



РЕКОМЕНДАЦИИ АВОК

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМ ПРОТИВОДЫМНОЙ ЗАЩИТЫ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

ISBN 978-5-98267-092-2

НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО
«Инженеры по отоплению, вентиляции,
кондиционированию воздуха, теплоснабжению
и строительной теплофизике» (НП «АВОК»)
www.abok.ru

Предисловие

Сведения о рекомендациях

1 РАЗРАБОТАНЫ творческим коллективом специалистов некоммерческого партнерства «Инженеры по отоплению, вентиляции, кондиционированию воздуха, теплоснабжению и строительной теплофизике» (НП «АВОК»):

Ю. А. Табунщиков, доктор техн. наук, проф. (НП «АВОК») – руководитель;

В. М. Есин, доктор техн. наук, проф. (Академия ГПС МЧС России);

А. Н. Колубков (ООО ППФ «АК»);

С. П. Калмыков, канд. техн. наук (Академия ГПС МЧС России).

2 УТВЕРЖДЕНЫ И ВВЕДЕНЫ В ДЕЙСТВИЕ приказом Президента НП «АВОК» от 01 декабря 2014 г.

3 ВЗАМЕН Р НП «АВОК» 5.5.1–2014 (исправленно и дополнено).

© ООО ИИП «АВОК-ПРЕСС», 2015

Настоящий документ является интеллектуальной собственностью ООО ИИП «АВОК-ПРЕСС» и не может быть полностью или частично воспроизведен без официального разрешения ООО ИИП «АВОК-ПРЕСС».

Содержание

Введение.....	IV
1 Область применения.....	1
2 Нормативные ссылки.....	1
3 Термины и определения.....	1
4 Системы дымоудаления из помещений.....	3
4.1 Общие положения.....	3
4.2 Обеспечение незадымленной зоны в нижней части помещения.....	3
4.3 Обеспечение незадымляемости путей эвакуации и помещений, смежных с горящим.....	9
4.4 Обеспечение незадымляемости помещений с механическим побуждением тяги.....	13
4.5 Нормативные требования к системам дымоудаления из помещений.....	13
5 Противодымная защита многоэтажного здания.....	14
5.1 Общие положения.....	14
5.2 Расчет систем противодымной защиты многоэтажного здания.....	16
5.3 Расчет параметров вентиляторов дымоудаления из коридоров и помещений в многоэтажном здании.....	16
5.4 Расчет параметров вентиляторов подпора в незадымляемые лестничные клетки типа Н2.....	22
5.5 Особенности расчета параметров вентиляторов подпора в шахту лифта.....	26
5.6 Расчет подпора воздуха в тамбур-шлюзы.....	28
5.7 Расчет параметров воздушных противодымных завес.....	29
6 Методика расчета аэродинамических схем зданий, оборудованных вентиляционной системой противодымной защиты.....	29
7 Методы приемо-сдаточных и периодических испытаний.....	31
Приложение А (справочное) Пожароопасные характеристики некоторых веществ и материалов по данным [16].....	32
Приложение Б (справочное) Графические пояснения к требованиям отдельных пунктов СП 7.13130.2013 «Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности» и СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01–2003».....	33
Библиография.....	47

Введение

Противодымная защита представляет собой комплекс объемно-планировочных и инженерно-технических решений, направленных на предотвращение задымления при пожаре путей эвакуации из помещений и зданий, уменьшение задымления помещений и зданий. Основные задачи и принципы противодымной защиты сформулированы в Федеральном законе от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ (ред. от 02.07.2013) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» и имеют целью обеспечение безопасности людей при пожаре, сокращение материальных потерь от пожара, создание безопасных условий работы подразделений Государственной противопожарной службы по спасению людей, обнаружению и ликвидации очага пожара.

Требования, регламентирующие проектирование, эксплуатацию и ремонт систем противодымной защиты зданий и сооружений, содержатся в системе нормативных и методических документов. Номенклатура помещений и зданий, подлежащих оборудованию системами противодымной защиты, и состав этой системы приводятся в системе сводов правил (СП). Требования к исполнению систем противодымной защиты и отдельных ее элементов изложены в СП 7.13130.2013 «Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности».

В зависимости от функционального назначения и объемно-планировочных и конструктивных решений зданий, сооружений и строений в них должна быть предусмотрена приточно-вытяжная противодымная вентиляция или вытяжная противодымная вентиляция.

Система противодымной защиты в зависимости от объемно-планировочного решения и этажности здания может включать в себя систему дымоудаления из помещений и (или) коридоров при пожаре, систему удаления продуктов горения после пожара, системы обеспечения незадымляемости лестничных клеток, систему подпора воздуха в шахты лифтов, лестнично-лифтовые, лестничные и лифтовые холлы, тамбур-шлюзы и зоны безопасности.

Необходимо устраивать дымоудаление из помещений без естественного проветривания, а также из помещений с естественным проветриванием с массовым пребыванием людей, не имеющих открывающихся при пожаре проемов с достаточной площадью для удаления продуктов горения.

Система удаления продуктов горения из помещения после пожара устанавливается в помещениях, оборудованных установками автоматического газового пожаротушения, и предназначена для проветривания помещения после завершения тушения пожара.

Конструктивное исполнение и характеристики элементов противодымной защиты зданий, сооружений и строений в зависимости от целей противодымной защиты должны обеспечивать надежную работу систем приточно-вытяжной противодымной вентиляции в течение времени, необходимого для эвакуации людей в безопасную зону, или в течение всей продолжительности пожара.

РЕКОМЕНДАЦИИ АВОК

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМ ПРОТИВОДЫМНОЙ ЗАЩИТЫ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

CALCULATION OF SMOKE PROTECTION SYSTEMS FOR RESIDENTIAL AND COMMERCIAL BUILDINGS

Дата введения – 2014-02-10

1 Область применения

Настоящие рекомендации распространяются на проектирование систем противодымной защиты жилых и общественных зданий и предназначены для определения параметров систем противодымной защиты жилых и общественных зданий.

Положения настоящих рекомендаций развивают и дополняют требования, изложенные в Федеральном законе от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ (ред. от 02.07.2013) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», СП 60.13330.2012, СП 7.13130.2013 в части особенностей функционального назначения и специфики противопожарной защиты зданий.

2 Нормативные ссылки

В настоящих рекомендациях использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ Р 53296–2009 Установка лифтов для пожарных в зданиях и сооружениях. Требования пожарной безопасности

ГОСТ Р 53299–2009 Воздуховоды. Метод испытаний на огнестойкость

ГОСТ Р 53300–2009 Противодымная защита зданий и сооружений. Методы приемосдаточных и периодических испытаний

ГОСТ Р 53301–2009 Клапаны противопожарные вентиляционных систем. Метод испытаний на огнестойкость

ГОСТ Р 53302–2009 Оборудование противодымной защиты зданий и сооружений. Вентиляторы. Метод испытаний на огнестойкость

ГОСТ Р 53303–2009 Конструкции строительные. Противопожарные двери и ворота. Метод испытаний на дымогазопроницаемость

ГОСТ Р 53305–2009 Противодымные экраны. Метод испытаний на огнестойкость

ГОСТ Р 53306–2009 Узлы пересечения ограждающих строительных конструкций трубопроводами из полимерных материалов. Метод испытаний на огнестойкость

ГОСТ Р 53307–2009 Конструкции строительные. Противопожарные двери и ворота. Метод испытаний на огнестойкость

СП 1.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы (приказ МЧС России от 25.03.2009 № 171)

СП 2.13130.2012 Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты (приказ МЧС России от 21.11.2012 № 693)

СП 4.13130.2013 Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям (приказ МЧС России от 24.04.2013 № 288)

СП 7.13130.2013 Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности (приказ МЧС России от 21.02.2013 № 116)

СП 11.13130.2009 Места дислокации подразделений пожарной охраны. Порядок и методика определения (приказ МЧС России от 25.03.2009 № 181)

СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (приказ МЧС России от 25.03.2009 № 182)

3 Термины и определения

В настоящих рекомендациях применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **вентилятор дымоудаления:** Вентилятор, предназначенный для создания разрежения и для удаления дымовых газов из защищаемых помещений.

3.2 вентиляция: Обмен воздуха в помещениях для удаления избытков теплоты, влаги, вредных и других веществ с целью обеспечения допустимого микроклимата и качества воздуха в обслуживаемой или рабочей зоне при средней необеспеченности 400 ч/год – при круглосуточной работе и 300 ч/год – при односменной работе в дневное время.

