МЧС РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Уральский институт Государственной противопожарной службы
Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны,
чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗВИТИЯ И ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ»

направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность
(уровень бакалавриата)
Профиль – Надзорно-профилактическая деятельность

Екатеринбург
2025

Методические рекомендации по подготовке к контрольной работе по дисциплине «Физико-химические основы развития и тушения пожаров». Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность [Электронный ресурс] : / сост. А.В. Кокшаров. – Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2025. – 18 с.

Составитель:
Кокшаров А.В. к.х.н., доцент, начальник кафедры химии и процессов горения Уральского института ГПС МЧС России.

Приведены рекомендации по подготовке к контрольной работе, примеры решения задач и общего оформления контрольной работы по дисциплине «Физико-химические основы развития и тушения пожаров». Методические рекомендации предназначены для обучающихся очной формы обучения по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность Уральского института ГПС МЧС России

© «Уральский институт ГПС МЧС России», 2025

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 4
1. Краткая характеристика контрольной работы 5
2. Рекомендации по подготовке к контрольной работе и её выполнению.....5
2.1. Как эффективно запомнить информацию 6
2.2. Подготовка к контрольной работе 7
2.3. Выполнение контрольной работы 9
3. Краткое содержание контрольной работы…….....11
4. Рекомендуемая литература для подготовки
к контрольной работе… 15

Введение

Данные методические указания составлены в соответствии с рабочей программой дисциплины «Физико-химические основы развития и тушения пожаров» и предназначены для обучающихся по специальности 20.03.01 Техносферная безопасность.

Целью освоения дисциплины «Физико-химические основы развития и тушения пожаров» является формирование теоретической основы для профессиональной подготовки специалиста в области техносферной безопасности путем овладения знаниями физических и химических основ процессов возникновения и тушения пожаров в условиях современной высокотехнологичной среды и умениями прогнозировать их развитие в зависимости от различных условий, а также приобретение навыков практического использования полученных знаний для изучения, анализа и профилактики пожаров.

Изучение данной дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

ОПК-1: ОПК-1. Способен учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий при решении типовых задач в области профессиональной деятельности, связанной с защитой окружающей среды и обеспечением безопасности человека;

ОПК-2: Способен обеспечивать безопасность человека и сохранение окружающей среды, основываясь на принципах культуры безопасности и концепции риск-ориентированного мышления;

ПК-1: Способен понимать основные закономерности процессов горения и взрыва, распространения и прекращения горения, способен прогнозировать размеры зон воздействия опасных факторов при авариях и пожарах в помещениях, зданиях и сооружениях, открытых технологических установках, использовать методики определения пожарно- технических характеристик строительных конструкций, зданий и сооружений, технологического оборудования по критериям надежности и работоспособности;

ПК-2: Способен на основе законов теплофизики и термодинамики прогнозировать характер и размеры зон воздействия опасных факторов и их сопутствующих проявлений, применять действующие расчетные и экспериментальные методики, проводить анализ пожарной опасности и обоснованно выбирать известные устройства, системы и методы защиты человека и окружающей среды от негативных воздействий опасных факторов пожаров.

1. Краткая характеристика контрольной работы

Целью проведения занятия в форме контрольной работы является обобщение и систематизация изученного материала, проверка знаний по изученным темам, а также закрепление навыков по выполнению прикладных пожарно-технических расчётов.

При самостоятельной работе обучающихся над предлагаемыми заданиями и задачами развиваются и закрепляются логическое мышление и навыки самостоятельной работы со справочной литературой, умение правильно составлять алгоритм, формулировать решение поставленной задачи, оформлять расчёты и анализировать полученные результаты.

Письменная контрольная работа рассчитана на 2 аудиторных часа.

Для выполнения заданий обучающимся необходимо следующее материальное обеспечение:

- персональные инженерные калькуляторы;
- информационно-справочная литература.

На занятии используется следующая информационно-справочная литература, имеющаяся в библиотеке института:

1. Корольченко А.Я. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник в 2 ч. – М.: Асс. Пожнаука. 2000.–709 с.
2. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения (справочное издание в двух книгах) / Баратов А.Н., Корольченко А.Я., Кравчук Г.Н. и др. – М.: Химия. 1990.
3. Гайнуллина Е.В., Беззапонная О.В. Информационно-справочный материал для курсантов, слушателей заочного обучения и студентов по специальности 20.05.01 Пожарная безопасность. Екатеринбург: УрИ ГПС МЧС России, 2021. 52 с.

2. Рекомендации по подготовке к контрольной работе и её выполнению

Контрольная работа является одним из наиболее популярных способов проверки знаний учащихся. В процессе выполнения контрольной работы, происходит проверка и контроль уровня подготовленности обучающихся по дисциплине, обучаемый применяет и закрепляет приобретенные знания и умения по ранее изученным физико-математическим и общетехническим дисциплинам.

Подобное испытание может включать в себя теоретические аспекты изученного материала и разнообразные практические задания. Подготовка к контрольной работе, особенно в условиях недостатка времени, потребует от обучаемых максимальной концентрации сил и терпения.

