к проведению научно обоснованного прогнозирования динамики опасных факторов пожара в помещениях (зданиях, сооружениях), а также к проведению исследований реально произошедших пожаров при их экспертизе.

При изучении дисциплины планируется проведение лекций, практических занятий и лабораторных работ. Основное учебное время отводится на проведение практических занятий.

Кроме основной и дополнительной литературы, приведенной ниже, при изучении дисциплины рекомендуется использовать справочную литературу, научные издания, сборники публикаций научных конференций и др.

Перечень литературы и учебно-методических материалов для подготовки к занятиям

Перечень основной литературы

1. Терентьев, Д. И. Моделирование и анализ динамики опасных факторов пожара в здании: учебное пособие / Д. И. Терентьев, А. А. Субачева, И. В. Тикина. – Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2024. – 92 с.

Перечень дополнительной литературы

2. Математическое моделирование динамики опасных факторов пожара: лабораторный практикум по дисциплине «Прогнозирование опасных факторов пожара» (зонная модель) [Электронный ресурс] / Овсянников М. Ю., Лапшин С.С., Шварев Е.А. Иваново: ИПСА ГПС МЧС России, 2017. 96 с. Режим доступа: <http://bibliomchs37.ru/book/4437/>.
3. Математическое моделирование динамики опасных факторов пожара [Электронный ресурс]: практикум / Овсянников М. Ю., Лапшин С.С., Шварев Е.А. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019. 130 с. Режим доступа: <http://bibliomchs37.ru/book/5058/>.
4. Прогнозирование опасных факторов пожара [Электронный ресурс]: практикум / Лапшин С.С. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2022. Режим доступа: <http://bibliomchs37.ru/>.
5. Прогнозирование опасных факторов пожара. Дифференциальное моделирование пожара в здании: практикум [Электронный ресурс] / С.С. Лапшин, Е.А. Шварев. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. Режим доступа: <http://bibliomchs37.ru/book/5194/>.
6. Методические рекомендации по выполнению курсовой работы по дисциплине «Прогнозирование опасных факторов пожара» для обучающихся по заочной форме обучения по специальности 20.05.01 «Пожарная безопасность» и направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность» профиль «Пожарная безопасность» [Электронный ресурс] / С.С. Лапшин, Е.А. Шварев. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. 29 с. Режим доступа: <http://bibliomchs37.ru/book/5180/>.
7. СИГМА ПБ 5 («Sigma Fire Safety» 5) Программа по расчету распространения опасных факторов пожара полевой моделью, эвакуации - индивидуально-поточной моделью, вероятности эвакуации, расчетной величины пожарного риска. Руководство пользователя [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://3ksigma.ru>.
8. Электронный интернет-курс по дисциплине «Прогнозирование опасных факторов пожара» [Электронный ресурс] / С.С. Лапшин, М.Ю. Овсянников. Режим доступа: <http://пофп.рф>.
9. RiskManager - программный комплекс для вычисления величины индивидуального пожарного риска для людей, находящихся в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности: руководство пользователя [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://nordsoftware.ru/programms/riskmanager/>.
10. Fenix+ 3. Программа для определения величины индивидуального пожарного риска: Руководство пользователя [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://mst.su/fenix/>.

11. Пособие по определению расчетных величин пожарного риска для производственных объектов / А.Ю. Лагозин и др. 2-е издание, исправленное и дополненное. М.: ВНИИПО МЧС России, 2019. 344 с.

Перечень нормативной литературы

12. ТР ЕАЭС 043/2017 Технический регламент Евразийского экономического союза «О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения».
13. Федеральный закон от 21.12.1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности».
14. Федеральный закон от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
15. Федеральный закон от 23.05.2016 г. № 141-ФЗ «О службе в федеральной противопожарной службе Государственной противопожарной службы и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
16. Федеральный закон от 25.12.2008 г. № 273-ФЗ «О противодействии коррупции».
17. Постановление Правительства Российской Федерации от 22.07.2020 N 1084 «О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска».
18. Постановление Правительства Российской Федерации от 31.08.2020 N 1325 «Об утверждении Правил оценки соответствия объектов защиты (продукции) установленным требованиям пожарной безопасности путем независимой оценки пожарного риска».
19. Приказ МЧС России от 14.11.2022 г. № 1140 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности».
20. Приказ МЧС России от 26 июня 2024 г. № 533 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах».

Базы данных, поисковые системы, электронно-библиотечные системы (электронные библиотеки) и электронные образовательные ресурсы

21. Цифровая среда Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России.
22. Электронная библиотека академии <http://Bibliomchs37.ru>.
23. ЭБС «Юрайт».
24. Национальная электронная библиотека.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1. Методы прогнозирования динамики опасных факторов пожара в помещении

Опасные факторы пожара. Физические величины, характеризующие ОФП в количественном отношении; предельно допустимые значения ОФП.

Математическое моделирование, как наиболее современный научный метод прогнозирования ОФП. Основные требования, предъявляемые к моделям. Методы математического моделирования динамики ОФП, их особенности и области применения.

Сценарий пожара. Критерии выбора наихудшего сценария пожара. Пожарный риск. Индивидуальный пожарный риск. Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях.

Разделы для самостоятельного изучения

1. Область применения методов математического моделирования пожара.
2. Сценарий пожара. Критерии сценария пожара, при котором реализуются наихудшие условия для обеспечения безопасности людей.

Вопросы для самоконтроля

Задание 1

Впишите на месте пропуска правильный ответ.

(ПК-1)

Седиментация частиц дыма - _____ частиц дисперсной фазы в жидкости или газе под действием гравитационного поля или центробежных сил.

Критерии оценки:

правильный ответ - 1 балл;

ответ обучающегося должен в точности совпадать с правильным ответом.

Задание 2

Впишите на месте пропуска правильный ответ.

(ПК-1)

Пониженная концентрация кислорода, как один из опасных факторов по-

жара, количественно характеризуется парциальной плотностью кислорода, имеющей размерность _____ .

Критерии оценки:

правильный ответ - 1 балл;

ответ обучающегося должен в точности совпадать с одним из вариантов правильного ответа.

Задание 3

Впишите на месте пропуска правильный ответ.

(ОПК-1)

Зонный метод математического моделирования пожара следует применять в случае, когда размеры очага горения значительно _____ размеров помещения.

Критерии оценки:

правильный ответ - 1 балл;

ответ обучающегося должен в точности совпадать с правильным ответом.

Задание 4

Впишите на месте пропуска правильный ответ.

(ПК-1)

Специалист поясняет суду принципы математического описания процессов, происходящих при пожаре в помещении. В частности, процесс развития пожара рассматривается как _____ термодинамическая система.

Критерии оценки:

Правильный ответ - 1 балл. Ответ обучающегося должен в точности совпадать с правильным ответом.

Задание 5

Впишите на месте пропуска правильный ответ.

(ПК-1)

Снижение видимости в дыму, как один из опасных факторов пожара, количественно характеризуется оптической концентрацией дыма, имеющей размерность _____.

Критерии оценки:

правильный ответ - 1 балл;

ответ обучающегося должен в точности совпадать с одним из вариантов правильного ответа.

Опорные термины: пожар, математическая модель, опасные факторы пожара.

Литература: [1, 10, 15-19, 24-28].

Тема 2. Уравнения интегральной математической модели пожара в помещении

Свойства газообразной среды в помещении при пожаре. Локальное равновесие и взаимосвязь между локальными термодинамическими параметрами состояния газовой среды. Присутствие мельчайших твердых частиц в газообразной среде и их вклад в интегральные значения внутренней (тепловой) энергии и массы среды, заполняющей помещение при пожаре. Влияние этих частиц на процессы тепломассопереноса и оптические свойства среды.

Интегральный метод описания состояния газовой среды при пожаре в помещении. Среднеобъемная плотность газовой среды и среднеобъемные парциальные плотности ее компонентов. Среднеобъемная внутренняя энергия и среднеобъемное давление газовой среды в помещении. Интегральное уравнение состояния газовой среды в помещении.

Дымообразование и параметры дыма, образованного твердыми частицами. Коагуляция и седиментация частиц дыма. Оптическое количество дыма и среднеобъемная оптическая плотность дыма. Связь между оптической плотностью дыма и дальностью видимости.

Интегральный метод термодинамического анализа пожара. Среда в помещении как открытая термодинамическая система. Взаимодействие этой системы с внешней средой и интегральные характеристики этого взаимодействия. Квазиравновесный процесс изменения состояния этой системы при пожаре. Особенности процесса изменения состояния этой системы на отдельных этапах развития пожара. Начальные условия и условия однозначности.