[СП 60.13330.2012, пункт 3.2]

3.3 воздушная противодымная завеса: Защита проемов посредством настильных воздушных струй от сопловых аппаратов.

3.4 воздушный затвор: Вертикальный участок воздуховода, изменяющий направление движения продуктов горения (дыма), препятствующий при пожаре проникновению продуктов горения из нижерасположенных этажей в вышерасположенные.

3.5 вытяжная противодымная вентиляция: Система вентиляции для удаления продуктов горения при пожаре.

3.6 дымовая зона: Часть помещения, защищаемая автономными системами вытяжной противодымной вентиляции, конструктивно выделенная из объема этого помещения в его верхней части при применении систем с естественным побуждением.

[СП 7.13130.2013, пункт 3.6]

3.7 дымовой клапан: Клапан с нормируемым пределом огнестойкости, нормально закрытый, открывающийся при пожаре для удаления продуктов горения из защищаемых помещений или коридоров.

3.8 дымоприемное отверстие: Отверстие в стенке шахты дымоудаления с установленной в нем сеткой или решеткой или с установленным в нем дымовым люком или нормально закрытым противопожарным клапаном.

3.9 защищаемое помещение: Помещение, при входе в которое имеется тамбур-шлюз, в котором создается повышенное давление для предотвращения перетекания продуктов горения из смежных помещений или в котором создается повышенное или пониженное давление воздуха по отношению к смежным помещениям с целью обеспечения его противодымной защиты.

3.10 зона безопасности: Зона, в которой люди защищены от воздействия опасных факторов пожара.

3.11 кладовая: Склад в жилом или общественном здании без постоянного пребывания людей.

[СП 60.13330.2012, пункт 3.19]

3.12 коллектор: Участок воздуховода, к которому присоединяются воздуховоды из двух или большего числа этажей.

[СП 60.13330.2012, пункт 3.17]

3.13 конвективная струя: Смесь с воздухом продуктов полного и неполного сгорания топлива, поднимающаяся над очагом пожара.

3.14 коридор без естественного проветривания: Коридор без открываемых окон или проемов в наружных стенах или с открываемыми окнами (проемами) площадью, недостаточной для наружного выброса продуктов горения, предотвращающего задымление коридора.

3.15 местный отсос: Устройство для удаления вредных и взрывоопасных газов, паров, пыли или аэрозолей (зонт, бортовой отсос, вытяжной шкаф, кожух-воздухоприемник и т. п.) у мест их образования (станок, аппарат, ванна, рабочий стол, камера, шкаф и т. п.), присоединяемое к воздуховодам систем местных отсосов и являющееся, как правило, составной частью технологического оборудования.

[СП 60.13330.2012, пункт 3.20]

3.16 многоэтажное здание: Здание с числом этажей два и более.

3.17 незадымленная зона: Зона заданной высоты от пола в нижней части помещения, свободная от продуктов горения.

3.18 незадымляемая лестничная клетка: Лестничная клетка типов: Н1 – с выходом через наружную воздушную зону по балконам, лоджиям, открытым галереям и переходам; Н2 – с подпором воздуха при пожаре с непосредственным выходом наружу; Н3 – с выходом в лестничную клетку через тамбур-шлюз с подпором воздуха.

3.19 огнестойкий воздуховод: Плотный воздуховод со стенками, имеющими нормируемый предел огнестойкости.

3.20 очаг пожара: Место первоначального возникновения пожара.

[Федеральный закон № 123-ФЗ, статья 2, пункт 18]

3.21 подпотолочный слой: Растекающаяся по потолку конвективная струя.

3.22 пожароопасная смесь: Смесь горючих газов, паров, пыли, волокон с воздухом, если при ее горении развивается давление, не превышающее 5 кПа.

Примечание – Пожароопасность смеси должна быть указана в задании на проектирование.

3.23 помещение без естественного проветривания: Помещение без открываемых окон или проемов в наружных стенах или помещение с открываемыми окнами (проемами) в наружных стенах, расположенных на расстоянии от внутренних стен, превышающем пятикратную высоту помещения.

[СП 60.13330.2012, пункт 3.24]

3.24 помещение с постоянным пребыванием людей: Помещение, в котором люди находятся непрерывно более двух часов.
[СП 7.13130.2013, пункт 3.11]

3.25 продукты горения (дым): Продукты термического разложения твердых и жидких горючих материалов.

3.26 проем дымоудаления: Проем в ограждающих конструкциях дымовых вытяжных каналов, а также в строительных конструкциях для удаления продуктов горения.

3.27 противодымная вентиляция: Регулируемый (управляемый) газообмен внутреннего объема здания при возникновении пожара в одном из его помещений, предотвращающий поражающее воздействие на людей и (или) материальные ценности распространяющихся продуктов горения, обуславливающих повышенное содержание токсичных компонентов, увеличение температуры и изменение оптической плотности воздушной среды.
[СП 7.13130.2013, пункт 3.13]

3.28 противопожарный клапан: Автоматически и дистанционно управляемое устройство для перекрытия вентиляционных каналов или проемов в ограждающих строительных конструкциях зданий, имеющее предельные состояния по огнестойкости, характеризующиеся потерей плотности и потерей теплоизолирующей способности:

- нормально открытый (закрываемый при пожаре);
- нормально закрытый (открываемый при пожаре);
- двойного действия (закрываемый при пожаре и открываемый после пожара).

[СП 7.13130.2013, пункт 3.8]

3.29 путь эвакуации: Путь движения и (или) перемещения людей, ведущий непосредственно наружу или в безопасную зону, удовлетворяющий требованиям безопасной эвакуации людей при пожаре.
[Федеральный закон № 123-ФЗ, статья 2, пункт 49]

3.30 резервуар дыма: Дымовая зона под потолком помещения либо зона, ограниченная по периметру негорючими завесами, спускающимися с потолка (перекрытия) до уровня не более 2,5 м от пола.

3.31 сборный воздуховод: Участок воздуховода, к которому присоединяются воздуховоды, проложенные на одном этаже.
[СП 60.13330.2012, пункт 3.31]

3.32 система дымоудаления: Специальная управляемая автоматически либо вручную система вентиляции, предназначенная для удаления продуктов горения с целью обеспечения условий безопасной эвакуации людей в случае возникновения пожара на объекте.

3.33 система местных отсосов: Система местной вытяжной вентиляции, к воздуховодам которой присоединяются местные отсосы.
[СП 60.13330.2012, пункт 3.33]

3.34 система общеобменной вентиляции: Совокупность оборудования и мероприятий для осуществления воздухообмена в помещениях.

3.35 система подпора воздуха: Создание избыточного давления воздуха в лестничных клетках, тамбур-шлюзах, шахтах лифтов для предотвращения проникновения продуктов горения для обеспечения незадымляемости путей эвакуации.

3.36 система противодымной защиты: Комплекс организационных мероприятий, объемно-планировочных решений, инженерных систем и технических средств, направленных на предотвращение или ограничение опасности задымления зданий и сооружений при пожаре, а также воздействия опасных факторов пожара на людей и материальные ценности.
[Федеральный закон № 123-ФЗ, статья 2, пункт 40]

3.37 транзитный воздуховод: Участок воздуховода, прокладываемый за пределами обслуживаемого им помещения или группы помещений, обслуживаемой сборным воздуховодом.

4 Системы дымоудаления из помещений

4.1 Общие положения

4.1.1 Для обеспечения эффективной работы систем противодымной защиты необходимо на стадии проектирования правильно выбрать параметры противодымной защиты.

4.1.2 Система дымоудаления из помещений должна обеспечивать незадымленную зону заданной высоты от пола в нижней части помещения или предотвращать выход продуктов горения за пределы горящего помещения.

4.2 Обеспечение незадымленной зоны в нижней части помещения

4.2.1 При площади очага пожара порядка 10–15 м² система дымоудаления с естественным побуждением тяги позволяет обеспечить незадымленную зону в нижней части помещения.