Для подготовки потребуются: учебная литература; конспекты; бумага для записец; ручка.

2.1. Как эффективно запомнить информацию

Существует несколько способов, которые упрощают запоминание, делают его надежным. Эти способы можно назвать законами памяти.

1. Закон внимания. Для того чтобы качественно запомнить любой материал, вы должны полностью сконцентрировать внимание на нем. Основными факторами, которые негативно влияют на запоминание информации, являются: отвлекающие воздействия (например, шум или радио), усталость, посторонние мысли, спешка или раздражение.

2. Закон яркости. Наиболее твердо запоминается все необычное и яркое. За день вы можете встретить огромное количество людей, но к вечеру вы вспомните только тех, которые отличались от других. Поэтому перед запоминанием материала постарайтесь придать ему необычность.

3. Закон значимости. По значимости информацию можно разделить на три группы:

- жизненно важная информация (например, знания об опасностях) запоминается очень быстро и навсегда;
- интересная и важная информация также довольно легко запоминается;
- вся остальная информация усваивается наиболее трудно.

4. Закон мотивации. Для того чтобы лучше запомнить информацию, вы должны убедить себя в том, что она играет большую роль в вашей жизни. Например, вы получите быстрое повышение, победу в конкурсах.

5. Закон понимания и осмысления. Пытаться заучить материал без его понимания практически бесполезно. Поняв и осмыслив информацию, вы облегчите работу своей памяти.

6. Закон настройки и установки. Сперва постарайтесь решить, на сколько времени вам необходимо запомнить информацию. Это поможет вашему мозгу правильно разместить запоминаемые данные. Перед запоминанием прочитайте текст, это позволит подготовиться к работе, оценить сложность текста. Также очень полезно вспомнить все, что вы помните по данному вопросу.

Невозможность запоминания большого объема информации в кратчайшие сроки всегда являлась распространенной проблемой для человеческого мозга. Однако регулярно тренируя свою память, можно добиться больших успехов в запоминании.

Определите главное. Постарайтесь вычленить самое основное из той информации, которую предстоит запомнить. Всё остальное не нужно выключать из процесса запоминания, но лучше для начала опускать.

Сосредоточьтесь. Если у вас есть какие-то переживания или иные дела, предварительно следует их разрешить. Излишние мысли, не направленные на тренировку памяти, едва ли поспособствуют скорейшему усвоению информации.

Подключите воображение. Запоминайте не только слова или фразы, а также собственные ощущения от прочитанного. К примеру, если вам необходимо выучить текст повествовательного типа - попытайтесь визуализировать в мозгу картину происходящего.

Подбирайте ассоциативные цепочки. Если текст оказался слишком сложен для визуализации (формулы, произношение иностранных слов и проч.), то можно попробовать подобрать ассоциативный ряд к запоминаемой информации. Придуманная ассоциация не обязательно должна предельно точно описывать текст - пусть даже она будет понятна только вам, лишь бы запоминалась быстро и просто.

Успех в написании контрольной работы зависит от вашей подготовки и от ваших знаний. Любые знания, если их повторять, они оказываются более плодотворными. Подготовка к контрольной работе должна делаться тщательно, так чтобы повторить все знания. Если контрольная работа делается по определенным темам, то именно по ним и нужно подготовиться. Сложнее приходится с подготовкой, когда речь об итоговой контрольной работе по всем темам. Объем материала к запоминанию существенно возрастает.

Существует мнение, что не нужно повторять материал непосредственно перед контрольной работой, так как вы забудете то, что знали, и запомните только то, что в самом конце повторяли. Но это мнение ложное, и на практике не подтверждается. На самом деле качественные знания они остаются при себе навсегда. Качественные и долговечные знания - это знания, которые получены в течение долгого времени. Также качественными можно назвать те знания, которые основаны не только на теории, а еще и на практике.

Важно обращать как можно больше внимания на практическую часть подготовки к контрольной работе. Теоретические правила - это, конечно же, хорошо, но лучше, когда знания сохраняются на подсознательном уровне и вы можете решать задачи правильно, без особого вникания в саму теорию, хотя ее тоже нужно знать.

Для того чтобы быть готовым к контрольным работам, нужно вникать в том из чего они будут состоять. Конечно же, нужно знать все, но лучше, когда вы знаете, над чем сосредоточить свое внимание и повторить именно этот материал. Это также избавит в итоге от стрессовых ситуаций.

2.2. Подготовка к контрольной работе

Для того, что успешно выполнить контрольную работу, готовиться к ней нужно заранее. Перед контрольной каждый преподаватель озвучивает *список тем и примерные образцы задач* (см. далее), которые он представит в будущей работе.

Подготовка к контрольной работе начинается с изучения теории. Потом нужно внимательно посмотреть ход решения задач, выполненных на парах, попросить у преподавателя задания подобного типа и постараться прорешать их. Все вопросы**,** возникающие по ходу решения, адресуйте своему преподавателю или человеку, хорошо понимающему эту тему.

