ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра комплексной безопасности
в строительстве

ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ И ПОЖАРНОЙ АВТОМАТИКИ

Методические указания
к практическим занятиям и выполнению курсовой работы (проекта)
для обучающихся по направлению подготовки
20.03.01 Техносферная безопасность, профиль «Пожарная безопасность»

Составители:
В.В. Смирнов, Д.А. Корольченко

© Национальный исследовательский
Московский государственный
строительный университет, 200 .

Москва
Издательство МИСИ – МГСУ
200 .

УДК 628.74
ББК 38.96
О-75

Рецензент — доктор физико-математических наук, профессор *В.А. Горев*, профессор кафедры комплексной безопасности в строительстве НИУ МГСУ

О-75 **Основы производственной и пожарной автоматики** [Электронный ресурс] : методические указания к практическим занятиям и выполнению курсовой работы (проекта) для обучающихся по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность, профиль «Пожарная безопасность» / сост.: В.В. Смирнов, Д.А. Корольченко ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, кафедра комплексной безопасности в строительстве. — Электрон. дан. и прогр. (1,7 Мб). — Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2020. — Режим доступа: http://lib.mgsu.ru/Scripts/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=IBIS&P21DBN=IBIS . — Загл. с титул. экрана.

В методических указаниях содержатся рекомендации по выполнению практических работ и курсового проекта (работы) по тематике «Пожарная безопасность». Рассмотрены основные понятия и определения, предложены темы (варианты) курсовых проектов (работ).

Для обучающихся бакалавриата всех форм обучения по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность, профиль «Пожарная безопасность».

Учебное электронное издание

© Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2020

Редактор *Л.В. Себова*
Корректор *К.И. Коноплева*
Компьютерная правка и верстка *К.И. Коноплевой* и *Л.В. Себовой*
Дизайн первого титульного экрана *Д.Л. Разумного*

Для создания электронного издания использовано:
Microsoft Word 2010, ПО Adobe Acrobat

Подписано к использованию 26.12.2019 г. Объем данных 1,7 Мб.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет»
129337, Москва, Ярославское ш., 26.

Издательство МИСИ – МГСУ.
Тел. (495) 287-49-14, вн. 13-71, (499) 188-29-75, (499) 183-97-95.
E-mail: ric@mgsu.ru, rio@mgsu.ru

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ 6

1. КУРСОВОЙ ПРОЕКТ «УПРАВЛЕНИЕ УСТАНОВКОЙ ГАЗОВОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ (ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ)» 6

Методические указания к выполнению курсового проекта 6

Исходные данные и варианты заданий для выполнения курсового проекта 7

Основные технические решения, которые необходимо принять при выполнении курсового проекта 8

Требования к электроуправлению установкой пожаротушения 8

Состав курсового проекта 9

Вопросы для контроля знаний 9

Библиографический список 10

2. КУРСОВОЙ ПРОЕКТ «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ОБЪЕМА ГОРЮЧЕЙ МАССЫ ИЗОЛЯЦИИ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ (ПРОВОДОВ) ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ ПРОСТРАНСТВА ЗА ПОДВЕСНЫМИ ПОТОЛКАМИ» 10

Методические указания к выполнению курсового проекта 10

Исходные данные и варианты заданий для выполнения курсового проекта 12

Определение объема горючей массы изоляции кабельных линий 13

Характеристики проводов и кабелей 13

Состав курсового проекта 14

Вопросы для контроля знаний 14

Библиографический список 14

3. КУРСОВОЙ ПРОЕКТ «ПРОЕКТ ВНУТРЕННЕГО ПРОТИВОПОЖАРНОГО ВОДОПРОВОДА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ)» 14

Методические указания к выполнению курсового проекта 14

Исходные данные и варианты заданий для выполнения курсового проекта 18

Состав курсового проекта 19

Вопросы для контроля знаний 19

Библиографический список 20

4. КУРСОВОЙ ПРОЕКТ «СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ГАЗОВОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ МОДУЛЬНОГО ТИПА (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ)» 20

Методические указания к выполнению курсового проекта 20

Исходные данные и варианты заданий для выполнения курсового проекта 27

Состав курсового проекта 28

Вопросы для контроля знаний 28

Библиографический список 28

5. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ АВТОМАТИКИ 29
5.1. Практическое занятие № 1. Разработка проекта сброса избыточного давления при срабатывании автоматических установок пожаротушения 29
5.2. Практическое занятие № 2. Расчет клапана сброса давления в технологической установке 31
6. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПОЖАРНОЙ АВТОМАТИКИ 33
6.1. Практическое занятие № 1. Разработка проекта автоматической пожарной сигнализации объекта защиты 33
7. ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК 36
7.1. Практическое занятие № 1. Расчет молниезащиты зданий и сооружений 36
7.2. Практическое занятие № 2. Определение допустимой длительной нагрузки на провода и кабели 39
8. ПРОТИВОПОЖАРНОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ 41
8.1. Практическое занятие № 1. Испытание внутреннего противопожарного водопровода и его технических средств в процессе эксплуатации 41
8.2. Практическое занятие № 2. Выполнение гидравлического расчета внутреннего противопожарного водопровода 43
8.3. Практическое задание № 3. Расстановка пожарных гидрантов для целей пожаротушения 49
9. АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПОЖАРОТУШЕНИЕ 51
9.1. Практическое занятие № 1 51
9.2. Практическое занятия № 2. Расчет установки порошкового пожаротушения модульного типа 53
9.3. Практическое занятие № 3. Расчет установки аэрозольного пожаротушения модульного типа 56
9.4. Практическое занятие № 4. Расчет параметров АУП при пожаротушении водой 60

ВВЕДЕНИЕ

Выполнение курсовых проектов (работ) позволяет обучающимся решить ту или иную проблему в результате самостоятельных действий и предполагает презентацию этих результатов в виде конкретного проекта. В основу выполнения курсовых проектов положена направленность на результат, который можно получить при решении той или иной практически или теоретически значимой проблемы обеспечения пожарной безопасности объекта защиты.

Цель выполнения курсовых проектов (работ):

— приобретение обучающимися знаний, необходимых для разработки и эксплуатации автоматических средств производственной и пожарной автоматики, систем обнаружения и тушения пожара, а также умений проводить анализ проектов установок пожарной автоматики и пожаротушения.

Задачи дисциплины:

— изучение принципов построения и особенностей проектирования технических средств производственной и пожарной автоматики;

— изучение особенностей размещения технических средств производственной и пожарной автоматики на защищаемых объектах;

— разработка технических заданий и анализ проектных решений систем пожарной автоматики и пожаротушения;

— надзор за выполнением в проектной документации на системы пожарной автоматики и пожаротушения требований противопожарных норм и правил;

— техническое обслуживание и проверка работоспособности систем пожарной автоматики и пожаротушения.

Курсовой проект (работа) выполняется по следующим разделам дисциплины:

— тематика курсового проекта в 7 семестре:

1) управление установкой газового пожаротушения. Электротехническая часть;

2) определение величины объема горючей массы изоляции кабельных линий (проводов) для обоснования противопожарной защиты пространства за подвесными потолками;

— тематика курсового проекта в 8 семестре:

1) проект внутреннего противопожарного водопровода промышленного предприятия;

2) проект системы газового пожаротушения объекта защиты. Технологическая часть.

1. КУРСОВОЙ ПРОЕКТ «УПРАВЛЕНИЕ УСТАНОВКОЙ ГАЗОВОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ (ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ)»

1. Методические указания к выполнению курсового проекта.
2. Исходные данные и варианты заданий для выполнения курсового проекта.
3. Основные технические решения, которые необходимо принять при выполнении курсового проекта.
4. Требования к управлению установкой пожаротушения.
5. Состав курсового проекта.
6. Вопросы для контроля знаний.
7. Библиографический список.

Методические указания к выполнению курсового проекта

Установка управления пожаротушением должна обеспечивать выполнение следующих основных функций:

— контроль автоматических пожарных извещателей;

— управление запуском модулей пожаротушения;

— управление звуковыми и световыми оповещателями;

— контроль исправности газовых модулей пожаротушения;

— контроль закрытия дверных проемов;

— реализация режимов автоматического дистанционного и местного запусков установки;

— блокировка автоматического или дистанционного запуска при наличии людей.

При наличии в защищаемом помещении нескольких эвакуационных выходов перед каждым снаружи необходимо установить кнопки дистанционного пуска, а также при необходимости устройства восстановления автоматического пуска. Наличие в защищаемом помещении нескольких эвакуационных выходов, а также сложная планировка помещения определяют количество светозвуковых табло «Газ — уходи» так, чтобы они были видны из каждой точки помещения, а также располагались над эвакуационными выходами. Эвакуационные выходы помещений снаружи оборудуются необходимым количеством световых табло «Газ — не входи», а также световым сигнализатором об отключении автоматического пуска установки, например табло «Автоматика отключена».

Основные технические решения, принятые в курсовом проекте, должны отвечать требованиям следующих нормативных документов:

— СНиП 11-01–95 «Инструкции о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений» (рекомендуемые положения ныне недействующего СНиП в части, не противоречащей федеральным законам и постановлениям Правительства Российской Федерации);

— СП 5.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Норма и правила проектирования (с Изменением № 1) »;

— СП 3.13130.2009 «Система противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности»;

— СП 76.13330.2016 «Электротехнические устройства. Актуализированная редакция СНиП 3.05.06–85»;

— «Правила устройства электроустановок (ПУЭ)».

Исходные данные и варианты заданий для выполнения курсового проекта

Характеристика объекта защиты:

— функциональное назначение здания (помещения) — серверная;

— стены, перегородки — кирпичные, перекрытие — железобетонные плиты;

— подвесные потолки и фальшпол отсутствуют;

— наличие на объекте инженерного оборудования — установлены огнезадерживающие клапаны;

— размеры помещений приведены в табл. 1;

— категория по взрывопожарной и пожарной опасности — В3, класс зоны — П-IIа;

— место размещения на объекте пожарного поста (помещение с круглосуточным дежурством персонала) — пожарный пост расположен в смежном с серверной помещении и имеет размеры 4×4×3 м.

Таблица 1

Вариант	Ширина, м	Длина, м	Высота, м
1	4	4	4
2	4	5	4
3	4	6	4
4	4	7	4
5	4	8	4
6	4	9	4
7	4	10	4
8	4	11	4
9	4	12	4
10	4	13	4
11	5	4	3
12	5	5	3
13	5	6	3
14	5	7	3
15	5	8	3
16	5	9	3
17	5	10	3
18	5	11	3
19	5	12	3
20	5	13	3

Диапазон рабочих температур в защищаемом помещении: от +18 до +24 °С.

В качестве пожарной нагрузки на объекте принимается:

— электронное оборудование и кабели, т.е. по ГОСТу 27331–87 — пожар класса А2.

В помещении имеется система отопления. Система дымоудаления отсутствует.

Вентиляция помещений естественная.

Пребывание обслуживающего персонала непостоянно.

Для эвакуации из помещений имеется противопожарная дверь (расположение двери в проекте выбирается произвольно).

Основные технические решения, которые необходимо принять при выполнении курсового проекта

Автоматическая установка газового пожаротушения (ГОТВ) модульного типа состоит из двух функциональных частей:

— технологической (модулей пожаротушения, предназначенных для хранения и выпуска ГОТВ, трубопровода и насадок);

— электротехнической (устройства обнаружения загорания и формирования командного импульса на вскрытие запорно-пускового устройства модуля, а также контроля состояния установки в дежурном режиме).

Электротехническая часть управления установкой пожаротушения должна состоять из прибора приемно-контрольного и управления пожарного (ППКУП) С2000-АСПТ, пульта контроля и управления охранно-пожарного С2000-М, дымового оптико-электронного пожарного извещателя ИП212-3СМ и извещателя пожарного ручного ИП535-8.

Для оповещения о пожаре и работе системы управления применить световое (светозвуковое) табло КОП-25.

Допускается обучающимися в проекте использовать другое оборудование.

Электропитание автоматической установки газового пожаротушения предусмотреть от двух независимых источников электроснабжения.

Вторым источником электроснабжения проектом предусмотреть аккумуляторную батарею, обеспечивающую работоспособность установки не менее 24 ч в дежурном режиме и не менее 3 ч в режиме пожара или неисправности.

Электротехническую часть установки газового пожаротушения выполнить на основе сертифицированного оборудования.

Требования к электроуправлению установкой пожаротушения

Электроуправление установкой пожаротушения должна обеспечивать:

— автоматический пуск;

— отключение и восстановление режима автоматического пуска;

— электроснабжение от встроенного аккумулятора при исчезновении напряжения на рабочем вводе;

— контроль целостности цепи пуска пожаротушения, включение предупредительной тревожной сигнализации;

— контроль табло звуковой и световой сигнализации;

— отключение звуковой сигнализации;

— формирование командного импульса для закрытия огнезадерживающих клапанов приточно-вытяжной вентиляции и отключения системы кондиционирования в защищаемом помещении при пожаре.

Пуск установки пожаротушения с последующей подачей ГОТВ должен производиться:

а) в режиме автоматического пуска: при получении сигнала «Пожар» от С2000-АСПТ; при срабатывании не менее двух дымовых пожарных извещателей типа ИП212-3СМ, установленных в защищаемом помещении;

б) в режиме ручного дистанционного пуска кнопкой «Пуск» на извещателе пожарном ручном ИП535-8, установленном у входа в защищаемое помещение, с пульта контроля и управления, расположенного в помещении охраны объекта.

Автоматический пуск

Пуск установки в автоматическом режиме должен осуществляться при отсутствии людей в защищаемом помещении.

В случае возникновения загорания в защищаемом помещении и при срабатывании одного пожарного извещателя в шлейфе приемно-контрольный прибор С2000-АСПТ должен формировать сигнал «Внимание»; при срабатывании второго или двух одновременно пожарных извещателей — сигнал «Пожар» с одновременным формированием релейного сигнала «Пожар».

При этом в защищаемом помещении должны включаться звуковой оповещатель (сирена) и выдаваться сигнал на включение светозвукового табло «Газ — уходи», установленного над выходом из защищаемого помещения.

Спустя время задержки пуска приемно-контрольный прибор формирует командный импульс для электромагнита на открытие запорно-пускового устройства модуля.

При поступлении ГОТВ в трубную разводку срабатывает сигнализатор давления универсальный (СДУ). После получения сигнала от СДУ должен выдаваться сигнал на отключение светозвукового табло «Газ — уходи» и на включение светового табло «Газ — не входи», установленного над входом в защищаемое помещение.

Ручной дистанционный пуск

Ручной дистанционный пуск установки пожаротушения осуществляется обслуживающим персоналом. При открывании двери в защищаемое помещение установка должна автоматически переходить в ручной режим пуска. При этом табло «Автоматика отключена» загорается, а в помещение охраны проходит сигнал «Автоматика отключена». При закрывании двери установка остается в режиме «Ручной пуск».

Восстановление автоматического режима пуска установки осуществляется после покидания помещения обслуживающим персоналом, закрытой двери и ручном нажатии кнопки на приборе С2000-АСПТ «Автоматика отключена», установленном у входа в защищаемое помещение. При этом в помещение охраны должен пройти сигнал «Автоматика включена». Кроме того, восстановление автоматического режима ручного пуска установки предусмотрено со считывателя, установленного у входа в защищаемое помещение, с помощью ключа Touch Memory и с пульта контроля управления, установленного в помещении охраны.

В случае возникновения пожара ручной пуск установки пожаротушения должен осуществляться обслуживающим персоналом при покидании защищаемого помещения и закрытой двери путем ручного нажатия кнопки «Пуск» на извещателе пожарном ручном, расположенном у входа в защищаемое помещение.

При ручном нажатии кнопки «Пуск» на извещателе пожарном ручном сигнал должен поступать на приемно-контрольный прибор С2000-АСПТ, который формирует сигнал на пуск установки пожаротушения по алгоритму «автоматический пуск».

Состав курсового проекта

1. Титульный лист курсового проекта.
2. Краткая характеристика объекта защиты.
3. Обоснование применения систем противопожарной защиты.
4. Основные проектные решения.
5. Принцип работы систем противопожарной защиты.
6. Основные положения по эксплуатации установки.
7. Основной комплект чертежей: структурная схема, схема подключения, план размещения оборудования, спецификация оборудования и материалов.
8. Расчет токопотребления (при необходимости).

Вопросы для контроля знаний

1. Требование к установке приборов и извещателей пожарной сигнализации.
2. Задачи, которые решает система заземления (зануления).
3. Размещение приборов приемно-контрольных и приборов управления.
4. Алгоритм работы системы управления газовым пожаротушением серверной.
5. Назначение приборов, входящих в систему управления пожаротушением серверной.
6. Выбор типа пожарных извещателей для объекта защиты.

Библиографический список

СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования (с Изменением № 1) : свод правил. — URL: http://docs.cntd.ru/document/1200071148

Противопожарная защита и тушение пожаров. Книга 2. Промышленные здания и сооружения / В.В. Теребнев, Н.С. Артемьев, Д.А. Корольченко [и др.]. — Москва : Пожнаука, 2006. — 412 с. — ISBN 5-903049-03-06.

Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (с изменениями на 27 декабря 2018 г.) : Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. — URL: http://docs.cntd.ru/document/902111644

Храпский С.Ф. Производственная и пожарная автоматика / С.Ф. Храпинский, В.И. Стариков, Д.В. Рысев. — Омск : ОмГТУ, 2013. — 150 с. — ISBN 978-5-8149-1472-9.

2. КУРСОВОЙ ПРОЕКТ «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ОБЪЕМА ГОРЮЧЕЙ МАССЫ ИЗОЛЯЦИИ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ (ПРОВОДОВ) ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ ПРОСТРАНСТВА ЗА ПОДВЕСНЫМИ ПОТОЛКАМИ»

1. Методические указания к выполнению курсового проекта.
2. Исходные данные и варианты заданий для выполнения курсового проекта.
3. Определение объема горючей массы изоляции кабельных линий (проводов).
4. Характеристики проводов и кабелей.
5. Состав курсового проекта.
6. Вопросы для контроля знаний.
7. Библиографический список.

Методические указания к выполнению курсового проекта

В настоящее время необходимость защиты пространства за подвесными потолками и под двойными полами автоматическими установками пожаротушения (АУП) и пожарной сигнализации (АУПС) определяется исходя из величины объема горючей массы изоляции кабелей (проводов), воздуховодов и трубопроводов.

Целью выполнения курсового проекта являются расчет объема горючей массы изоляции кабелей, проложенных за подвесными потолками на этажах офисного здания, и разработка рекомендаций по выполнению требований СП 5.13130.2009 в части защиты пространства за подвесными потолками автоматическими установками противопожарной защиты.

Работа выполняется на основании архитектурно-проектных решений, технической документации (исходные данные) и сертификатов на применяемые материалы (кабельная продукция и пр.).

Настоящий курсовой проект выполняется в соответствии с требованиями действующих нормативных документов в области пожарной безопасности:

— Федеральный закон № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (с изменениями на 27 декабря 2018 г.)»;

— Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования (с Изменением № 1);

— ГОСТ 31565–2012 «Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности»;

— СНиП 21-01–97* «Пожарная безопасность зданий и сооружений (с Изменениями № 1, 2)».

В прил. А СП 5.13130.2009 в табл. А.2 изложены нормативные требования по применению автоматических установок пожаротушения и пожарной сигнализации в запотолочном и подпольном пространствах (табл. 2).

Кабельные сооружения, пространства за подвесными потолками и под двойными полами автоматическими установками не оборудуются при выполнении следующих условий:

а) при прокладке кабелей (проводов) в стальных водогазопроводных трубах или стальных сплошных коробах с открываемыми сплошными крышками;

б) при прокладке трубопроводов и воздухопроводов с негорючей изоляцией;

в) при прокладке одиночных кабелей (проводов) типа НГ для питания цепей освещения;

г) при прокладке кабелей (проводов) типа НГ с общим объемом горючей массы менее 1,5 л на 1 м кабельной линии (КЛ) за подвесными потолками, выполненными из материалов группы горючести НГ и Г1.

В случае если здание (помещение) в целом подлежит защите АУП, пространства за подвесными потолками и под двойными полами при прокладке в них воздуховодов, трубопроводов с изоляцией, выполненной из материалов группы горючести Г1–Г4, или кабелей (проводов) с объемом горючей массы кабелей (проводов) более 7 л на 1 м КЛ необходимо защищать соответствующими установками.

При этом, если высота от перекрытия до подвесного потолка или от уровня черного пола до уровня двойного пола не превышает 0,4 м, устройство АУП не требуется.

Таблица 2

Объект защиты	Нормативный показатель	
	АУП	АУПС
Пространства за подвесными потолками и под двойными полами при прокладке в них воздуховодов, трубопроводов с изоляцией, выполненной из материалов группы горючести Г1–Г4, а также кабелей (проводов), не распространяющих горение (НГ) и имеющих код пожарной опасности ПРГП1, в том числе при их совместной прокладке	–	–
Воздуховоды, трубопроводы или кабели (провода) с объемом горючей массы кабелей (проводов) 7 и более литров на метр кабельной линии (КЛ), в том числе при их совместной прокладке	Независимо от площади и объема	–
Кабели (провода) типа НГ с общим объемом горючей массы от 1,5 до 7 л на метр КЛ	–	Независимо от площади и объема

Обобщив требования, изложенные в табл. А.2 прил. А к СП 5.13130.2009, можно отметить, что установками автоматической пожарной сигнализации за подвесным потолком и под двойными полами не оборудуются в следующих случаях:

— в пространствах за подвесными потолками при прокладке в них воздуховодов, трубопроводов с изоляцией, выполненной из материалов группы горючести Г1–Г4, а также кабелей (проводов), не распространяющих горение (НГ) и имеющих код пожарной опасности ПРГП1, в том числе при их совместной прокладке при условии, что при прокладке кабелей (проводов) типа НГ с общим объемом горючей массы менее 1,5 л на 1 м КЛ за подвесными потолками, выполненными из материалов группы горючести НГ и Г1, выполнение системы автоматической пожарной сигнализации не требуется;

— при прокладке кабелей (проводов) типа НГ с общим объемом горючей массы менее 1,5 л на 1 м КЛ за подвесными потолками, выполненными из материалов группы горючести НГ и Г1, выполнение системы автоматической пожарной сигнализации не требуется;

— при прокладке кабелей (проводов) в стальных водогазопроводных трубах или стальных сплошных коробах с открываемыми сплошными крышками, выполнение системы автоматической пожарной сигнализации не требуется;

— при прокладке трубопроводов и воздухопроводов с негорючей изоляцией выполнение системы автоматической пожарной сигнализации не требуется.