4.2.2 Схема работы системы дымоудаления с естественным побуждением тяги изображена на рисунке 1. За счет разности плотностей нагретых продуктов горения и холодного воздуха в помещении над очагом пожара возникает восходящий поток, называемый конвективной струей. Поднимающиеся в конвективной струе газы достигают потолка, растекаются по нему и образуют подпотолочный слой продуктов горения. Если площадь очага пожара F_r ограничена, через определенный промежуток времени величина расхода продуктов горения, поступающих

с конвективной струей в подпотолочный слой, G_k стабилизируется во времени. Для того чтобы высота незадымленной зоны Z оставалась постоянной, необходимо соблюдение равенства массовых расходов продуктов горения, удаляемых из помещения G_y и поступающих в подпотолочный слой из конвективной струи G_k . Необходимо определить такую площадь проема дымоудаления F_y , при которой соблюдается условие $G_y = G_k$ при заданной высоте незадымленной зоны Z .

Для возмещения объемов удаляемых продуктов горения из помещений, защищаемых вытяжной противодымной вентиляцией, должны быть предусмотрены системы приточной противодымной вентиляции с естественным или механическим побуждением.

Для естественного притока воздуха в защищаемые помещения могут быть выполнены проемы в наружных ограждениях или шахты с клапанами, оснащенными автоматически и дистанционно управляемыми приводами. Проемы должны быть в нижней части защищаемых помещений. Притворы клапанов должны быть снабжены средствами предотвращения примерзания в холодное время года. Для компенсирующего притока наружного воздуха

в нижнюю часть атриумов или пассажей могут быть использованы дверные проемы наружных эвакуационных выходов. Двери таких выходов должны быть снабжены автоматически и дистанционно управляемыми приводами принудительного открывания. Суммарная площадь проходного сечения открываемых дверей должна определяться согласно требованиям пункта 7.4 СП 7.13130 и по условию не превышения скорости воздушного потока в дверных проемах более 6 м/с.

Компенсирующая подача наружного воздуха приточной противодымной вентиляцией с механическим побуждением может быть предусмотрена автономными системами или с использованием систем подачи воздуха в тамбур-шлюзы или лифтовые шахты. При этом в ограждениях тамбур-шлюзов или лифтовых шахт, к которым непосредственно примыкают защищаемые помещения, должны предусматриваться специально выполненные проемы с установленными в них противопожарными нормально-закрытыми клапанами и регулируемые жалюзийными решетками. Двери тамбур-шлюзов должны быть заблокированы с приводами клапанов в цикле противохода. Допускается применение клапанов избыточного дав-

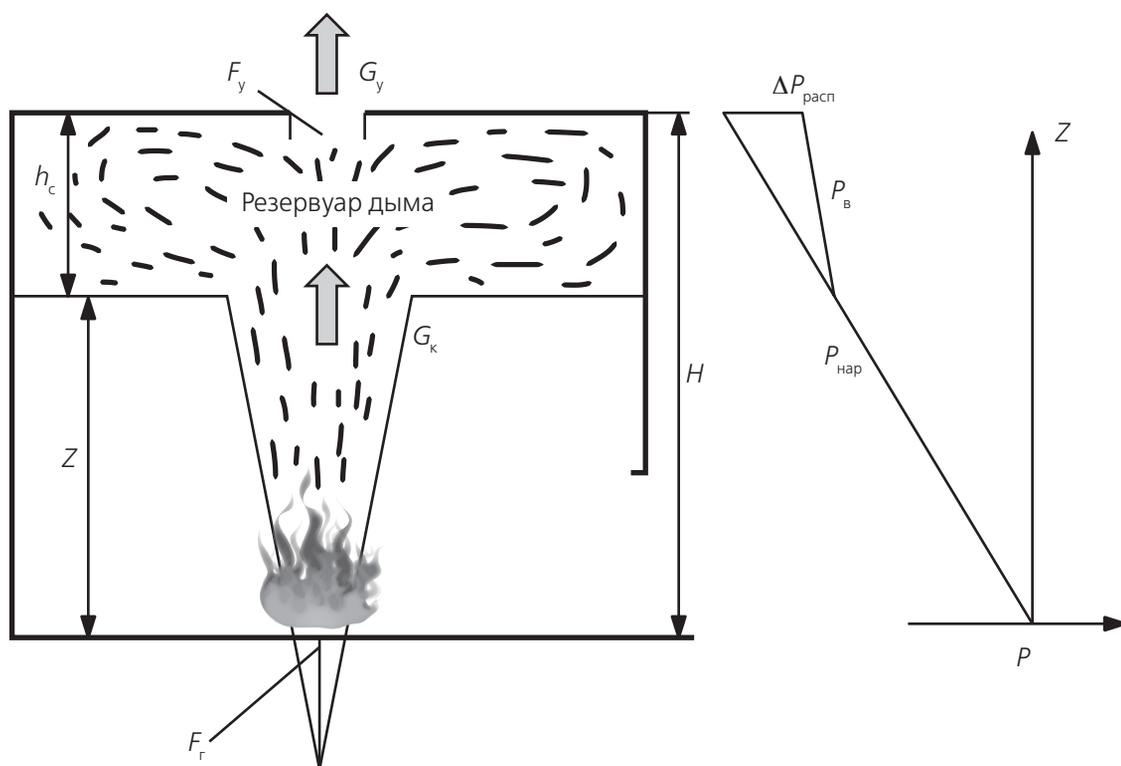


Рисунок 1 — Схема расчета параметров системы дымоудаления, обеспечивающей незадымленную зону в нижней части помещения:

F_r — площадь очага пожара, m^2 ; Z — высота незадымленной зоны, m ; H — высота помещения от пола до места выброса продуктов горения, m ; h_c — толщина слоя продуктов горения, m ; F_y — площадь проема дымоудаления, m^2 ; G_k — массовый расход продуктов горения, поступающих с конвективной струей в подпотолочный слой, kg/c ; G_y — массовый расход удаляемых продуктов горения, kg/c ; $P_{нар}$ — полное давление снаружи здания, Pa ; $P_в$ — давление внутри помещения от уровня пола до нижней границы слоя продуктов горения, Pa ; $\Delta P_{расп}$ — располагаемый перепад давления (разность давлений внутри помещения и вне его на уровне проема дымоудаления), Pa

ления в противопожарном исполнении с требуемыми пределами огнестойкости. Компенсирующий переток воздуха из шахт лифтов допускается только для лифтовых установок с режимом управления "пожарная опасность". Шахты лифтов с режимом "перевозка пожарных подразделений" и незадымляемые лестничные клетки типа Н2 использовать для подобного устройства не допускается.

Отрицательный дисбаланс в защищаемом помещении допускается не более 30%, а в высотном здании 15%.

4.2.3 Методика расчета системы дымоудаления с естественным побуждением тяги, обеспечивающей незадымленную зону в нижней части помещения

4.2.3.1 Полное давление снаружи здания $P_{нар}$, Па, определяют по формуле

$$P_{нар} = P_{н0} - g\rho_{н}y, \quad (1)$$

где $P_{н0}$ – давление снаружи здания на нулевом уровне (на уровне пола помещения), Па;
 g – ускорение свободного падения, м/с²;
 $\rho_{н}$ – плотность наружного воздуха, кг/м³;
 y – вертикальная координата рассматриваемой точки (расстояние от уровня пола до рассматриваемого уровня), м.

4.2.3.2 Давление внутри здания от уровня пола до нижней границы слоя продуктов горения $P_{в}$, Па, определяют по формуле

$$P_{в} = P_{в0} - g\rho_{н}y, \quad (2)$$

где $P_{в0}$ – давление внутри помещения на нулевом уровне (на уровне пола помещения), Па;
 $g, \rho_{н}, y$ – то же, что в формуле (1).

4.2.3.3 Давление внутри здания выше уровня нижней границы слоя продуктов горения $P_{в}$, Па, определяют по формуле

$$P_{в} = P_{в0} - g\rho_{н}Z - g\rho_{пр}(y - Z), \quad (3)$$

где $P_{в0}$ – то же, что в формуле (2);
 $g, \rho_{н}, y$ – то же, что в формуле (1);
 Z – высота незадымленной зоны, м;
 $\rho_{пр}$ – плотность продуктов горения, кг/м³.

4.2.3.4 Располагаемый перепад давления (разность давлений внутри помещения и вне его на уровне проема дымоудаления) $\Delta P_{расп}$, Па, определяют по формуле

$$\Delta P_{расп} = P_{в0} - P_{н0} + g(\rho_{н} - \rho_{пр})(H - Z), \quad (4)$$

где $P_{в0}$ – то же, что в формуле (2);
 $P_{н0}, g, \rho_{н}$ – то же, что в формуле (1);
 $\rho_{пр}, Z$ – то же, что в формуле (3);
 H – высота помещения от пола до места выброса продуктов горения, м.