Необходимо также выучить *все определения и основные формулы* по предложенным разделам и темам, которые могут встретиться на контрольной работе, чтобы потом, в процессе решения мучительно не вспоминать, что значит тот или иной термин. В итоге, к выполнению работы нужно подойти, держа в

своей памяти примерный ход решения всех образцов задач, рекомендованных к ознакомлению, и основную теоретическую базу, требуемую для успешного решения.

Инструкция по подготовке

При подготовке к контрольной работе рекомендуется выполнить следующие действия:

1) Первым делом необходимо настроиться на серьезную деятельность. Если собраться с мыслями не удается, нарисуйте в голове конечный результат проделанной работы. Отличная отметка и осознание своего успеха – лучший стимул к усиленной подготовке.

2) Затем организуйте свое рабочее пространство. Отключите интернет, телефон, телевизор. Постарайтесь избавиться от всех внешних раздражителей. Приготовьте все необходимые материалы: учебник, тетради, чистые листы бумаги и ручку. Лучше заранее собрать все, что может потребоваться при подготовке. Так вы не будете тратить драгоценное время на поиски недостающих записей.

3) Когда времени на подготовку катастрофически мало, серьезным подспорьем для вас станет четкий план предстоящей работы. Кратко сформулируйте и запишите на листок разделы, которые необходимо проштудировать. Далее выберите из них то, что вызывает у вас наибольшие затруднения. Начните повторение с этого материала, поскольку оно займет гораздо больше сил и времени. Более легкие вопросы отложите на потом. По ходу повторения материала, отмечайте проработанные пункты значками (например, крестиком или галочкой). Этот простой прием поможет не только быстро определить темы, которые вы еще не рассматривали, но и визуально отразит объем уже выученного материала.

4) Во время подготовки делайте пометки и краткие записи, допустимо также написать несколько шпаргалок. Записывая сложную информацию, вы задействуете не только зрительную, но и моторную память. Это существенно облегчает процесс запоминания. А вот пользоваться шпаргалками на контрольной работе не стоит, они будут только отвлекать внимание.

5) Не стоит зубрить ночью. Рассчитайте время так, чтобы обеспечить себе достаточный сон накануне предстоящего испытания. Перед тем как лечь спать, еще раз пролистайте свои записи, проговорите вслух наиболее трудные понятия или формулы. Утром весь проработанный материал будет четко структурирован в голове, а вы будете чувствовать бодрость и уверенность в своих силах.

2.3. Выполнение контрольной работы

Взяв билет, спокойно сядьте за парту и начните решение контрольной работы с внимательного прочтения всех заданий. Закончив изучение задач, приступайте к самым простым - тем, которые вы сможете выполнить сходу. Если в процессе решения у вас возникает вопрос, на который вы не знаете ответа

и который препятствует дальнейшему продвижению с заданием, *отложите* эту задачу и беритесь за следующую.

Как только вы закончите с простыми задачами, и останутся задачи «на подумать», освежите у себя в памяти основные моменты по их тематике. Попробуйте сопоставить свои знания с тем, что вы видите у себя в билете. Не торопитесь и не перескакивайте в панике с задания на задание. Увидев задачу, подобие которой вы делали раньше, и основной материал по которой вам понятен и известен, составьте мысленный ход ее решения. Если вы ясно себе представляете, что и в какой последовательности делать, приступайте к выполнению. Так необходимо делать со всеми сложными заданиями.

Рационально используйте свое время. Если в конце контрольной работы у вас останутся невыполненные задачи, а времени в обрез, ни в коем случае не продолжайте биться над этими примерами**.** Это время лучше потратить на *проверку заданий* уже выполненных. Помните, что бывает очень обидно, когда, казалось бы, уже решенные задачи, за которые вы не беспокоитесь, после проверки оказываются выполненными неверно из-за глупых, а порой и смешных ошибок. Лучше довести до ума то, что у вас есть, чем потратить оставшееся время на бессильные попытки решить последнюю задачу. В ходе проверки исследуйте все. Внимательно смотрите за тем, чтобы условия задач были переписаны вами правильно, не пренебрегайте проверкой арифметических вычислений - именно в них частенько могут содержаться самые обидные ошибки.

Решение каждой задачи должно сопровождаться кратким пояснением, т.е. надо указывать, какие формулы или уравнения применяются для ее решения. Все этапы решения задачи нумеруются и снабжаются краткими и четкими пояснениями.

При расчетах вначале выписывается используемая формула с применением общепринятых буквенных обозначений, затем подставляются исходные цифровые значения вместо буквенных в той же последовательности, и только после этого производятся требуемые математические операции. Все расчеты в контрольных работах следует производить с помощью микрокалькулятора. Окончательные результаты с обязательным указанием размерности выделяются (подчеркиваются или берутся в рамки). Рекомендуется производить оценку правдоподобности окончательных результатов с точки зрения их физической сущности и исходных данных.

3. Краткое содержание контрольной работы по дисциплине

Контрольная работа включает в себя задачи по разделу № 1 «Пожар как физико-химическое явление. Основные закономерности возникновения и развития пожаров».