Классификация интегральных математических моделей пожара. Математическая постановка задачи о прогнозировании ОФП на основе полной системы дифференциальных уравнений интегральной модели пожара. Подобие и критерии подобия пожаров.

Разделы для самостоятельного изучения

1. Коагуляция и седиментация частиц дыма.
2. Метод Эйлера (приближенное решение дифференциальных уравнений).
3. Пожарный риск. Индивидуальный пожарный риск.

Вопросы для самоконтроля

Задание 1

Запишите цифру, под которой указан верный ответ.

(ПК-1)

Уравнение энергетического баланса пожара в помещении записывается следующим образом:

$$1) \quad \frac{d(\rho_m V)}{d\tau} = G_B + \psi - G_\Gamma$$

$$2) \quad \frac{d(\rho_2 V)}{d\tau} = \psi L_2 \eta - x_2 n_2 G_\Gamma$$

$$3) \quad \frac{d(\rho_1 V)}{d\tau} = x_{1B} G_B - x_1 n_1 G_\Gamma - \psi L_1 \eta$$

$$4) \quad \frac{d(P_m V)}{(k-1)d\tau} = \eta Q_H^p \psi + i\psi + c_{pB} T_B G_B - m c_p T_m G_\Gamma - Q_W$$

Критерии оценки:

Правильный ответ оценивается 1 баллом. Неправильный ответ - 0 баллов.

Задание 2

1. Впишите на месте пропуска правильный ответ.

2. Впишите на месте пропуска в уравнении правильный ответ (пропущенную букву).

3. Впишите на месте пропуска правильный ответ.

(ПК-1, ПК-2)

1. Уравнение _____ баланса записывается следующим образом:

2.

$$\frac{d(\rho_m V)}{d\tau} = ___ + \psi - G_\Gamma$$

3. Размерность пропущенной в уравнении величины: _____.

Критерии оценки:

полностью правильный ответ оценивается 3 баллами;

ответы обучающегося должны в точности совпадать с вариантами правильных ответов;

за каждый правильный ответ выставляется 1 балл;

если все три ответа являются неправильными - 0 баллов.

Задание 3

Установите соответствие между формулами данных (слева) и процессами (справа). Одному элементу из левого столбика соответствует один элемент из правого столбика. Запишите в таблицу выбранные буквы под соответствующими цифрами (ПК-1).

ФОРМУЛА	ПРОЦЕСС
1) $c_{pB}T_B G_B$	А) поступление энергии в помещение в результате реакции горения Б) образование токсичных продуктов в результате реакции горения В) выход энергии из помещения с нагретыми газам Г) поступление энергии в помещение с воздухом Д) оседание дыма на ограждающих конструкциях Е) поглощение кислорода в реакции горения
2) $c_{pm}T_m G_m$	
3) $\eta Q_H^p \psi$	
4) $k_c F_w$	

Критерии оценки:

полное правильное выполнение задания – 2 балла;

выполнение задания с одной ошибкой (одной неверно указанной буквой наряду со всеми верными буквами) ИЛИ неполное выполнение задания (отсутствие одной необходимой буквы) – 1 балл;

неправильное выполнение задания (при указании двух или более ошибочных букв) – 0 баллов.

Задание 4

1. Впишите на месте пропуска правильный ответ.

2. Впишите на месте пропуска в уравнении правильный ответ (пропущенную букву).

3. Впишите на месте пропуска правильный ответ.

(ПК-1, ПК-2)

1. Уравнение баланса _____ записывается следующим образом:

2.

$$\frac{d}{d\tau}(\mu_m V) = \psi - \frac{\mu_m n_3}{\rho_m} G_F - k_c F_w$$

3. Размерность пропущенной в уравнении величины: _____.

Критерии оценки:

полностью правильный ответ оценивается 3 баллами;

ответы обучающегося должны в точности совпадать с вариантами правильных ответов;

за каждый правильный ответ выставляется 1 балл;

если все три ответа являются неправильными - 0 баллов.

Задание 5

1. Впишите на месте пропуска правильный ответ.

2. Впишите на месте пропуска в уравнении правильный ответ (пропущенную букву).

3. Впишите на месте пропуска правильный ответ.

(ПК-1, ПК-2)

1. Уравнение баланса _____ записывается следующим образом:

2.

$$\frac{d}{d\tau}(\rho_1 V) = x_{1B} G_B - x_{1n_1} G_1 - \text{---} L_1 \eta$$

3. Размерность пропущенной в уравнении величины: _____.

Критерии оценки:

полностью правильный ответ оценивается 3 баллами;

ответы обучающегося должны в точности совпадать с вариантами правильных ответов;

за каждый правильный ответ выставляется 1 балл;

если все три ответа являются неправильными - 0 баллов.

Задание 6

Запишите цифру, под которой указан верный ответ.

(ПК-1, ПК-2)

Уравнение баланса кислорода записывается следующим образом:

- 1) $\frac{d(\rho_m V)}{d\tau} = G_B + \psi - G_\Gamma$
- 2) $\frac{d(\rho_2 V)}{d\tau} = \psi L_2 \eta - x_2 n_2 G_\Gamma$
- 3) $\frac{d(\rho_1 V)}{d\tau} = x_{1B} G_B - x_1 n_1 G_1 - \psi L_1 \eta$
- 4) $\frac{d(\mu_m V)}{d\tau} = D\psi - \frac{\mu_m n_3}{\rho_m} G_\Gamma - k_c F_W$

Критерии оценки:

Правильный ответ оценивается 1 баллом. Неправильный ответ - 0 баллов.

Задание 7

1. Впишите на месте пропуска правильный ответ.
2. Впишите на месте пропуска в уравнении правильный ответ (пропущенную букву).
3. Впишите на месте пропуска правильный ответ.

(ПК-1, ПК-2)

1. Уравнение баланса _____ записывается следующим образом:

2.

$$\frac{d}{d\tau}(\rho_2 V) = \psi \text{ — } \eta - x_2 n_2 G_\Gamma$$

3. Размерность пропущенной в уравнении величины: _____.

Критерии оценки:

полностью правильный ответ оценивается 3 баллами;

ответы обучающегося должны в точности совпадать с вариантами правильных ответов;

за каждый правильный ответ выставляется 1 балл;

если все три ответа являются неправильными - 0 баллов.

Задание 8

Установите соответствие между формулами данных (слева) и процессами (справа). Одному элементу из левого столбика соответствует один элемент из правого столбика. Запишите в таблицу выбранные буквы под соответствующими цифрами (ПК-1).

ФОРМУЛА	ПРОЦЕСС
1) $-\psi L_1$ 2) $c_{pm} T_m G_m$ 3) ψL_2 4) $k_c F_w$	А) поступление энергии в помещение в результате реакции горения Б) образование токсичных продуктов в результате реакции горения В) выход энергии из помещения с нагретыми газам Г) поступление энергии в помещение с воздухом Д) оседание дыма на ограждающих конструкциях Е) поглощение кислорода в реакции горения

Критерии оценки:

полное правильное выполнение задания – 2 балла;

выполнение задания с одной ошибкой (одной неверно указанной буквой наряду со всеми верными буквами) ИЛИ неполное выполнение задания (отсутствие одной необходимой буквы) – 1 балл;

неправильное выполнение задания (при указании двух или более ошибочных букв) – 0 баллов.

Задание 9

1. Впишите на месте пропуска в уравнении баланса кислорода правильный ответ (пропущенную букву).

2. Впишите на месте пропуска правильный ответ.

(ПК-1, ПК-2)

1.

$$\frac{d}{d\tau}(\rho_1 V) = x_{1B} G_B - x_1 n_1 G_1 - \text{---} L_1 \eta$$

2. Размерность пропущенной в уравнении величины: _____.

Критерии оценки:

полностью правильный ответ оценивается 2 баллами;

ответы обучающегося должны в точности совпадать с вариантами правильных ответов;

за каждый правильный ответ выставляется 1 балл;

если все три ответа являются неправильными - 0 баллов.

Задание 10

1. Впишите на месте пропуска правильный ответ.
2. Впишите на месте пропуска в уравнении правильный ответ (пропущенную букву).
3. Впишите на месте пропуска правильный ответ.

(ПК-1, ПК-2)

1. Уравнение _____ баланса записывается следующим образом:

2.

$$\frac{d(P_m V)}{(k-1)d\tau} = \eta Q_H^p \psi + i\psi + c_{pB} T_B G_B - m c_p T_m ______ - Q_W$$

3. Размерность пропущенной в уравнении величины: _____.