4.2.3.5 В случае если площадь приточных проемов в 2,5–3 раза больше площади проемов дымоудаления, разность давлений на уровне пола внутри и снаружи здания ($P_{в0} - P_{н0}$) мала и ею можно пренебречь. В этом случае располагаемый перепад давления (разность давлений внутри помещения и вне его на уровне проема дымоудаления) $\Delta P_{расп}$, Па, определяют по формуле

$$\Delta P_{расп} = g(\rho_{н} - \rho_{пр})(H - Z), \quad (5)$$

где $g, \rho_{н}$ – то же, что в формуле (1);
 $\rho_{пр}, Z$ – то же, что в формуле (3);
 H – то же, что в формуле (4).

4.2.3.6 Массовый расход продуктов горения, поступающих с конвективной струей в подпотолочный слой, G_k , кг/с, при расположении очага пожара на полу помещения определяют по формуле

$$G_k = 0,032 Q_k^{\frac{3}{5}} Z, \quad (6)$$

где Q_k – конвективная составляющая мощности очага пожара (часть тепловыделения пожара, идущая на нагрев продуктов горения), кВт; определяют по формуле

$$Q_k = (1 - \varphi)\eta Q_p \psi_{уд} F_r, \quad (7)$$

где φ – доля теплоты, отдаваемой очагом пожара ограждающим конструкциям; при отсутствии данных рекомендуется принимать равной 0,4;

η – коэффициент полноты сгорания; принимают равным 0,85–0,95;

Q_p – теплота сгорания, кДж/кг; значения теплоты сгорания для некоторых материалов приведены в приложении А;

$\psi_{уд}$ – удельная скорость выгорания, кг/(м²•с); значения удельной скорости выгорания для некоторых материалов приведены в приложении А;

F_r – площадь очага пожара, м²;

Z – то же, что в формуле (3).

4.2.3.7 В случае когда очаг пожара внутри помещения располагается на полу под навесом или балконом (рисунок 2), массовый расход продуктов горения, поступающих с конвективной струей в подпотолочный слой, G_k , кг/с, определяют по формуле

$$G_k = 0,4(Q_k W^2)^{\frac{1}{3}}(z_6 + 0,3H_6) \times [1 + 0,063(z_6 + 0,6H_6)]^{\frac{2}{3}}, \quad (8)$$

где Q_k – то же, что в формуле (6);
 W – ширина слоя продуктов горения (струи) при стекании с балкона, м;
 z_6 – расстояние от балкона до нижней границы слоя продуктов горения, м;

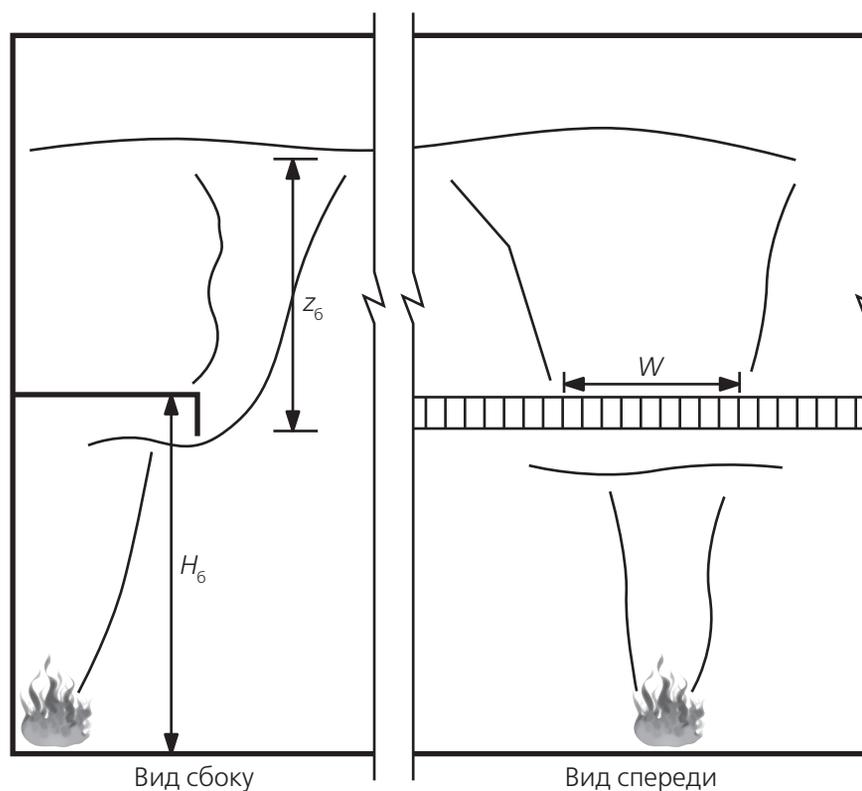


Рисунок 2 – Очаг пожара расположен под навесом или балконом:
 H_6 – высота расположения балкона над полом помещения, м; z_6 – расстояние от балкона до нижней границы слоя продуктов горения, м; W – ширина слоя продуктов горения (струи) при стекании с балкона, м

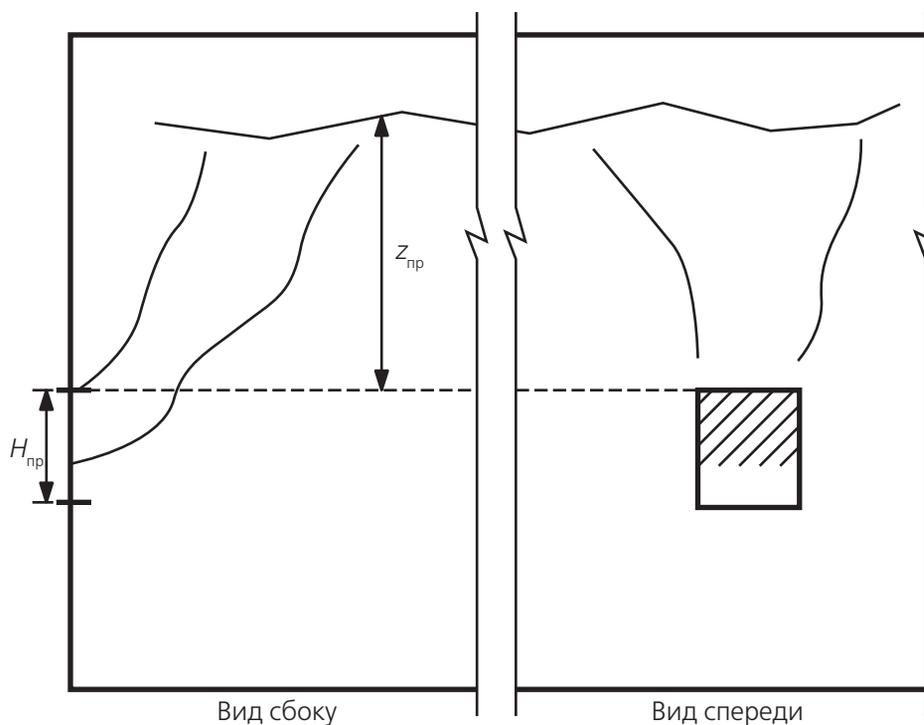


Рисунок 3 – Задымление помещения через проем из другого помещения:
 $H_{пр}$ – высота проема, м; $z_{пр}$ – расстояние от верхнего среза проема до нижней границы слоя продуктов горения, м

H_6 – высота расположения балкона над полом помещения, м.

4.2.3.8 При задымлении помещения через проем в ограждающих конструкциях (рисунок 3) массовый расход продуктов горения, поступающих с конвективной струей в подпотолочный слой, G_k , кг/с, определяют по формуле

$$G_k = 0,68(A_{\text{пр}}H_{\text{пр}}^2)^{\frac{1}{3}}(z_{\text{пр}} + a)^{\frac{5}{3}} + 1,59A_{\text{пр}}H_{\text{пр}}^{\frac{1}{2}}, \quad (9)$$

где $A_{\text{пр}}$ – площадь проема, м²;

$H_{\text{пр}}$ – высота проема, м;

$z_{\text{пр}}$ – расстояние от верхнего среза проема до нижней границы слоя продуктов горения, м;

a – вспомогательная величина; определяют по формуле

$$a = 2,4A_{\text{пр}}^{\frac{2}{5}}H_{\text{пр}}^{\frac{1}{5}} - 2,1H_{\text{пр}}, \quad (10)$$

где $A_{\text{пр}}$, $H_{\text{пр}}$ – то же, что в формуле (9).