Для выполнения контрольной работы обучающиеся должны

знать:

- определения основных параметров пожара: площадь пожара, продолжительность пожара, температура пожара, удельная горючая нагрузка, удельная пожарная нагрузка, площадь поверхности горения, коэффициент поверхности горения, линейная скорость распространения пожара, массовая скорость выгорания, объемная скорость выгорания, интенсивность тепловыделения, коэффициент избытка воздуха, интенсивность задымления; путь, пройденный фронтом пламени; время свободного развития пожара;
- закон Фурье для расчёта потока тепла, передаваемого теплопроводностью;
- уравнение Ньютона для расчёта потока тепла, обусловленного конвекцией;
- уравнение Стефана-Больцмана для расчёта потока тепла излучением;
- алгоритм расчета площади внутреннего пожара;
- формулы для расчета скорости внутреннего пожара;
- условия и алгоритм расчета времени полного охвата помещения пламенем;

уметь:

- рассчитывать основные параметры пожара;
- рассчитывать потоки тепла, обусловленные теплопроводностью, конвекцией, излучением;
- рассчитывать требуемый и фактический расход воздуха через проём;
- определять положение нейтральной зоны по высоте проёма относительно его нижней отметки;
- проводить расчёт облучённости поверхности горючего материала;
- рассчитывать площадь пожара в условиях неограниченного газообмена на заданный момент времени;
- строить план и график распространения пожара в помещении;
- рассчитывать линейную скорость распространения пожара в помещении, время полного охвата помещения пламенем;

владеть:

- навыками расчёта удельной пожарной и удельной горючей нагрузки, интенсивности тепловыделения, массовой приведенной и удельной скорости выгорания;
- методиками расчета термодинамических и теплофизических параметров процесса горения;
- формулами для расчета основных характеристик тепло- и газообмена на пожаре;

- методиками расчета параметров пожара, построения плана и графика распространения пожара в помещении.

Вопросы для подготовки к контрольной работе:

1. Определение пожара как физико-химического явления и его отличительные особенности в современных условиях.
2. Процессы и явления на пожаре.
3. Опасные факторы пожара и их вторичные проявления.
4. Параметры пожара: продолжительность, площадь, температура, теплота, линейная скорость распространения пожара, скорость выгорания горючих материалов, интенсивность газообмена, плотность задымления.
5. Понятие пожарной и горючей нагрузки, ее влияние на параметры пожара.
6. Перенос теплоты теплопроводностью. Закон Фурье. Термическое сопротивление и тепловая инерция.
7. Перенос тепла конвекцией. Уравнение Ньютона. Роль конвекции на различных стадиях развития пожара.
8. Теплоперенос излучением. Формула Стефана-Больцмана. Расчет облученности поверхности горючего материала.
9. Понятие газообмена и его основные закономерности на внутреннем пожаре.
10. Плоскость равных давлений и её влияние на газообмен. Управление газообменом на пожаре.
11. Пожар, регулируемый нагрузкой и вентиляцией.
12. Коэффициент избытка воздуха, его влияние на развитие пожара.
13. Понятие динамики пожара и факторы, влияющие на нее.
14. Стадии и фазы развития внутреннего пожара.
15. Тепловой баланс внутреннего пожара.
16. Условия, необходимые для полного охвата помещения пламенем.
17. Пути распространения пожара за пределы помещения.

Тематика задач:

1. расчет основных параметров пожара, пожарной и горючей нагрузки;
2. расчет потоков тепла, обусловленных теплопроводностью, конвекцией, излучением;
3. расчет теоретического и фактического расхода воздуха через проем;
4. определение коэффициента избытка воздуха, остаточной концентрации кислорода в продуктах горения;
5. определение положения нейтральной зоны по высоте проема относительно его нижней отметки;
6. расчет облученности поверхности горючего материала;
7. расчет периода индукции твёрдых материалов различной толщины;

8. расчет площади пожара, построение плана и графика развития пожара в помещении;
9. определение линейной скорости распространения пожара в помещении;
10. определение времени полного охвата помещения пламенем.

Пример билета для контрольной работы

1. Какова величина удельной горючей и удельной пожарной нагрузки в кабинете площадью 18 м^2? Пол в помещении выложен дубовым паркетом толщиной 2,5 см. Плотность древесины, из которой изготовлен паркет, составляет 540 кг/м^3. В помещении имеется следующая мебель из дубовой древесины: книжный шкаф массой 90 кг, письменный стол массой 40 кг, два кресла массой по 7,5 кг каждое, а также диван массой 102 кг, состоящий (по массе) из 75 % древесины, 15 % пенополиуретана и 10 % кожи. Низшие теплоты сгорания древесины, пенополиуретана и кожи составляют 16,5; 24,52; 21,52 МДж/кг соответственно.

2. В процессе развития пожара в помещении среднеобъемная температура через 5 мин составила 100 °С, а через 20 мин 700 °С. Как изменится доля радиационной составляющей теплопереноса к холодной стенке помещения с температурой 10 °С? Принять коэффициент теплоотдачи конвекцией равным 20 Вт/(м^2·К). Степень черноты пламени 0,8.