При подтверждении расчетом указанных выше требований оборудование пространства за подвесным потолком установкой автоматической пожарной сигнализации не требуется.

Для соответствия вышеуказанным требования необходимо определить:

— общий объем горючей массы кабельной линии за подвесными потолками;

— группы горючести материалов изоляции воздуховодов (трубопроводов).

Исходные данные и варианты заданий для выполнения курсового проекта

В пространстве за подвесными потолками проложены воздуховоды, трубопроводы с изоляцией, выполненной из материалов группы горючести Г1–Г4, а также кабели, не распространяющие горение. Некоторые кабели проложены в гофрированной трубе ПВХ.

Варианты заданий приведены в табл. 3.

Таблица 3

Номер варианта / номер помещения	Количество применяемых электротехнических изделий			
	ВВГнг-LS 3×2,5	Кабель КПСВЭ нг-FRLS1×2×0,75	Гофр ПВХ 20 мм	Гофр ПВХ 25 мм
1 / 1	110	2	1	11
1 / 2	45	20	20	20
2 / 1	50	20	30	20
2 / 2	40	15	25	30
3 / 1	30	21	31	22
3 / 2	35	16	26	33
4 / 1	51	21	33	25
4 / 2	41	14	27	30
5 / 1	33	18	10	24
5 / 2	32	17	9	23
6 / 1	49	15	20	10
6 / 2	48	15	19	9
7 / 1	33	20	15	5
7 / 2	34	19	14	6
8 / 1	30	19	10	20
8 / 2	20	18	10	20
9 / 1	25	15	15	16
9 / 2	25	14	15	16
10 / 1	24	20	7	5
10 / 2	20	20	7	5
11 / 1	10	2	10	1
11 / 2	30	2	2	21
12 / 1	43	11	32	21
12 / 2	33	13	21	31
13 / 1	20	20	21	2
13 / 2	25	10	16	3
14 / 1	31	21	31	21
14 / 2	21	14	2	3
15 / 1	3	10	1	12
15 / 2	3	17	19	12
16 / 1	49	16	2	11
16 / 2	18	16	9	11
17 / 1	23	21	5	15
17 / 2	44	9	4	16
18 / 1	30	9	1	2
18 / 2	2	8	1	2
19 / 1	25	5	13	1
19 / 2	20	4	13	1
20 / 1	24	20	17	15
20 / 2	20	20	11	15

Преподаватель может изменять номенклатуру электротехнических изделий.

В выводах по выполненной работе необходимо:

— обобщить результаты расчетов по каждому помещению;

— сделать предложения по уменьшению горючей массы до значения 1,5 л на метр.

Определение объема горючей массы изоляции кабельных линий

Для расчета объема горючей массы необходимо иметь величину объема изоляции каждого типа кабеля (провода). Как правило, кабель имеет несколько слоев изоляции из различных объема и материалов. Значение непосредственного объема изоляции кабеля определяется исходя из массы и плотности образцов его изоляции.

Для измерений берутся образцы кабеля длиной не менее 0,3 м с поверхностью среза, перпендикулярной оси кабеля для обеспечения точного измерения его длины. Образец разбирался на составные элементы и определялся вес каждого неметаллического материала.

Исходя из плотности P_i каждого неметаллического материала, его массы m_i и длины взятого отрезка l, определяется его объем V_i в 1 м кабеля, л:

$$V_i = \frac{m_i}{P_i l},$$

где m_i — масса i-го материала, кг;

P_i — плотность i-го материала, кг/дм^3;

l — длина образца кабеля, м.

Искомый объем V неметаллических материалов, содержащихся в 1 м кабеля, равен сумме отдельных объемов V_1, V_2, …, V_n каждого типа материала. Для определения объема горючей массы изоляции одного метра кабельной линии необходимо полученные результаты по каждому типу кабеля умножить на их количество в кабельной линии и сложить.

В настоящее время объем горючей массы кабеля в литрах одного метра кабеля можно найти также в технических характеристиках, которые представляет завод-изготовитель.

Если кабельная линия состоит из кабелей различных марок, то объем горючей массы, естественно, определяется путем суммирования объемов по каждому типу:

$$V = \sum n_j V_j,$$

где n_j — число кабелей j-го типа;

V_j — объем изоляции 1 м кабеля j-го типа.

Характеристики проводов и кабелей

В курсовой работе привести данные соответствия кабелей требованиям пожарной безопасности, а именно:

— требование по нераспространению горения при групповой прокладке — категория «А»;

— предел распространения горения пучком кабелей (проводов);

— показатель дымо- и газовыделения при горении и тлении кабеля;

— показатель токсичности продуктов горения кабеля;

— класс пожарной опасности по классификации ГОСТа 31565–2012.

Согласно исходным данным прокладка некоторых электрокабелей в запотолочном пространстве осуществляется в гофрированных трубах из ПВХ.

Труба гофрированная ПВХ обладает рядом особенностей:

— повышенная химическая стойкость;

— не распространяет горения;

— простота в обслуживании (легко заменяется);

— обладает устойчивостью к влаге и старению.

Показатели, необходимые для определения горючей массы, л/м, отразить в табл. 4. Для их определения можно воспользоваться данными заводов-изготовителей.

Таблица 4

№ п/п	Наименование изделия — тип кабеля, сечение	Объем горючей массы, л/м	Наименование изделия — гофрированная труба	Объем горючей массы, л/м	Суммарный объем горючей массы, л/м

Состав курсового проекта

1. Титульный лист курсового проекта.
2. Основания для выполнения курсового проекта.
3. Обоснование необходимости применения противопожарной защиты.
4. Краткая характеристика объекта защиты.
5. Расчетная часть.
6. Условия и предложения по обеспечению пожарной безопасности запотолочного пространства помещений.

Вопросы для контроля знаний

1. Кабели, не распространяющие горение. Испытание (метод).
2. Огнестойкие кабели. Испытание (метод).
3. Кабели — пояснить индексы: в исполнении нг-LS; в исполнении нг-HF; в исполнении нг-FRLS, нг-FRHF; в исполнении нг-LSLTx, нг-HFLTx.
4. Пояснить, что такое материалы группы горючести Г1–Г4.
5. Пояснить, что такое код кабеля ПРГП1.

Библиографический список

СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования (с Изменением № 1) : свод правил. — URL: http://docs.cntd.ru/document/1200071148

Черкасов В.Н. Пожарная безопасность электроустановок : учебник / В.Н. Черкасов, Н.П. Костарев ; под редакцией кандидата технических наук, профессора В.Н. Черкасова. — Москва : Академия ГПС МЧС России, 2002. — 377 с. — ISBN 5-9229-0020-X.

3. КУРСОВОЙ ПРОЕКТ «ПРОЕКТ ВНУТРЕННЕГО ПРОТИВОПОЖАРНОГО ВОДОПРОВОДА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ)»

1. Методические указания к выполнению курсового проекта.
2. Исходные данные и варианты заданий для выполнения курсового проекта.
3. Состав курсового проекта.
4. Вопросы для контроля знаний.
5. Библиографический список.

Методические указания к выполнению курсового проекта

Гидравлический расчет внутреннего противопожарного водопровода (ВПВ) проводится с целью определения общего расхода и давления водопитателя, расхода и давления у диктующего пожарного крана, а также диаметров трубопроводов на различных участках гидравлической сети.

Расчет гидравлической сети ВПВ проводится в следующей последовательности:

1) определяют по СП 10.13130.2009 (табл. 1, 2) в зависимости от назначения защищаемого объекта количество расчетных струй и минимальный расход одной струи;

2) выбирают диаметр выходного отверстия пожарного ствола, диаметры клапана пожарного крана, пожарного рукава и длину пожарного рукава;

3) в зависимости от высоты защищаемых помещений устанавливают высоту компактной части струи;

4) рассчитывают расстояние между пожарными кранами и осуществляют их привязку на плане;

5) выполняют трассировку трубопроводов, составляют аксонометрическую схему гидравлической сети, намечают расчетные участки и направление движения воды по ним;

6) определяют диктующий пожарный кран (наиболее высокорасположенный и/или наиболее удаленный от водопитателя) и уточняют расход этого крана;

7) определяют диаметры трубопроводов всех участков гидравлической сети;

8) рассчитывают гидравлическое сопротивление всех участков гидравлической сети;

9) определяют давление (напор) водопитателя.

Количество расчетных струй (т.е. пожарных стволов, задействованных одновременно в тушении пожара) и минимальный расход каждого ствола выбирают в зависимости от типа и назначения зданий и помещений (жилые, общественно-административные, производственные или складские), их этажности и объема, от категории пожарной опасности и степени огнестойкости промышленно–складских сооружений по СП 10.13130.2009 (табл. 1 или 2 с учетом п. 4.1.1–4.1.5).

Обычно диаметр выходного отверстия пожарного ствола принимают равным D = 16 мм, что обеспечивает приемлемое соотношение между расходом, давлением, высотой компактной части струи и реактивной силой струи. Для высотных зданий диаметр выходного отверстия пожарного ствола рекомендуется принимать равным D = 19 мм.

Номинальный диаметр клапана DN 50 пожарного крана и сопряженные с ним пожарные рукава DN 50 (внутренний диаметр — 51 мм), стояки и опуски принимают в том случае, если расход каждой струи составляет до 4 л/с.

Для обеспечения условий орошения протяженных и широких помещений двумя струями пожарные краны рекомендуется устанавливать по обеим продольным сторонам помещения на расстоянии вдоль стен не более

$$L_{\text{кр}} = k\sqrt{\left(\sqrt{R_k^2 - (T - 1{,}35)^2} + l_{\text{р}}\right)^2 - \left(\frac{B}{2}\right)^2},$$

где $L_{\text{кр}}$ — расстояние между пожарными кранами;

k — коэффициент, учитывающий условия орошения и принимаемый равным: k = 1 — при орошении каждой точки помещения двумя струями; k = 2 — при орошении каждой точки помещения одной струей;

R_k — радиус действия компактной части струи;

T — высота помещения;

1,35 — высота расположения пожарного ствола;

$l_{\text{р}}$ — длина пожарного рукава;

B — ширина здания.

Зная необходимое расстояние между пожарными кранами, определяют их количество.

Радиус компактной части струи R_k определяется по формуле

$$R_k = \frac{(T - 1{,}35)}{\sin\alpha},$$

где T — высота помещения;

α — угол наклона радиуса действия компактной части струи, практика тушения пожаров внутри зданий показывает, что в большинстве случаев α = 45°; 70°.

Примечание. Максимальный угол наклона компактной части струи не должен превышать 70°.

Радиус компактной части струи принимают, как правило, для угла наклона 50–75°. С достаточной для практических расчетов степенью точности обычно принимают 60°. При этом

$$\left(R_k^2 - (T - 1{,}35)^2\right)^{1/2} = \frac{R_k}{2},$$

и расстояние между пожарными кранами составит

$$L_{\text{кр}} = k\left(\left(\frac{R_k}{2} + l_{\text{р}}\right)^2 - \left(\frac{B}{2}\right)^2\right)^{1/2}.$$

Однако расчеты по этой формуле производятся без учета четырех важных обстоятельств:

— при развертывании пожарного рукава по помещению полезное расстояние его прокладки будет несколько меньше длины самого рукава — рукав опускается вниз у пожарного крана, а затем ствольщик поднимает его вверх на высоту ~ 1,35 м. За счет определенного наклона рукава общее уменьшение составит примерно 2 м (независимо от длины рукава).

С учетом этого обстоятельства формула для определения расстояния между пожарными кранами должна быть скорректирована следующим образом:

$$L_{\text{кр}} = k\left(\left(\frac{R_k}{2} + (l_{\text{р}} - 2)\right)^2 - \left(\frac{B}{2}\right)^2\right)^{1/2}.$$

Свободные напоры у внутренних пожарных кранов должны обеспечивать получение компактных пожарных струй высотой, необходимой для тушения пожара в любое время суток в самой высокой и удаленной части здания.

Аксонометрическую схему гидравлической сети составляют в случае необходимости (при сложной трассировке трубопроводов ВПВ).

Расчетное давление на вводе ВПВ складывается из следующих составляющих:

— при подключении к внешней магистральной сети

$$H_{\text{м}}^{\text{р}} = H_{\text{дик}} + \sum H_{\text{гс}} + Z_{\text{м}},$$

или

$$P_{\text{м}}^{\text{р}} = P_{\text{дик}} + \sum P_{\text{гс}} + \frac{Z_{\text{м}}}{100},$$

где $H_{\text{м}}^{\text{р}}$, $P_{\text{м}}^{\text{р}}$ — расчетные значения соответственно напора и давления ВПВ при подключении ВПВ к внешней магистральной сети;

$H_{\text{дик}}$, $P_{\text{дик}}$ — соответственно напор и давление на диктующем кране;

$\sum H_{\text{гс}}$, $\sum P_{\text{гс}}$ — соответственно общие гидравлические потери в сети ВПВ;

$Z_{\text{м}}$ — геометрическая высота — разность отметок по высоте между осью диктующего клапана пожарного крана и осью ввода.

Рассчитанные напор и давление сравниваются с величиной гарантированного давления внешней водопроводной сети на вводе. Если гарантированное давление на вводе меньше расчетного, то необходимо предусмотреть использование пожарных насосов:

$$H_{\text{нас}} = H_{\text{дик}} + \sum H_{\text{гс}} + Z_{\text{нас}} - H_{\text{вв}},$$

или

$$P_{\text{нас}} = P_{\text{дик}} + \sum P_{\text{гс}} + \frac{Z_{\text{нас}}}{100} - P_{\text{вв}},$$

где $H_{\text{нас}}$, $P_{\text{нас}}$ — соответственно напор и давление, развиваемые насосом;

$Z_{\text{нас}}$ — геометрическая высота — разность отметок по высоте между осью диктующего клапана пожарного крана и осью входного патрубка насоса;

$H_{\text{вв}}$, $P_{\text{вв}}$ — соответственно напор и давление на участке ввода.

Общие гидравлические потери давления в сети определяются по формуле

$$\sum H_{\text{гс-м}} = (1 + \text{К})(h_{\text{л}} + h_{\text{вв}}) + h_{\text{нас}} + h_{\text{ву}},$$

или

$$\sum P_{\text{гс-р-м}} = (1 + \text{К})(p_{\text{л}} + p_{\text{вв}}) + p_{\text{нас}} + p_{\text{ву}},$$

где $\sum H_{\text{гс-м}}$, $\sum P_{\text{гс-р-м}}$ — соответственно общие гидравлические потери напора и давления в гидравлической сети при подключении ВПВ к внешней магистральной сети, м, МПа;

К — коэффициент потерь давления на местные сопротивления;

$h_{\text{л}}$, $p_{\text{л}}$ — соответственно линейные потери напора и давления по длине трубопроводов, м, МПа;

$h_{\text{вв}}$, $p_{\text{вв}}$ — соответственно потери напора и давления на участке ввода, м, МПа;

$h_{\text{нас}}$, $p_{\text{нас}}$ — соответственно потери напора и давления в насосе, м, МПа;

$h_{\text{ву}}$, $p_{\text{ву}}$ — соответственно потери напора и давления на водомерном устройстве, м, МПа.

Линейные гидравлические потери давления по длине трубопроводов будут равны

$$h_л = \sum i_i l_i (1 + К),$$

или

$$p_л = \sum i_i l_i (1 + К) \text{ при } i = AQ^2 \text{ или } i = \frac{Q}{К_т}^2,$$

где i — гидравлический уклон, т.е. потери давления (напора) на единицу длины трубопровода, м вод. ст./м (МПа/м);

$К_т$ — удельная характеристика трубопровода, $л^2/с^2$ ($л^2/с^6$).

Для трубопроводов одинакового диаметра

$$h_л = AlQ^2 = \frac{lQ^2}{К_т},$$

или

$$p_л = AlQ^2 = \frac{lQ^2}{К_т},$$

где A — удельное сопротивление единицы длины трубопровода, зависящее от его диаметра и шероховатости стенок, $с^2/л^2$ ($с^2/м^6$);

l — длина трубопровода, м;

Q — расход воды, $м^3$/ч (л/с).

Потери давления в водомерном узле $P_{ву}$ рассчитываются по формуле

$$P_{ву} = sQ^2,$$

где s — гидравлическое сопротивление водомерного устройства (согласно паспортам).

Значения коэффициента К (потери давления на местные сопротивления) принимаются:

— К = 0,1 — в сетях специальных ВПВ;

— К = 0,15 — в совмещенных сетях ВПВ и производственного;

— К = 0,2 — в совмещенных сетях ВПВ и хозяйственно-питьевого водопровода.

Диаметры трубопроводов ВПВ выбираются с учетом рекомендуемых скоростей движения воды. При этом скорость движения воды в напорных трубопроводах должна быть не более 3 м/с, как правило, в районе ~ 1 м/с.

Кольцевую сеть рассчитывают при условии отключения одного из вводов, т.е. из условия пропуска 100 % расхода воды по любому вводу и полукольцу.

Расход и давление диктующего пожарного крана принимаются по данным табл. 3 СП 10.13130.2009.

Суммарный расход всех пожарных кранов, которые могут использоваться одновременно, рассчитывается по формуле

$$Q_{пк} = q_{дикт} + \sum q_i.$$

В пожарных насосных установках ВПВ чаще всего применяются центробежные насосы. Выбор типа насосов и количества рабочих насосных агрегатов производится с учетом максимальных значений рабочего расхода и давления (по результатам гидравлического расчета сети). Подходящий тип насоса подбирают по характеристикам *Q–H*, имеющимся в каталогах на насосы или насосные агрегаты.

Пример выбора насосного агрегата, осуществляющего подачу воды из магистральной сети

Требуется подобрать насос для ВПВ, оснащенного пожарным краном, в состав которого входят: клапан DN 65, ручной пожарный ствол с диаметром выходного отверстия Ø16 мм и пожарные рукава DN 65. Предусматривается одновременная работа двух ручных пожарных стволов Ø16 мм с расходом не менее 5 л/с каждый — расчетный общий расход ~ 10,5 л/с (подача 37,8 $м^3$/ч ~ 38 $м^3$/ч).

При этих условиях согласно данным табл. 3 СП 10.13130.2009 при расходе ствола 5,1 л/с давление у клапана пожарного крана должно быть не менее 0,346 МПа. При подаче воды от наружной магистральной сети расчетное давление $P_{вв}$ на вводе в здание должно быть не менее

$$P_{вв} \geq P_{вв-p} = (1 + К)P_с + P_{дик} + \frac{Z_{вв}}{100},$$

где $P_{вв}$ — гарантированное давление на вводе;

К ≈ 0,2 — коэффициент потери давления на местные сопротивления;

$P_с$ — потери давления в сети;

$P_{дик}$ — расчетное или нормативное давление у диктующего пожарного крана;

$Z_{вв}$ — разность отметок по высоте между диктующим пожарным краном и осью трубопровода на вводе, м.

Расчетное давление $P_{вв-p}$ сравнивают с величиной гарантированного давления внешней водопроводной сети на вводе. Если оно меньше расчетного, то предусматривают установку пожарных насосов.

При работе насоса от внешней магистральной сети его давление определяют по формуле

$$P_{нас} = (1 + К)P_с + P_{дик} + \frac{Z_{нас}}{100} - P_{вв}.$$

Исходные данные:

— давление у диктующего крана $P_{пк}$ = 0,346 МПа;

— геометрическая высота диктующего пожарного крана Z = 10 м;

— линейные потери давления по длине трубопровода $P_с$ = 0,145 МПа;

— местные потери давления в трубопроводе $P_м = 0{,}2P_с$ = 0,029 МПа;

— потери давления в насосной установке $P_н$ = 0,065 МПа.

Таким образом, давление подачи насоса с учетом давления подпора магистральной сети должно составлять не менее $P_н$ = 0,419 МПа.

Для выбора типа насоса с заданными параметрами ВПВ воспользуемся полем *Q–H* насосов NK фирмы Grundfos.

Выбираем центробежный насос типа NK 40-200. Подача 38 м^3/ч и напор насоса 42 м. Поскольку эта точка лежит выше кривой с диаметром рабочего колеса Ø187 мм, то приемлемым будет насос с диаметром рабочего колеса Ø198 мм. При расчетной подаче 38 м^3/ч (расходе 10,5 л/с) напор насоса этой конфигурации составит H = 45 м (или давление на выходе насоса должно быть P ~ 0,45 МПа), а мощность при рабочем колесе Ø198 мм составит N = 7 кВт.

Исходные данные и варианты заданий для выполнения курсового проекта

Защите системой внутреннего противопожарного водопровода подлежит склад готовой продукции. Одноэтажное здание.

Краткая пожарно-техническая характеристика:

— класс взрывопожароопасности по ПУЭ — П-IIа;

— категория помещений по пожарной опасности В3;

— относительная влажность — 60 %;

— пределы температур — не ниже 5 °С ;

— степень огнестойкости строительных конструкций — II;

— тип вентиляции — приточно-вытяжная;

— агрессивные среды — в пределах нормы;

— наименование пожароопасных материалов — бумажная продукция, офисная мебель;

— первичный признак пожара — дым;

— применить огнетушащее вещество — воду.

Источником водоснабжения установки является сеть горводопровода, обеспечивающая расчетный расход воды при постоянном напоре в сети не менее 10 м вод. ст. К помещению насосной станции предусматриваются два ввода *dy* 200 мм с подключением до водомерного узла. Насосная расположена в смежном со складом помещении.

Исходные данные для выполнения курсового проекта приведены в табл. 5.

Таблица 5

Вариант	Размеры склада,м (длина×ширина)	Высота склада, м
1	60×20	6
2	60×20	8
3	60×20	10
4	60×20	12
5	60×20	14
6	60×20	15
7	60×20	7
8	30×20	6
9	30×20	8
10	30×20	10
11	30×20	12
12	30×20	14
13	30×20	15
14	40×20	7
15	40×20	6
16	40×20	8
17	40×20	10
18	40×20	12
19	40×20	14
20	40×20	15

Предлагается одновременное использование двух пожарных кранов.