Критерии оценки:

полностью правильный ответ оценивается 3 баллами;

ответы обучающегося должны в точности совпадать с вариантами правильных ответов;

за каждый правильный ответ выставляется 1 балл;

если все три ответа являются неправильными - 0 баллов.

Опорные термины: тепломассоперенос, коагуляция, седиментация.

Литература: [2, 10, 15, 22, 23, 24-28].

Тема 3. Газообмен помещений и теплофизические функции, необходимые для замкнутого описания пожара

Причины, обуславливающие движение газа и газообмен помещения с внешней средой через проемы при пожаре. Распределение гидростатических давлений по вертикали внутри и снаружи помещения. Плоскость равных давлений (ПРД). Зависимость расположения ПРД от среднеобъемных значений давления и плотности газовой среды в помещении. Возможные режимы газообмена помещения через проем. Зависимость величины перепада между внутренним и внешним давлениями от координаты, отсчитываемой по вертикали от пола, высоты расположения ПРД и среднеобъемной плотности газовой среды в помещении. Формулы для расчета скорости движения уходящих газов и поступающего воздуха в разных точках проема.

Зависимости массовых расходов уходящих газов и поступающего воздуха для вертикального прямоугольного проема при различных режимах газообмена от геометрических характеристик этого проема и среднеобъемных параметров состояния газовой среды в помещении (плотности и давления). Газообмен через круглые вертикальные проемы. Газообмен через горизонтальные проемы. Влияние ветра на газообмен помещения с окружающей атмосферой. Распределение гидростатических

давлений по вертикали снаружи здания на наветренной и подветренной его сторонах. Формулы для расчета массовых расходов газа через прямоугольный проем с учетом влияния ветра. Влияние неоднородности температурного поля в помещении на распределение гидростатических давлений внутри помещения и на газообмен через проемы.

Радиационно-конвективный процесс теплопереноса в газообразной среде при пожаре в помещении. Сопряженная математическая постановка задачи о нагревании строительных конструкций при пожаре. Эмпирические формулы для расчета интегрального теплового потока в ограждения.

Скорость выгорания горючих материалов. Горючая нагрузка в помещении и ее характеристики. Линейная скорость распространения пламени по поверхности горючей нагрузки. Расчет площади пожара при различных видах пожарной нагрузки. Удельная массовая скорость выгорания твердых и жидких горючих материалов. Тепловая мощность очага пожара в помещении. Влияние газообмена на процесс горения материалов в помещении. Режимы пожаров в помещении в зависимости от количества поступающего через проем воздуха. Зависимость мощности тепловыделения при пожаре от концентрации кислорода в помещении. Скорости потребления кислорода, образования токсичных продуктов горения и дымовыделения.

Разделы для самостоятельного изучения

1. Влияние ветра на газообмен.
2. Газообмен через горизонтальные проемы.
3. Газообмен через круглые проемы.
4. Сопряжённая математическая постановка задачи о нагревании строительных конструкций при пожаре.

Вопросы для самоконтроля

Задание 1

Составьте слово из букв. Впишите на месте пропуска правильный ответ.

(ОПК-1, ПК-1)

В зависимости от расположения проемов относительно плоскости равных давлений возможны три режима их «работы». Здесь зашифрован один из них:

ЯАВВЫИКНАЛИТ _____ .

Критерии оценки:

правильный ответ - 1 балл;

ответ обучающегося должен в точности совпадать с одним из вариантов правильного ответа.

Задание 2

Запишите две цифры, под которыми указаны верные ответы.
(ОПК-4)

К свойствам горючей нагрузки, которые влияют на динамику ОФП, относятся:

- 1) низшая расчетная теплота сгорания;
- 2) дымообразующая способность;
- 3) расположение;
- 4) количество;
- 5) объем;
- 6) вид.

Критерии оценки:

полное правильное выполнение задания – 2 балла;

выполнение задания с одной ошибкой – 1 балл;

неправильное выполнение задания (две или более ошибок) – 0 баллов.

Задание 3

Установите соответствие между величинами (слева) и единицами измерения (справа). Одному элементу из левого столбика соответствует один элемент из правого столбика. Запишите в таблицу выбранные буквы под соответствующими цифрами.

(ОПК-1, ПК-1)

ВЕЛИЧИНА	ЕДИНИЦАМИ ИЗМЕРЕНИЯ
1) G_B	А) $\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}$
2) $\psi_{\text{уд}}$	Б) $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$
3) Q_n^p	В) $\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-1}$
4) $v_{\text{л}}$	Г) $\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1}$
	Д) $\text{кг} \cdot \text{с}^{-1}$
	Е) $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$

Критерии оценки:

полное правильное выполнение задания – 2 балла;

выполнение задания с одной ошибкой (одной неверно указанной буквой наряду со всеми верными буквами) ИЛИ неполное выполнение задания (отсутствие одной необходимой буквы) – 1 балл;

неправильное выполнение задания (при указании двух или более ошибочных букв) – 0 баллов.

Задание 4

Составьте слово из букв. Впишите на месте пропуска правильный ответ.

(ОПК-1, ПК-1)

В зависимости от расположения проемов относительно плоскости равных давлений возможны три режима их «работы». Здесь зашифрован один из них:

АШНЬЙСМНЕ _____ .

Критерии оценки:

правильный ответ - 1 балл;

ответ обучающегося должен в точности совпадать с одним из вариантов правильного ответа.

Задание 5

Запишите две цифры, под которыми указаны верные ответы.

К свойствам горючей нагрузки, которые влияют на динамику ОФП, относятся (ОПК-4):

- 1) скорость распространения пламени;
- 2) удельная скорость выгорания;
- 3) расположение;
- 4) количество;
- 5) объем;
- 6) вид.

Критерии оценки:

полное правильное выполнение задания – 2 балла;

выполнение задания с одной ошибкой – 1 балл;

неправильное выполнение задания (две или более ошибок) – 0 баллов.

Задание 6

Установите соответствие между величинами (слева) и единицами измерения (справа). Одному элементу из левого столбика соответствует один элемент из

правого столбика. Запишите в таблицу выбранные буквы под соответствующими цифрами (ОПК-1, ПК-1).

ВЕЛИЧИНА	ЕДИНИЦАМИ ИЗМЕРЕНИЯ
1) P_m	А) $\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}$
2) ψ	Б) $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$
3) Q_n^p	В) $\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1}$
4) $v_{\text{л}}$	Г) $\text{кг} \cdot \text{с}^{-1}$
	Д) $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$
	Е) Па

Критерии оценки:

полное правильное выполнение задания – 2 балла;

выполнение задания с одной ошибкой (одной неверно указанной буквой наряду со всеми верными буквами) ИЛИ неполное выполнение задания (отсутствие одной необходимой буквы) – 1 балл;

неправильное выполнение задания (при указании двух или более ошибочных букв) – 0 баллов.

Опорные термины: газообмен, плоскость равных давлений, тепловой поток.

Литература: [1, 4, 10, 22, 23, 24-30].

Тема 4. Математическая постановка задачи о динамике опасных факторов пожара в помещении в начальной стадии

Понятие о начальной стадии пожара с позиции задачи о безопасности эвакуации людей. Особенность газообмена помещения с окружающей атмосферой в начальной стадии пожара. Система дифференциальных уравнений интегральной модели пожара с учетом этой особенности газообмена. Среднее значение коэффициента теплопотерь, характеризующего теплопоглощение ограждениями. Аналитическое решение задачи о динамике опасных факторов пожара при круговом и линейном распространении пламени по поверхности твердой горючей нагрузки, а также при горении жидкостей. Взаимосвязь между критическими среднеобъемными значениями опасных факторов пожара с предельно допустимыми их значениями в зоне пребывания людей. Формулы для расчета критической продолжительности пожара по условию достижения каждым опасным фактором своего предельно допустимого значения в рабочей зоне.

Влияние размеров проемов на динамику опасных факторов пожара. Критерий проемности. Зависимость критической продолжительности пожара от критерия проемности.

Формулировка сценария развития пожара в здании. Определение расчетной величины пожарного риска в зданиях различных классов функциональной пожарной опасности. Определение расчетной величины пожарного риска на производственном объекте.

Модификация базовой математической модели пожара для учета влияния тушения: объемного газового, распыленной водой. Дополнительное уравнение баланса. Влияние концентрации огнетушащего вещества на скорость выгорания.