3. Определить площадь пожара $S_п$ в помещении, при которой среднеобъёмная концентрация кислорода в продуктах горения снизится до 14 %. Фактический расход поступающего воздуха составляет 1,8 кг/с, приведённая массовая скорость выгорания горючей нагрузки равна 0,08 кг/(м^2·с), теоретический объём воздуха, необходимый для ее полного сгорания, 4,5 м^3/кг, температура окружающей среды 20 °С.

4. Определить, на каком расстоянии от очага пожара с интенсивностью тепловыделения 10 МВт может произойти возгорание древесноволокнистых плит, если согласно табличным данным критическое значение теплового потока для них составляет 10 кВт/м^2. Доля лучистой составляющей теплопереноса 80 %. Какова облученность объектов на расстоянии 5 м от очага?

5. Определить площадь пожара в помещении (см. рис. 1), построить план и график его распространения. Дверь расположена в центре перегородки. Фактический предел огнестойкости двери составляет 22 мин. Очаг возгорания находится в середине левой боковой стены. Линейная табличная скорость распространения пожара 0,8 м/мин.

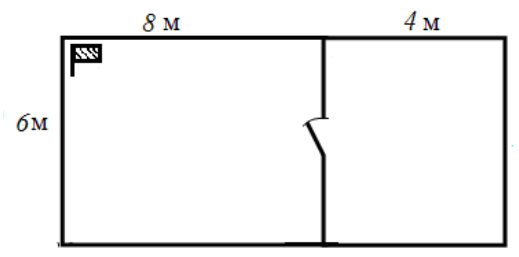


Рис. 1. План помещения для задачи 5

Пример решения билета

Задача № 1.

Расчет величины удельной горючей и удельной пожарной нагрузки проводится по формулам:

$$P_{\text{гн}} = \frac{\sum_i m_i}{\text{S}} \text{ и } g = \frac{\sum_i m_i \cdot Q_{\text{н}\,i}}{S}.$$

Масса всех горючих и трудногорючих материалов в комнате складывается из массы паркета и горючих материалов, из которых сделана мебель.

Массу паркета $m_{\text{пар}}$ можно рассчитать, зная его плотность ρ и объем V, который рассчитывается как произведение площади пола и толщины паркета:

$$m_{\text{пар}} = \rho V = \rho S_{\text{п}} h = 540 \cdot 18 \cdot 0{,}025 = 243 \text{ кг}.$$

Массы древесины, пенополиуретана (ППУ) и кожи, из которых сделан диван, соответственно равны:

$$m_{\text{древ}} = 0{,}75 \cdot 102 = 76{,}5 \text{ кг};$$
$$m_{\text{ппу}} = 0{,}15 \cdot 102 = 15{,}3 \text{ кг};$$
$$m_{\text{кожи}} = 0{,}10 \cdot 102 = 10{,}2 \text{ кг}.$$

Величина удельной горючей нагрузки $P_{\text{гн}}$ составит:

$$P_{\text{гн}} = \frac{90+40+2\cdot 7{,}5+102+243}{18} = \frac{388}{18} = 21{,}6 \text{ кг/м}^2$$

Величина удельной пожарной нагрузки g составит:

$$g = \frac{(90+40+2\cdot 7{,}5+243+76{,}5)5+15{,}3\cdot 24{,}52+10{,}2\cdot 21{,}52}{18} = \frac{8259}{18} = 459 \text{ МДж/м}^2.$$

Ответ: величина удельной горючей и пожарной нагрузок в кабинете площадью 18 м^2 составит соответственно 21,6 кг/м^2 и 459 МДж/м^2.

Задача № 2.

Для расчёта теплового потока излучением используем уравнение Стефана – Больцмана с учётом степени черноты источника излучения и поправки на температуру излучающей среды T_0 $q = \frac{\varepsilon\sigma S(\text{T}^4 - \text{T}_0^4)\cos\varphi}{\pi R^2}$.

Для определения конвективного теплопереноса используем уравнение Ньютона $q_{\text{к}} = \alpha_{\text{к}} \cdot \Delta\text{T} \cdot \text{S}$.

При 100 °С $q_{\text{к}} = 20(100 - 10) = 1800$ Вт/м^2;

$q_{\text{л}} = 0{,}8 \cdot 5{,}67 \cdot 10^{-8} \cdot (373^4 - 283^4) = 585{,}2$ Вт/м^2;

$q_{\Sigma} = q_{\text{к}} + q_{\text{л}} = 1800 + 585{,}2 = 2385{,}2$ Вт/м^2.

Доля теплообмена излучением составляет:

585,2 / 2385,2 = 0,245, т. е. (24,5 %).

При 700 °С $q_{\text{к}} = 20 \cdot (700 - 10) = 13800$ Вт/м^2;

$q_{\text{л}} = 0{,}8 \cdot 5{,}67 \cdot 10^{-8} \cdot (973^4 - 283^4) = 40\,370$ Вт/м^2;

$q_{\Sigma} = q_{\text{к}} + q_{\text{л}} = 13800 + 40\,370 = 54\,170$ Вт/м^2,

Доля излучения составляет 40 370 / 54 170= 0,745 (74,5 %).

Таким образом, доля радиационной составляющей увеличилась в 74,5/24,5, т. е. в 3 раза.