4.2.3.9 Требуемую площадь проема дымоудаления F_y , м², определяют по формуле

$$F_y = \frac{G_y}{\mu(2\rho_{\text{пр}}\Delta P_{\text{расп}})^{\frac{1}{2}}}, \quad (11)$$

где G_y – массовый расход удаляемых продуктов горения, кг/с; $G_y = G_k$ в соответствии с 4.2.2;

μ – коэффициент расхода проема дымоудаления; для проемов прямоугольного или квадратного сечения принимают равным 0,64, для щелей и проемов круглого сечения – 0,8;

$\rho_{\text{пр}}$ – то же, что в формуле (3);

$\Delta P_{\text{расп}}$ – располагаемый перепад давления (разность давлений внутри помещения и вне его на уровне проема дымоудаления); при расположении проемов дымоудаления в покрытии помещения определяют по формуле (5).

Расход продуктов горения, удаляемых вытяжной противодымной вентиляцией, следует рассчитывать для каждой дымовой зоны площадью не более 3000 м². При удалении продуктов горения непосредственно из помещений площадью более 3000 м² их необходимо конструктивно или условно разделять на дымовые зоны, каждая площадью не более 3000 м², с учетом возможности возникновения пожара в одной из зон. Площадь помещения, приходящаяся на одно дымоприемное устройство, должна составлять не более 1000 м².

4.2.3.10 Плотности наружного воздуха ρ_n и продуктов горения $\rho_{\text{пр}}$, кг/м³, вычисляют в соответствии с их температурой по формулам

$$\rho_n = \frac{353}{T_n} = \frac{353}{t_n + 273}; \quad (12)$$

$$\rho_{\text{пр}} = \frac{353}{T_{\text{пр}}} = \frac{353}{t_{\text{пр}} + 273}, \quad (13)$$

где T_n , t_n – температура наружного воздуха соответственно в К и °С; при расчете систем с естественным побуждением тяги принимают по таблице 4.1 СП 131.13330.2012 «Строительная климатология» для теплого периода года (столбец 4 «Температура воздуха, °С, обеспеченностью 0,98»);

$T_{\text{пр}}$, $t_{\text{пр}}$ – температура продуктов горения соответственно в К и °С; вычисляют из уравнения теплового баланса, которое представляет собой математическую запись равенства количества теплоты, приходящего в подпотолочный слой с конвективной струей и уходящего с дымовыми газами,

$$Q_k = c_p G_y (T_{\text{пр}} - T_B) + \alpha [AB + 2(A + B)(H - Z)](T_{\text{пр}} - T_B); \quad (14)$$

$$T_{\text{пр}} = \frac{Q_k}{c_p G_y + \alpha [AB + 2(A + B)(H - Z)]} + T_B, \quad (15)$$

где Q_k – то же, что в формуле (6);

c_p – удельная изобарная теплоемкость воздуха и продуктов горения, кДж/(кг·К); принимают равной 1,09;

G_y – то же, что в формуле (11);

α – коэффициент теплоотдачи от продуктов горения к ограждающим конструкциям, кВт/(м²·К); принимают равным 0,012;

A – длина помещения, м;

B – ширина помещения, м;

H – то же, что в формуле (4);

Z – то же, что в формуле (3);

T_B – температура внутреннего воздуха, К.

Формула (15) приведена для прямоугольного в плане помещения. Для помещения сложной формы зависимость (15) выглядит следующим образом:

$$T_{\text{пр}} = \frac{Q_k}{c_p G_y + \alpha [F_{\text{пом}} + L_{\text{ок}}(H - Z)]} + T_B, \quad (16)$$

где Q_k – то же, что в формуле (6);

c_p , α , T_B – то же, что в формуле (15);

G_y – то же, что в формуле (11);

$F_{\text{пом}}$ – площадь пола помещения, м²;

$L_{\text{ок}}$ – периметр ограждающих конструкций помещения, м;

H – то же, что в формуле (4);

Z – то же, что в формуле (3).

4.2.3.11 Объемный часовой расход удаляемых продуктов горения L , м³/ч, определяют по формуле

$$L = \frac{3\,600 G_y}{\rho_{\text{пр}}}, \quad (17)$$

где G_y – то же, что в формуле (11);

$\rho_{\text{пр}}$ – то же, что в формуле (3).

4.2.3.12 Если известна тепловая мощность очага пожара, то конвективную составляющую мощности очага пожара Q_k , кВт, определяют по формуле

$$Q_k = (1 - \varphi) Q_n, \quad (18)$$

где φ – то же, что в формуле (7);

Q_n – тепловая мощность очага пожара, кВт.

Примечание – В некоторых случаях известна тепловая мощность очага пожара. Например, при горении одного легкового автомобиля $Q_n = 4\,000 \dots 5\,000$ кВт.

Пример 4.1 – Определение площади проема дымоудаления из одноэтажного здания и объемного часового расхода удаляемых продуктов горения

Исходные данные

Требуемая высота незадымленной зоны $Z = 2,5$ м от пола помещения. Горючая нагрузка – древесина (теплота сгорания $Q_p = 13\,850$ кДж/кг, удельная скорость выгорания $\psi_{\text{уд}} = 0,9$ кг/(м²•мин) или $\psi_{\text{уд}} = 0,015$ кг/(м²•с)), площадь очага пожара $F_{\text{г}} = 9$ м², площадь пола помещения $F_{\text{пом}} = 1\,500$ м², периметр ограждающих конструкций $L_{\text{ок}} = 150$ м. Температура внутреннего воздуха $t_{\text{в}} = 20$ °С, температура наружного воздуха $t_{\text{н}} = 20$ °С. Высота помещения от пола до места выброса продуктов горения $H = 6,0$ м.

Порядок расчета

Принимаем $\varphi = 0,4$ и $\eta = 0,9$. Конвективную составляющую мощности очага пожара Q_k определяют по формуле (7):

$$Q_k = (1 - 0,4) \cdot 0,9 \cdot 13\,850 \cdot 0,015 \cdot 9 = 1\,010 \text{ кВт.}$$

Массовый расход продуктов горения, поступающих с конвективной струей в подпотолочный слой, G_k при расположении очага пожара на полу помещения определяют по формуле (6):

$$G_k = 0,032 \cdot 1\,010^{0,5} \cdot 2,5 = 5,08 \text{ кг/с.}$$

Температуру продуктов горения $T_{\text{пр}}$ определяют по формуле (16):

$$T_{\text{пр}} = \frac{1\,010}{1,09 \cdot 5,08 + 0,012[1\,500 + 150(6,0 - 2,5)]} + 20 + 273 = 327 \text{ К.}$$

Плотности наружного воздуха $\rho_{\text{н}}$ и продуктов горения $\rho_{\text{пр}}$ определяют соответственно по формулам (12) и (13):

$$\rho_{\text{н}} = \frac{353}{20 + 273} = 1,20 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{\text{пр}} = \frac{353}{327} = 1,08 \text{ кг/м}^3.$$

Располагаемый перепад давления (разность давлений внутри помещения и вне его на уровне проема дымоудаления) $\Delta P_{\text{расп}}$ определяют по формуле (5):

$$\Delta P_{\text{расп}} = 9,81(1,20 - 1,08)(6,0 - 2,5) = 4,12 \text{ Па.}$$

Требуемую площадь проема дымоудаления F_y определяют по формуле (11):

$$F_y = \frac{5,08}{0,64(2 \cdot 1,08 \cdot 4,12)^{0,5}} = 2,66 \text{ м}^2.$$

Объемный часовой расход удаляемых продуктов горения L определяют по формуле (17):

$$L = \frac{3\,600 \cdot 5,08}{1,08} = 16\,933 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Пример 4.2 – Определение площади проема дымоудаления из одноэтажной стоянки автомобилей при горении одного автомобиля и объемного часового расхода удаляемых продуктов горения

Исходные данные

Требуемая высота незадымленной зоны $Z = 2,0$ м от пола помещения, площадь пола помещения $F_{\text{пом}} = 1\,500$ м², периметр ограждающих конструкций $L_{\text{ок}} = 160$ м. Тепловая мощность очага пожара $Q_n = 4\,500$ кВт. Температура внутреннего воздуха $t_{\text{в}} = 20$ °С, температура наружного воздуха $t_{\text{н}} = 20$ °С. Высота помещения $H = 3,0$ м.