Разделы для самостоятельного изучения

1. Модификация базовой математической модели пожара для учета влияния объемного газового тушения.
2. Зависимость критической продолжительности пожара от проемности и критерия проемности.
3. Определение расчетной величины пожарного риска в зданиях различных классов функциональной пожарной опасности.

Вопросы для самоконтроля

Задание 1

Впишите на месте пропуска правильный ответ.

(ПК-1, ПК-2)

Начальные условия для решения системы дифференциальных уравнений интегральной математической модели пожара в помещении записываются следующим образом:

$$P_m = \underline{\hspace{2cm}};$$

$$\mu_m = 0;$$

$$\frac{\rho_{1в}}{\rho_m} = 0,23$$

Критерии оценки:

правильный ответ - 1 балл;

ответ обучающегося должен в точности совпадать с правильным ответом.

Задание 2

Впишите на месте пропуска правильный ответ.

(ПК-1, ПК-2)

Уравнение материального баланса для начальной стадии пожара записывается следующим образом:

$$\frac{d(\rho_m V)}{d\tau} = \psi - \text{---}$$

Критерии оценки:

правильный ответ - 1 балл;

ответ обучающегося должен в точности совпадать с правильным ответом.

Задание 3

Впишите на месте пропуска правильный ответ.

(ПК-1, ПК-2)

Уравнение энергетического баланса с учетом работы системы газового тушения пожара записывается следующим образом:

$$\frac{d(P_m V)}{(k-1)d\tau} = \eta Q_H^p \psi + i\psi + c_{pB} T_B G_B - mc_p T_m G_\Gamma - Q_W + \text{---}$$

Критерии оценки:

правильный ответ - 2 балла;

ответ обучающегося должен в точности совпадать с правильным ответом.

Задание 4

Впишите на месте пропуска правильный ответ.

(ПК-1, ПК-2)

Начальные условия для решения системы дифференциальных уравнений интегральной математической модели пожара в помещении записываются следующим образом:

$$P_m = P_a;$$

$$\mu_m = 0;$$

$$\frac{\rho_{1B}}{\rho_m} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Критерии оценки:

правильный ответ - 1 балл;

ответ обучающегося должен в точности совпадать с правильным ответом.

Задание 5

Впишите на месте пропуска правильный ответ.

(ПК-1, ПК-2)

Уравнение материального баланса с учетом работы системы газового тушения пожара записывается следующим образом:

$$\frac{d(\rho_m V)}{d\tau} = \psi + G_B - G_\Gamma + \underline{\hspace{2cm}}$$

Критерии оценки:

правильный ответ - 1 балл;

ответ обучающегося должен в точности совпадать с правильным ответом.

Задание 6

Впишите на месте пропуска правильный ответ.

(ПК-1, ПК-2)

Уравнение энергетического баланса для начальной стадии пожара записывается следующим образом:

$$\eta Q_H^p \psi - mc_p T_m G_\Gamma =$$

Критерии оценки:

правильный ответ - 2 балла;

ответ обучающегося должен в точности совпадать с правильным ответом.

Опорные термины: начальная стадия пожара, критическая продолжительность пожара, коэффициент теплопоглощения, огнетушащее вещество, скорость выгорания. Литература: [2, 4, 10, 22, 23, 24-28].

Тема 5. Основные положения зонного метода моделирования динамики опасных факторов пожара в помещении

Область применения зонных моделей пожаров. Особенности распределения локальных параметров состояния газовой среды внутри помещения в начальной стадии пожара и при локальных пожарах. Разделение внутреннего пространства рассматриваемого пожара на зоны. Характерные зоны в начальной стадии пожара – пламенная зона, конвективная колонка над очагом горения, припотолочный слой нагретых газов и зона холодного воздуха. Условные границы между зонами и среднеобъемные параметры среды в этих зонах. Взаимодействие между зонами и изменение их размеров с течением времени. Интегральный метод описания изменения состояния среды в каждой зоне. Классификация зонных моделей пожара в здании.

Определение потоков массы и энергии из конвективной колонки в припотолочный слой на основе теории свободной турбулентной конвективной струи. Скорость поступления токсичных газов и оптического количества дыма в припотолочный слой. Газообмен припотолочного слоя с внешней атмосферой через проемы. Работа расширения припотолочной зоны.

Дифференциальные уравнения материального баланса газовой среды и ее компонентов, баланса оптического количества дыма и энергии для припотолочной зоны при отсутствии газообмена с внешней атмосферой. Дифференциальные уравнения движения нижней границы припотолочной зоны. Начальные условия.

Математическая постановка задачи о динамике опасных факторов пожара в припотолочной зоне и ее аналитическое решение при постоянных значениях размеров и тепловой мощности очага горения.

Математическая постановка задачи о динамике опасных факторов пожара в припотолочной зоне помещения и ее численное решение при газообмене припотолочного слоя с внешней средой и изменяющимся со временем очагом пожара. Сложность численной реализации полной зонной математической модели. Алгоритм численного решения задачи на ПЭВМ. Структура программы и ее запуск. Действия при возникновении ошибок.

Обобщенные переменные и уравнения, описывающие пожар в помещении. Подобие и критерии подобия пожаров. Метод Эйлера (приближенное решение дифференциальных уравнений).

Разделы для самостоятельного изучения

1. Обобщенные переменные и уравнения, описывающие пожар в помещении.
2. Условия однозначности.
3. Подобие и критерии подобия пожаров.

4. Алгоритм работы с программой зонного моделирования пожара в здании.

Вопросы для самоконтроля

Задание 1

Впишите на месте пропуска правильный ответ.

(ОПК-1)

В область применения зонального метода математического моделирования пожара входят помещения простой геометрической конфигурации, линейные размеры которых соизмеримы между собой и размер очага пожара существенно _____ размеров помещения.

Критерии оценки:

правильный ответ - 1 балл;

ответ обучающегося должен в точности совпадать с правильным ответом.

Задание 2

Установите соответствие между математическими моделями пожара (слева) и названиями компьютерных программ их реализующих (справа). Одному элементу из левого столбика соответствует один элемент из правого столбика. Запишите в таблицу выбранные буквы под соответствующими цифрами.

(ОПК-4)

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПОЖАРА	НАЗВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ
1) интегральная	А) RiskManager
2) полевая	Б) Сигма ПБ
3) зонная	В) PromRisk
	Г) Intmodel
	Д) Ренга

Критерии оценки:

полное правильное выполнение задания – 2 балла;

выполнение задания с одной ошибкой (одной неверно указанной буквой наряду со всеми верными буквами) ИЛИ неполное выполнение задания (отсутствие одной необходимой буквы) – 1 балл;

неправильное выполнение задания (при указании двух или более ошибочных букв) – 0 баллов.

Задание 3

Впишите на месте пропуска правильный ответ.

(ПК-1)

Рассмотрим случай моделирования пожара в помещении с помощью трех-зонной модели.

При неизменном тепловыделении и постоянном коэффициенте теплопотерь температура припотолочного слоя нагретого газа со временем будет _____.

Критерии оценки:

правильный ответ - 2 балла;

ответ обучающегося должен в точности совпадать с правильным ответом.

Задание 4

Запишите ответ в виде последовательности цифр через запятую.

(ПК-1, ПК-2)

Очередность событий возникновения и развития пожара:

- 1) увеличение толщины припотолочного слоя нагретого газа;
- 2) растекание конвективной струи по потолку помещения;
- 3) образование газообразных продуктов горения;
- 4) формирование конвективной струи;
- 5) воспламенение горючих веществ.

Критерии оценки:

полное правильное выполнение задания – 2 балла;

выполнение задания с одной ошибкой – 1 балл;

неправильное выполнение задания (две или более ошибок) – 0 баллов.

Задание 5

Впишите на месте пропусков правильные ответы.

(ОПК-1)

Для рабочих зон, расположенных на разных уровнях в пределах одного помещения (например, наклонный зрительный зал кинотеатра, антресоли) сле-

дует применять либо _____, либо _____ методы моделирования пожара.

Критерии оценки:

правильный ответ - 1 балл;

ответ обучающегося должен в точности совпадать с правильным ответом.

Задание 6

Установите соответствие между математическими моделями пожара (слева) и названиями компьютерных программ их реализующих (справа). Одному элементу из левого столбика соответствует один элемент из правого столбика. Запишите в таблицу выбранные буквы под соответствующими цифрами (ОПК-4).

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПОЖАРА	НАЗВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ
1) интегральная	A) Fire Dynamic Simulator
2) полевая	Б) RiskManager
3) зонная	B) PromRisk
	Г) Intmodel
	Д) Revit

Критерии оценки:

полное правильное выполнение задания – 2 балла;

выполнение задания с одной ошибкой (одной неверно указанной буквой наряду со всеми верными буквами) ИЛИ неполное выполнение задания (отсутствие одной необходимой буквы) – 1 балл;

неправильное выполнение задания (при указании двух или более ошибочных букв) – 0 баллов.