Ответ: в процессе развития пожара и увеличения среднеобъёмной температуры со 100 °С до 700 °С доля радиационной составляющей в теплопереносе увеличится в 3 раза.

Задача № 3.

Концентрация кислорода в продуктах горения φ_{O_2} определяет коэффициент избытка воздуха α. При наличии газообмена помещения с окружающей средой $\alpha = G^{ф}_{в}/G_{в}^{0}$.

Площадь пожара можно выразить из формулы для расчета требуемого расхода воздуха: $G_{в}^{т} = \upsilon_{м}^{пр} \cdot S_{п} \cdot V_{в}^{0} \cdot \rho_{в}$.

Отсюда площадь пожара:

$$S_{п} = \frac{G_{в}}{\alpha v_{м}^{пр} \rho_{в} V_{в}^{0}}.$$

Коэффициент избытка воздуха связан с концентрацией кислорода формулой:

$$\alpha = \frac{21}{21 - \varphi_{O_2}} = \frac{21}{21 - 14} = 3.$$

Тогда площадь пожара составит:

$$S_{п} = 1{,}8/(3{,}0 \cdot 0{,}08 \cdot 4{,}5 \cdot 1{,}2) = 1{,}4 \text{ м}^2.$$

Ответ: площадь пожара в помещении будет равна 1,4 м^2.

Задача № 4.

Из формулы $E = \frac{\eta_{л} \cdot Q_{п}}{4\pi \cdot R^2}$, выражаем расстояние от очага возгорания до облучаемого объекта:

$$R = \sqrt{\frac{\eta q_{\Sigma}}{4\pi E_{кр}}} = \sqrt{\frac{0{,}8 \cdot 10000}{4 \cdot 3{,}14 \cdot 10}} = 8 \quad м .$$

По известной теплоте пожара находим уровень облученности от него на заданном расстоянии:

$$E = \frac{\eta q_{\Sigma}}{4\pi R^2} = \frac{0{,}8 \cdot 10000}{4 \cdot 3{,}14 \cdot 5^2} = 25{,}48 \quad кВт / м^2 .$$

Ответ: расстояние от очага пожара составит 8 м, а облученность объектов на данном расстоянии 25,48 кВт/м^2.

Задача № 5.

1. За первые десять минут фронт пламени пройдет следующее расстояние:

$$l_{10} = 0{,}5\upsilon_{л}^{т} \cdot 10 = 5\upsilon_{л}^{т} = 5 \cdot 0{,}8 = 4 \text{ м}.$$

Это расстояние меньше, чем половина длины боковой стены, значит, площадь пожара на 10-й мин будет иметь форму полукруга радиусом 4 м (рис. 2). Площадь полукруга составит:

$$S_{п}^{10} = \pi l_{10}^2/2 = 3{,}14 \cdot 4^2/2 = 25{,}12 \approx 25 \text{ м}^2.$$

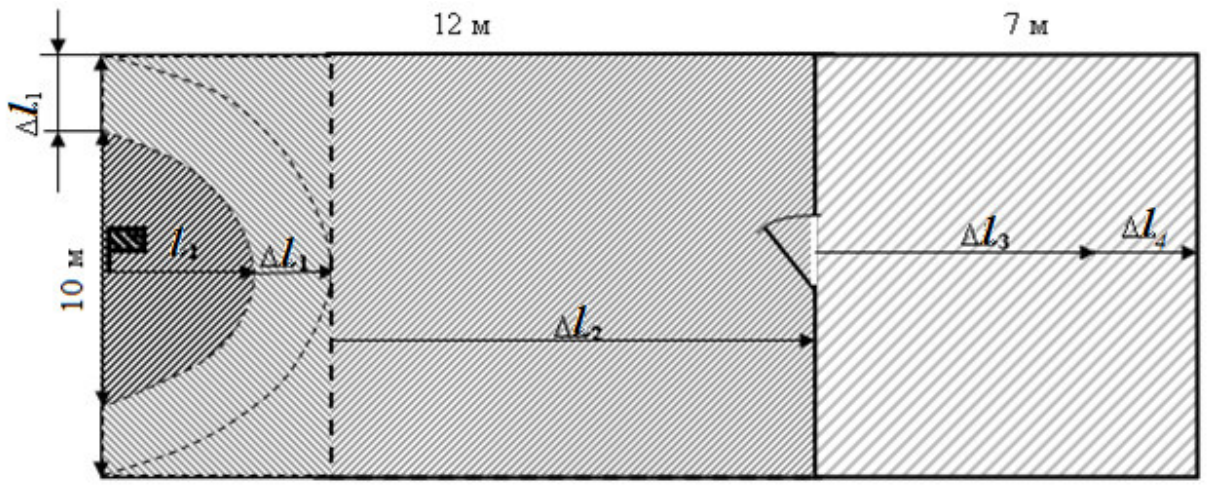


Рис. 2. Промежуточный вариант плана распространения пожара

2. Оставшееся расстояние до продольной стены $\Delta l_1 = 1$ м.

На этом и всех последующих участках пути $\upsilon_л = \upsilon_л^т = 0{,}8$ м/мин.