Порядок расчета

Принимаем $\varphi = 0,4$. Конвективную составляющую мощности очага пожара Q_k определяют по формуле (18):

$$Q_k = (1 - 0,4) \cdot 4\,500 = 2\,700 \text{ кВт.}$$

Массовый расход продуктов горения, поступающих с конвективной струей в подпотолочный слой, G_k при расположении очага пожара на полу помещения определяют по формуле (6):

$$G_k = 0,032 \cdot 2\,700^{0,5} \cdot 2,0 = 7,33 \text{ кг/с.}$$

Температуру продуктов горения $T_{\text{пр}}$ определяют по формуле (16):

$$T_{\text{пр}} = \frac{2\,700}{1,09 \cdot 7,33 + 0,012[1\,500 + 160(3,0 - 2,0)]} + 20 + 273 = 390 \text{ К.}$$

Плотности наружного воздуха $\rho_{\text{н}}$ и продуктов горения $\rho_{\text{пр}}$ определяют соответственно по формулам (12) и (13):

$$\rho_{\text{н}} = \frac{353}{20 + 273} = 1,20 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{\text{пр}} = \frac{353}{390} = 0,91 \text{ кг/м}^3.$$

Располагаемый перепад давления (разность давлений внутри помещения и вне его на уровне проема дымоудаления) $\Delta P_{\text{расп}}$ определяют по формуле (5):

$$\Delta P_{\text{расп}} = 9,81(1,20 - 0,91)(3,0 - 2,0) = 2,84 \text{ Па}.$$

Требуемую площадь проема дымоудаления F_y определяют по формуле (11):

$$F_y = \frac{7,33}{0,64(2 \cdot 0,91 \cdot 2,84)^{\frac{1}{2}}} = 5,04 \text{ м}^2.$$

Объемный часовой расход удаляемых продуктов горения L определяют по формуле (17):

$$L = \frac{3\,600 \cdot 7,33}{0,91} = 28\,998 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Вопрос о целесообразности устройства системы дымоудаления с естественным побуждением тяги через открываемые проемы (люки или фрамуги) в покрытии здания или с механическим побуждением тяги решается проектировщиком.

Пример 4.3 – Определение площади проема дымоудаления из одноэтажной стоянки автомобилей закрытого типа и объемного часового расхода удаляемых продуктов горения

Исходные данные

Хранение автомобилей – двухъярусное. Требуемая высота незадымленной зоны $Z = 2,0$ м от пола помещения, площадь пола помещения $F_{\text{пом}} = 1\,500 \text{ м}^2$, периметр ограждающих конструкций $L_{\text{ок}} = 160$ м. Тепловая мощность очага пожара $Q_n = 2 \cdot 4\,500 = 9\,000$ кВт. Температура внутреннего воздуха $t_b = 20$ °С, температура наружного воздуха $t_n = 20$ °С. Высота помещения $H = 4,5$ м.

Порядок расчета

Принимаем $\varphi = 0,4$. Конвективную составляющую мощности очага пожара Q_k определяют по формуле (18):

$$Q_k = (1 - 0,4) \cdot 9\,000 = 5\,400 \text{ кВт}.$$

Массовый расход продуктов горения, поступающих с конвективной струей в подпотолочный слой, G_k при расположении очага пожара на полу помещения определяют по формуле (6):

$$G_k = 0,032 \cdot 5\,400^{\frac{3}{5}} \cdot 2,0 = 11,11 \text{ кг/с}.$$

Температуру продуктов горения $T_{\text{пр}}$ определяют по формуле (16):

$$T_{\text{пр}} = \frac{5\,400}{1,09 \cdot 11,11 + 0,012[1\,500 + 160(4,5 - 2,0)] + 20 + 273} = 448 \text{ К}.$$

Плотности наружного воздуха ρ_n и продуктов горения $\rho_{\text{пр}}$ определяют соответственно по формулам (12) и (13):

$$\rho_n = \frac{353}{20 + 273} = 1,20 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{\text{пр}} = \frac{353}{448} = 0,79 \text{ кг/м}^3.$$

Располагаемый перепад давления (разность давлений внутри помещения и вне его на уровне проема дымоудаления) $\Delta P_{\text{расп}}$ определяют по формуле (5):

$$\Delta P_{\text{расп}} = 9,81(1,20 - 0,79)(4,5 - 2,0) = 10,06 \text{ Па}.$$

Требуемую площадь проема дымоудаления F_y определяют по формуле (11):

$$F_y = \frac{11,11}{0,64(2 \cdot 0,79 \cdot 10,06)^{\frac{1}{2}}} = 4,35 \text{ м}^2.$$

Объемный часовой расход удаляемых продуктов горения L определяют по формуле (17):

$$L = \frac{3\,600 \cdot 11,11}{0,79} = 50\,628 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

4.3 Обеспечение незадымляемости путей эвакуации и помещений, смежных с горящим

4.3.1 При неограниченных размерах очага пожара система дымоудаления не способна обеспечить незадымленную зону в нижней части помещения, но

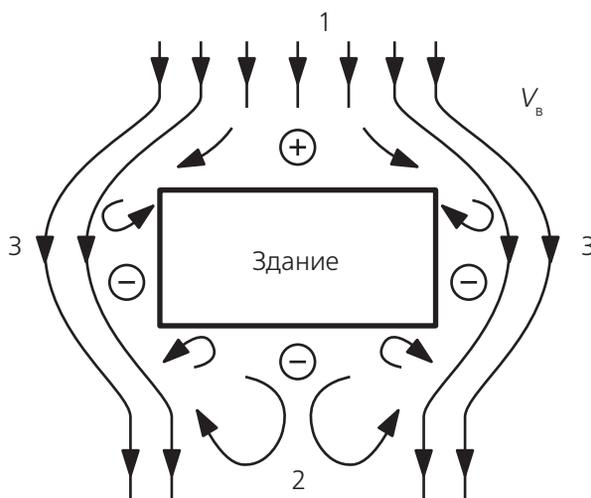


Рисунок 4 – Воздействие ветра на здание:
1 – наветренный фасад; 2 – заветренный фасад;
3 – боковые фасады; V_b – скорость ветра, м/с

позволяет не допустить распространения продуктов горения за пределы горящего помещения.

4.3.2 Описание процесса функционирования системы дымоудаления, предотвращающей выход продуктов горения за пределы горящего помещения

4.3.2.1 При воздействии ветра на здание динамическое давление ветра преобразуется в статическое давление (рисунок 4). Фасад, на который направлен ветер, называется наветренным, противоположный ему фасад – заветренным или подветренным, остальные фасады называются боковыми.

4.3.2.2 На наветренном фасаде 1 динамическое давление ветра преобразуется в положительное статическое давление. На боковых фасадах 3 за счет ускорения потока динамическое давление ветра преобразуется в отрицательное или нулевое статическое давление. На заветренном фасаде 2 за счет срыва ветрового потока и образования вихрей динамическое давление ветра преобразуется в отрицательное статическое давление. Знак и степень указанного преобразования учитываются аэродинамическими коэффициентами фасадов K_n , K_z и K_b (индексы соответственно: н – наветренный; з – заветренный; б – боковой). Значения аэродинамических коэффициентов фасадов получают экспериментально в результате продувок макетов зданий в аэродинамической трубе. Подробные данные о них приведены в СП 20.13330.2011 (СНиП 2.01.07–85*) «Нагрузки и воздействия». Для одноэтажных зданий $K_n = 0,6$; $K_b = 0$ и $K_z = -0,4$.

4.3.2.3 Выход продуктов горения из горящего помещения в смежные через открытые проемы предотвращается путем расположения плоскости равных давлений (нейтральной плоскости) выше этих проемов.

4.3.2.4 Методика расчета площади проемов дымоудаления, обеспечивающих незадымляемость путей эвакуации из здания и помещений, смежных с горящим, основана на уравнении баланса массы воздуха, поступающего в горящее помещение через открытые проемы, и массы удаляемых продуктов горения.

4.3.3 Методика расчета системы дымоудаления, обеспечивающей незадымляемость помещений, смежных с горящим, и путей эвакуации

4.3.3.1 Сначала определяют наиболее неблагоприятное направление ветра, выбирают заветренный и наветренный фасады. Нумеруют все фасады и части фасадов здания. В качестве заветренного фасада берется тот фасад, для которого отношение площадей $O = F_1/F_2$ максимально (F_1 – эквивалентная площадь проемов на одном из фасадов, соединяющих горящее помещение с соседним помещением или с улицей, m^2 ; F_2 – эквивалентная площадь проемов от 1-го проема из горящего помещения до ули-

цы, m^2). Если дверной проем из горящего помещения выходит наружу, то F_2 считается бесконечным.