Состав курсового проекта

1. Пояснительная записка.
2. Общие сведения.
3. Основные характеристики защищаемого помещения. Исходные данные по варианту курсового проекта.
4. Основные технические решения, принятые в курсовом проекте.
5. Гидравлический расчет установки.
6. Электроснабжение и защитное заземление (зануление).
7. Расчетные схемы:

— расстановка пожарных кранов и разводка трубопроводов;
— аксонометрическая схема трубопроводной разводки;
— принципиальная схема насосной станции.

Вопросы для контроля знаний

1. Внутренний водопровод, его классификация и основные элементы.
2. Нормы расходов воды на внутреннее пожаротушение.
4. Системы внутреннего водопровода по способу создания требуемого напора в них.
5. Устройство внутренних водопроводов. Определение расстояния между пожарными кранами.
6. Требования к внутренним противопожарным водопроводам.
7. Особенности расчета внутренних водопроводов.
8. Противопожарное водоснабжение зданий повышенной этажности.

Библиографический список

СП 8.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Источники наружного водоснабжения. Требования пожарной безопасности (с Изменением № 1) : свод правил. — URL: http://docs.cntd.ru/document/1200071151

СП 10.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности (с Изменением № 1) : свод правил. — URL: http://docs.cntd.ru/document/1200071153

Иванов Е.Н. Противопожарное водоснабжение / Е.Н. Иванов. — Москва: Стройиздат, 1986. — 316 с.

Противопожарное водоснабжение: Учебник / Ю.Г. Абросимов, В.В. Жучков, Ю.А. Мышак и др. — Москва : Академия ГПС МЧС России, 2008. — 311 с.

4. КУРСОВОЙ ПРОЕКТ «СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ГАЗОВОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ МОДУЛЬНОГО ТИПА (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ)»

1. Методические указания к выполнению курсового проекта.
2. Исходные данные и варианты заданий для выполнения курсового проекта.
3. Состав курсового проекта.
4. Вопросы для контроля знаний.
5. Библиографический список.

Методические указания к выполнению курсового проекта

Автоматические установки газового пожаротушения подразделяются:

— по способу тушения — на установки объемного тушения, локального по объему;

— по способу хранения газового огнетушащего вещества — на централизованные и модульные;

— по способу включения — на установки с электрическим, пневматическим, механическим пуском или их комбинацией.

Нормативная объемная огнетушащая концентрация выбирается по СП 5.13130.2009 или в специальных рекомендациях.

Исходными данными для расчета и проектирования установки являются:

— перечень помещений и наличие пространств фальшполов и подвесных потолков, подлежащих защите установкой пожаротушения;

— количество помещений (направлений), подлежащих одновременной защите установкой пожаротушения;

— геометрические параметры помещения (конфигурация помещения, длина, ширина и высота ограждающих конструкций, объем помещения);

— конструкция перекрытий и расположение инженерных коммуникаций;

— площадь постоянно открытых проемов в ограждающих конструкциях и их расположение;

— предельно допустимое давление в защищаемом помещении в соответствии с ГОСТом Р 12.3.047–2012;

— диапазон температуры, давления и влажности в защищаемом помещении и в помещении, в котором размещаются составные части установки;

— перечень и показатели пожарной опасности веществ и материалов, находящихся в помещении, и соответствующий им класс пожара по ГОСТу 27331–87;

— тип, величина и схема распределения пожарной нагрузки;

— наличие и характеристика систем вентиляции, кондиционирования воздуха, воздушного отопления;

— характеристика технологического оборудования;

— категория помещений по СП 12.13130.2009 и классы зон по ПУЭ и Техническому регламенту;

— наличие людей и пути их эвакуации.

Установка должна обеспечивать подачу не менее 95 % массы ГОТВ, требуемой для создания нормативной огнетушащей концентрации в защищаемом помещении, за временной интервал, не превышающий:

— 10 с — для модульных установок, в которых в качестве ГОТВ применяются сжиженные газы (кроме двуокиси углерода);

— 15 с — для централизованных установок, в которых в качестве ГОТВ применяются сжиженные газы (кроме двуокиси углерода);

— 60 с — для модульных и централизованных установок, в которых в качестве ГОТВ применяются двуокись углерода или сжатые газы.

Трубопроводы установок следует выполнять из стальных труб по ГОСТу 32528–2013, ГОСТу 8732–87 или ГОСТу 8734–75.

Насадки размещаются в защищаемом помещении с учетом его геометрии и обеспечивается распределение ГОТВ по всему объему помещения с концентрацией не ниже нормативной.

Разница расходов ГОТВ между двумя крайними насадками на одном распределительном трубопроводе не должна превышать 20 %.

Расчет АУГП включает:

— определение расчетной массы ГОТВ, необходимой для тушения пожара;

— определение продолжительности подачи ГОТВ;

— определение диаметра трубопроводов, тип и количество насадков;

— определение максимального избыточного давления при подаче ГОТВ;

— определение необходимого резерва ГОТВ и батарей (модулей) для централизованных установок или запаса ГОТВ и модулей для модульных установок.

Масса газового огнетушащего состава $M_г$, которая должна храниться в автоматической установке газового пожаротушения (АУГП) определяется по формуле

$$M_г = К_1(M_р + M_{тр} + M_б n),$$

где $M_р$ — расчетная масса газового огнетушащего состава (ГОС), предназначенная для тушения пожара объемным способом при отсутствии искусственной вентиляции воздуха в помещении, определяется:

— для озонобезопасных хладонов:

$$M_р = V_р \rho_1 (1 + К_2) \frac{C_н}{100 - C_н};$$

— для двуокиси углерода:

$$M_р = V_р \rho_1 (1 + К_2) \ln\left(\frac{C_н}{100 - C_н}\right),$$

где $К_1$ — коэффициент, учитывающий утечки ГОС из сосудов через неплотности в запорной арматуре и неравномерность распределения ГОС по объему защищаемого помещения, $К_1 = 1{,}05$;

$V_р$ — расчетный объем защищаемого помещения, м^3;

$К_2$ — коэффициент, учитывающий потери ГОС через негерметичности помещения; $К_2 = П\delta t_{под}\sqrt{H}$, здесь П — параметр, учитывающий расположение проемов по высоте защищаемого помещения, м$^{0,5}\cdot$с$^{-1}$; δ — параметр негерметичности помещения, м$^{-1}$; $\delta = \frac{\Sigma F_H}{V_р}$, где ΣF_H — суммарная площадь постоянно открытых проемов, м^2; $t_{под}$ — нормативное время подачи ГОТВ в защищаемое помещение, с; H — высота помещения, м.

Численные значения параметра П выбираются следующим образом:

— П = 0,65 — при расположении проемов одновременно в нижней (до 0,2H) и верхней зонах помещения (от 0,8H до1,0H) или одновременно на потолке и на полу помещения, причем площади проемов в нижней и верхней частях примерно равны и составляют половину суммарной площади проемов;

— П = 0,1 — при расположении проемов только в верхней зоне (от 0,8H до 1,0H) защищаемого помещения (или на потолке);

— П = 0,25 — при расположении проемов только в нижней зоне (до 0,2H) защищаемого помещения (или на полу);

— П = 0,4 — при примерно равномерном распределении площади проемов по всей высоте защищаемого помещения и во всех остальных случаях.

Значение массы $M_р$ для тушения пожаров подкласса А1 определяется по формуле

$$M_р = К_4 M_{р-гепт},$$

где $К_4$ — коэффициент, учитывающий вид горючего материала;

$M_{р-гепт}$ — значение массы $M_р$ для нормативной объемной концентрации $C_н$ при тушении н-гептана.

Значения коэффициента $К_4$ принимаются равными:

— 1,3 — для тушения бумаги, гофрированной бумаги, картона, тканей и т.п. в кипах, рулонах или папках;

— 2,25 — для помещений с этими же материалами, в которые доступ пожарных после окончания работы АУГП исключен.

Для остальных пожаров подкласса А1 значение $К_4$ принимается равным 1,2. Далее расчетная масса ГОТВ вычисляется по вышеприведенной формуле. При этом допускается увеличивать нормативное время подачи ГОТВ в $К_4$ раз.

Гидравлический расчет включает в себя два этапа.

На первом этапе выполняется предварительный расчет с целью определения геометрических параметров трубной разводки.

На втором этапе, поверочном, расчетным путем оценивается соответствие спроектированной трубной разводки нормативному требованию по продолжительности подачи огнетушащего вещества (ОТВ) и при необходимости геометрические параметры корректируются методом последовательных приближений.

Расстояние от насадков до потолка (перекрытия, подвесного потолка) не должно превышать 0,5 м. Трубная разводка, как правило, должна быть симметричной. При проектировании установки осуществляется проектный расчет.

При этом определяются диаметры трубопроводов и площади поперечного сечения насадков. Суммарная площадь проходных сечений насадков АУГП $F_{сн}$, м^2, определяется по формуле

$$F_{сн} = \frac{M_р}{J \mu t_n},$$

где $M_р$ — масса газового состава, необходимая для создания в защищаемом помещении нормативной огнетушащей концентрации, кг;

J — приведенный расход газового состава, кг/м^2·с;

μ — коэффициент расхода насадков, определяемый по справочным данным для конкретного типа насадков или экспериментальным путем;

t_n — нормативное время подачи ГОТВ, с.

Площадь поперечного сечения рядка $F_р$, на котором установлено n_i насадков, и площадь магистрального трубопровода F_m рассчитывают по формулам:

$$F_р = A_р F_н n_i; \; F_m = A_m \sum F_р,$$

где $A_р$ — коэффициент, принимаемый равным от 1,1 до 1,25;

$F_н$ — площадь проходного сечения насадка, м^2;

n_i — количество насадков, расположенных на одном рядке;

A_m — коэффициент, принимаемый равным от 1,0 до 1,1;

$\sum F_р$ — суммарная площадь поперечного сечения всех распределительных трубопроводов (рядков) в установке, м^2.

По рассчитанным значениям подбирают стандартные трубопроводы, как правило, имеющие ближайшее большее значение внутреннего диаметра.

Суммарный внутренний объем трубопроводов не должен превышать 80 % объема жидкой фазы газового огнетушащего вещества, хранимого во всех модулях установки. При этом объем жидкой фазы в модулях установки $V_ж$ определяется по формуле

$$V_ж = \frac{M_г}{\rho_{гж}},$$

где $M_г$ — масса газового состава, хранимого в модулях установки, кг;

$\rho_{гж}$ — плотность жидкой фазы хладонов.

В поверочной части расчета определяется пропускная способность разводки трубопроводов. Исходя из полученного значения площади поперечного сечения, вычисляются диаметры магистрального и распределительного трубопроводов.

Определяются тип модулей в установке в соответствии с данными организации-изготовителя и их количество:

$$n_m = \frac{M_{\text{р}}}{V_m \eta},$$

где V_m — объем модуля, л;

η — коэффициент заполнения модуля, кг/л.

Полученное число модулей округляется в большую сторону, или производится коррекция количества газа в модуле за счет изменения коэффициента заполнения. Эквивалентная длина магистрального трубопровода, м, рассчитывается по формуле

$$L_{m_{\text{э}}} = L_m + L_{\text{сб}} + L_{\text{ск}} + L_{\text{ру}} + L_{\text{пов}},$$

где L_m — геометрическая длина магистрального трубопровода, м;

$L_{\text{сб}}$, $L_{\text{ск}}$, $L_{\text{ру}}$, $L_{\text{пов}}$ — соответственно эквивалентные длины сборки модулей (батарей), станционного коллектора, распределительного устройства (определяется по данным организации–изготовителя), поворотов, тройников и других местных сопротивлений, приведенных к диаметру магистрального трубопровода, м.

Площадь проходного сечения станционного коллектора определяется соотношением

$$F_{\text{ск}} \geq \sum F_{\text{зпу}} n_{\text{зпу}},$$

т.е. как произведение площади поперечного сечения ЗПУ модуля на их количество в батарее. Эквивалентная длина станционного коллектора вычисляется по формуле (приводится к диаметру магистрального трубопровода):

$$L_{\text{ск}} = (76{,}4 N_{\text{ск}} \xi_{\text{пов}} D_{\text{ск}}^{1{,}25} + L_{\text{гск}}) \left(\frac{D_m}{D_{\text{ск}}}\right)^{5{,}25},$$

где $N_{\text{ск}}$ — число поворотов на станционном коллекторе;

$\xi_{\text{пов}}$ — коэффициент гидравлического сопротивления поворота;

$D_{\text{ск}}$ — диаметр станционного коллектора, м;

$L_{\text{гск}}$ — геометрическая длина станционного коллектора, м;

D_m — диаметр магистрального трубопровода, м.

Для конкретного участка трубопровода эквивалентные длины местных сопротивлений, м, определяются в виде

$$L_i = 76{,}4 \xi_i (D_i)^{1{,}25},$$

где L_i — эквивалентная длина i-го участка трубопровода, м;

ξ_i — коэффициент гидравлического сопротивления местного сопротивления (модуля (батареи), сборки модулей, распределительного устройства, поворота, тройника, сужения или расширения трубопровода и т.д.);

D_i — диаметр трубопровода на котором установлено местное сопротивление, м.

Например, для поворота на распределительном трубопроводе:

$$L_{\text{пов}} = 76{,}4 \xi_{\text{пов}} N_{\text{пов}} D_{\text{р}}^{1{,}25},$$

где $\xi_{\text{пов}}$ — коэффициент гидравлического сопротивления данного поворота;

$N_{\text{пов}}$ — количество поворотов на участке;

$D_{\text{р}}$ — диаметр распределительного трубопровода.

Вышеприведенные формулы записаны для горизонтально расположенных трубопроводов.

Шероховатость внутренней поверхности трубопроводов принята равной $2 \cdot 10^{-4}$ м. Если величина шероховатости отличается от указанной, то расчет L_i производится по формуле

$$L_i = \frac{(\xi_i D_i^{1,25})}{(0,11 К_ш^{0,25})},$$

где D_i — диаметр трубопровода приведения, м;

$К_ш$ — эквивалентная шероховатость трубопровода, м.

При известной эквивалентной длине элемента, м, приведение этой длины к диаметру магистрального трубопровода производится по формуле

$$L_i = L_i^1 \left(\frac{D_m}{D_i}\right)^{5,25},$$

где L_i — эквивалентная длина элемента, принимаемая в соответствии с технической документацией, м;

D_i — внутренний диаметр элемента, м.

Эквивалентная длина $L_р$ элементов n_i (батарей, модулей), имеющих равные эквивалентные длины и соединенных параллельно:

$$L_р = \frac{L_i}{n_i^2}.$$

Эквивалентная длина $L_р$, м, двух элементов с различной эквивалентной длиной, соединенных параллельно:

$$L_р = \frac{L_1 L_2}{\left(L_1^{0,5} + L_2^{0,5}\right)^2}.$$

Далее определяется средняя величина гидравлической характеристики разводки трубопроводов для защищаемого помещения:

$$П_{ср_i} = \frac{\left(П_1 + П_2 + П_3 + \cdots + П_{N_i}\right)}{N_i},$$

где $П_1,\ П_2,\ П_3, \ldots, П_{N_i}$ — гидравлическая характеристика для каждого насадка в помещении.

Гидравлическая характеристика $П_i$ для каждого насадка определяется по уравнению

$$П_i = 1,1 \cdot 10^{-8} \left(\frac{N_i^2 L_{m_э}}{D_m^{5,25}} + 1,1 \sum_{i=1}^{N_i} \frac{n_j^2 L_{j_э}}{D_j^{5,25}}\right),$$

где N_i — число насадков в помещении;

$L_{m_э}$ — эквивалентная длина магистрального трубопровода;

n_j — число насадков, питаемых по j-му участку;

$D_j,\ L_{j_э}$ — внутренний диаметр и эквивалентная длина j-го участка распределительного трубопровода или рядка по пути к конкретному насадку, м.

Для симметричной и гидравлически сбалансированной схемы разводки:

$$П_{ср} = \frac{П_1 + П_2}{2},$$

где $П_1$ и $П_2$ — гидравлические характеристики для диктующих насадков, давление перед которыми является наибольшим и наименьшим.

Приведенный расход, кг/м^2·с, определяется по формуле

$$J = A + BК + CК^2 + DК^3,$$

где A, B, C, D — коэффициенты;

$К = 1/\mu F_н П_{ср}^{0,5}$, здесь $F_н$ — площадь поперечного сечения одного насадка.

Далее находится массовый расход:

$$G_\Sigma = J \mu F_{сн}.$$

Время подачи, с, равно

$$t = 0{,}95\frac{M_{\text{г}}}{G_{\Sigma}}.$$

Если расчетное время t превышает нормативное, необходимо увеличить диаметры трубопроводов или сократить расстояние между модулями (батареями) и насадками.

Давление перед насадками, МПа, может быть определено по формуле

$$P = A_1 + B_1 Y + C_1 Y^2,\ Y = \left(\frac{J}{\text{К}_i}\right)^2.$$

Необходимо стремиться к тому, чтобы давление перед насадками при использовании хладона 125 было не менее 0,8 МПа, а при использовании двуокиси углерода высокого давления — не менее 1,4 МПа.

Ориентировочные минимальные значения приведенного расхода показаны в табл. 6.

Таблица 6

Тип ОТВ	Приведенный расход, кг/м^2·с
Хладон 125	10 000±500
CO_2	11 500±500

Значения плотности жидкой фазы $\rho_{\text{гж}}$ для различных газов показаны в табл. 7.

Таблица 7

Тип ГОТВ	Хладон 125	CO_2
$\rho_{\text{гж}}$, кг/м^3	1167	775

Числовые значения коэффициентов показаны в табл. 8.

Таблица 8

Тип ОТВ	*A*	*B*	*C*	*D*	A_1	B_1	C_1
Хладон 125, P = 3,7…4,0, η = 0,9	–386	36	–0,0188	$5{,}07\cdot10^6$	2,12	–0,0003	$-1{,}16\cdot10^6$
CO_2, P = 5,8 η = 0,7	–507	42,8	–0,024	$4{,}68\cdot10^6$	4,4	–0,0009	$-1{,}03\cdot10^6$

Примечание: давление в модуле указано в МПа, соответствующее температуре 20 ºС, коэффициент заполнения η — в кг/л.

Пример расчета трубопроводной разводки

Рассчитаем параметры системы трубопроводной разводки для модульной установки на основе хладона 125. Длины труб указаны в метрах. Давление в модуле равно 2,5 МПа (при t = 20 ºС).

В соответствии с нормативными документами время подачи хладона 125 не должно превышать 10 с. Из расчета массы газа, в соответствии с нормативными документами, определена необходимая масса газа, равная 40 кг.

Определим расход газа, кг/с, исходя из этих показателей:

$$G_{\Sigma} = \frac{M_{\text{р}}}{t_n} = \frac{40}{10} = 4.$$

Суммарная площадь проходных сечений насадков, м^2 (коэффициент расхода двухструйных насадков принят равным 0,6):

$$F_{\text{сн}} = \frac{M_{\text{р}}}{J\mu t_n} = \frac{40}{0{,}6\cdot10\,000\cdot10} = 6{,}67\cdot10^{-4}.$$

Площадь проходного сечения 1-го насадка равна $3{,}34\cdot10^{-4}$ м^2.

Площадь проходного сечения рядка, м^2 (распределительного трубопровода):

$$F_{\text{р}} = 1{,}2 \cdot 3{,}34 \cdot 10^{-4} = 4{,}0 \cdot 10^{-4}\,.$$

Площадь проходного сечения магистрального трубопровода, м^2:

$$F_m = 1{,}1 \cdot 2F_{\text{р}} = 1{,}1 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 10^{-4} = 8{,}8 \cdot 10^{-4}.$$

Диаметры трубопроводов, м, определяются по формулам:

$$D_m = \left(\frac{4F_m}{3{,}14}\right)^{0{,}5} = \left(\frac{4 \cdot 8{,}8 \cdot 10^{-4}}{3{,}14}\right)^{0{,}5} = 0{,}0334;$$

$$D_{\text{р}} = \left(\frac{4F_{\text{р}}}{3{,}14}\right)^{0{,}5} = \left(\frac{4 \cdot 4 \cdot 10^{-4}}{3{,}14}\right)^{0{,}5} = 0{,}0225.$$

Дальнейшие действия заключаются в том, чтобы по найденным значениям подобрать стандартные трубопроводы и откорректировать расчет. Однако для сокращения времени и очевидности поправок в дальнейшем используем значения диаметров и проходных площадей, полученных в вышеприведенном расчете.

Определяем эквивалентную длину магистрального трубопровода:

$$L_{m_{\text{э}}} = L_{\text{б}} + L_m + L_{\text{мс}},$$

где $L_{\text{б}}, L_m, L_{\text{мс}}$ — соответственно эквивалентная длина баллона, геометрическая длина магистрального трубопровода и эквивалентная длина местных сопротивлений (поворотов и т.д.).

В соответствии с ТУ на баллон принимаем значение коэффициента сопротивления баллона равным $\xi = 7$.