Время $\Delta\tau_1$, за которое пожар преодолеет расстояние Δl_1, составит:

$$\Delta\tau_1 = \Delta l_1 / \upsilon_л^т = 1/0{,}8 = 1{,}3 \text{ мин.}$$

Время распространения пожара:

$$\tau = 10 + 1{,}3 = 11{,}3 \text{ мин.}$$

Путь фронта пламени ко времени 11,3 мин:

$l_{11,3} = \upsilon_л^т \cdot (\tau - 5) = 0{,}8 \cdot (11{,}3 - 5) = 5$ м.

Фронт пламени в этот момент достигает продольной стены и спрямляется. Площадь пожара $S_п^{11,3}$ рассчитывается как площадь прямоугольника (см. рис. 2):

$$S_п^{11,3} = 10 \cdot 5 = 50 \text{ м}^2.$$

3. Из промежуточного плана распространения пожара (см. рис. 2) видно, что до перегородки остается расстояние Δl_2:

$$\Delta l_2 = 12 - 5 = 7 \text{ м.}$$

Это расстояние фронт пламени преодолеет за время $\Delta\tau_2$:

$$\Delta\tau_2 = \Delta l_2 / \upsilon_л^{табл} = 7 / 0{,}8 = 8{,}7 \text{ мин.}$$

Время распространения пожара до перегородки составит:

$$\tau = 11{,}3 + 8{,}7 = 20 \text{ мин.}$$

К этому моменту пожар охватит всю левую часть помещения:

$$S_п^{20} = 10 \cdot 12 = 120 \text{ м}^2.$$

4. Фактический предел огнестойкости двери 22 мин. В промежуток времени, равный пределу огнестойкости двери, площадь пожара будет неизменной. Рост площади пожара продолжится через 20 + 22 = 42 мин. Отсюда $S_п^{20} = S_п^{42} = 120$ м^2.

5. В правой части помещения распространение фронта пламени начнется от центра двери. Пожар к этому времени уже находится в стадии полного развития, поэтому $\upsilon_л = \upsilon_л^т$.

Расстояние от центра двери до ближайшей продольной стены $\Delta l_1 = 5$ м. Фронт пламени пройдет его за время $\Delta\tau_3$:

$$\Delta\tau_3 = \Delta l_3 / \upsilon_л^т = 5/0{,}8 = 6{,}3 \text{ мин.}$$

Текущее время распространения пожара $\tau = 42 + 6{,}3 = 48{,}3$ мин.

Фронт пламени в этот момент достигает ограждающей конструкции и спрямляется. Площадь пожара в данной части помещения составит:

$$\Delta S_3 = 10 \cdot \Delta l_3 = 10 \cdot 5 = 50 \text{ м}^2.$$

Общая площадь пожара на данный момент времени будет составлять:

$$S_{\text{п}}^{48,3} = 120 + 50 = 170 \text{ м}^2.$$

6. Из промежуточного плана распространения пожара (см. рис. 2) видно, что до правой боковой стены остается расстояние $\Delta l_4 = 7 - 5 = 2$ м.

Это расстояние фронт пламени преодолеет за время $\Delta\tau_4$:

$$\Delta\tau_4 = \Delta l_4 / \upsilon_{\text{л}}^{\text{т}} = 2 / 0{,}8 = 2{,}5 \text{ мин.}$$

Общее время развития пожара составит:

$$\tau = 48{,}3 + 2{,}5 = 50{,}8 \approx 51 \text{ мин.}$$

К этому моменту времени пожар охватит всю площадь помещения:

$$S_{\text{п}}^{51} = 10 \cdot (12 + 7) = 190 \text{ м}^2.$$

Итоговый план распространения пожара и график изменения его площади показаны на рис. 3 и 4.