4.3.3.2 Эквивалентную площадь проемов, работающих параллельно, $F_{эКВ}$, m^2 , определяют по формуле

$$F_{эКВ} = f_1 + f_2 + \dots + f_i, \quad (19)$$

где индексы 1, 2 ... i – номер проема;

f_i – площадь i -го проема, m^2 .

4.3.3.3 Эквивалентную площадь проемов, работающих последовательно, $F_{эКВ}$, m^2 , определяют по формуле

$$F_{эКВ} = \frac{1}{\left(\frac{1}{f_1^2} + \frac{1}{f_2^2} + \dots + \frac{1}{f_i^2}\right)^{\frac{1}{2}}}, \quad (20)$$

где f_i – то же, что в формуле (19).

4.3.3.4 Давление на уровне пола в горящем помещении $P_{в0}$, Па, при котором плоскость равных давлений (нейтральная плоскость) располагается на уровне верха проемов как на наветренном, так и на заветренном фасадах, определяют по формуле

$$P_{в0} = P_{нз} - H_{пр}g(\rho_n - \rho_{пр}) \left[1 + 0,5 \left(\frac{F_1}{F_2} \right)^2 \right], \quad (21)$$

где $P_{нз}$ – наружное давление на заветренном (подветренном) фасаде, Па;

$H_{пр}$ – то же, что в формуле (9);

g , ρ_n – то же, что в формуле (1);

$\rho_{пр}$ – то же, что в формуле (3);

F_1 – эквивалентная площадь проемов на одном из фасадов, соединяющих горящее помещение с соседним помещением или с улицей, m^2 ;

F_2 – эквивалентная площадь проемов от 1-го проема из горящего помещения до улицы, m^2 .

4.3.3.5 При расчете системы дымоудаления, обеспечивающей незадымляемость помещений, смежных с горящим, температуру продуктов горения $t_{пр}$ для помещений объемом не более 10 000 m^3 принимают равной 300 °С при горении волокнистых веществ, 450 °С при горении твердых материалов и 600 °С при горении жидкостей и газов.

4.3.3.6 Давления снаружи здания определяют по формулам

$$P_{ветр} = \frac{\rho_n V_B^2}{2}; \quad (22)$$

$$P_{нз} = -0,4 P_{ветр}; \quad (23)$$

$$P_{нб} = 0; \quad (24)$$

$$P_{нн} = 0,6 P_{ветр}; \quad (25)$$

Здесь $P_{ветр}$ – ветровое давление, Па;

ρ_n – то же, что в формуле (1);

V_B – скорость ветра, м/с;

$P_{нз}$ – то же, что в формуле (21);

$P_{нб}$ – наружное давление на боковых фасадах, Па;

$P_{нн}$ – наружное давление на наветренном фасаде, Па.

4.3.3.7 Массовые расходы воздуха, поступающего в горящее помещение через открытые проемы с заветренного G_3 , боковых G_6 и наветренно-го G_H , кг/с, фасадов, определяют соответственно по формулам

$$G_3 = \mu F_{3.э.кв} [2\rho_H (P_{нз} - P_{в0} - 0,5H_{пр}g(\rho_H - \rho_{пр}))]^{\frac{1}{2}}; \quad (26)$$

$$G_6 = \mu F_{6.э.кв} [2\rho_H (P_{нб} - P_{в0} - 0,5H_{пр}g(\rho_H - \rho_{пр}))]^{\frac{1}{2}}; \quad (27)$$

$$G_H = \mu F_{H.э.кв} [2\rho_H (P_{нн} - P_{в0} - 0,5H_{пр}g(\rho_H - \rho_{пр}))]^{\frac{1}{2}}; \quad (28)$$

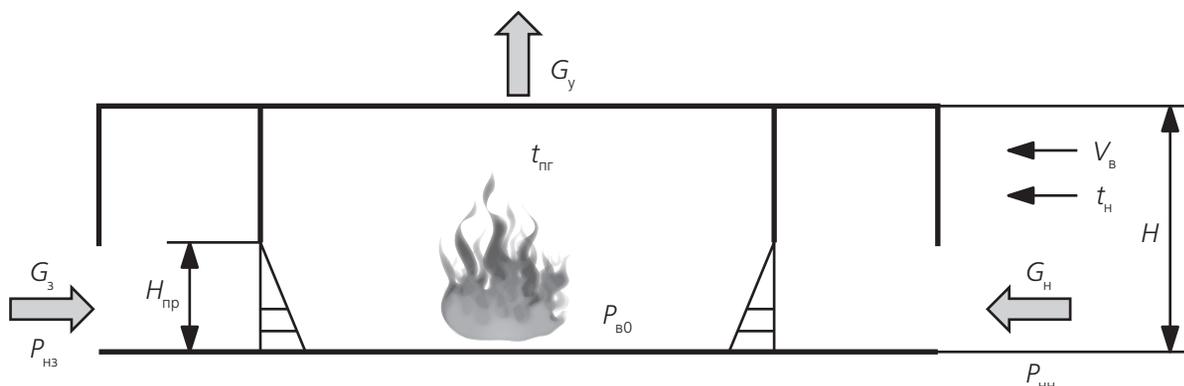


Рисунок П.1 – Схема расчета системы дымоудаления, обеспечивающей незадымляемость путей эвакуации из здания и помещений, смежных с горящим (разрез):

G_3 – массовый расход воздуха, поступающего в горящее помещение через открытые проемы со стороны заветренного фасада, кг/с; $P_{нз}$ – наружное давление со стороны заветренного фасада на уровне пола помещения, Па; $H_{пр}$ – высота проема, м; $P_{в0}$ – давление внутри помещения на уровне пола, Па; $t_{пр}$ – температура продуктов горения, °С; G_y – массовый расход удаляемых продуктов горения, кг/с; $P_{нн}$ – наружное давление со стороны наветренного фасада на уровне пола помещения, Па; G_H – массовый расход воздуха, поступающего в горящее помещение со стороны наветренного фасада, кг/с; t_H – температура наружного воздуха, °С; V_B – скорость ветра, м/с; H – высота помещения, м

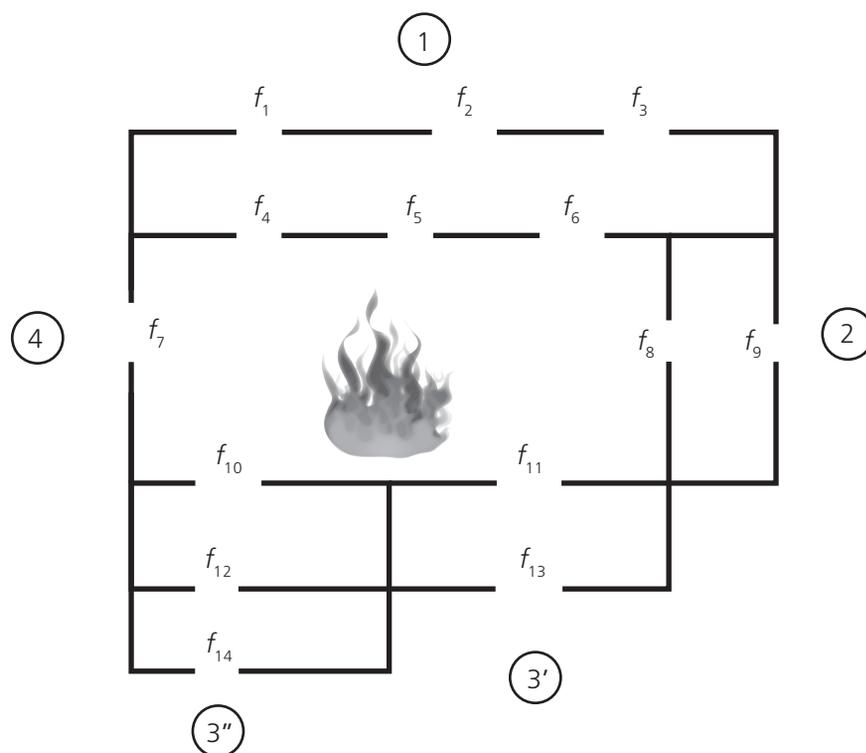


Рисунок П.2 – К расчету системы дымоудаления, обеспечивающей незадымляемость путей эвакуации из здания и помещений, смежных с горящим (план):

$f_1 - f_{14}$ – площади проемов, м²; в кружочках – номера фасадов (частей фасадов)

где μ – то же, что в формуле (11);

$F_{3.экв}$, $F_{6.экв}$, $F_{н.экв}$ – эквивалентная площадь проемов, находящихся соответственно на заветренном, боковых и наветренном фасадах, м²;

ρ_n , g – то же, что в формуле (1);

$P_{нз}$ – то же, что в формуле (21);

$P_{в0}$ – давление на уровне пола в горящем помещении, Па; определяют по формуле (21);

$H_{пр}$ – то же, что в формуле (9);

$\rho_{пг}$ – то же, что в формуле (3);

$P_{нб}$ – то же, что в формуле (24);

$P_{нн}$ – то же, что в формуле (25).