Тогда эквивалентная длина баллона, м, составит

$$L_{\text{б}} = 76{,}4 \cdot 7 \cdot 0{,}0334^{1{,}25} = 7{,}64.$$

Эквивалентная длина местных сопротивлений, м (четыре поворота под 90°) при $\xi_{1_{\text{пов}}} = 1{,}1$:

$$L_{\text{мс}} = 76{,}4 \cdot 1{,}1 \cdot 0{,}0334^{1{,}25} = 4{,}8.$$

Таким образом, эквивалентная длина магистрального трубопровода, м:

$$L_{m_{\text{э}}} = 10 + 7{,}64 + 4{,}8 = 22{,}44.$$

Эквивалентная длина распределительного трубопровода:

$$L_{j_{\text{э}}} = L_{\text{р}} + L_{\text{тр}_{\text{э}}} + L_{\text{пов}},$$

где $L_{\text{р}}, L_{\text{тр}_{\text{э}}}, L_{\text{пов}}$ — соответственно геометрическая длина распределительного трубопровода, эквивалентная длина тройника при входе магистрального трубопровода в распределительную сеть, эквивалентная длина поворотов в распределительной сети;

$$L_{\text{тр}_{\text{э}}} = 76{,}4 \cdot 1{,}3 \cdot 0{,}0225^{1{,}25} = 0{,}865 \text{ при } \xi_{\text{тр}} = 1{,}3;$$

$$L_{\text{пов}_{\text{э}}} = 76{,}4 \cdot 1{,}1 \cdot 0{,}225^{1{,}25} = 0{,}732 \text{ при } \xi_{\text{тр}} = 1{,}1;$$

$$L_{j_{\text{э}}} = 4 + 0{,}865 + 0{,}732 = 5{,}6.$$

Далее определяем гидравлическую характеристику для каждого насадка в соответствии с методикой расчета. Для симметричной и сбалансированной схемы разводки, которой является приведенной в примере схемы расчета, достаточно определить гидравлическую характеристику для одного из направлений, так как значения Π_1 и Π_2 будут равны между собой:

$$\Pi = 1{,}1 \cdot 10^{-8}\left(\frac{4 \cdot 22{,}7}{0{,}0334^{5{,}25}} + 1{,}1\frac{1 \cdot 5{,}6}{0{,}0225^{5{,}25}}\right) = 86{,}55.$$

Далее определим величину К:

$$\text{К} = \frac{1}{\mu F_{\text{н}} \Pi^{0{,}5}} = \frac{1}{0{,}6 \cdot 3{,}34 \cdot 10^{-4} \cdot 86{,}55^{0{,}5}} = 536{,}4.$$

Определим реальное значение приведенного расхода, кг/м^2·с, по формуле

$$J = A + B\text{К} + C\text{К}^2 + D\text{К}^3 = -740 + 38{,}6 \cdot 536{,}4 - 0{,}024 \cdot 536{,}4^2 + 7{,}29 \cdot 10^6 \cdot 536{,}4^3 = 14\,046.$$

Массовый расход через оба насадка, кг/с:

$$G = 14\,046 \cdot 0{,}6 \cdot 6{,}67 \cdot 10^{-4} = 5{,}6.$$

Расчетное время истечения, с, составит

$$t = 0{,}95\frac{40}{5{,}6} = 6{,}78.$$

Результаты расчетов показывают, что выбранная проточная часть трубопроводной разводки соответствует нормативным параметрам, и ее корректировка не требуется. Если нормативное время меньше полученного в расчетах, то необходима корректировка проточной части.

Представляет интерес определить давление газа перед насадками, для расчета которого необходимо определить величину Y:

$$Y = \left(\frac{J}{\text{К}}\right)^2 = \left(\frac{14\,046}{536{,}4}\right)^2 = 692{,}4.$$

Давление газа перед насадками, МПа, определяется по формуле

$$P = A_1 + B_1 Y + C_1 Y^2 = 2{,}02 + 1{,}66 \cdot 10^{-4} \cdot 692{,}4 - 1{,}67 \cdot 10^{-6} \cdot 692{,}4^2 = 1{,}335.$$

Исходные данные и варианты заданий для выполнения курсового проекта

Автоматическая установка газового пожаротушения предназначена для хранения, выпуска, подачи и распределения расчетного огнетушащего вещества по защищаемому объему.

Помещение, подлежащее защите установкой пожаротушения, серверная или архив (по варианту задания табл. 9);

— геометрические параметры помещения — длина, ширина и высота помещения (по варианту задания табл. 9);

— конструкция перекрытий — перекрытия для всех вариантов заданий железобетонные;

— площадь постоянно открытых проемов в ограждающих конструкциях и их расположение — площадь открытого проема для всех вариантов заданий равна 0,0001 м^2;

— предельно допустимое давление в защищаемом помещении в соответствии с ГОСТом 12.3.047–2012 — 0,003 МПа для всех вариантов заданий;

— диапазон температуры в защищаемом помещении — +5…+25 °С для всех вариантов заданий;

— наличие систем вентиляции, кондиционирования воздуха, воздушного отопления — вентиляция принудительная, отопление водяное для всех вариантов заданий;

— характеристика технологического оборудования — электронное оборудование в серверных и бумажные носители информации в архивах;

— категория помещений по СП 12.13130.2009 и классы зон по ПУЭ и Техническому регламенту категория помещений по пожарной опасности В3, класс зоны П-IIа для всех вариантов заданий;

— наличие людей и пути их эвакуации — нахождение людей в помещении непостоянное;

Примерно равномерное распределение площади проемов по всей высоте защищаемого помещения для всех вариантов.

Фальшпол и фальшпотолок отсутствуют.

При выполнении курсового проекта использовать трубы следующего типоразмера — 15,0×2,5; 20,0×2,5; 25,0×2,5; 30,0×2,5; 35,0×2,5; 40,0×2,5; 45,0×2,5.

Таблица 9

Номер варианта	Длина помещения, м	Ширина помещения, м	Высота помещения, м	Объект
1	4,0	4,0	3,0	Серверная
2	4,5	4,0	3,0	Серверная
3	5,0	4,0	3,0	Серверная
4	5,5	4,0	3,0	Серверная
5	6,0	4,0	3,0	Серверная
6	6,5	4,0	3,0	Серверная
7	7,0	4,0	3,0	Серверная
8	7,5	4,0	3,0	Серверная
9	8,0	4,0	3,0	Серверная
10	8,5	4,0	3,0	Архив
11	4,0	4,0	2,5	Архив
12	4,5	4,0	2,5	Архив
13	5,0	4,0	2,5	Архив
14	5,5	4,0	2,5	Архив
15	6,0	4,0	2,5	Архив
16	6,5	4,0	2,5	Архив
17	7,0	4,0	2,5	Архив
18	7,5	4,0	2,5	Архив
19	8,0	4,0	2,5	Архив
20	8,5	4,0	2,5	Архив

Состав курсового проекта

1. Пояснительная записка.
2. Общие сведения.
3. Основные характеристики защищаемого помещения. Исходные данные по варианту курсового проекта.
4. Основные технические решения, принятые в курсовом проекте.
5. Гидравлический расчет установки.
6. Расчетные схемы:

— расстановка оборудования и разводка трубопроводов в защищаемом помещении;

— аксонометрическая схема разводки трубопроводов.

Вопросы для контроля знаний

1. Устройство и принцип действия централизованных газовых АУП. Конструктивные особенности элементов и узлов централизованных установок с пусковым баллоном.
2. Устройство и принцип действия газовых АУП модульного типа. Конструктивные особенности элементов и узлов модульных установок.
3. Исходные данные для расчета газовых АУП.
4. Функциональная схема электроуправления газовым пожаротушением.
5. Алгоритм работы установки с учетом обеспечения безопасности людей.

Библиографический список

СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования (с Изменением № 1) : свод правил. — URL: http://docs.cntd.ru/document/1200071148

Производственная и пожарная автоматика. Часть 2. Автоматические установки пожаротушения : учебник / В.П. Бабуров, В.В. Бабурин, В.И. Фомин и др. — Москва: Академия ГПС МЧС России, 2007. — 297 с. — ISBN 5-9659-0047-3.

5. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ АВТОМАТИКИ

5.1. Практическое занятие № 1. Разработка проекта сброса избыточного давления при срабатывании автоматических установок пожаротушения

Цели занятия:

— изучить основные принципы расчета площади проема для сброса избыточного давления. Особенности применения клапанов сброса избыточного давления;

— изучить основные характеристики и принцип действия клапанов сброса избыточного давления.

Рассматриваемые вопросы

1. Методические указания к выполнению практического занятия.
2. Исходные данные и варианты заданий.
3. Вопросы для контроля знаний.
4. Библиографический список.

Методические указания к выполнению практического занятия

В ходе выполнения практической работы необходимо выполнить расчет площади сброса избыточного давления и выбрать клапан сброса избыточного давления. Расчет выполняется для конкретного помещения, в котором установлена система газового пожаротушения, при срабатывании которой создается избыточное давление.

Расчетная масса (для создания огнетушащей концентрации) ГОТВ:

— для сжиженных газов, за исключением двуокиси углерода:

$$M_{\text{р}} = V_{\text{р}}\rho_1(1 + \text{К}_2)\frac{C_{\text{н}}}{100 - C_{\text{н}}};$$

— для сжатых газов и двуокиси углерода:

$$M_{\text{р}} = V_{\text{р}}\rho_1(1 + \text{К}_2)\ln\frac{100}{100 - C_{\text{н}}},$$

где $M_{\text{р}}$ — масса для тушения пожаров подкласса А1; $M_{\text{р}} = \text{К}_4 M_{\text{р-гепт}}$, здесь $M_{\text{р–гепт}}$ — значение массы $M_{\text{р}}$ для нормативной объемной концентрации $C_{\text{н}}$ при тушении н-гептана; К_4 — коэффициент, учитывающий вид горючего материала; К_4 = 1,3 — для тушения архива и К_4 = 1,0 — для тушения серверной;

$V_{\text{р}}$ — расчетный объем защищаемого помещения, м^3;

ρ_1 — плотность ГОТВ с учетом высоты защищаемого объекта относительно уровня моря, кг/м^3; $\rho_1 = \rho_0 \text{К}_3 T_0 / T_{\text{м}}$, здесь ρ_0 — плотность ГОТВ при T_0 = 293 К (+20 °С) и атмосферном давлении 0,1013 МПа, принимается по прил. Д СП 5.131.30.2009; К_3 — поправочный коэффициент, учитывающий высоту расположения объекта относительно уровня моря, К_3 = 1; $T_{\text{м}}$ — минимальная эксплуатационная температура в защищаемом помещении, К;

К_2 — коэффициент, учитывающий потери газового огнетушащего вещества через проемы помещения. Примем помещения условно герметичными, поэтому К_2 = 0;

Площадь проема для избыточного давления F_c определяется по формуле

$$F_c \geq \frac{\text{К}_2 \text{К}_3 M_{\text{р}}}{0{,}7 \text{К}_1 t_{\text{под}} \rho_1} \cdot \sqrt{\frac{\rho_{\text{в}}}{7 \cdot 10^6 P_{\text{а}}\left(\left(\frac{P_{\text{пр}} + P_{\text{а}}}{P_{\text{а}}}\right)^{0{,}2857} - 1\right)}} - \Sigma F,$$

где К_2 — коэффициент запаса, равный 1,2;

К_3 — коэффициент, учитывающий падение давления во время его подачи, К_3 = 1;

К_1 — коэффициент, учитывающий утечки ГОТВ в модулях, К_1 = 1,05;

$t_{\text{под}}$ — время расчетное подачи ГОТВ, с;

ρ_1 — плотность ГОТВ, кг/м^3;

$\rho_{\text{в}}$ — плотность воздуха в данном помещении, кг/м^3;

$P_{\text{а}}$ — атмосферное давление, МПа;

$P_{\text{пр}}$ — предельно допустимое избыточное давление, МПа; принимается по ГОСТу Р 12.3.047–2012, табл. А4;

ΣF — площадь постоянно открытых проемов, м^2.

В соответствии с результатами, полученными при расчете площади проема для сброса избыточного давления, выполним выбор клапана сброса избыточного давления (КСИД), используя номенклатурный перечень завода изготовителя.

Исходные данные и варианты заданий

В качестве газового огнетушащего вещества использовать двуокись углерода высокого давления CO_2 и хладон 125.

Принять концентрацию по н-гептану CO_2 — 34,9 % и хладон 125 — 9,8 %.

При выполнении практической работы принять расчетное время подачи ГОТВ в защищаемое помещение:

— 10 с и 5 с — хладон 125;

— 30 с и 60 с — CO_2.

Задание

Выполнить расчет площади отверстия для сброса избыточного давления для помещения архива и серверной.

В табл. 10 приведены геометрические размеры помещений архива и серверной для определения массы газа, необходимой для создания огнетушащей концентрации.

Таблица 10

Вариант	Ширина, м	Длина, м	Высота, м
1	4	4	4
2	4	5	4
3	4	6	4
4	4	7	4
5	4	8	4
6	4	9	4
7	4	10	4

Минимальная температура в помещении $T_м = 5$ °С.

Помещение считать условно герметичным (площадь постоянно открытых проемов равна нулю). В помещениях имеются окна.

Необходимо:

— сравнить площади проходного сечения (проема) клапана при полностью открытой заслонке для установок газового пожаротушения с применением ГОТВ хладон 125 и CO_2 для архива и серверной;

— обосновать необходимость применения КСИД для каждого варианта практической работы.

Вопросы для контроля знаний

1. Необходимость применения КСИД при выполнении систем газового пожаротушения.
2. Порядок выбора типа КСИД.
3. Особенности монтажа КСИД.
4. Порядок технического обслуживания КСИД.
5. Устройство и принцип работы КСИД.
6. Основные технические характеристики КСИД.
7. Порядок расчета площади для сброса избыточного давления.

Библиографический список

СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования (с Изменением № 1) : свод правил. — URL: http://docs.cntd.ru/document/1200071148

Производственная и пожарная автоматика. Часть I. Производственная автоматика для предупреждения пожаров и взрывов. Пожарная сигнализация : учебник / А.А. Навацкий, В.П. Бабуров, В.В. Бабурин и др. — Москва : Академия ГПС МЧС России, 2005. — 334 с. — ISBN 5-93-585-079-6.

5.2. Практическое занятие № 2. Расчет клапана сброса давления в технологической установке

Цели занятия:

— изучить последовательность расчета клапана сброса давления в технологической установке;

— выполнить расчет клапана сброса давления в технологической установке по заданию преподавателя.

Рассматриваемые вопросы

1. Методические указания к выполнению практического занятия.
2. Исходные данные и варианты заданий.
3. Вопросы для контроля знаний.
4. Библиографический список.

Методические указания к выполнению практического занятия

Разрывные предохранительные мембраны применяются, когда в аппаратах очень быстро повышается давление и предохранительный клапан не успевает срабатывать.

Предохранительные мембраны с учетом характера их разрушения подразделяют на следующие:

— разрывные;

— ломающиеся;

— отрывные;

— срезные;

— выщелкивающие.

Предохранительная мембрана должна быть самым слабым узлом в конструкции оборудования, и при неуправляемом повышении давления в нем мембрана разрушается в первую очередь.

Расчет предохранительных мембран состоит в определении суммарной площади проходного сечения сбросных отверстий и толщины мембраны из условия ее разрушения при заданном давлении.

Заданное давление, или давление настройки $p_н$, принимается на 25 % больше рабочего, т.е. $p_н = 1{,}25P_1$.

Толщина мембраны рассчитывается в зависимости от типа мембраны по следующим формулам:

— срезная мембрана: $h = \frac{p_н D}{4\sigma}$;

— ломающая мембрана: $h = \sqrt{\frac{p_н D К}{4\sigma}}$;

— разрывная мембрана: $h = \frac{p_н R}{2k_1\sigma}$;

где $p_н$ — давление настройки, Па;

D — диаметр мембраны, мм;

σ — предел прочности материала мембраны на разрыв, Па;

h — толщина мембраны, мм;

К — масштабный фактор, зависящий от соотношения диаметра и толщины мембраны, лежит в пределах 0,32…0,35;

R — радиус кривизны сферической оболочки; $R = \frac{D}{4}\left(\frac{1+\delta}{(1+\delta)^{1/2}-1}\right)^{1/2}$, здесь δ — относительное удлинение материала мембраны при разрыве;

k_1 — температурный коэффициент, определяется в зависимости от материала мембраны и температуры (табл. 11).

Таблица 11

Материал	Значение коэффициента k_1 при температуре С°				
	–100	–50	0	50	100
Алюминий	1,4	1,3	1	0,9	0,75
Сталь	–	–	1	0,9	0,80
Титан	–	–	1	0,95	0,83
Никель	1,3	1,2	1	0,95	0,9
Бронза	1,1	1,05	1	–	–

Значение предела прочности на разрыв и относительное удлинение материала мембраны представлены в табл. 12.

Таблица 12

Металл	Предел прочности при растяжении σ, МПа	Относительное удлинение при разрыве δ	Толщина, мм
Никель НП1, НП2, НП3	400 450	0,35 0,1	0,05; 0,06; 0,07; 0,084; 0,1
Сталь 12Х18Н1ОТ	540 800…900	0,35 0,15	0,05; 0,08; 0,1; 0,12; 0,15; 0,7; 0,25;0,3
Алюминий АД-1, АДО, а7	30…40 100…120	0,20…0,25 0,02…0,03	0,005…0,012; 0,014; 0,018; 0,02; 0,03; 0,04; 0,05
Алюминий АМц	60	0,20…0,28	0,7; 0,84; 0,9; 1,0; 1,2; 1,5; 1,6; 1,8; 2,0
Медь М1, М2, М3	200…300	0,30 0,03	0,05…0,20 0,3…1,5
Латунь Л90, Л80	240…420	0,35…0,42	0,05…0,1 0,12…0,22 0,25…1,0
Бериллиевая бронза БрБ2	400…600 600…900	0,20…0,30 0,02…0,03	0,02…0,1 0,11…0,2

Суммарная площадь проходного сечения мембранного устройства, м^2, определяется по формуле

$$F = fV,$$

где f — удельная рабочая площадь мембранного устройства, отнесенная к 1 м^3 объема защищаемого аппарата; $f = \frac{\Delta V}{\tau W}$, здесь ΔV — избыточное количество продуктов взрыва, подлежащих удалению из 1 м^3 аппарата, м^3/м^3; τ — время достижения максимального давления в аппарате, с; W — скорость истечения, м/с;

V — объем аппарата, м^3.

Ориентировочно рабочий диапазон мембраны может быть выбран в зависимости от объема неохлажденного и неизолированного аппарата с $P_{раб}$ до 100 кПа (табл. 13).

Таблица 13

V, м^3	< 0,2	0,2…0,4	0,4…1,2	1,2…4	4…8	8…15	15...40	40…75	75…400	400…750	750...1500
D, мм	50	75	100	150	200	250	300	350	500	550	600

Пример расчета предохранительных разрывных мембран

На стадии ректификации реакционной массы для предотвращения разрыва ректификационной колонны при превышении давления необходимо установить разрывную мембрану. Рабочее давление — 6,7 кПа, габариты колонны: высота — 11 м, диаметр — 0,8 м. Температура в колонне — 68 °С.

Давление настройки, кПа:

$$p_н = 1{,}25P_1 = 1{,}25 \cdot 6{,}7 = 8{,}4.$$

Выбираем материал мембраны из условий среды и температуры — алюминий марки АД-1.

Определяем объем колонны, м^3:

$$V = \pi r^2 h = 3{,}14 \cdot 0{,}4^2 \cdot 11 = 5{,}52.$$

По табл. 13 находим диаметр мембраны: D = 200 мм.

Выбираем тип мембраны — разрывная — и определяем толщину, мм:

$$R = \frac{D}{4}\left(\frac{(1+\delta)}{(1+\delta)^{1/2}-1}\right)^{1/2} = \frac{200}{4}\left(\frac{(1+0{,}2)}{(1+0{,}2)^{1/2}-1}\right)^{1/2} = 178;$$

$$h = \frac{\rho_{н}R}{2k_t\sigma_{в}} = 8{,}4\ \frac{178}{2}\ 0{,}9 \cdot\ 40\ 000 = 0{,}02.$$

Исходные данные и варианты заданий

Задание

Выполнить расчет разрывной мембраны для технологической установки. Рабочее давление $P_{раб}$, габариты колонны: высота H, диаметр D, м. Температура в колонне T. Исходные данные и варианты заданий приведены в табл. 14.

Таблица 14

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_{раб}$, кПа	500	550	600	650	700	750	850	900	950	100
H, м	8,0	9,0	7,6	6,0	5,0	7,0	3,4	2,0	3,0	3,4
D, м	0,8	0,7	0,6	1,0	0,5	1,8	0,7	0,4	0,6	0,5
T, °C	52	54	58	60	64	66	68	70	72	74

Необходимо обобщить полученные результаты расчетов и сделать вывод о зависимости толщины мембраны от рабочего давления, температуры и габаритных размеров.

Вопросы для контроля знаний

1. Порядок расчета разрывных предохранительных мембран.
2. Типы применяемых предохранительных устройств для сброса давления.

Библиографический список

Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. ПБ 10–115–96. — Москва : Изд-во НЦ ЭНАС, 2003. — 147 с. — ISBN 5-93196-167-4.

Предохранительные мембраны : справочное пособие / В.И. Водяник, Н.Н. Малахов, В.Т. Полтавский, И.П. Шелюк. — Москва : Химия, 1982. — 144 с.

6. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПОЖАРНОЙ АВТОМАТИКИ

6.1. Практическое занятие № 1. Разработка проекта автоматической пожарной сигнализации объекта защиты

Цели занятия:

— изучить основные принципы обнаружения пожара, принципы размещения пожарных извещателей;

— уметь выполнять схемы внешних соединений пожарных извещателей;

— изучить основные функции пожарных приемно-контрольных приборов;

— уметь выполнять схему электрическую подключения приборов при эксплуатации;

— приобрести навыки разработки проекта автоматической пожарной сигнализации.

Рассматриваемые вопросы

1. Методические указания к выполнению практического занятия.
2. Исходные данные и варианты заданий.
3. Вопросы для контроля знаний.
4. Библиографический список.

Методические указания к выполнению практического занятия

Решающим значением при выборе типа пожарных извещателей является определение превалирующих факторов пожара, последовательность и время их появления.

Классификация пожарных извещателей:

— по способу приведения в действие: ручные, автоматические;

— по способу электропитания: питаемые по шлейфу; питаемые по отдельному проводу; автономные;

— по возможности установки адреса: адресные; неадресные.

Различают следующие типы извещателей: тепловой; дымовой; пламени; газовый; комбинированный.

Схема подключения пожарных извещателей может предусматривать срабатывание приемно-контрольного прибора пожарной сигнализации при срабатывании только одного извещателя или при срабатывании двух и более пожарных извещателей.

Адресные пожарные извещатели имеют свою схему подключения. Схема подключения извещателей пожарной сигнализации зависит от типа приемно-контрольного прибора.

Прибор приемно-контрольный пожарный предназначен для приема, обработки и отображения сигналов от пожарных извещателей, обеспечения электропитанием активных пожарных извещателей, а также для формирования сигнала о пожаре во внешние цепи.