Задание 7

Впишите на месте пропуска правильный ответ.

(ПК-1, ПК-2)

Рассмотрим случай моделирования пожара в помещении с помощью трех-зонной модели.

При неизменных площади горения и количестве теплоты, поступающей в ограждение, температура газов, поступающих из конвективной колонки в припотолочный слой, будет _____.

Критерии оценки:

правильный ответ - 2 балла;

ответ обучающегося должен в точности совпадать с правильным ответом.

Задание 8

Установите соответствие между математическими моделями пожара (слева) и утверждениями их характеризующими (справа). Одному элементу из левого столбика соответствует один элемент из правого столбика. Запишите в таблицу выбранные буквы под соответствующими цифрами (ОПК-1, ПК-1).

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПОЖАРА	УТВЕРЖДЕНИЯ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПОЖАРА
1) интегральная 2) полевая 3) зонная	А) газовая среда при пожаре в помещении характеризуется среднеобъемными параметрами; Б) метод позволяет рассчитать параметры высокоскоростных потоков газа; В) метод основан на гипотезе о вероятностном характере процесса; Г) при пожаре геометрическая конфигурация зон в помещении меняется; Д) метод основан на численном решении уравнений Навье-Стокса.

Критерии оценки:

полное правильное выполнение задания – 2 балла;

выполнение задания с одной ошибкой (одной неверно указанной буквой наряду со всеми верными буквами) ИЛИ неполное выполнение задания (отсутствие одной необходимой буквы) – 1 балл;

неправильное выполнение задания (при указании двух или более ошибочных букв) – 0 баллов.

Опорные термины: зонная модель пожара, припотолочная зона.

Литература: [2, 3, 10, 11, 22, 23, 24-28].

Тема 6. Основные положения дифференциального метода моделирования динамики опасных факторов пожара в помещении

Сущность метода, его информативность. Современное состояние вопроса.

Базовая система дифференциальных уравнений в частных производных для описания турбулентного нестационарного движения и процессов тепло- и массопереноса в многокомпонентной газовой смеси с учетом химических реакций и образования дымового аэрозоля. Модели для расчета турбулентных течений при пожаре в помещении: их виды, особенности применения. Классификация дифференциальных

моделей пожара. Программы, численно реализующие дифференциальные модели пожара.

Математическая постановка задачи прогнозирования опасных факторов пожара в здании с помощью дифференциальной модели пожара. Расчетные сетки для скалярных величин и проекций скорости. Аппроксимация по времени. Структура алгоритма решения. Тестирование и апробация математической модели и ее численной реализации. Описание программы численной реализации модели и ее запуск. Задание исходных данных. Анализ результатов расчета.

Нормативное значение пожарного риска для зданий и сооружений. Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках.

Разделы для самостоятельного изучения

1. Алгоритм работы с программой полевого моделирования пожара в здании.
2. Модели для расчета турбулентных течений при пожаре в помещении: их виды, особенности применения.
3. Нормативное значение пожарного риска для зданий и сооружений.
4. Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках.

Вопросы для самоконтроля

Задание 1

*Выберите **НЕ**правильный ответ.*

(ПК-1, ПК-2)

При построении полей опасных факторов пожара для различных сценариев его развития на производственных объектах учитываются:

- 1) избыточное давление при сгорании газопаровоздушной смеси в открытом пространстве;
- 2) вероятность снижения концентрации кислорода в воздухе помещения;
- 3) концентрация токсичных продуктов горения в помещении;
- 4) тепловое излучение при факельном горении;
- 4) задымление атмосферы помещения.

Критерии оценки:

Правильный ответ оценивается 1 баллом. Неправильный ответ - 0 баллов.

Задание 2

Впишите на месте пропуска правильные ответы.

(ОПК-1, ОПК-4)

На рисунке представлен комплекс сооружений, состоящий из здания подстанции и перегонных тоннелей метро.

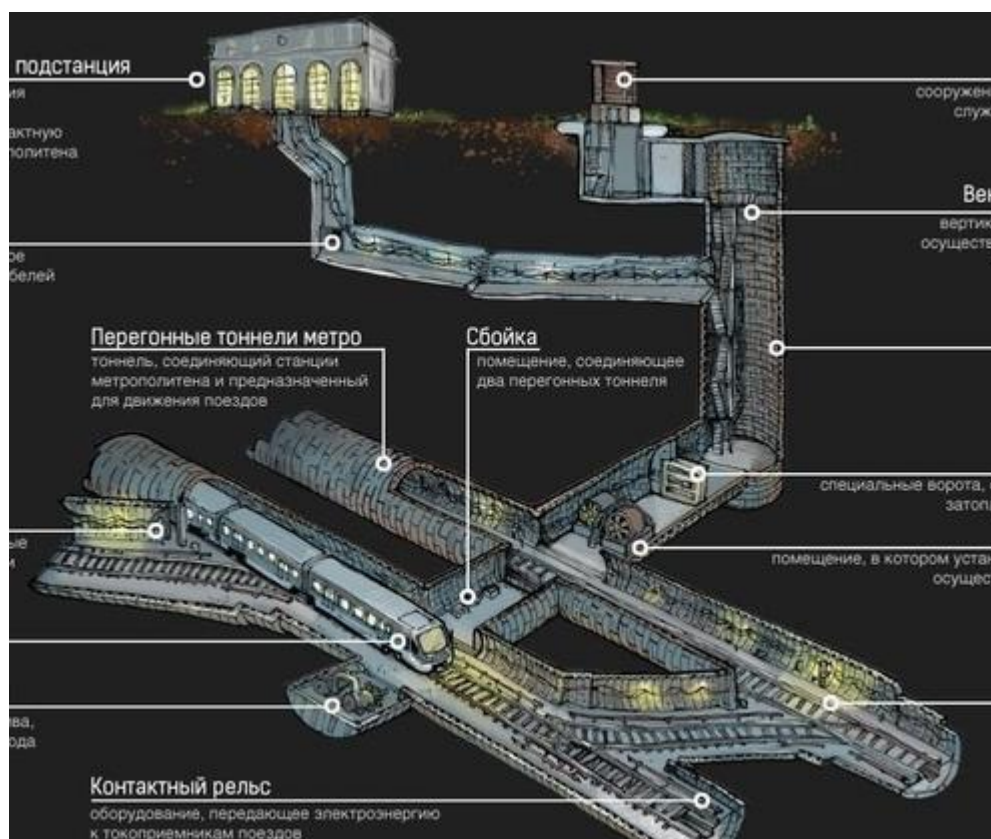
Для моделирования пожара в данном комплексе следует использовать программу _____, реализующую _____ метод.

Критерии оценки (дифференцированный подход):

Ответ на задание считается правильным и оценивается 2 баллами, если обучающийся ответил на оба вопроса правильно.

Ответ на вопрос 1) считается правильным и оценивается 1 баллом, если содержит словосочетания «Pyrosim» или «Сигма ПБ» или «FDS» или «Fenix+ 3» или «Urban».

Ответ на вопрос 2) считается правильным и оценивается 1 баллом, если содержит слово «полевой» или «дифференциальный».



Задание 3

Впишите на месте пропуска правильный ответ.

(ОПК-1)

В область применения полевого метода математического моделирования пожара входят помещения _____ геометрической конфигурации, поме-

щения с большим количеством внутренних преград.

Критерии оценки:

правильный ответ - 1 балл;

ответ обучающегося должен в точности совпадать с правильным ответом.

Задание 4

Впишите на месте пропуска правильный ответ.

(ПК-1, ПК-2)

Полевая модель пожара позволяет получить информацию о значениях всех локальных параметров состояния _____ во всех точках пространства внутри помещения для любого момента времени.

Критерии оценки:

правильный ответ - 1 балл;

ответ обучающегося должен в точности совпадать с правильным ответом.

Задание 5

Впишите на месте пропусков правильные ответы.

(ПК-1, ПК-2)

Расчет значения _____ пожарного риска в зданиях производственного объекта проводится с использованием величины _____ пожарного риска.

Критерии оценки:

полностью правильный ответ оценивается 2 баллами;

ответы обучающегося должны в точности совпадать с вариантами правильных ответов;

за каждый правильный ответ выставляется 1 балл;

если оба ответа являются неправильными - 0 баллов.