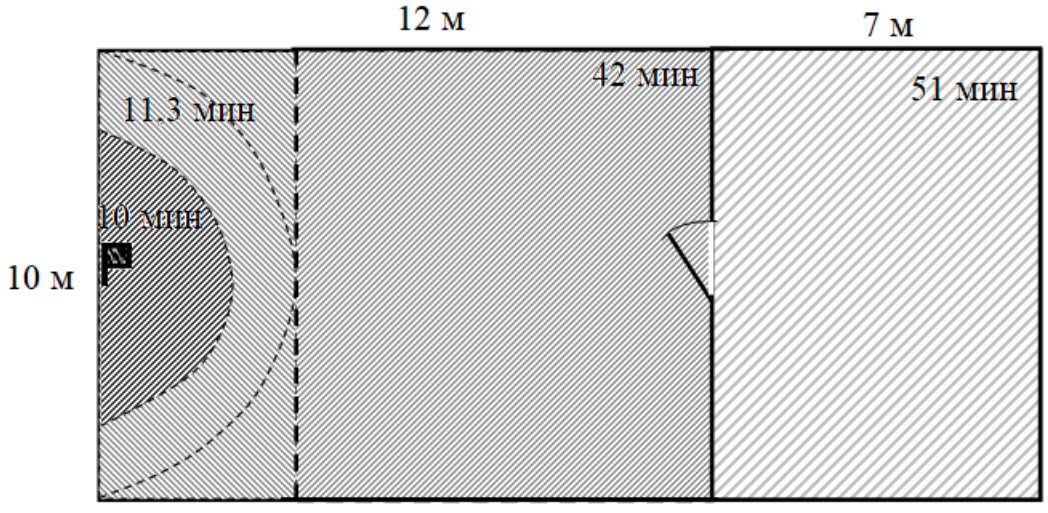


Рис. 3. Итоговый плана распространения пожара

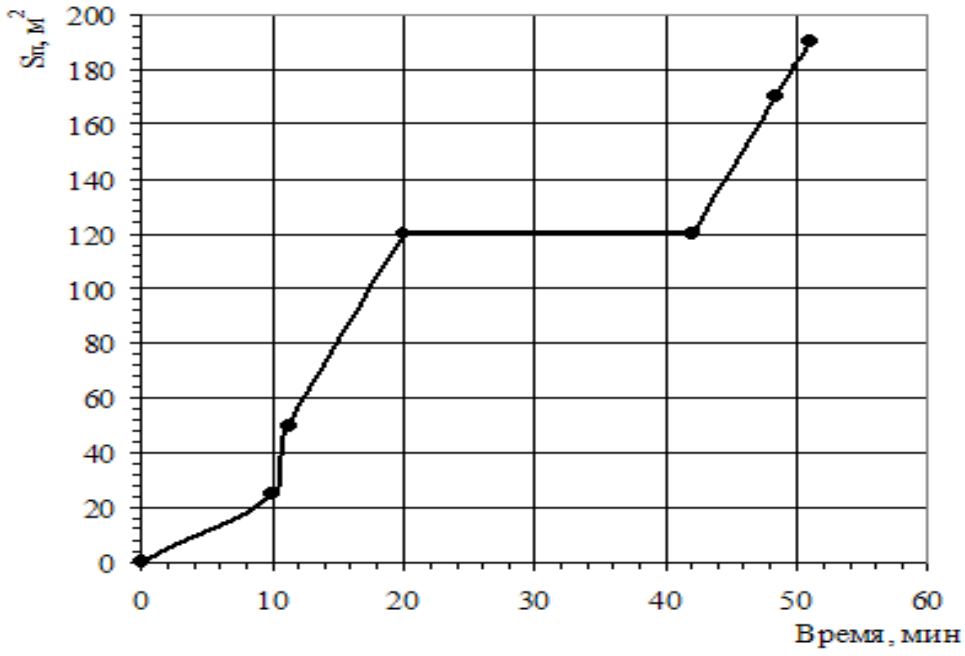


Рис. 4. График изменения площади пожара в помещении

Критерии оценки.

Оценка знаний обучаемых на основании результатов выполнения контрольной работы проводится по пятибалльной системе.

«Отлично» (оценка «5»): задачи решены правильно, изложены в полном объеме грамотным научным языком, допускаются неточности в арифметических расчетах, не влияющие на конечный результат.

«Хорошо» (оценка «4»): решено 70-80 % заданий, допускаются погрешности в формулировках, не искажающие суть решения, при решении задач допускаются арифметические неточности, не влияющие на конечный результат.

«Удовлетворительно» (оценка «3»): решено 60-70 % заданий, при решении типовых задач допущены не существенные ошибки.

«Неудовлетворительно» (оценка «2»): решение задач не представлено либо оно оказалось неверным, решено менее половины заданий, обучающийся неграмотно и неточно формулирует изученные законы и не умеет применять их на практике.

4. Рекомендуемая литература для подготовки к контрольной работе

1. Адамян, В. Л. Физико-химические основы развития и тушения пожаров / В. Л. Адамян. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2023. – 176 с. – ISBN 978-5-507-46653-5. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: https://e.lanbook.com/book/314756.
2. Гайнуллина, Е. В. Сборник задач по курсу «Физико-химические основы пожароопасных процессов в техносфере» [Текст] : учебное пособие / Е. В. Гайнуллина. – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2017. – 173 с.

3. Гайнуллина, Е. В. Пожаровзрывоопасные процессы в техносфере [Текст] : учебное пособие. Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность / Е. В. Гайнуллина, А. В. Кокшаров, Н. Ю. Добрынина. – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2018. – 123 с.
4. Марков, В. Ф. Физико-химические основы развития и тушения пожаров [Текст] : учебник / В. Ф. Марков, Л. Н. Маскаева, С. Н. Пазникова. – Екатеринбург : УрО РАН, 2013. – 305 с.
5. Физико-химические основы развития и тушения пожаров [Текст] : учеб. пособие / В. Ф. Марков, Л. Н. Маскаева, М. П. Миронов, С. Н. Пазникова; под ред. В. Ф. Маркова. - Екатеринбург : УрИ ГПС МЧС России, 2009. - 274 с.
6. Сборник задач по курсу «Физико-химические основы развития и тушения пожаров» [Текст] : учеб. пособие. / В. Ф. Марков, Л. Н. Маскаева, Е. В. Гайнуллина, О. В. Беззапонная - Екатеринбург : УрИ ГПС МЧС России, 2011. - 171 с.