Порядок выполнения проекта системы автоматической пожарной сигнализации

Комплект чертежей проекта пожарной сигнализацией состоит из следующих листов:

— общие данные;

— структурная схема;

— план сетей пожарной сигнализации;

— схемы электрические подключений;

— кабельный журнал;

— спецификация оборудования, изделий и материалов;

— пояснительная записка.

Общие данные отражают состав комплекта рабочих чертежей, содержат условные графические обозначения используемого оборудования, основные характеристики применяемой системы — тип прибора, наименования извещателей.

Структурная схема отражает состав системы пожарной сигнализации — приборы, извещатели и связи между ними.

На плане сетей пожарной сигнализации показывают места размещения приборов, извещателей, релейных модулей в соответствии с требованием СП 5.13130.2009.

На схемах электрических подключений показывают соединения клемм приборов, схемы подключения извещателей и т.п. При выполнении электрических схем следует руководствоваться инструкциями по эксплуатации приборов.

Кабельный журнал содержит в себе обозначения кабелей, их длины.

Спецификация оборудования, изделий и материалов отражает состав оборудования, изделий и материалов, предназначенный для установки на объекте.

При выполнении проекта следует придерживаться следующей последовательности:

1) разместить на планировке здания (этажа) прибор приемно-контрольный пожарный;

2) разместить в помещениях пожарные извещатели;

3) установить релейные модули (при необходимости);

4) посчитать количество приборов, извещателей, реле и т.д.

Исходные данные и варианты заданий

Задание 1

Даны типы пожарных извещателей:

— извещатель пожарный ручной электроконтактный ИПР 513-3М;

— извещатель пожарный дымовой оптико-электронный адресно-аналоговый ДИП 34А-03;

— извещатель пожарный дымовой оптико-электронный точечный ИП 212-3СУ.

Необходимо:

— указать назначение извещателей и принцип работы;

— выполнить схемы соединений извещателей при включении их в шлейф пожарной сигнализации.

Задание 2

Даны типы приемно-контрольных приборов:

— прибор приемно-контрольный охранно-пожарный Сигнал-20М;

— прибор приемно-контрольный охранно-пожарный Сигнал-10;

— контроллер двухпроводной линии С2000-КДЛ.

Необходимо:

— указать назначение приборов;

— выполнить: схему электрическую подключения прибора Сигнал-20М при эксплуатации; схему электрическую подключения прибора Сигнал-10 при эксплуатации; схему электрическую подключения прибора С 2000-КДЛ при эксплуатации; схемы включения извещателей в шлейфы сигнализации (СШ) (пожарный тепловой и дымовой ШС) указанных выше приборов.

Задание 3

В табл. 15 приведены геометрические размеры склада, в котором необходимо выполнить систему автоматической пожарной сигнализации.

Таблица 15

Вариант	Ширина, м	Длина, м	Высота, м
1	14	14	4
2	14	15	4
3	14	16	4
4	14	17	4
5	14	18	4

Применить в практической работе следующее оборудование:

— прибор приемно-контрольный охранно-пожарный С2000-М;

— контроллер двухпроводной линии С2000-КДЛ;

— извещатель пожарный ручной электроконтактный;

— извещатель пожарный дымовой оптико-электронный адресно-аналоговый.

Необходимо выполнить:

— пояснительную записку;

— электрическую схему;

— план размещения оборудования;

— спецификацию оборудования.

Чертежи выполнить в Автокаде.

Вопросы для контроля знаний

1. Устройство и принцип действия пожарных извещателей.
2. Основные практические рекомендации по установке пожарных извещателей.
3. Назначение и принцип действия приборов приемно-контрольных пожарных.
4. Состав проектной документации.

Библиографический список

ГОСТ Р 21.1101–2013 Система проектной документации для строительства (СПДС). Основные требования к проектной и рабочей документации (с Поправкой) : национальный стандарт. — URL: http://docs.cntd.ru/document/1200104690

СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования (с Изменением № 1) : свод правил. — URL: http://docs.cntd.ru/document/1200071148

7. ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

7.1. Практическое занятие № 1. Расчет молниезащиты зданий и сооружений

Цели занятия:

— изучить основные элементов молниезащиты и нормативные требования к молниезащите различных категорий;

— изучить методики расчета молниезащиты и выполнить расчет молниезащиты.

Рассматриваемые вопросы

1. Методические указания к выполнению практического занятия.
2. Исходные данные и варианты заданий.
3. Вопросы для контроля знаний.
4. Библиографический список.

Методические указания к выполнению практического занятия

В качестве защитной меры применяются молниеотводы. Каждый молниеотвод состоит из следующих основных элементов:

— молниеприемника, непосредственно воспринимающего прямой удар молнии;

— несущей конструкции, предназначенной для установки молниеприемника;

— токоотвода, обеспечивающего электрическую связь молниеприемника с заземлителем;

— заземлителя, обеспечивающего контакт с землей.

В зависимости от конструкции молниеприемника и его расположения по отношению к защищаемому объекту различают молниеотводы:

— стержневые отдельно стоящие;

— тросовые отдельно стоящие;

— стержневые, установленные непосредственно на защищаемом объекте или изолированные от него;

— сетчатые, накладываемые на кровлю защищаемого объекта.

Для подавляющего большинства зданий защита стержневыми молниеотводами оказывается более простой и удобной.

Установлены четыре категории молниезащиты с эффективностью систем защиты соответственно:

I категория — 98 %;

II категория — 95 %;

III категория — 90 %;

IV категория — 80 %.

Существуют две зоны молниезащиты — А и Б. В зоне типа А пространство защищенности составляет 99,5 % и более. Расположена она ближе к молниеотводу внутри зоны молниезащиты. В зоне типа Б степень надежности составляет 95 % и более. Если здание полностью находится в зоне защиты, то оно практически на 100 % не будет поражено молнией.

В Инструкции по устройству молниезащиты зданий и сооружений РД 34.21.122–87 (табл. 6) приведено соответствие зданий различным категориям молниезащиты.

Расчет молниезащиты стержневым молниеотводом

Исходными данными для расчета являются:

— местонахождение объекта (число часов грозовой деятельности в год);

— наибольшие габаритные размеры объекта (ширина, высота, длина);

— классификация производств объекта по пожаровзрывобезопасности.

Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода представляет собой в вертикальном сечении конус с образующей в виде ломаной линии.

Молниеотвод имеет высоту h. Зона защиты — круговой конус высотой $h_0 < h$, его вершина совпадает с вертикальной осью молниеотвода. Зона защиты на земле представляет собой круг радиусом r_0.

При высоте молниеотвода $h \leq 150$ м имеют место следующие формулы расчета:

— зона А:

$$h_0 = 0{,}85h;$$

$$r_0 = (1{,}1 - 0{,}002h)h;$$

$$r_x = (1{,}1 - 0{,}002h)\left(h - \frac{h_x}{0{,}85}\right);$$

— зона Б:

$$h_0 = 0{,}92h;$$

$$r_0 = 1{,}5h;$$

$$r_x = 1{,}5\left(h - \frac{h_x}{0{,}92}\right).$$

Для зоны Б при заданных значениях h_x и r_x:

$$h = \frac{r_x + 1{,}63h_x}{1{,}5}.$$

Пример расчета высоты отдельно стоящего стержневого молниеотвода

Рассчитать высоту отдельно стоящего стержневого молниеотвода для защиты от прямых ударов молнии здания склада лакокрасочных материалов предприятия.

Здание имеет размеры: длина $L = 27$ м; ширина $S = 18$ м; высота $H = 6$ м.

Определяем по классификации ПУЭ класс взрывопожароопасной зоны для склада — В-1а.

Определяем требуемую категорию устройства защиты склада от воздействия атмосферного электричества. Здания и сооружения, в которых имеются взрывоопасные зоны класса В-1а, относятся ко II категории защиты.

Определяем требуемый тип защиты для склада.

По карте среднегодовой продолжительности гроз находим, что интенсивность грозовой деятельности на территории составляет 40…60 ч в год. Согласно такой интенсивности среднегодовое число ударов молнии, приходящееся на 1 км^2 площади, соответствует $n = 4$ (см. РД 34.21.122–87, прил. 2).

Ожидаемое число поражений склада молнией в течение года при отсутствии молниеотвода:

$$N = (S + 6h)(L + 6h)n \cdot 10^{-6}.$$

Подставляя известные данные, получаем

$$N = (18 + 6 \cdot 6)(27 + 6 \cdot 6)4 \cdot 10^{-6} = 0{,}014.$$

Так как $N < 1$, принимаем зону защиты типа Б.

Определяем радиус r_0 зоны защиты на высоте объекта, используя графический метод. Наносим в выбранном масштабе на лист бумаги план склада (вид сверху). Выбираем и наносим на схему точку установки молниеотвода (для объектов II категории расстояние между молниеотводом и защищаемым объектом не нормируется). Считая эту точку центром, описываем окружность такого радиуса, чтобы защищаемый объект вписался в нее. Снимаем значение радиуса: $r_x = 27{,}5$ м;

1 — защищаемый объект;

2 — место установки молниеотвода.

Вычисляем высоту молниеотвода, м:

$$h = \frac{r_x + 1{,}63h_x}{1{,}5} = 25.$$

Находим другие размеры зоны защиты, м:

$$h_0 = 0{,}92h = 23;$$

$$r_0 = 1{,}5h = 34{,}5.$$

Расчет молниезащиты одиночным тросовым молниеотводом

Зона защиты одиночного тросового молниеотвода высотой h < 150 м, где h — высота троса в середине пролета. С учетом стрелы провеса троса сечением 35…50 мм^2 при известной высоте опор $h_{оп}$ и длине пролета a высота троса h, м, равна: $h = h_{оп}$ — 2 при a < 120 м; $h = h_{оп}$ — 3 при 120 < a < 150 м.

Зоны защиты одиночного тросового молниеотвода имеют следующие габаритные размеры:

— зона А:

$$h_0 = 0{,}85h;$$

$$r_0 = (1{,}35 - 0{,}0025h)h;$$

$$r_x = (1{,}35 - 0{,}0025h)\left(h - \frac{h_x}{0{,}85}\right);$$

— зона Б:

$$h_0 = 0{,}92h; \qquad r_0 = 1{,}7h; \qquad r_x = 1{,}7\left(h - \frac{h_x}{0{,}92}\right).$$

Пример расчета высоты отдельно стоящего тросового молниеотвода

Даны габариты здания: длина L = 46 м; ширина S = 25 м; высота H = 12 м.

Помещение объекта относится к классу взрывоопасной зоны В-II.

Молниезащита категории I. Зона защиты Б.

Требуется:

— рассчитать параметры молниеотвода и его зоны защиты;

— построить зону защиты молниеотвода.

Решение

Здание объекта протяженное, поэтому выбираем одиночный тросовый молниеотвод. При установке отдельно стоящих молниеотводов для объектов I категории молниезащиты расстояние от них по воздуху и земле до защищаемого объекта и вводимых в него подземных коммуникаций не нормируется. Поэтому опоры одиночного тросового молниеотвода установим на торцевых стенках нашего здания.

Тросовые молниеприемники должны быть выполнены из стальных многопроволочных канатов сечением не менее 35 мм^2.

С учетом стрелы провеса троса сечением 35…50 мм^2 при известной высоте опор $h_{оп}$ и длине пролета a высота троса h, м, равна: $h = h_{оп}$ — 2 при a < 120 м; $h = h_{оп}$ — 3 при 120 < a < 150 м.

Для зоны типа Б высота одиночного тросового молниеотвода при известных значениях h_x и r_x определяется по формуле

$$h = \frac{(r_x + 1{,}85h_x)}{1{,}7}.$$

Расчет параметров одиночного тросового молниеотвода с зоной защиты Б производим по формуле

$$h = \frac{(r_x + 1{,}85h_x)}{1{,}7} = \frac{(12{,}5 + 1{,}85 \cdot 12)}{1{,}7} = 20{,}4\,,$$

где h — высота троса в середине пролета, м;

$r_x = \frac{25}{2} = 12{,}5$ м, здесь 25 м — ширина здания;

$h_x = H$ = 12 м,

следовательно, h = 20,4 м; $h_{оп}$ = 20,4 + 2 = 22,4 м; h_0 = 0,92h = 18,8 м; r_0 = 1,7h = 34,7 м.

По полученным значениям параметров строим зону защиты одиночного тросового молниеотвода.

Исходные данные и варианты заданий

Задание 1

Дано:

— склад по классификации ПУЭ относится к классу В-1а;

— расположен в местности со средней продолжительностью гроз 10 ч в год;

— склад имеет размеры: длина — 25 м; ширина — 15 м; высота — 10 м.

Необходимо рассчитать высоту отдельно стоящего стержневого молниеотвода для защиты от прямых ударов молнии здания склада хранения растворителя предприятия.

Задание 2

Рассчитать высоту отдельно стоящего стержневого тросового молниеотвода для защиты от прямых ударов молнии здания склада хранения растворителя предприятия.

Дано:

— склад по классификации ПУЭ относится к классу В-1а;

— зона защиты Б;

— склад имеет размеры: длина — 104 м; ширина — 36 м; высота — 12 м.

Необходимо:

— рассчитать высоту отдельно стоящего стержневого тросового молниеотвода для защиты от прямых ударов молнии здания склада хранения растворителя предприятия;

— по полученным значениям параметров построить зону защиты одиночного тросового молниеотвода.

Расчет молниезащиты выполнить аналогично приведенным примерам.

Вопросы для контроля знаний

1. Типы молниеотводов. Конструктивные элементы молниеотводов и требования к ним.
2. Допустимые расстояния между молниеотводом и защищаемым объектом.
3. Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода и ее параметры.
4. Зона защиты одиночного тросового молниеотвода и ее параметры.

Библиографический список

РД 34.21.122–87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. — URL: http://docs.cntd.ru/document/1200003090

СО 153-34.21.122–2003 Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. — URL: http://docs.cntd.ru/document/1200034368

Анастасиев П.И. Молниезащита зданий и сооружений / П.И. Анастасиев, М.М. Зеленецкий, Ю.А. Фролов. — Москва : Энергия, 1975. — 121 с.

7.2. Практическое занятие № 2. Определение допустимой длительной нагрузки на провода и кабели

Цели занятия:

— изучить метод определения коэффициента снижения допустимого длительного тока при использовании кабельных проходок;

— иметь навыки пользования таблицами ПУЭ по определению длительно допустимых токов нагрузки.

Рассматриваемые вопросы

1. Методические указания к выполнению практического занятия.
2. Исходные данные и варианты заданий.
3. Вопросы для контроля знаний.
4. Библиографический список.

Методические указания к выполнению практического занятия

Токовые нагрузки по использованию кабелей и проводов в электрических сетях установлены в ПУЭ. Указанные значения токов приведены для температур окружающего воздуха +25 °С и земли +15 °С для усредненных условий прокладки. В случае необходимости выбора конкретной токовой нагрузки для конкретного типа кабеля или провода и конкретных условий прокладки необходимо руководствоваться методиками, указанными в стандартах и правилах.

Высокая температура провода или кабеля служит причиной быстрого старения изоляции и сокращения ее срока службы.

Таким образом, величина токовой нагрузки на проводник заданного сечения должна быть ограничена, с тем чтобы наибольшая температура проводника не превышала определенного предела. ПУЭ устанавливают следующие наибольшие допустимые температуры при нагревании длительной токовой нагрузкой: голые провода и шины +70 °С, провода и кабели с резиновой или пластмассовой изоляцией +65 °С, кабели с бумажной изоляцией на напряжение до 3000 В +85 °С.

Допустимые токовые нагрузки зависят от сечений проводника, его конструктивного выполнения и условий охлаждения.

Нормальными условиями при прокладке проводов и кабелей в воздухе считается температура воздуха +25 °С, причем расстояние в свету между соседними кабелями при прокладке их внутри и вне зданий и туннелях должно быть не менее 35 мм и при прокладке в каналах не менее 50 мм. Число прокладываемых кабелей не ограничивается. Нормальной температурой при прокладке кабелей в земле или воде считается +15 °С. Допустимые нагрузки для кабелей, проложенных в земле, приведены при условии прокладки в траншее одного кабеля.

Пример выбора кабеля при длительных нагрузках

Определить марку и сечение проводников для питания трехфазного электродвигателя мощностью $P_н$ = 16 кВт, напряжение сети — 380 В, cosφ = 0,89; η = 88 %; $k_з$ — коэффициент загрузки равен 0,8. Помещение сырое. Совместно в земле проложены три кабеля, расстояние между ними 300 мм. Фактическая температура земли 20 ºС.

Решение

Вычисляем номинальный ток, А:

$$I_{ном} = \frac{P_н}{(\sqrt{3}U_н \cos\varphi \cdot \eta)};$$

$$I_{ном} = \frac{16\,000}{(1{,}7 \cdot 380 \cdot 0{,}89 \cdot 0{,}88)} = 31{,}1.$$

Определяем расчетный ток:

$$I_р = k_з\, I_{ном.р} = 0{,}8 \cdot 31{,}1 = 24{,}9.$$

Так как помещение сырое, то по табл. 2.6 ПУЭ выбираем кабель типа АВВГ — с алюминиевыми жилами, полихлорвиниловой (ПХВ) изоляцией и ПХВ-оболочкой, голый (без брони).

Так как число кабелей, прокладываемых вместе равно 3, а расстояние между ними — 300 мм, то принимаем по ПУЭ (табл. 1.3.26) $К_П$ = 0,9.

Так как расчетная температура земли 15 ºС, а фактическая 20 ºС (при нормируемой температуре для кабелей 80 ºС), по табл. 1.3.3 ПУЭ определим $К_T$ = 0,96.

Найдем расчетный ток с учетом коэффициентов $К_П$ и $К_T$:

$$I_р^1 = \frac{I_р}{К_П \cdot К_T} = \frac{24{,}9}{0{,}9 \cdot 0{,}96} = 28{,}8\,.$$

По табл. 1.3.7 ПУЭ для трехжильного кабеля с алюминиевыми жилами с пластмассовой изоляцией, в ПХВ-оболочке, проложенного в земле при минимальном сечении жилы 2,5 мм^2 допустимый ток кабеля $I_{доп.проводника}$ составляет 29 А. Так как 29 А > 28,8 А, выбираем кабель АВВГ 3×2,5 мм^2.

Исходные данные и варианты заданий

Необходимо определить сечение кабеля для питания трехфазного потребителя энергии. В табл. 16 приведены варианты заданий.

Расчет выполнить согласно приведенному примеру.

Таблица 16

№ варианта	Тип приемника / мощность приемника, схема соединений, $k_{заг}$ = 1	Тип помещения	U, В	Тип проводника	Количество прокладываемых вместе кабелей или проводов, шт. / расстояние между ними, мм	cosφ	η, %	Вид среды / температура среды, ºС
1	АД / 5 кВт	сырое	380	Провод	2 / 100	0,9	88	Земля / 5
2	АД / 10 кВт	взрывоопасное	380	Кабель	2 / 200	0,91	88	Воздух / 10
3	АД / 15 кВт	пожароопасное	380	Кабель	3 / 300	0,92	88	Земля / 15
4	АД / 20 кВт	сухое	380	Кабель	4 / 400	0,93	88	Воздух / 20

Вопросы для контроля знаний

1. Допустимые длительные токи для проводов, шнуров и кабелей с резиновой или пластмассовой изоляцией.
2. Снижающий коэффициент для проводов и кабелей, прокладываемых в коробах.

Библиографический список

Правила устройства электроустановок (ПУЭ). — URL: http://docs.cntd.ru/document/1200003114

Кабышев А.В. Расчет и проектирование систем электроснабжения объектов и установок : учебное пособие и справочные материалы / А.В. Кабышев, С.Г. Обухов. — Томск : Изд-во ТПУ, 2006. — 248 с.

Проектирование кабельных сетей и проводок / под общей редакцией Г.Е. Хромченко. — Москва : Энергия, 1980. — 383 с.

Справочная книга электрика / под общей редакцией В.И. Григорьева. — Москва : Колос, 2004. — 746 с. — ISBN 5-10-003905-1.

8. ПРОТИВОПОЖАРНОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ

8.1. Практическое занятие № 1. Испытание внутреннего противопожарного водопровода и его технических средств в процессе эксплуатации

Цели занятия:

— изучить методику испытаний внутреннего противопожарного водопровода;
— знать порядок проведения испытаний;
— знать критерии оценки результатов испытаний.

Рассматриваемые вопросы

1. Методические указания к выполнению практического занятия.
2. Исходные данные и варианты заданий.
3. Вопросы для контроля знаний.
4. Библиографический список.

Методические указания к выполнению практического занятия

Основанием для проведения испытаний ВПВ являются требования:

— Федерального закона от 22.07.2008 № 123:

ст. 86, пункт 1: «Внутренний противопожарный водопровод должен обеспечивать нормативный расход воды для тушения пожаров в зданиях, сооружениях и строениях»;

ст. 101, пункт 5: «Пожарная техника должна подвергаться испытаниям на соответствие ее параметров требованиям пожарной безопасности в соответствии с методами, установленными нормативными документами по пожарной безопасности»;

ст. 106, пункт 1: «Конструкция пожарных кранов должна обеспечивать возможность открывания запорного устройства одним человеком и подачи воды с интенсивностью, обеспечивающей тушение пожара»;

— Правила противопожарного режима в Российской Федерации: «Руководитель организации обеспечивает исправность, своевременное обслуживание и ремонт источников наружного противопожарного водоснабжения и внутреннего противопожарного водопровода и организует проведение проверок их работоспособности не реже двух раз в год (весной и осенью) с составлением соответствующих актов»;

— ГОСТ 12.4.009–83 (п. 2.4.3): «...пожарные краны должны не реже чем через каждые 6 мес. подвергаться техническому осмотру и проверяться на работоспособность посредством пуска воды с регистрацией в журнале».

Испытания ВПВ на водоотдачу

Целью испытаний является определение давления на «диктующем» пожарном кране с последующей проверкой этого давления и соответствующих ему значений расхода воды и высоты компактной части водяной струи (по СП 10.13130.2009) на соответствие нормативным.

Испытания ВПВ на водоотдачу должны осуществлять не реже двух раз в год (весной и осенью) при температуре не ниже 5 °С.