Задание 6

Впишите на месте пропусков правильные ответы.

(ОПК-1)

Полевой метод моделирования пожара в помещении основан на _____
решении уравнений _____.

Критерии оценки:

полностью правильный ответ оценивается 2 баллами;

ответы обучающегося должны в точности совпадать с вариантами правильных ответов;

за каждый правильный ответ выставляется 1 балл;

если оба ответа являются неправильными - 0 баллов.

Задание 7

Впишите на месте пропусков правильные ответы.
(ОПК-1)

На рисунке представлен фрагмент здания.

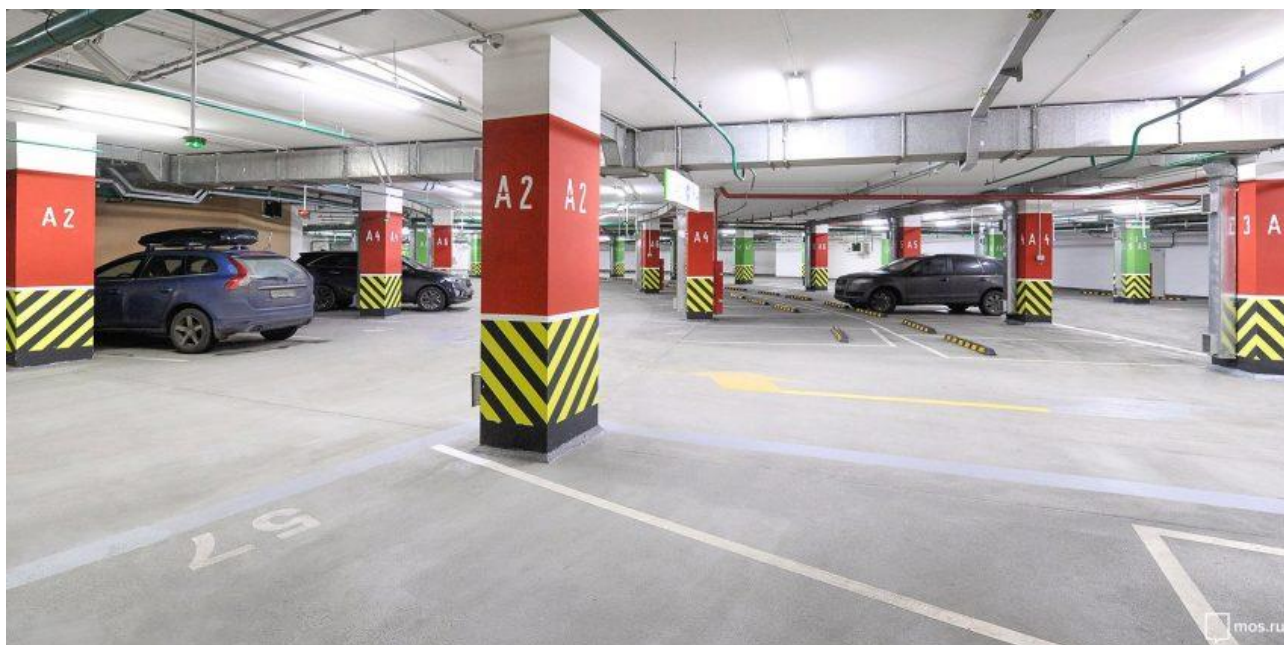
Для моделирования пожара в данном здании следует использовать программу _____, реализующую _____ метод.

Критерии оценки (дифференцированный подход):

ответ на задание считается правильным и оценивается 2 баллами, если обучающийся ответил на оба вопроса правильно;

ответ на вопрос 1) считается правильным и оценивается 1 баллом, если содержит словосочетания «Pyrosim» или «Сигма ПБ» или «FDS» или «Fenix+ 3» или «Urban»;

ответ на вопрос 2) считается правильным и оценивается 1 баллом, если содержит слово «полевой» или «дифференциальный».



Задание 8

Впишите на месте пропусков правильные ответы.

(ОПК-1)

Для помещений, в которых один из линейных размеров меньше двух других более чем в _____ раз, следует применять _____ метод моделирования пожара.

Критерии оценки:

полностью правильный ответ оценивается 2 баллами;

ответы обучающегося должны в точности совпадать с вариантами правильных ответов;

за каждый правильный ответ выставляется 1 балл;

если оба ответа являются неправильными - 0 баллов.

Задание 9

Впишите на месте пропуска правильный ответ.

(ОПК-1, ОПК-4)

Полевая модель пожара позволяет получить информацию о значениях всех _____ параметров состояния среды во всех точках пространства внутри помещения для любого момента времени.

Критерии оценки:

правильный ответ - 1 балл;

ответ обучающегося должен в точности совпадать с правильным ответом.

Задание 10

Впишите на месте пропуска правильный ответ.

(ПК-1, ПК-2)

При моделировании пожара полевым методом результаты решения системы уравнений получаются в форме _____ физических величин.

Критерии оценки:

правильный ответ - 1 балл;

ответ обучающегося должен в точности совпадать с правильным ответом.

Задание 11

Запишите четыре цифры, под которыми указаны верные ответы.

К программам, реализующим численно полевою модель пожара, относятся (ОПК-4):

- 1) RiskManager;
- 2) Сигма ПБ;
- 3) Phoenix;
- 4) Jasmine;
- 5) CFAST;
- 6) FDS;
- 7) FIM.

Критерии оценки:

полное правильное выполнение задания – 2 балла;

выполнение задания с одной ошибкой – 1 балл;

неправильное выполнение задания (две или более ошибок) – 0 баллов.

Опорные термины: турбулентность, вязкость, теплопроводность, диффузия, аппроксимация, алгоритм, расчетная сетка.

Литература: [1, 2, 6, 10, 12-14, 20-28].

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Критерии оценки устного опроса

Отметка «5» ставится, если обучающийся глубоко и прочно усвоил весь программный материал, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его излагает, приводит примеры, не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами и практическими заданиями, не допускает ошибок.

Отметка «4» ставится, если обучающийся твердо знает программный материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных ошибок в ответе на вопрос, может правильно применять теоретические положения и владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических заданий, допускает неточности в ответе.

Отметка «3» ставится, если обучающийся усвоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, не совсем правильные формулировки, нарушает последовательность в изложении программного материала и испытывает затруднения в выполнении практических заданий.

Отметка «2» ставится, если обучающийся обнаруживает незнание большей части соответствующего раздела изучаемого материала, допускает ошибки в формулировке определений понятий, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал. Оценка «2» отмечает такие недостатки в подготовке обучающегося, которые являются серьезным препятствием к успешному овладению последующим материалом.

Критерии оценки тестовых работ

- отметка «5» ставится, если правильность ответов составляет 91-100 %;
- отметка «4» ставится, если правильность ответов составляет 71-90 %;
- отметка «3» ставится, если правильность ответов составляет 61-70 %;
- отметка «2» ставится, если правильность ответов составляет 60% и менее.

Критерии оценки решения практических задач

Ситуационные и практические задачи представляют собой ситуации из реальных событий, которые обучающийся должен решить правильно и грамотно. Решение задачи оценивается максимально в 5 баллов.

- отметка «5», ставится, если обучающийся дал полные и аргументированные ответы на все поставленные в задаче вопросы. Объяснение хода ее решения подробное, последовательное, грамотное, с теоретическими обоснованиями (в т.ч. из лекционного курса), с правильным и свободным владением уголовно-правовой терминологией. Оформление решения задачи с выделением описательной (юридически значимые действия и события), мотивировочной (конкретные статьи нормативно-правовых актов) и резолютивной (принятое решение) частей, ответы на дополнительные вопросы верные, четкие.

- отметка «4», ставится, если обучающийся дал неполные (не полностью аргументированные) ответы на поставленные в задаче вопросы. Объяснение хода ее решения подробное, но недостаточно логичное, с единичными ошибками в деталях, некоторыми затруднениями в теоретическом обосновании (в т.ч. из лекционного материала), владением уголовно-правовой терминологией с незначительными недочетами. В оформлении решения задачи незначительные погрешности, ответы на дополнительные вопросы верные, но недостаточно четкие.

- отметка «3», ставится, если обучающийся дал ответы не на все поставленные в задаче вопросы. Объяснение хода ее решения недостаточно полное, непоследовательное, с ошибками, слабым теоретическим обоснованием (в т.ч. лекционным материалом), со значительными затруднениями и ошибками в уголовно-правовой терминологии. В оформлении решения задачи существенные погрешности, ответы на дополнительные вопросы недостаточно четкие, с ошибками в деталях.