Испытания на водоотдачу необходимо проводить при минимальном давлении в магистральной (внешней) сети или в тот период суток, когда в здании, в котором происходит испытание ВПВ, наблюдается наибольшее по данным соответствующих служб водопотребление.

Для измерения давления может использоваться измерительная вставка с манометром. Концы вставки должны быть оборудованы муфтовыми головками.

Вставка с манометром размещается между клапаном и пожарным рукавом.

Порядок проведения испытаний:

1) подсоединить измерительное устройство к клапану;
2) подсоединить штатный пожарный рукав с ручным пожарным стволом к измерительному устройству;
3) открыть клапан пожарного крана для измерения давления;
4) измерение давления проводить при установившемся давлении;
5) зафиксировать по манометру значение установившегося давления у клапана $P_{клизм}$;
6) перекрыть клапан пожарного крана и дать команду на отключение насоса;
7) занести показания давления в рабочий журнал испытаний (табл. 17).

Таблица 17

Номер стояка — номер «диктующего» пожарного крана (диаметр диафрагмы)	Допустимое давление «диктующего» пожарного крана при водоотдаче, МПа, не менее		Измеренное давление в период суток наибольшего потребления воды на хозяйственные нужды, МПа	Расчетное давление «диктующего» клапана $P_{клизм}$, МПа	Результаты испытаний (удовлетворит. / не удовлетворит.)
	По СП 10.13130. 2009	По проекту	Давление, измеренное у клапана, $P_{кл.изм}$		
1	2	3	4	5	6

Примечание. Давление, измеренное у клапана пожарного крана $P_{кл.изм}$, должно быть не менее нормативного $P_{ПК.норм}$ или не менее проектного значения $P_{ПК.проек}$: $P_{кл.изм} \geq P_{ПК.проек} \geq P_{ПК.норм}$.

Значение давления $P_{кл.изм}$ заносят в рабочий журнал испытаний.

Согласно СП 10.13130.2009, табл. 3, по давлению $P_{клизм}$ определяют расход воды из пожарного ствола и высоту компактной части струи.

Испытание клапанов пожарных кранов на исправность

Целью испытаний клапанов пожарных кранов на исправность являются предотвращение залипания запорных органов клапанов в процессе их длительной эксплуатации, проверка герметичности запорного органа клапана и уплотнения штока после нескольких циклов открытия и закрытия клапана и проверка соответствия диаметра диафрагм проектным данным.

Испытания клапанов пожарных кранов на исправность должны проводиться с периодичностью в полгода.

Для проведения испытаний необходимо следующее оборудование:

— головка-заглушка;

— сосуд для сбора воды.

Порядок проведения испытаний:

1) отсоединить пожарный рукав от клапана пожарного крана;

2) подсоединить к клапану головку-заглушку;

3) выполнить вручную (без дополнительных технических средств) не менее трех циклов «открыть – закрыть» клапан пожарного крана;

4) проверить наличие или отсутствие течи через уплотнение штока клапана пожарного крана и занести показания в рабочий журнал испытаний;

5) подвести под клапан пожарного крана сосуд для сбора воды;

6) отсоединить головку-заглушку от клапана;

7) проверить наличие или отсутствие течи через запорный орган клапана пожарного крана и зафиксировать полученные результаты в рабочий журнал испытаний;

8) подсоединить пожарный рукав к клапану.

Исходные данные и варианты заданий

Задание

Дано:

— длина рукава — 20 м;

— диаметр спрыска наконечника — 16 мм;

— клапан пожарного крана DN 50.

При измеренном давлении у пожарного крана, равном: 0,1 МПа; 0,13 МПа; 0,164 МПа; 0,21 МПа; 0,263 МПа; 0,318 МПа; 0,4 МПа, определить высоту компактной части струи и расход.

Вопросы для контроля знаний

1. Внутренний водопровод. Классификация и основные элементы внутреннего водопровода.
2. Порядок проведения испытания ВПВ на водоотдачу.
3. Порядок проведения испытания ВПВ на исправность.
4. Напоры и пожарные расходы воды для внутренних водопроводов.

Библиографический список

СП 10.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности (с Изменением № 1) : свод правил. — URL: http://docs.cntd.ru/document/1200071153

Иванов Е.Н. Противопожарное водоснабжение / Е.Н. Иванов. — Москва : Стройиздат, 1986. — 316 с.

Качалов А.А. Противопожарное водоснабжение : учебник для пожарно-технических училищ / А.А. Качалов, Ю. П. Воротынцев, Л.В. Власов. — Москва : Стройиздат, 1985. — 286.

8.2. Практическое занятие № 2. Выполнение гидравлического расчета внутреннего противопожарного водопровода

Цели занятия:

— изучить методику и последовательность выполнения гидравлического расчета внутреннего противопожарного водопровода;

— уметь обоснованно выбирать диаметр выходного отверстия пожарного ствола, диаметры клапана пожарного крана, пожарного рукава и длину пожарного рукава;

— знать, как определяют диаметры трубопроводов всех участков гидравлической сети;

— иметь навыки расчета гидравлического сопротивления всех участков гидравлической сети.

Рассматриваемые вопросы

1. Методические указания к выполнению практического занятия.
2. Исходные данные и варианты заданий.
3. Вопросы для контроля знаний.
4. Библиографический список.

Методические указания к выполнению практического занятия

Гидравлический расчет ВПВ проводится с целью определения общего расхода и давления водопитателя, расхода и давления у диктующего пожарного крана, а также диаметров трубопроводов на различных участках гидравлической сети.

Расчет гидравлической сети ВПВ проводится в следующей последовательности:

1) определяют по СП 10.13130.2009, табл. 1, 2, в зависимости от назначения защищаемого объекта количество расчетных струй и минимальный расход одной струи;

2) выбирают диаметр выходного отверстия пожарного ствола, диаметры клапана пожарного крана, пожарного рукава и длину пожарного рукава;

3) в зависимости от высоты защищаемых помещений устанавливают высоту компактной части струи;

4) рассчитывают расстояние между пожарными кранами и осуществляют их привязку на плане;

5) выполняют трассировку трубопроводов, составляют аксонометрическую схему гидравлической сети, намечают расчетные участки и направление движения воды по ним;

6) определяют диктующий пожарный кран (наиболее высокорасположенный и/или наиболее удаленный от водопитателя) и уточняют расход этого крана;

7) определяют диаметры трубопроводов всех участков гидравлической сети;

8) подбирают водомерное устройство, если ВПВ совмещен с хозяйственно-питьевым и/или производственным водопроводом;

9) определяют давление (напор) водопитателя.

Количество расчетных струй и минимальный расход каждого ствола выбирают в зависимости от типа и назначения зданий и помещений, их этажности и объема, от категории пожарной опасности и степени огнестойкости сооружений по СП 10.13130.2009.

Как правило, пожарные краны расставляют с учетом орошения каждой точки защищаемых помещений двумя струями.

Для обеспечения условий орошения протяженных и широких помещений двумя струями пожарные краны рекомендуется устанавливать по обеим продольным сторонам помещения на расстоянии вдоль стен не более

$$L_{\text{кр}} = k\sqrt{\left(\sqrt{R_k^2 - (T - 1{,}35)^2} + l_{\text{р}}\right)^2 - \left(\frac{B}{2}\right)^2},$$

где $L_{\text{кр}}$ — расстояние между пожарными кранами;

k — коэффициент, учитывающий условия орошения и принимаемый равным: k = 1 — при орошении каждой точки помещения двумя струями; k = 2 — при орошении каждой точки помещения одной струей;

R_k — радиус действия компактной части струи;

T — высота помещения;

1,35 — высота расположения пожарного ствола;

$l_{\text{р}}$ — длина пожарного рукава;

B — ширина здания.

Радиус компактной части струи R_k определяется по формуле

$$R_k = \frac{(T - 1{,}35)}{\sin\alpha},$$

где T — высота помещения;

α — угол наклона радиуса действия компактной части струи; практика тушения пожаров внутри зданий показывает, что в большинстве случаев α = 45°; 70°.

Радиус компактной части струи принимают, как правило, для угла наклона 50…75°. С достаточной для практических расчетов степенью точности обычно принимают 60°. При этом

$$\left(R_k^2 - (T - 1{,}35)^2\right)^{1/2} = \frac{R_k}{2},$$

и расстояние между пожарными кранами составит

$$L_{\text{кр}} = k\left(\left(\frac{R_k}{2} + l_{\text{р}}\right)^2 - \left(\frac{B}{2}\right)^2\right)^{1/2}.$$

При развертывании пожарного рукава по помещению полезное расстояние его прокладки будет несколько меньше длины самого рукава — рукав опускается вниз у пожарного крана, а затем ствольщик поднимает его вверх на высоту ~ 1,35 м. За счет определенного наклона рукава общее уменьшение составит примерно 2 м (независимо от длины рукава). С учетом этого обстоятельства формула для определения расстояния между пожарными кранами должна быть скорректирована следующим образом:

$$L_{\text{кр}} = k\left(\left(\frac{R_k}{2} + (l_{\text{р}} - 2)\right)^2 - \left(\frac{B}{2}\right)^2\right)^{1/2}.$$

Наименьшую высоту и радиус действия компактной части пожарной струи следует принимать равными высоте помещения, считая от пола до наивысшей точки перекрытия (покрытия), но не менее, м:

6 — в жилых, общественных, производственных и вспомогательных зданиях промышленных предприятий высотой до 50 м;

8 — в жилых зданиях высотой свыше 50 м;

16 — в общественных, производственных и вспомогательных зданиях промышленных предприятий высотой свыше 50 м.

Гидравлический расчет внутреннего противопожарного водопровода

Давление на вводе ВПВ (водоисточника) рассчитывается из необходимости создания на диктующем пожарном кране давления, обеспечивающего требуемый расход воды этого крана.

Расчетное давление на вводе ВПВ при подключении к внешней магистральной сети складывается из следующих составляющих:

$$H_{\text{м}}^{\text{р}} = H_{\text{дик}} + \sum H_{\text{гс}} + Z_{\text{м}},$$

или

$$P_{\text{м}}^{\text{р}} = P_{\text{дик}} + \sum P_{\text{гс}} + \frac{Z_{\text{м}}}{100},$$

где $H_{\text{м}}^{\text{р}}$, $P_{\text{м}}^{\text{р}}$ — расчетные значения соответственно напора и давления ВПВ при подключении ВПВ к внешней магистральной сети;

$H_{\text{дик}}$, $P_{\text{дик}}$ — соответственно напор и давление на диктующем кране;

$\sum H_{\text{гс}}$, $\sum P_{\text{гс}}$ — соответственно общие гидравлические потери в сети ВПВ;

$Z_{\text{м}}$ — геометрическая высота — разность отметок по высоте между осью диктующего клапана пожарного крана и осью ввода.

Рассчитанные напор и давление сравниваются с величиной гарантированного давления внешней водопроводной сети на вводе. Если гарантированное давление на вводе меньше расчетного, то необходимо предусмотреть использование пожарных насосов:

$$H_{\text{нас}} = H_{\text{дик}} + \sum H_{\text{гс}} + Z_{\text{нас}} - H_{\text{вв}},$$

или

$$P_{\text{нас}} = P_{\text{дик}} + \sum P_{\text{гс}} + \frac{Z_{\text{нас}}}{100} - P_{\text{вв}},$$

где $H_{\text{нас}}$, $P_{\text{нас}}$ — соответственно напор и давление, развиваемые насосом;

$Z_{\text{нас}}$ — геометрическая высота — разность отметок по высоте между осью диктующего клапана пожарного крана и осью входного патрубка насоса;

$H_{\text{вв}}$, $P_{\text{вв}}$ — соответственно напор и давление на участке ввода.

Общие гидравлические потери давления в сети определяются по формуле

$$\sum H_{\text{гс-м}} = (1 + \text{К})(h_{\text{л}} + h_{\text{вв}}) + h_{\text{нас}} + h_{\text{ву}},$$

или

$$\sum P_{\text{гс-р-м}} = (1 + \text{К})(p_{\text{л}} + p_{\text{вв}}) + p_{\text{нас}} + p_{\text{ву}},$$

где $\sum H_{\text{гс-м}}, \sum P_{\text{гс-р-м}}$ — соответственно общие гидравлические потери напора и давления в гидравлической сети при подключении ВПВ к внешней магистральной сети, м, МПа;

К — коэффициент потерь давления на местные сопротивления;

$h_{\text{л}}, p_{\text{л}}$ — соответственно линейные потери напора и давления по длине трубопроводов, м, МПа;

$h_{\text{вв}}, p_{\text{вв}}$ — соответственно потери напора и давления на участке ввода, м, МПа;

$h_{\text{нас}}, p_{\text{нас}}$ — соответственно потери напора и давления в насосе, м, МПа;

$h_{\text{ву}}, p_{\text{ву}}$ — соответственно потери напора и давления на водомерном устройстве, м, МПа.

Линейные гидравлические потери давления по длине трубопроводов будут равны

$$h_{\text{л}} = \sum i_i l_i (1 + \text{К}),$$

или

$$p_{\text{л}} = \sum i_i l_i (1 + \text{К}) \text{ при } i = AQ^2 \text{ или } i = \frac{Q}{\text{К}_{\text{т}}}^2,$$

где i — гидравлический уклон, т.е. потери давления (напора) на единицу длины трубопровода, м вод. ст./м (МПа/м).

Для трубопроводов одинакового диаметра

$$h_{\text{л}} = AlQ^2 = \frac{lQ^2}{\text{К}_{\text{т}}},$$

или

$$p_{\text{л}} = AlQ^2 = \frac{lQ^2}{\text{К}_{\text{т}}},$$

где A — удельное сопротивление единицы длины трубопровода, зависящее от его диаметра и шероховатости стенок, $с^2/л^2$ ($с^2/м^6$);

l — длина трубопровода, м;

Q — расход воды, $м^3/ч$ (л/с);

$\text{К}_{\text{т}}$ — удельная характеристика трубопровода, $л^2/с^2$ ($л^2/с^6$).

Значения коэффициента К (потери давления на местные сопротивления) принимаются:

— К = 0,1 — в сетях специальных ВПВ;

— К = 0,15 — в совмещенных сетях ВПВ и производственного;

— К = 0,2 — в совмещенных сетях ВПВ и хозяйственно-питьевого водопровода.

В общем случае требуемое давление в начале установки (после пожарного насоса) складывается из следующих составляющих:

$$P_{\text{тр}} = P_{\text{г}} + P_{\text{в}} + \sum P_{\text{м}} + P_{\text{уу}} + P_0 + Z,$$

где $P_{\text{г}}$ — потери давления на горизонтальном участке трубопровода;

$P_{\text{в}}$ — потери давления на вертикальном участке трубопровода;

$\sum P_{\text{м}}$ — потери давления в местных сопротивлениях;

$P_{\text{уу}}$ — местные сопротивления в узле управления;

P_0 — давление у «диктующего» пожарного крана;

Z — геометрическая высота «диктующего» пожарного крана над осью насоса.

Гидравлические потери давления P в трубопроводах определяют по формуле

$$P = lI_1,$$

где l — длина трубопровода, м;

I_1 — потери давления на единицу длины трубопровода, или гидравлический уклон; $I_1 = AQ^2 = \frac{Q^2}{К_т}$, здесь A — удельное сопротивление, зависящее от диаметра и шероховатости стенок, с^2/л^6; К$_т$ — удельная характеристика трубопровода, л^6/с^2; Q — расход воды, л/с.

Пример расчета объединенного водопровода здания

Рассчитать объединенный хозяйственно-производственный противопожарный водопровод двухэтажного производственного здания II степени огнестойкости с категорией здания В-II с высотой помещений 8,2 м и размерами в плане 24×60 м (объем — 23 616 м^3). На хозяйственно-питьевые и производственные нужды вода подается по двум стоякам с расходом q = 4 л/с. Гарантированный напор в наружной сети — 20 м.

Определяем нормативный расход и число пожарных струй по табл. 2. СП 10.13130.2009. На внутреннее пожаротушение в производственном здании высотой до 50 м требуется две струи по 5 л/с:

$$Q_{вн} = 2 \cdot 5 = 10.$$

Определим требуемый радиус компактной части струи при угле наклона струи α = 60°:

$$R_k = \frac{T-1{,}35}{\sin\alpha} = \frac{8{,}2-1{,}35}{\sin 60°} = 8.$$

Так как расход пожарной струи больше 4 л/с, водопроводная сеть оборудуется пожарными кранами диаметром 65 мм со стволами, имеющими насадки 19 мм, и рукавами длиной 20 м. При этом в соответствии с табл. 3 СП 10.131.30.2009 действительный расход струи будет равен 5,2 л/с, напор у пожарного крана — 19,9 м, а компактная часть струи — R_k = 12 м.

Определим расстояние между пожарными кранами из условия орошения каждой точки помещения двумя струями, м:

$$L_{кр} = k\left(\left(\frac{R_k}{2} + (l_р - 2)\right)^2 - \left(\frac{B}{2}\right)^2\right)^{1/2} = 23.$$

При таком расстоянии требуется установить на каждом этаже по восемь пожарных кранов. Так как общее количество пожарных кранов более 12, то магистральная сеть должна быть кольцевой и питаться двумя вводами.

Составим аксонометрическую схему водопроводной сети, наметив на ней расчетные участки. Как видно, за расчетное направление следует принять направление от точки 0 до ПК-16 (расчет проводится при отключении второго ввода).

Сосредоточиваем полученные величины расходов воды на хозяйственно-питьевые и производственные нужды в точках присоединения хозяйственных стояков к магистральной сети, т.е. в точках 1 и 4; $q_1 = q_4 = q/2 = 4/2 = 2$ л/с.

Распределим сосредоточенные расходы по участкам магистральной сети, принимая за точку схода точку 3.

Определим диаметры труб. Для определения диаметров труб магистральной сети воспользуемся формулой

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}},$$

где v = 1,5 м/с.

Диаметр труб на участке 0–1 с максимальным расходом 7,2 л/с:

$$d_с = \left(\frac{4 \cdot 7{,}2 \cdot 10^{-3}}{3{,}13 \cdot 1{,}5}\right)^{1/2} = 0{,}08 \text{ м} = 80 \text{ мм}.$$

Диаметр труб для вводов:

$$d_{вв} = \sqrt{\frac{4 \cdot 14{,}4 \cdot 10^{-3}}{3{,}14 \cdot 1{,}5}} = 0{,}110 \text{ м} = 110 \text{ мм}.$$

Принимаем трубы стальные диаметром 80 мм для магистральной сети и трубы чугунные диаметром 100 мм для вводов.

Производим расчет кольцевой магистральной сети. Потери напора определяем по формуле

$$h = AlQ^2,$$

где A — удельное сопротивление труб;

Q — расход воды, м^3/с.

Результаты расчета сводим в табл. 18.

Таблица 18

Направления	Участки	l, м	d, мм	A	$q \cdot 10^{-3}$, м^3/с	$h = AlQ^2$
0–1–2–3	0–1	22	80	454,3	7,7	0,59
	1–2	52	80	454,3	5,7	0,77
	2–3	20	80	454,3	0,5	0,002
0–4–3	0–4	62	80	454,3	6,7	1,26
	4–3	12	80	454,3	4,7	0,12

В итоге имеем: $\sum h_1 = 1{,}36$ м; $\sum h_2 = 1{,}38$ м.

Средние потери в сети будут равны, м:

$$h_{\text{ср}} = \frac{1{,}36 + 1{,}38}{2} = 1{,}37\ .$$

Подбираем водомер на пропуск расчетного расхода (с учетом пожарного):

$$Q_{\text{расч}} = 14{,}4 \cdot 10^{-3}\ \text{м}^3/\text{с} = 14{,}4\ \text{л/с}.$$

Принимаем водомер ВВ-80. Потери напора в нем будут равны, м:

$$h_{\text{вод}} = SQ^2_{\text{расч}} = 0{,}00264 \cdot 14{,}4^2 = 0{,}55,$$

что меньше допустимой величины 2,5 м.

Определим потери напора в пожарном стояке и на вводе, м:

$$h_{\text{ст}} = A_{65} l_{\text{ст}} Q^2_{\text{ст}} = 2296 \cdot 9{,}55(5{,}2 \cdot 10^{-3})^2 = 0{,}6;$$

$$h_{\text{вв}} = A_{100} l_{\text{вв}} Q^2_{\text{расч}} = 311{,}7 \cdot 42{,}5(14{,}4 \cdot 10^{-3})^2 = 2{,}75.$$

Тогда потери напора в сети на расчетном направлении 0-ПК-16, м:

$$h_{\text{с}} = h_{\text{ср}} + h_{\text{ст}} = 1{,}37 + 0{,}6 = 1{,}97.$$

Определим требуемый напор на вводе, м:

$$H_{\text{тр.пож}} = 1{,}2h_{\text{с}} + h_{\text{вв}} + h_{\text{вод}} + H_{\text{св}} + \Delta Z = 1{,}2 \cdot 1{,}97 + 2{,}75 + 0{,}55 + 19{,}9 + 12{,}05 = 37{,}6,$$

где $\Delta Z = 2{,}5 + 8{,}2 + 1{,}35 = 12{,}05$ м.

Так как величина гарантированного напора, равная 20 м, меньше величины требуемого напора, необходимо установить насос, обеспечивающий создание напора, м:

$$H_{\text{н}} = H_{\text{тр.пож}} - H_{\text{г}} = 37{,}6 - 20 = 17{,}6$$

при подаче $Q_{\text{расч}} = 14{,}4 \cdot 10^{-3}$ м^3/с.

Исходные данные и варианты заданий

Задание 1

Определить расстояние между пожарными кранами протяженных и широких помещений при тушении двумя струями.

Исходные данные приведены в табл. 19.

Таблица 19

Номер варианта	Длина рукава, м	Ширина здания, м	Высота помещения, м
1	10	10	5
2	10	15	10
3	10	20	15
4	15	25	5
5	15	30	10
6	15	10	15
7	15	10	5
8	20	15	10
9	20	20	15
10	20	25	8

Необходимо определить $L_{кр}$ — расстояние между пожарными кранами.

Задание 2

Рассчитать противопожарный водопровод двухэтажного производственного здания II степени огнестойкости с категорией здания В-II с высотой помещений 8,2 м и размерами в плане 24×60 м (объем — 23 616 м^3). Гарантированный напор в наружной сети — 10 м.

Расчет выполнить аналогично рассмотренному примеру.

Вопросы для контроля знаний

1. Высота компактной части струи.
2. Радиус действия наклонной струи.
3. Последовательность выполнения гидравлического расчета внутреннего противопожарного водопровода здания.
4. Определение расхода, напора на пожарном кране на внутреннее пожаротушение по СП 10.13130.2009.
5. Внутренний водопровод, его классификация и основные элементы.
6. Нормы расходов воды на внутреннее пожаротушение.
7. Устройство внутренних противопожарных водопроводов. Определение расстояния между пожарными кранами.

Библиографический список

СП 10.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности (с Изменением № 1) : свод правил. — URL: http://docs.cntd.ru/document/1200071153

Павлинова И.И. Водоснабжение и водоснабжение : учебник для вузов / И.И. Павлинова, В.И. Баженов, И.Г. Губий. — 4–е изд., перераб. и доп. — Москва : Юрайт, 2012. — 472 с. — ISBN 978-5-9916-2029-1.

Противопожарное водоснабжение : учебник / Г.Ю. Абросимов, В.В. Жучков, Ю.А. Мышак и др. — Москва : Академия ГПС МЧС России, 2008. — 311 с.

8.3. Практическое задание № 3. Расстановка пожарных гидрантов для целей пожаротушения

Цели занятия:

— изучить требования нормативных документов по расстановке пожарных гидрантов для целей пожаротушения;

— знать методический подход к расстановке пожарных гидрантов;

— иметь навыки расстановки пожарных гидрантов на генеральном плане.

Рассматриваемые вопросы

1. Методические указания к выполнению практического занятия.
2. Исходные данные и варианты заданий.
3. Вопросы для контроля знаний.
4. Библиографический список.

Методические указания к выполнению практического занятия

Расчет количества пожарных гидрантов на сети производится по СП 8.13130.2009, п. 8.6.

Расстановка пожарных гидрантов на водопроводной сети должна обеспечивать пожаротушение любого обслуживаемого данной сетью здания, сооружения или его части не менее чем от двух гидрантов при расходе воды на наружное пожаротушение 15 л/с и более и одного — при расходе воды менее 15 л/с с учетом длины прокладки рукавных линий по дорогам с твердым покрытием.

Пожарные гидранты следует устанавливать на кольцевых участках водопроводных линий. Допускается установка гидрантов на тупиковых линиях водопровода при длине линий не свыше 200 м и принятием мер против замерзания воды в них. Потери напора h в метрах на 1 м длины рукавных линий следует определять по формуле

$$h = 0{,}00385\, q^2,$$

где q — производительность пожарной струи, л/с.

Для того чтобы расстояние между пожарными гидрантами было определенно правильным, нужно принимать во внимание несколько факторов:

— густота застройки района;

— общая высота строения;

— подъездной путь, по которому будут перемещаться пожарные машины.

Радиус действия гидранта r определяется по формуле

$$r = \left(\frac{l_{\text{р}}}{1{,}2} - l_{\text{зд}}\right)\sqrt{1 - \left(\frac{\Delta Z}{\frac{l_{\text{р}}}{1{,}2} - l_{\text{зд}}}\right)^2} + R_k \cos\alpha,$$

где $l_{\text{р}}$ — длина рукавной линии до места расположения ствола;

$1{,}2$ — коэффициент прокладки рукавов, учитывающий нелинейность прокладки (изгибы);

$l_{\text{зд}}$ — длина рукавной линии по высоте здания; $l_{\text{зд}} = kn$, где k — длина рукавной линии, приходящаяся на один этаж (величину следует принимать равной высоте этажа при вертикальной прокладке рукавных линий и равной утроенной высоте этажа при изгибе); n — количество этажей в здании;

ΔZ — разница уровней земли в месте расположения здания (разветвления у здания) и автонасоса;

α — угол наклона радиуса действия компактной части струи R_k.

Если величина ΔZ примерно равна 0 и по условиям тушения допускается принять угол α примерно равным 60°, то радиус действия определяется по формуле

$$r = \frac{l_{\text{р}}}{1{,}2} - l_{\text{зд}} + \frac{R_k}{2}.$$

После определения радиуса действия гидранта на генплане наносится карта орошения.

Исходные данные и варианты заданий

Задание 1

Определить радиус действия гидранта для следующих вариантов задания (табл. 20).

Разница уровней земли в месте расположения здания (разветвления у здания) и автонасоса равна нулю.

Таблица 20

Номер варианта	Длина рукавной линии до места расположения ствола, м	Длина рукавной линии по высоте здания, м	Радиус действия компактной части струи, м
1	50	5	17
2	70	10	17
3	100	15	17

Задание 2

Определить расход воды на наружное пожаротушение в объединенном водопроводе, если в населенном пункте проживает 27 тыс. чел., здания трехэтажные, а предприятия площадью до 150 га имеют цех объемом $210 \cdot 10^3$ м^3, расположенный в здании II степени огнестойкости, категории В. Предприятие расположено в пределах населенного пункта.

Вопросы для контроля знаний

1. Классификация наружных водопроводов.
2. Требования норм к свободным напорам в водопроводах высокого и низкого давлений.
3. Схемы водоснабжения для промышленных предприятий и населенных пунктов.
4. Расход воды на наружное пожаротушение для населенных пунктов и промышленных предприятий.

Библиографический список

СП 8.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Источники наружного водоснабжения. Требования пожарной безопасности (с Изменением № 1) : свод правил. — URL: http://docs.cntd.ru/document/1200071151

Гидравлика и противопожарное водоснабжение : учебник / Ю.Г. Абросимов, А.И. Иванов, А.А. Качалов ; под ред. Ю.Г. Абросимова. — Москва : Академия ГПС МЧС России, 2003. — 392 с.

Иванников В.П. Справочник руководителя тушения пожара / В.П. Иванников, П.П. Клюс. — Москва : Стройиздат, 1987. — 288 с.

9. АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПОЖАРОТУШЕНИЕ

9.1. Практическое занятие № 1

Расчет массы газового огнетушащего вещества для установок газового пожаротушения при тушении объемным способом и расчет площади проема для сброса избыточного давления в помещениях, защищаемых установками газового пожаротушения.

Цели занятия:

— изучить методику расчета массы газа для создания огнетушащей концентрации в защищаемом помещении;

— уметь выполнять расчеты для проектов систем газового пожаротушения.

Рассматриваемые вопросы

1. Методические указания к выполнению практического занятия.
2. Исходные данные и варианты заданий.
3. Вопросы для контроля знаний.
4. Библиографический список.

Методические указания к выполнению практического занятия

Расчетная масса ГОТВ $M_г$, которая должна храниться в установке:

$$M_г = К_1\left(M_р + M_{тр} + M_б n\right),$$

где $К_1$ — коэффициент, учитывающий утечки газового огнетушащего вещества из сосудов;

$M_р$ — масса ГОТВ, предназначенная для создания в объеме помещения огнетушащей концентрации, определяется по формулам:

— для сжиженных газов, за исключением двуокиси углерода:

$$M_р = V_р \rho_1 (1 + К_2) \frac{C_н}{100 - C_н};$$

— для сжатых газов и двуокиси углерода:

$$M_р = V_р \rho_1 (1 + К_2) \ln \frac{C_н}{100 - C_н};$$

где $V_р$ — расчетный объем защищаемого помещения, м^3;

ρ_1 — плотность газового огнетушащего вещества с учетом высоты защищаемого объекта относительно уровня моря для минимальной температуры в помещении $T_м$, кг/м^3; $\rho_1 = \rho_0 \frac{T_0}{T_м} К_3$, здесь ρ_0 — плотность паров газового огнетушащего вещества при температуре T_0 = 293 К (20 °С) и атмосферном давлении 101,3 кПа; $T_м$ — минимальная температура воздуха в защищаемом помещении, К; $К_3$ — поправочный коэффициент, учитывающий высоту расположения объекта относительно уровня моря;

$К_2$ — коэффициент, учитывающий потери газового огнетушащего вещества через проемы помещения;

$C_н$ — нормативная объемная концентрация, % (об.).

Коэффициент, учитывающий потери газового огнетушащего вещества через проемы помещения, вычисляется по формуле

$$К_2 = П\delta t_{под}\sqrt{H},$$

где П — параметр, учитывающий расположение проемов по высоте защищаемого помещения, м^{0,5}·с$^{-1}$;

δ — параметр негерметичности помещения, м$^{-1}$; $\delta = \frac{\Sigma F_H}{V_р}$, здесь ΣF_H — суммарная площадь постоянно открытых проемов, м^2;

$t_{под}$ — нормативное время подачи ГОТВ в защищаемое помещение, с;

H — высота помещения, м.

Численные значения параметра П выбираются следующим образом:

— П = 0,65 — при расположении проемов одновременно в нижней (до 0,2H) и верхней зонах помещения (от 0,8H до 1,0H) или одновременно на потолке и на полу помещения, причем площади проемов в нижней и верхней частях примерно равны и составляют половину суммарной площади проемов;

— П = 0,1 — при расположении проемов только в верхней зоне (от 0,8H до 1,0H) защищаемого помещения (или на потолке);

— П = 0,25 — при расположении проемов только в нижней зоне (до 0,2H) защищаемого помещения (или на полу);

— П = 0,4 — при примерно равномерном распределении площади проемов по всей высоте защищаемого помещения и во всех остальных случаях.

Значение массы $M_р$ для тушения пожаров подкласса А1 определяется по формуле

$$M_р = К_4 M_{р-гепт},$$

где $К_4$ — коэффициент, учитывающий вид горючего материала;

$M_{р-гепт}$ — значение массы $M_р$ для нормативной объемной концентрации $C_н$ при тушении н-гептана.

Значения коэффициента $К_4$ принимаются равными:

1,3 — для тушения бумаги, гофрированной бумаги, картона, тканей и т.п. в кипах, рулонах или папках;

2,25 — для помещений с этими же материалами, в которые доступ пожарных после окончания работы АУГП исключен.

Площадь проема для сброса избыточного давления $F_с$, м^2, определяется по формуле

$$F_с \geq \frac{К_2 К_3 M_р}{0,7 К_1 t_{под} \rho_1} \cdot \sqrt{\frac{\rho_в}{7 \cdot 10^6 P_а \left(\frac{P_{пр}+P_а}{P_а}\right)^{0,2857} - 1}} - \Sigma F,$$

где $К_2$ — коэффициент запаса, принимаемый равным 1,2;

$К_3$ — коэффициент, учитывающий изменение давления при его подаче;

$t_{под}$ — время подачи ГОТВ, определяемое из гидравлического расчета, с;

$\rho_в$ — плотность воздуха в условиях эксплуатации защищаемого помещения, кг/м^3;

$P_{пр}$ — предельно допустимое избыточное давление, которое определяется из условия сохранения прочности строительных конструкций защищаемого помещения или размещенного в нем оборудования, МПа;

$P_а$ — атмосферное давление, МПа;

ΣF — площадь постоянно открытых проемов (кроме сбросного проема) в ограждающих конструкциях помещения, м^2.

Значения величин $M_р$, $К_1$, ρ_1 определяются в соответствии с прил. Е.

Для ГОТВ — сжиженных газов коэффициент $К_3 = 1$.

Для ГОТВ — сжатых газов коэффициент $К_3$ принимается равным:

— для азота — 2,4;

— для аргона — 2,66;

— для состава «Инерген» — 2,44.

Если значение правой части неравенства меньше или равно нулю, то проем (устройство) для сброса избыточного давления не требуется.

Исходные данные и варианты заданий

Задание

Рассчитать массу газа для создания огнетушащей концентрации и площадь проема для сброса избыточного давления при выпуске газового огнетушащего вещества в помещение архива и серверной.

Помещение имеет следующие размеры:

— длина — 5 м;

— ширина — 4 м;

— высота — 3 м.

Минимальная температура в помещении — 5 °С.

Помещение условно герметичное.

Площади проемов примерно равномерно распределены по всей высоте защищаемого помещения.

Расчет выполнить для разрешенных к применению газовых огнетушащих веществ. Концентрация принять по н-гептану.

Вопросы для контроля знаний

1. Порядок расчета массы огнетушащего вещества для создания огнетушащей концентрации.
2. Сравнение газовых огнетушащих веществ по массе газа для создания огнетушащей концентрации в помещении с одинаковыми геометрическими размерами.
3. Порядок выбора газового огнетушащего вещества.

Библиографический список

СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования (с Изменением № 1) : свод правил. — URL: http://docs.cntd.ru/document/1200071148

Производственная и пожарная автоматика. Часть 2. Автоматические установки пожаротушения : учебник / В.П. Бабуров, В.В. Бабурин, В.И. Фомин и др. — Москва: Академия ГПС МЧС России, 2007. — 297 с. — ISBN 5-9659-0047-3.

9.2. Практическое занятие № 2. Расчет установки порошкового пожаротушения модульного типа

Цели занятия:

— изучить методику расчета установок порошкового пожаротушения модульного типа;

— уметь выполнять расчеты для проектов систем порошкового пожаротушения.

Рассматриваемые вопросы

1. Методические указания к выполнению практического занятия.
2. Исходные данные и варианты заданий.
3. Вопросы для контроля знаний.
4. Библиографический список.

Методические указания к выполнению практического занятия

Расчет установки порошкового пожаротушения включает определение количества модулей, предназначенных для тушения пожара.

Тушение всего защищаемого объема

Количество модулей для защиты объема помещения определяется по формуле

$$N = \frac{V_п}{V_H} k_1 k_2 k_3 k_4,$$

где $V_п$ — объем защищаемого помещения, м^3;

V_H — объем, необходимый для защиты одним модулем выбранного типа; определяется по технической документации на модуль, м^3;

k_1 — коэффициент неравномерности распыления порошка, k_1 = 1...1,2;

k_2 — коэффициент запаса, учитывающий эффективность пожаротушения при наличии затенений возможных очагов загорания; определяется изготовителем модулей;

k_3 — коэффициент, учитывающий изменение огнетушащей эффективности используемого порошка по отношению к горючему веществу в защищаемой зоне по сравнению с бензином АИ-92 (второго класса);

k_4 — коэффициент, учитывающий степень негерметичности помещения; $k_4 = 1 + 10f$, здесь $f = F_{нег} / F_{пом}$ — отношение суммарной площади постоянно открытых проемов (проемов, щелей) к общей поверхности помещения.

Локальное пожаротушение по объему

Расчет ведется аналогично, как и при тушении по всему объему. Локальный объем V_H, защищаемый одним модулем, определяется по документации на модули, а защищаемый объем $V_з$ определяется как объем объекта, увеличенный на 15 %.

При локальном тушении по объему принимается k_4 = 1,3.

Тушение по всей площади

Количество модулей, необходимое для пожаротушения по площади защищаемого помещения, определяется по формуле

$$N = \frac{S_у}{S_H} k_1 k_2 k_3 k_4,$$

где S_y — площадь защищаемого помещения, ограниченная ограждающими конструкциями, стенами, м^2;

S_H — площадь, защищаемая одним модулем; определяется по документации на модуль, м^2.

Значения коэффициентов k_1, k_2, k_3 определяются аналогично ранее рассмотренным вопросам; k_4 принимается равным 1,2.

Локальное пожаротушение по площади

Расчет ведется аналогично, как и при пожаротушении по площади. При этом принимаются: S_H — локальная площадь, защищаемая одним модулем, определяется по документации на модуль; защищаемая площадь S_y определяется как площадь объекта, увеличенная на 10 %.

При локальном тушении по площади принимается k_4 = 1,3.

Пример расчета количества модулей порошкового пожаротушения

Помещение склада лакокрасочных материалов площадью 210 м^2 и высотой 3,5 м с высотой складирования продукции не более 1,0 м подлежит защите системой автоматического пожаротушения. Складирование осуществляется непосредственно на полу помещения. Зоны затенения отсутствуют.

Помещение относится к категории А по взрывопожароопасности, класс зоны по ПУЭ В-Iа (взрывоопасная).

Для защиты помещения выбираем модули порошкового пожаротушения МПП (р-вз)-8У (Буран-8У-взрывозащищенный) — универсальный с маркировкой уровня и вида взрывозащиты 2ExiaSIIBT4X, потолочного крепления. Согласно паспорту защищаемая площадь по классу В (ЛВЖ и ГЖ) для данного модуля составляет 23 м², защищаемый объем — 31 м^3. Таким образом, модуль при тушении пожара создает огнетушащую концентрацию порошка на высоту до 1,35 м на всей защищаемой площади.

Так как высота складирования продукции не превышает 1,0 м, то расчет необходимого количества МПП (р-вз)-8У проводим по площади (см. конфигурацию распыла в паспорте на МПП (р)-8 Буран-8взр.):

$$N = \frac{S_у}{S_H} k_1 k_2 k_3 k_4 = \frac{210}{23} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 9{,}13,$$

где $k_1 = 1$ (паспорт на модуль);

$k_2 = 1$ (отсутствуют какие–либо экраны на пути движения порошка в зону горения);

$k_3 = 1$ (табл. И.1 прил. И СП 5.13130.2009. Выбор сделан по бензину А-76);

$k_4 = 1$ (паспорт на модуль).

Принимаем $N = 10$ шт.

Согласно проведенному расчету для противопожарной защиты помещения склада лакокрасочных материалов требуется 10 шт. МПП (р-вз)-8У (Буран-8У-взрывозащищенный).

Исходные данные и варианты заданий

Задание 1

Рассчитать количество модулей порошкового пожаротушения типа «Буран» для пожаротушения в помещении, где хранятся твердые горючие вещества. Хранение напольное. Затененных зон нет.

Помещение имеет следующие размеры:

— длина — 15 м;

— ширина — 14 м;

— высота — 3 м.

Минимальная температура в помещении — 5 °С.

Помещение условно герметичное.

Задание 2

Рассчитать количество модулей порошкового пожаротушения типа «Буран» для пожаротушения в помещении, где хранятся твердые горючие вещества. Хранение напольное. Затененных зон нет.

Площадь помещений, защищаемых автоматической установкой порошкового пожаротушения, равна 10 000 м^2. Высота защищаемых помещений — до 12 м.

Отопление центральное. Пределы рабочих температур от +5 °С до +30 °С.

Относительная влажность до 70 % при 20 °С.

Необходимо выполнить:

— расчет необходимого количества модулей порошкового пожаротушения;

— схему расположения оборудования;

— структурную схему.

Вопросы для контроля знаний

1. Методика расчета количества модулей порошкового пожаротушения при тушении объемным способом.

2. Методика расчета количества модулей порошкового пожаротушения при тушении по площади.

3. Модули порошкового пожаротушения взрывозащищенного исполнения.

Библиографический список

СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования (с Изменением № 1) : свод правил. — URL: http://docs.cntd.ru/document/1200071148

Производственная и пожарная автоматика. Часть 2. Автоматические установки пожаротушения : учебник / В.П. Бабуров, В.В. Бабурин, В.И. Фомин и др. — Москва: Академия ГПС МЧС России, 2007. — 297 с. — ISBN 5-9659-0047-3.

9.3. Практическое занятие № 3. Расчет установки аэрозольного пожаротушения модульного типа

Цели занятия:

— изучить методику расчета установок аэрозольного пожаротушения модульного типа;

— иметь навыки выполнения расчетов для проектов систем аэрозольного пожаротушения защищаемых помещений.

Рассматриваемые вопросы

1. Методические указания к выполнению практического занятия.
2. Исходные данные и варианты заданий.
3. Вопросы для контроля знаний.
4. Библиографический список.

Методические указания к выполнению практического занятия

Суммарная масса зарядов аэрозолеобразующего состава (АОС) $M_{\text{АОС}}$, кг, необходимая для ликвидации пожара объемным способом в помещении заданного объема и негерметичности, определяется по формуле

$$M_{\text{АОС}} = \text{К}_1\text{К}_2\text{К}_3\text{К}_4 V q^{\text{н}}_{\text{ГОА}},$$

где К_1 — коэффициент, учитывающий неравномерность распределения аэрозоля из генераторов по высоте помещения;

К_2 — коэффициент, учитывающий влияние негерметичности защищаемого помещения;

К_3 — коэффициент, учитывающий особенности тушения кабелей в аварийном режиме эксплуатации;

К_4 — коэффициент, учитывающий особенности тушения кабелей при различной их ориентации в пространстве;

V — объем защищаемого помещения, м^3;

$q^{\text{н}}_{\text{ГОА}}$ — нормативная огнетушащая способность генераторов (по ТУ предприятия), кг/м^3.

Коэффициент К_1 принимается равным:

— К_1 = 1,0 — при высоте помещения не более 3,0 м;

— К_1 = 1,15 — при высоте помещения от 3,0 до 5,0 м;

— К_1 = 1,25 — при высоте помещения от 5,0 до 8,0 м;

— К_1 = 1,4 — при высоте помещения от 8,0 до 10 м.

Коэффициент К_2 определяется по формуле

$$\text{К}_2 = 1 + U^* \tau_{\text{л}},$$

где U^* — относительная интенсивность подачи аэрозоля из генераторов, с$^{-1}$; определяется на основе значений параметра негерметичности δ и параметра распределения негерметичности по высоте защищаемого помещения ψ (см. табл. К.1 СП 5.13130.2009);

$\tau_{\text{л}}$ — размерный коэффициент, с, принимаемый равным 6.

Параметр негерметичности защищаемого помещения δ, м$^{-1}$, определяется по формуле

$$\delta = \frac{\Sigma F}{V},$$

где ΣF — суммарная площадь постоянно открытых проемов, м^2;

V — объем защищаемого помещения, м^3.

Параметр распределения негерметичности по высоте защищаемого помещения ψ, %, определяется по формуле

$$\psi = \frac{F^*_{\text{р}}}{\Sigma F} \cdot 100\ \%\ ,$$

где $F^*_{\text{р}}$ — площадь постоянно открытых проемов, расположенных в верхней половине защищаемого помещения, м^2.

Коэффициент К_3 принимается равным:

— К_3 = 1,5 — для кабельных сооружений;

— К_3 = 1,0 — для других сооружений.