- отметка «2», ставится, если обучающийся дал не правильный ответ или отсутствие решения задачи (отсутствие ответов на все поставленные в задаче вопросы). Неумение объяснить предложенное решение. Объяснение хода решения задачи не дано, либо дано не аргументировано, с грубыми ошибками, без теоретического обоснования (в т.ч. лекционным материалом), с большим количеством ошибок в уголовно-правовой терминологии. Оформление решения без выделения описательной, мотивировочной и резолютивной частей, ответы на дополнительные вопросы неправильные или отсутствуют.

Критерии оценки доклада

Под докладом подразумевается итог самостоятельной исследовательской работы обучающегося. Чтобы его подготовить, необходимо не только познакомиться с определенной научной литературой, но и выдвинуть свою гипотезу, провести сбор эмпирического материала, используя самостоятельные наблюдения, применяя устные опросы, анкеты, тесты, изучить необходимые документы и т.д., проверить гипотезу, прийти к обоснованным выводам, доказать правильность собственного решения проблемы и оформить полученные результаты в виде письменной работы. Максимальное количество баллов – 5. При выставлении оценки за доклад должны учитываться следующие критерии:

- полное раскрытие темы и соблюдение логичности изложения – 2 балла;
- наличие собственных выводов и предложений, обобщений, критического анализа - 1 балл;
- использование широкой информационной базы, правильность оформления, соблюдение правил цитирования - 1 балл;
- качество устного выступления: умение говорить публично, заинтересовать слушателей, владение речью, ясность, образность, живость речи - 1 балл.

По сумме баллов и степени реализации каждого из критериев выставляется отметка за доклад.

Критерии оценки реферата

Одним из видов текущего контроля по окончании изучения темы является выполнение обучающимися рефератов (научных проектов).

Научные проекты изначально направлены на сбор информации о каком-то объекте, явлении, на ознакомление участников проекта с этой информацией, ее анализ и обобщение фактов, предназначенных для широкой аудитории.

Критерии оценки рефератов (научного проекта) по планированию научного эксперимента (примерные):

- четкость поставленных цели и задач;
- тематическая актуальность и объем использованной литературы;
- полнота раскрытия выбранной темы проекта;
- обоснованность выводов и их соответствие поставленным задачам;
- анализ полученных данных;
- наличие в работе вывода или практических рекомендаций;
- качество оформления работы (наличие таблиц, схем, графиков, фотоматериалов, зарисовок, списка используемой литературы и т.д.).

Максимальное количество баллов – 100.

При выставлении оценки за проект должны учитываться следующие критерии:

1. Четкость поставленной цели и задач – максимальное количество баллов 10;
2. Актуальность и объем использованной литературы - максимальное количество баллов 15;
3. Полнота раскрытия выбранной темы - максимальное количество баллов 15;
4. Логичность построения - максимальное количество баллов 15;
5. Обоснованность выводов и их соответствие поставленным задачам - максимальное количество баллов 15;
6. Наличие в работе вывода или практических рекомендаций - максимальное количество баллов 10;
7. Качество оформления работы - максимальное количество баллов 10;
8. Представление результатов - максимальное количество баллов 10.

Оценку представления рефератов преподаватель проводит, суммируя результаты в баллах:

85-100 баллов – оценка «5»

70 - 84 балла – оценка «4»

50- 69 баллов – оценка «3»

Менее 50 баллов – оценка «2».

Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации (в форме дифференцированного зачета) по итогам освоения дисциплины «Прогнозирование опасных факторов пожара»

1. Опасные факторы пожара. Физические величины, характеризующие ОФП в количественном отношении; предельно допустимые значения ОФП (ПК-1).
2. Методы математического моделирования динамики ОФП, их особенности и области применения (ОПК-1).

3. Пожарный риск. Индивидуальный пожарный риск (ПК-1).
4. Нормативные основы определения величин пожарного риска в зданиях (ОПК-4).
5. Общая характеристика методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях различного функционального назначения (ОПК-4).
6. Общая характеристика методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах (ОПК-4).
7. Сценарий пожара. Критерии выбора сценария с наихудшими условиями пожара (ОПК-4).
8. Интегральный метод описания состояния газовой среды при пожаре в помещении. Среднеобъемная плотность газовой среды и среднеобъемные парциальные плотности ее компонентов (ОПК-4).
9. Среднеобъемная внутренняя энергия и среднеобъемное давление газовой среды в помещении (ПК-2).
10. Интегральное уравнение состояния газовой среды в помещении (ПК-2).
11. Дымообразование и параметры дыма, образованного твердыми частицами (ПК-1).
12. Коагуляция и седиментация частиц дыма (ПК-1).
13. Оптическое количество дыма и среднеобъемная оптическая плотность дыма. Связь между оптической плотностью дыма и дальностью видимости (ПК-1).
14. Интегральный метод термодинамического анализа пожара. Среда в помещении как открытая термодинамическая система (ПК-2).
15. Вывод уравнения материального баланса газовой среды интегральной математической модели пожара в помещении (ПК-2).
16. Классификация интегральных математических моделей пожара (ОПК-1).
17. Причины, обуславливающие движение газа и газообмен помещения с внешней средой через проемы при пожаре. Распределение гидростатических давлений по вертикали внутри и снаружи помещения (ПК-2).
18. Плоскость равных давлений. Зависимость расположения плоскости равных давлений от среднеобъемных значений давления и плотности газовой среды в помещении (ПК-2).
19. Возможные режимы газообмена при пожаре в помещении через проем (ПК-2).
20. Вывод уравнения баланса кислорода интегральной математической модели пожара в помещении (ПК-1).
21. Зависимости массовых расходов уходящих газов и поступающего воздуха для вертикального прямоугольного проема при различных режимах газообмена от геометрических характеристик этого проема и среднеобъемных параметров состояния газовой среды в помещении (ПК-2).
22. Зависимости массовых расходов уходящих газов и поступающего воздуха для вертикального круглого проема при различных режимах газообмена от геометрических характеристик этого проема и среднеобъемных параметров состояния газовой среды в помещении (ПК-2).

23. Особенности газообмена через горизонтальные проемы при пожаре в помещении (ПК-1).

24. Вывод уравнения материального баланса токсичных продуктов горения интегральной математической модели пожара в помещении (ПК-1).

25. Вывод уравнения баланса оптической плотности дыма интегральной математической модели пожара в помещении (ПК-1).

26. Процессы нагревания строительных конструкций при пожаре и математическое описание этих процессов (ПК-2).

27. Сопряженная математическая постановка задачи о нагревании строительных конструкций при пожаре (ПК-2).

28. Горючие вещества и их характеристики. Особенности горения твердых, жидких и газообразных веществ (ПК-1).

29. Скорость выгорания горючих материалов. Скорость тепловыделения в пламенной зоне (ПК-1).

30. Горючая нагрузка в помещении и ее характеристики. Линейная скорость распространения пламени по поверхности горючей нагрузки. Расчет площади пожара при различных видах пожарной нагрузки (ПК-1).

31. Удельная массовая скорость выгорания твердых и жидких горючих материалов. Тепловая мощность очага пожара в помещении (ПК-1).

32. Влияние газообмена на процесс горения материалов в помещении (ПК-2).

33. Режимы пожаров в помещении в зависимости от количества поступающего через проем воздуха (ПК-1).

34. Зависимость мощности тепловыделения при пожаре от концентрации кислорода в помещении (ПК-2).

35. Скорости потребления кислорода, образования токсичных продуктов горения и дымовыделения (ПК-1).

36. Особенность газообмена помещения с окружающей атмосферой в начальной стадии пожара (ПК-1).

37. Система дифференциальных уравнений интегральной модели пожара в начальной стадии пожара (ПК-1).

38. Аналитическое решение задачи о динамике опасных факторов пожара при круговом и линейном распространении пламени по поверхности твердой горючей нагрузки, а также при горении жидкостей (ПК-2).

39. Взаимосвязь между критическими среднееобъемными значениями опасных факторов пожара с предельно допустимыми их значениями в зоне пребывания людей (ПК-2).

40. Область применения аналитических соотношений для расчета критической продолжительности пожара (ПК-1).

41. Влияние размеров проемов на динамику опасных факторов пожара (ПК-2).

42. Критерий проемности. Зависимость критической продолжительности пожара от проемности и критерия проемности (ПК-2).

43. Модификация базовой интегральной математической модели для учета влияния объемного газового тушения. Дополнительное уравнение баланса (ПК-2).

44. Влияние концентрации огнетушащего вещества на скорость выгорания (ПК-1).