Коэффициент $К_4$ принимается равным:

— $К_4$ = 1,15 — при расположении продольной оси кабельного сооружения под углом более 45° к горизонту (вертикальные, наклонные кабельные коллекторы, туннели, коридоры и кабельные шахты);

— $К_4$ = 1,0 — в остальных случаях.

При наличии в автоматической установке автопожаротушения (АУАП) однотипных генераторов общее количество ГОА должно определяться по формуле

$$N \geq \frac{M_{\text{АОС}}}{m_{\text{ГОА}}}.$$

Полученное дробное значение N округляется в большую сторону до целого числа.

Расчет избыточного давления при подаче огнетушащего аэрозоля в помещение

Избыточное давления P_m при подаче огнетушащего аэрозоля в герметичное помещение (δ = 0), кПа, определяется по формуле

$$P_m = \frac{0{,}0265 Q M_{\text{АОС}}}{S\tau_{\text{АУАП}}}\left(1 - \exp\left(-0{,}0114\frac{S\tau_{\text{АУАП}}}{V}\right)\right),$$

где Q — удельное тепловыделение при работе генераторов (по технической документации производителя), Дж/кг;

S — суммарная площадь ограждающих конструкций защищаемого помещения, м^2.

Избыточное давление в негерметичных помещениях:

$$P_m = kA^n,$$

где k, n — коэффициенты;

A — безразмерный параметр, описываемый выражением

$$A = 1{,}13 \cdot 10^{-8} \cdot \left(1 - 4{,}4 \cdot 10^{-3}\frac{S\tau_{\text{АУАП}}}{V}\right)\frac{QI}{\delta}.$$

При $0{,}01 \leq A \leq 1{,}2$ — k = 20 кПА; n = 1,7.

При $A > 1{,}2$ — k = 32 кПА; n = 0,2.

Если параметр $A < 0{,}01$, то расчет давления не проводится и считается, что установка удовлетворяет условию $P_m < P_{\text{пред}}$.

Дано: защищаемое помещение кабельного полуэтажа. Помещение прямоугольной формы. Несущие конструкции — железобетон. Вентиляция естественная. Помещение неотапливаемое.

Запыленность, вибрация, агрессивные среды отсутствуют.

Геометрические размеры помещения: длина — 30 м; ширина — 12 м; высота — 2,35 м; площадь — 396 м^2; объем — 930 м^3 .

Температурный режим эксплуатации — +5…+40 °С.

Степень огнестойкости строительных конструкций — I.

Конструкционная пожарная опасность — С0.

Класс пожарной опасности строительных конструкций — К1.

Функциональная пожарная опасность — Ф 4.3.

Класс зоны по ПУЭ — П-IIа.

Предусмотрено автоматическое аэрозольное пожаротушение на базе аэрозольных генераторов АГС 7/2.

Технические характеристики АГС 7/2

Масса ГОА — 10,8 кг.

Масса АОС — 6,8 кг.

Максимальный защищаемый объем условно герметичного помещения (d^* < 0,001 м$^{-1}$) — 134 м^3.

Расчет необходимого количества АГС произведен на основании СП 5.13130.2009. Количество ГОА, необходимое для объемного пожаротушения защищаемого помещения, определяется по формуле

$$N = \frac{M_{\text{АОС}}}{m_{\text{ГОА}}},$$

где $M_{\text{АОС}}$ — суммарная масса заряда аэрозолеобразующего состава, кг;

$$M_{\text{АОС}} = \text{К}_1\text{К}_2\text{К}_3\text{К}_4 V q^{\text{н}}_{\text{ГОА}},$$

где К_1 — коэффициент неравномерности распределения аэрозоли по высоте помещения;

К_2 — коэффициент, учитывающий влияние негерметичности защищаемого помещения; $\text{К}_2 = 1 + U^*\tau_{\text{л}}$, здесь U^* — определенное по табл. К.1 значение относительной интенсивности подачи аэрозоля при данных значениях параметра негерметичности δ и параметра распределения негерметичности по высоте защищаемого помещения ψ, с^{-1}; $\tau_{\text{л}}$ — размерный коэффициент (принимается равным 6 с согласно СП 5.13130.2009;

К_3 — коэффициент, учитывающий особенности тушения кабелей в аварийном режиме эксплуатации;

К_4 — коэффициент, учитывающий особенности тушения кабелей при различной их ориентации в пространстве;

V — объем защищаемого помещения;

$q^{\text{н}}_{\text{ГОА}}$ — нормативная огнетушащая способность для материала или вещества, находящегося в защищаемом помещении (q = 0,05 кг/м^3).

В случае получения при расчете количества ГОА дробных чисел за окончательное число принимается следующее по порядку бóльшее целое число:

— К_1 = 1,0 (при высоте помещения не более 3,0 м);

— К_2 = 1 + 0,0847 · 6 = 1,508, так как $\tau_{\text{л}}$ — размерный коэффициент, принимаемый равным 6 с; ψ — параметр распределения негерметичности по высоте защищаемого помещения, ψ = 4 / 6 · 100 = 66 %; δ = 6 / 930 = 0,0064; U^* = 0,0847;

— К_3 = 1,5 (для кабельных сооружений);

— К_4 = 1,0 (для кабельных сооружений);

— $M_{\text{АОС}}$ = 1 · 1,508 · 1,5 · 1,0 · 0,05 · 930 = 105,25 кг;

— $N = \frac{M_{\text{АОС}}}{m_{\text{ГОА}}} = \frac{105{,}25}{6{,}7} = 15{,}7 = 16$ шт. АГС 7/2.

Расчет избыточного давления при подаче аэрозоля

Избыточное давление в негерметичных помещениях определяется по формуле:

$$P_m = kA^n,$$

где k, n — коэффициенты, составляющие:

при 0,01 ≤ A ≤ 1,2 — k = 20 кПа; n = 1,7;

при A > 1,2 — k = 32 кПа; n = 0,2.

Безразмерный параметр A описывается выражением

$$A = 1{,}13 \cdot 10^{-8}\left(1 - 4{,}4 \cdot 10^{-3}\,\frac{S\tau_{\text{АУАП}}}{V}\right)\frac{QI}{\delta},$$

где S — суммарная площадь ограждающих конструкций защищаемого помещения, м^2, $S = S_{\text{пола}} + S_{\text{потолка}} + S_{\text{стен}}$ = 396 + 396 + 211,3 = 1003,3;

$\tau_{\text{АУАП}}$ — время работы установки, равное 181 с;

V — объем защищаемого помещения, равный 930 м^3;

Q — удельное тепловыделение при работе генераторов (количество теплоты — 25 500 000 Дж), выделяемое при работе генератора (16 шт.) в защищаемое помещение, отнесенное к единице массы ($M_{\text{АОС}}$ = 6,7 кг), Дж·кг$^{-1}$, Q = 25 500 000 · 16 / 6,7 = 6 089 522,38 Дж·кг$^{-1}$;

I — интенсивность подачи огнетушащего аэрозоля в защищаемое помещение, кг·м$^{-3}$·с$^{-1}$, $I = \Sigma M_{\text{АОС}}/V\tau_{\text{АУАП}} = 6{,}7 \cdot 16 / 930 \cdot 181 = 0{,}00636\ \text{кг} \cdot \text{м}^{-3} \cdot \text{с}^{-1}$;

δ — параметр негерметичности защищаемого помещения, равный 0,0064 м$^{-3}$.

В результате получаем: A = 0,152; $P_m = 20 \cdot 0{,}152^{1{,}7}$ = 0,8131 кПа.

Установка удовлетворяет условию:

$$P_m < P_{\text{пред}},$$

где $P_{\text{пред}}$ — не более 3,00 кПа.

Исходные данные и варианты заданий

Задание

Согласно заданию, противопожарной защите автоматической модульной установкой аэрозольного пожаротушения подлежат помещения серверной и электрощитовая.

Основные геометрические характеристики помещений, защищаемых автоматической модульной установкой аэрозольного пожаротушения, приведены в табл. 21.

Таблица 21

Наименование помещения	Площадь помещения, м^2	Высота помещения, м	Объем помещения, м^3
Серверная	13,5 (3,0×4,5)	2,7	36,5
Электрощитовая	12,19 (3,0×4,03)	2,7	32,7

Фальшпол и фальшпотолок во всех помещениях отсутствуют.

Перекрытие железобетонное.

Помещения условно герметичные.

Поскольку заказчик не располагает сведениями о предельно допустимом давлении в защищаемом помещении, то оно принято по ГОСТу 12.3.047–12 и равно $P_{\text{пр}}$ = 0,003МПа.

Диапазон рабочих температур в защищаемом помещении от +18 до +24 °С.

В качестве пожарной нагрузки на объекте принимается — изоляция проводов и кабелей, т.е. по ГОСТ 27331–87 — пожар класса А2.

В помещениях имеется система отопления. Система дымоудаления в защищаемых помещениях отсутствует.

Категория помещений по взрывопожарной и пожарной опасности по СП 12.13130.2009 — В3.

Класс пожарной опасности помещений по ПУЭ — П-IIа.

Для эвакуации из помещений имеются противопожарные двери.

Необходимо определить:

— суммарную массу зарядов $M_{\text{АОС}}$, необходимую для ликвидации (тушения) пожара объемным способом в помещении заданного объема. При этом следует учесть выбранный тип генератора;

— общее количество генераторов;

— величину избыточного давления.

Выполнить расстановку генераторов в защищаемых помещениях.

Пояснительную записку оформить аналогично рассмотренному примеру.

Вопросы для контроля знаний

1. Область применения ГОА.
2. Основные технические требования к аэрозольным средствам пожаротушения.
3. Требования к проектированию и размещению аэрозольных средств пожаротушения.
4. Суммарная масса зарядов $M_{\text{АОС}}$, необходимая для ликвидации (тушения) пожара объемным способом в помещении заданного объема.

Библиографический список

СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования (с Изменением № 1) : свод правил. — URL: http://docs.cntd.ru/document/1200071148

Производственная и пожарная автоматика. Часть 2. Автоматические установки пожаротушения : учебник / В.П. Бабуров, В.В. Бабурин, В.И. Фомин и др. — Москва: Академия ГПС МЧС России, 2007. — 297 с. — ISBN 5-9659-0047-3.

9.4. Практическое занятие № 4. Расчет параметров АУП при пожаротушении водой

Цели занятия:

— изучить методику расчета установок водяного пожаротушения;

— иметь навыки выполнения расчетов для проектов систем водяного пожаротушения.

Рассматриваемые вопросы

1. Методические указания к выполнению практического занятия.
2. Исходные данные и варианты заданий.
3. Вопросы для контроля знаний.
4. Библиографический список.

Методические указания к выполнению практического занятия

Порядок выполнения гидравлического расчета:

1) устанавливается в зависимости от температуры эксплуатации АУП тип спринклерной установки пожаротушения (водозаполненная или воздушная);

2) определяется согласно температуре окружающей среды в зоне расположения спринклерных оросителей номинальная температура их срабатывания;

3) принимаются с учетом выбранной группы объекта защиты интенсивность орошения, расход ОТВ, максимальная площадь орошения, расстояние между оросителями и продолжительность подачи ОТВ;

4) выбирается тип оросителя в соответствии с его расходом, интенсивностью орошения и защищаемой им площади, а также архитектурно-планировочными решениями защищаемого объекта;

5) намечаются трассировка трубопроводной сети и план размещения оросителей;

6) выделяется на плане или гидравлической схеме АУП диктующая защищаемая орошаемая площадь, на которой расположен диктующий ороситель.

Проводится гидравлический расчет АУП:

— определяются с учетом нормативной интенсивности орошения и высоты расположения оросителя по эпюрам орошения или паспортным данным давление, которое необходимо обеспечить у диктующего оросителя, и расстояние между оросителями;

— назначаются диаметры трубопроводов для различных участков гидравлической сети АУП. Скорость движения воды в напорных трубопроводах должна составлять не более 10 м/с, а во всасывающих — не более 2,8 м/с;

— определяется расход каждого оросителя, находящегося в принятой диктующей защищаемой площади орошения;

— производится проверка расчета распределительной сети спринклерной АУП из условия срабатывания такого количества оросителей, суммарный расход которых и интенсивность орошения на принятой защищаемой орошаемой площади составят не менее нормативных значений;

— определяется давление в питающем трубопроводе расчетного участка распределительной сети, защищающей принятую орошаемую площадь;

— определяются гидравлические потери гидравлической сети от расчетного участка распределительной сети до пожарного насоса, а также местные потери в этой сети трубопроводов;

— рассчитываются с учетом давления на входе пожарного насоса его основные параметры (давление и расход);

— подбирается по расчетному давлению и расходу тип и марка пожарного насоса.

Пример расчета

Группа, к которой относится защищаемое помещение, — 2.

Интенсивность орошения защищаемой площади — не менее 0,12 л/(с · м^2).

Расход — не менее 30 л/с.

Минимальная площадь, орошаемая при срабатывании спринклерной АУП, — не менее 120 м^2.

Продолжительность подачи воды — не менее 60 мин.

Максимальное расстояние между спринклерными оросителями — 4 м.

В соответствии с п. 5.4.1 СП 5.13130.2009 и расчетной площадью 120 м^2 принимаем количество оросителей, участвующих в расчете, равным 12 (два полных рядка).

Учитывая вышеизложенное, в качестве спринклерных оросителей выбраны оросители спринклерные универсальные фирмы GRINNELL модель TY4651, колба — 5 мм, диаметр — 3/4, $t_{спринк}$ = 57 °С, защищаемая площадь — 28 м^2.

Коэффициент производительности К = 115. В соответствии с российской классификацией К = 0,61 (К = 115).

Максимальное рабочее давление оросителя модели TY4651 составляет 1,21 МПа (123,42 м вод. ст.), минимальное рабочее давление — 0,07 МПа (7,14 м вод. ст.).

Максимальный напор на диктующем оросителе, м, будет равен

$$H = \max\begin{cases}\left(\frac{I_{н}\cdot F_{ор}}{k}\right)^2 = \left(\frac{I_{н}\cdot F_{ор}}{k}\right)^2 = \left(\frac{0{,}18\cdot 28}{0{,}61}\right)^2 = 68.\\ H_{св}\end{cases}$$

Минимальный напор на диктующем оросителе H_{min} = 10 м вод. ст.

Для обеспечения расхода 30 л/с принимаем напор H_1 = 16,8 м вод. ст.

Определяем расход воды, л/с, через диктующий ороситель:

$$q_1 = К\sqrt{H} = 0{,}61\sqrt{16{,}8} = 2{,}5.$$

Максимальный ориентировочный расход, л/с, по рядку:

$$q_{рядка} = 3q_1 = 3 \cdot 2{,}5 = 7{,}5.$$

Примем скорость движения воды по трубопроводу V = 5 м/с, тогда диаметр трубопровода на участке 1–А, мм:

$$d_{тр} = 1000\sqrt{\frac{4Q_{1-A}\cdot 10^{-3}}{\pi V}} = 1000\sqrt{\frac{4\cdot 7{,}5\cdot 10^{-3}}{3{,}14\cdot 5}} = 43{,}7.$$

С учетом табл. В.2 СП 5.13130.2009 принимаем диаметр условного прохода трубопровода всех рядков 50 мм; $К_т$ = 110.

Напор, м, и расход, л/с, на оросителе 1:

$$H_1 = 16{,}8;\ Q_1 = 2{,}5.$$

Напор, м, и расход, л/с, на оросителе 2:

$$H_2 = H_1 + H_{1-2} = H_1 + \frac{L_{1-2}\cdot Q_{1-2}^2}{К_т} = 16{,}8 + \frac{3\cdot 2{,}5^2}{110} = 16{,}97;$$

$$Q_2 = К\sqrt{H_2} = 0{,}61\sqrt{16{,}97} = 2{,}51.$$

Напор, м, и расход, л/с, на оросителе 3:

$$Q_3 = Q_1 + Q_2 = 2{,}5 + 2{,}51 = 5{,}01;$$

$$H_3 = H_1 + \frac{L_{2-3}\cdot Q_{2-3}^2}{K_т} = 16{,}97 + \frac{3\cdot 5{,}01^2}{110} = 17{,}65;$$

$$Q_3 = К\sqrt{H_3} = 0{,}61\sqrt{17{,}65} = 2{,}56.$$

Напор, м, и расход, л/с, в т. *А*:

$$Q_{3-A} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 2{,}5 + 2{,}51 + 2{,}56 = 7{,}57;$$

$$H_А = H_3 + \frac{L_{3-А}\cdot Q_{3-А}^2}{К_т} = 17{,}65 + \frac{1{,}5\cdot 7{,}57^2}{110} = 18{,}43.$$

Так как схема симметрична, то расход и напор в обеих частях рядка будут одинаковыми. Следовательно, напор и расход в т. А будут равны:

$$H_{\text{А}} = 18{,}43;$$

$$Q_{3-\text{А}} = 7{,}57 \cdot 2 = 15{,}14.$$

Определяем обобщенную характеристику рядка 1:

$$B_{1-\text{А}} = \frac{Q_{1-\text{А}}^2}{H_{\text{А}}} = \frac{15{,}14^2}{18{,}43} = 12{,}43.$$

Определяем диаметр магистрального трубопровода.

Примем скорость движения воды по трубопроводу V = 4 м/с, тогда диаметр трубопровода на участке 1–А, мм:

$$d_{\text{тр}} = 1000\sqrt{\frac{4Q_{1-\text{А}} \cdot 10^{-3}}{\pi V}} = 1000\sqrt{\frac{4 \cdot 15{,}14 \cdot 10^{-3}}{3{,}14 \cdot 5}} = 69.$$

С учетом табл. В.2 СП 5.13130.2009 принимаем диаметр условного прохода трубопровода — 80 мм; $К_т$ = 1429.

Напор и расход в т. Б:

$$H_{\text{Б}} = H_{\text{А}} + \frac{L_{\text{А-Б}} \cdot Q_{\text{А-Б}}^2}{К_т} = 18{,}43 + \frac{3 \cdot 15{,}14^2}{1429} = 18{,}9;$$

$$Q_{\text{Б}} = \sqrt{BH_{\text{Б}}} = \sqrt{12{,}3 \cdot 18{,}9} = 15{,}32;$$

$$Q_{\text{Б}} = 15{,}14 + 15{,}32 = 30{,}46.$$

Напор в т. В (длина — 200 м, диаметр — 80 мм):

$$H_{\text{В}} = H_{\text{Б}} + \frac{L_{\text{Б-В}} \cdot Q_{\text{Б-В}}^2}{К_т} = 18{,}9 + \frac{200 \cdot 15{,}16^2}{1429} = 51{,}06.$$

Напор в стояке (длина — 10 м, диаметр — 150 мм):

$$H_{\text{ст}} = H_{\text{В}} + \frac{L_{\text{В-Г}} \cdot Q_{\text{В-Г}}^2}{К_т} = 51{,}06 + \frac{10 \cdot 15{,}16^2}{36920} = 51{,}12;$$

$$Q_{\text{ст}} = 30{,}46.$$

Определяем линейные потери, м:

$$\Delta H_{\text{лин}} = 51{,}12 - 16{,}8 = 34{,}32.$$

Напор на насосе будет равен

$$H_{\text{н}} = H_{\text{лин}} + 0{,}2\Delta H_{\text{лин}} + \Delta H_{\text{кл}} + Z + H_1 + H_{\text{вод}} + H_{\text{насосная}} =$$

$$= 34{,}32 + 0{,}2 \cdot 34{,}32 + 0{,}72 - 7{,}64 + 16{,}8 - 10 + 1{,}5 = 42{,}56.$$

Потери напора на узле управления:

$$H_{\text{кл}} = \xi Q^2 = 7{,}83 \cdot 10^{-4} \cdot 30{,}46^2 = 0{,}72,$$

где, ξ — коэффициент потерь давления в спринклерном узле управления, $\xi = 7{,}8 \cdot 10^{-4}$ — для клапана диаметром 150 мм.

Расход на насосе будет равен

$$Q_{\text{н}} = Q_{\text{ст}} = 30{,}46.$$

По определенному напору и расходу насоса выбираем насосную станцию «Спрут-НС». Программа выбора насосной станции — на сайте производителя.

Исходные данные и варианты заданий

Защите автоматической установкой спринклерного пожаротушения подлежат помещения склада. Склад твердых (офисная мебель) горючих материалов, складирование напольное.

Размеры склада: длина — 70 м; ширина — 10 м; высота — 4 м.

Температура в помещении: +15 °С, +25 °С.

Насосную станцию расположить на территории склада, отделив ее от склада противопожарными стенами и перекрытиями.

Необходимо:

— выбрать вид установки пожаротушения;

— с учетом группы объекта защиты принять интенсивность орошения и площадь, защищаемую одним оросителем, площадь для расчета расхода воды и расчетное время работы установки;

— по паспортным данным оросителя с учетом коэффициента полезного использования расходуемой воды установить давление, которое необходимо обеспечить у диктующего оросителя, и расстояние между оросителями;

— в соответствии с выбранным типом оросителя, его расходом, интенсивностью орошения и защищаемой им площадью выполнить план размещения оросителей и трассировку трубопроводной сети;

— выполнить гидравлический расчет автоматической установки спринклерного пожаротушения;

— выполнить план расположения оборудования;

— выполнить аксонометрическую схему;

— выбрать насосную станцию пожаротушения.

Чертежи выполнить в Автокаде.

Вопросы для контроля знаний

1. Классификация и область применения водяных АУП.
2. Функциональная схема и режимы функционирования спринклерных установок пожаротушения.
3. Основные элементы и узлы водяных АУП и их работа: спринклерные и дренчерные оросители, узлы управления, водопитатели, контрольно-сигнальные приборы. Принципы выбора и требования к их размещению.
4. Устройство и принцип действия водяной спринклерной АУП.
5. Устройство и принцип действия водяной дренчерной АУП.
6. Выбор нормативных параметров и порядок выполнения гидравлического расчета.

Библиографический список

СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования (с Изменением № 1) : свод правил. — URL: http://docs.cntd.ru/document/1200071148

Производственная и пожарная автоматика. Часть 2. Автоматические установки пожаротушения : учебник / В.П. Бабуров, В.В. Бабурин, В.И. Фомин и др. — Москва: Академия ГПС МЧС России, 2007. — 297 с. — ISBN 5-9659-0047-3.