45. Особенности распределения локальных параметров состояния газовой среды внутри помещения в начальной стадии пожара (ПК-1).

46. Разделение пространства внутри пожара на зоны. Характерные зоны в начальной стадии пожара (ПК-1).

47. Вывод дифференциального уравнения материального баланса газовой среды для припотолочной зоны при отсутствии газообмена с внешней атмосферой (ПК-2).

48. Вывод дифференциального уравнения баланса токсичных продуктов горения для припотолочной зоны при отсутствии газообмена с внешней атмосферой (ПК-2).

49. Вывод дифференциального уравнения баланса оптического количества дыма и энергии для припотолочной зоны при отсутствии газообмена с внешней атмосферой (ПК-2).

50. Вывод дифференциального уравнения баланса энергии для припотолочной зоны при отсутствии газообмена с внешней атмосферой (ПК-2).

51. Математическая постановка задачи о динамике опасных факторов пожара в припотолочной зоне и ее аналитическое решение при постоянных значениях размеров и тепловой мощности очага горения (ПК-2).

52. Математическая постановка задачи при газообмене припотолочного слоя с внешней средой и изменяющимся со временем очагом пожара (ПК-2).

53. Базовая система дифференциальных уравнений в частных производных для описания турбулентного нестационарного движения и процессов тепло- и массопереноса в многокомпонентной газовой смеси (ПК-2).

54. Модели для расчета турбулентных течений при пожаре в помещении: их виды и особенности (ПК-2).

55. Коэффициент теплопоглощения: физический смысл, расчетная формула, влияние на динамику опасных факторов пожара (ПК-2).

56. Свойства горючей нагрузки и их влияние на динамику опасных факторов пожара (ПК-1).

57. Классификация дифференциальных моделей пожара (ОПК-1).

58. Особенность постановки и решения инженерных задач при квалификации нарушений требований пожарной безопасности (ОПК-1, ОПК-4, ПК-1, ПК-2).

59. Порядок проведения экспертизы расчетов по оценке пожарного риска на производственных объектах (ОПК-1, ОПК-4, ПК-1, ПК-2).

60. Особенности динамики пожаров на производственных объектах (ПК-1).

61. Программные средства для прогноза динамики опасных факторов пожара в здании (ОПК-1).

**Перечень практических заданий (задач, навыков, нормативов и т.п.)
для проведения промежуточной аттестации (в форме дифференцированного
зачета) по итогам освоения дисциплины «Прогнозирование опасных факторов
пожара»**

1. Определите координату плоскости равных давлений при пожаре в помещении. Исходные данные: высота помещения 3 м, среднеобъемное давление в помещении 101326 Па, давление атмосферное 101325 Па, плотность газовой среды в помещении $1,185 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$, плотность атмосферы $1,287 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$, ускорение свободного падения $9,81 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$ (ПК-1).

2. Определите скорость выгорания горючей нагрузки. Исходные данные: площадь горения $2,1 \text{ м}^2$, удельная скорость выгорания $0,0143 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$, режим пожара: регулируемый горючей нагрузкой (ПК-1).

3. Определите скорость тепловыделения в очаге пожара. Исходные данные: площадь горения $2,1 \text{ м}^2$, удельная скорость выгорания $0,0143 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$, коэффициент полноты горения 0,9, низшая расчетная теплота сгорания 14,8 МДж, режим пожара: регулируемый горючей нагрузкой (ПК-1).

4. Определите значение коэффициента теплопотерь. Исходные данные: площадь горения $2,1 \text{ м}^2$, удельная скорость выгорания $0,0143 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$, коэффициент полноты горения 0,9, низшая расчетная теплота сгорания 14,8 МДж, количество тепла, поглощенного ограждающими конструкциями 0,2 МДж, режим пожара: регулируемый горючей нагрузкой (ПК-1).

5. Обоснуйте выбор математической модели пожара моделирования динамики ОФП в помещении простой геометрической конфигурации, имеющем размеры $15 \times 9 \times 3 \text{ м}$, при условии, что очаг пожара существенно меньше размеров помещения. Класс функциональной пожарной опасности здания Ф4.2 (ОПК-1, ОПК-4).

6. Обоснуйте выбор математической модели пожара моделирования динамики ОФП в помещении сложной геометрической конфигурации, имеющем размеры $70 \times 60 \times 5 \text{ м}$, при условии, что очаг пожара существенно меньше размеров помещения. Класс функциональной пожарной опасности здания Ф5.2 (ОПК-1, ОПК-4).

7. Обоснуйте выбор математической модели пожара моделирования динамики ОФП в помещении простой геометрической конфигурации, имеющем размеры $10 \times 9 \times 3 \text{ м}$, при условии, что очаг пожара сопоставим с размерами помещения. Класс функциональной пожарной опасности здания Ф3.3 (ОПК-1, ОПК-4).

8. Определите критическую продолжительность пожара на высоте 2,2 м от уровня пола помещения. Характеристика типовой горючей нагрузки: кабинет; мебель + бумага (0,75+0,25). Длина помещения – 10 м, ширина – 7 м, высота – 5 м. Ширина дверного проема – 1,2 м, высота – 2 м. Температура в помещении до пожара 23 °С. Площадь горючей нагрузки 2 м^2 (длина 2 м, ширина 1 м). Коэффициент полноты сгорания – 0,95. Коэффициент теплопотерь – 0,85. Вид распространения пламени по горючей нагрузке – линейный (ПК-2).

9. Определите динамику среднемассовой концентрации оксида углерода при пожаре в помещении (на 1, 3, 5 мин). Характеристика типовой горючей нагрузки: химическое вещество – толуол (в поддоне размером $1 \times 0,5 \text{ м}$). Длина помещения – 16

м, ширина – 11 м, высота – 5 м. Ширина первого дверного проема – 1,2 м, высота – 2 м; второго – 2,5×4 м. Температура в помещении до пожара 23 °С. Коэффициент полноты сгорания – 0,95. Коэффициент теплопотерь – 0,55. Время стабилизации горения – 3 мин (ПК-2).

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПОЖАРА»

Допустимый пожарный риск - пожарный риск, уровень которого допустим и обоснован исходя из социально-экономических условий.

Заведомо ложное заключение о независимой оценке пожарного риска (аудите пожарной безопасности) - заключение о независимой оценке пожарного риска (аудите пожарной безопасности), подготовленное без проведения независимой оценки пожарного риска (аудита пожарной безопасности) или подготовленное после ее проведения, но противоречащее содержанию материалов, представленных эксперту в области оценки пожарного риска, состоянию пожарной безопасности объекта защиты, в отношении которого проведена независимая оценка пожарного риска (аудит пожарной безопасности), фактическому соблюдению организациями и гражданами противопожарного режима.

Индивидуальный пожарный риск - пожарный риск, который может привести к гибели человека в результате воздействия опасных факторов пожара.

Коагуляция частиц дыма - физико-химический процесс слипания мелких частиц дисперсных систем в более крупные под влиянием сил сцепления с образованием коагуляционных структур.

Математическая модель - модель, в которой сведения об объекте моделирования представлены в виде математических символов и выражений.

Независимая оценка пожарного риска (аудит пожарной безопасности) - оценка соответствия объекта защиты требованиям пожарной безопасности и проверка соблюдения организациями и гражданами противопожарного режима, проводимые не заинтересованным в результатах оценки или проверки экспертом в области оценки пожарного риска.

Необходимое время эвакуации - время с момента возникновения пожара, в течение которого люди должны эвакуироваться в безопасную зону без причинения вреда жизни и здоровью людей в результате воздействия опасных факторов пожара.

Опасные факторы пожара - факторы пожара, воздействие которых может привести к травме, отравлению или гибели человека и (или) к материальному ущербу.

Плоскость равных давлений - горизонтальная плоскость, на которой наружное давление равно давлению внутри помещения.

Пожар - неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства.

Седиментация частиц дыма - оседание частиц дисперсной фазы в жидкости или газе под действием гравитационного поля или центробежных сил.

Социальный пожарный риск - степень опасности, ведущей к гибели группы людей в результате воздействия опасных факторов пожара.

Эксперт в области оценки пожарного риска - должностное лицо, аттестованное в порядке, установленном Правительством Российской Федерации, осуществляющее деятельность в области оценки пожарного риска, обладающее специальными знаниями в области пожарной безопасности, необходимыми для проведе-

ния независимой оценки пожарного риска (аудита пожарной безопасности), и уполномоченное на подписание заключения о независимой оценке пожарного риска (аудите пожарной безопасности).