4.3.3.8 Площадь проходного сечения проема дымоудаления F_y , м², определяют по формуле

$$F_y = 1,1 \frac{G_3 + G_6 + G_n}{\mu(2\rho_{пг} \Delta P_{расп})^{\frac{1}{2}}}, \quad (29)$$

где G_3 – массовый расход воздуха, поступающего в горящее помещение через открытые проемы с заветренного фасада, кг/с; определяют по формуле (26);

G_6 – массовый расход воздуха, поступающего в горящее помещение через открытые проемы с боковых фасадов, кг/с; определяют по формуле (27);

G_n – массовый расход воздуха, поступающего в горящее помещение через открытые проемы с наветренного фасада, кг/с; определяют по формуле (28);

μ – то же, что в формуле (11);

$\rho_{пг}$ – то же, что в формуле (3);

$\Delta P_{расп}$ – располагаемый перепад давления (разность давлений внутри помещения и вне его на уровне проема дымоудаления), Па; определяют по формуле

$$\Delta P_{расп} = P_{в0} - K_y P_{ветр} + Hg(\rho_n - \rho_{пг}), \quad (30)$$

где $P_{в0}$ – то же, что в формуле (26);

K_y – аэродинамический коэффициент проема дымоудаления;

$P_{ветр}$ – то же, что в формуле (22);

H – то же, что в формуле (4);

g , ρ_n – то же, что в формуле (1);

$\rho_{пг}$ – то же, что в формуле (3).

Пример 4.4 – Расчет системы дымоудаления

Исходные данные

Разрез и план здания представлены на рисунках П.1 и П.2. Высота помещения $H = 6,0$ м, температура наружного воздуха $t_n = 20$ °С, температура продуктов горения $t_{пг} = 450$ °С, скорость ветра $V_B = 4$ м/с, площади проемов $f_1 = f_2 = f_3 = f_7 = f_9 = f_{13} = 2,5 \times 2,5 = 6,25$ м²; $f_4 = f_5 = f_6 = f_8 = f_{10} = f_{11} = f_{12} = f_{14} = 1 \times 2 = 2$ м². Высота проема $H_{пр} = 2,0$ м.

Порядок расчета

Расчет системы дымоудаления начинается с определения неблагоприятного для работы системы направления ветра. Неблагоприятным направлением считается такое направление, при котором площадь проемов дымоудаления или расход удаляемых продуктов горения максимальны из четырех возможных.

Эквивалентные площади проемов $F_{экв}$ для схемы, приведенной на рисунке П.2, определяют соответственно по 4.3.3.1 и формулам (19), (20).

1. Фасад 1:

$$F_1 = 2 + 2 + 2 = 6 \text{ м}^2; F_2 = 6,25 + 6,25 + 6,25 = 18,75 \text{ м}^2;$$

$$O_1 = \frac{F_1}{F_2} = \frac{6}{18,75} = 0,32;$$

$$F_{экв1} = \frac{1}{\left(\frac{1}{6^2} + \frac{1}{18,75^2}\right)^{\frac{1}{2}}} = 5,71 \text{ м}^2.$$

2. Фасад 2:

$$F_1 = f_8 = 2 \text{ м}^2; F_2 = f_9 = 6,25 \text{ м}^2;$$

$$O_2 = \frac{f_8}{f_9} = \frac{2}{6,25} = 0,32;$$

$$F_{экв2} = \frac{1}{\left(\frac{1}{2^2} + \frac{1}{6,25^2}\right)^{\frac{1}{2}}} = 1,90 \text{ м}^2.$$

3. Часть фасада 3':

$$F_1 = f_{11} = 2 \text{ м}^2; F_2 = f_{13} = 6,25 \text{ м}^2;$$

$$O_{3'} = \frac{f_{11}}{f_{13}} = \frac{2}{6,25} = 0,32;$$

$$F_{экв3'} = \frac{1}{\left(\frac{1}{2^2} + \frac{1}{6,25^2}\right)^{\frac{1}{2}}} = 1,90 \text{ м}^2.$$

4. Часть фасада 3'':

$$F_1 = f_{10} = 2 \text{ м}^2; F_2 = \frac{1}{\left(\frac{1}{2^2} + \frac{1}{2^2}\right)^{\frac{1}{2}}} = 1,41 \text{ м}^2;$$

$$O_{3''} = \frac{F_1}{F_2} = \frac{2}{1,41} = 1,42;$$

$$F_{экв3''} = \frac{1}{\left(\frac{1}{F_1^2} + \frac{1}{F_2^2}\right)^{\frac{1}{2}}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{2^2} + \frac{1}{1,41^2}\right)^{\frac{1}{2}}} = 1,15 \text{ м}^2.$$

Эквивалентная площадь проемов для фасада 3 $F_{\text{экв3}}$ в целом будет равна

$$F_{\text{экв3}} = F_{\text{экв3}'} + F_{\text{экв3}''} = 1,90 + 1,15 = 3,05 \text{ м}^2.$$

5. Фасад 4:

$$F_1 = f_7 = 6,25 \text{ м}^2;$$

$$F_{\text{экв4}} = 6,25 \text{ м}^2.$$

В качестве заветренного фасада для расчета выбираем тот, у которого отношение O_i наибольшее. Наибольшее отношение $O_{3''} = 1,42$ у части фасада 3''. В качестве заветренного (подветренного) выбираем фасад 3, а в качестве наветренного выбираем противоположный фасад, т. е. фасад 1.

Плотности наружного воздуха ρ_n и продуктов горения $\rho_{\text{пг}}$ определяют соответственно по формулам (12) и (13):

$$\rho_n = \frac{353}{20 + 273} = 1,20 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{\text{пг}} = \frac{353}{450 + 273} = 0,49 \text{ кг/м}^3.$$

Ветровое давление $P_{\text{ветр}}$ определяют по формуле (22):

$$P_{\text{ветр}} = \frac{1,20 \cdot 4^2}{2} = 9,60 \text{ Па}.$$

Наружное давление на заветренном фасаде $P_{\text{нз}}$ определяют по формуле (23):

$$P_{\text{нз}} = -0,4 \cdot 9,60 = -3,84 \text{ Па}.$$

Наружное давление на боковых фасадах $P_{\text{нб}}$ определяют по формуле (24):

$$P_{\text{нб}} = 0 \text{ Па}.$$

Наружное давление на наветренном фасаде $P_{\text{нн}}$ определяют по формуле (25):

$$P_{\text{нн}} = 0,6 \cdot 9,60 = 5,76 \text{ Па}.$$

Давление на уровне пола в горящем помещении $P_{\text{в0}}$, при котором предотвращается выход продуктов горения через проемы в смежные помещения и на пути эвакуации, определяют по формуле (21):

$$P_{\text{в0}} = -3,84 - 2,0 \cdot 9,81(1,20 - 0,49)(1 + 0,5 \cdot 1,42^2) = -31,81 \text{ Па}.$$

Массовые расходы воздуха, поступающего в горящее помещение через открытые проемы со стороны заветренного G_3 , боковых G_6 и наветренного G_n

фасадов, определяют соответственно по формулам (26), (27), (28):

$$G_3 = 0,64 \cdot 3,05 [2 \cdot 1,20(-3,84 + 31,81 - 0,5 \cdot 2,0 \cdot 9,81(1,20 - 0,49))]^{\frac{1}{2}} = 13,86 \text{ кг/с};$$

$$G_6 = 0,64 \cdot 8,15 [2 \cdot 1,20(0 + 31,81 - 0,5 \cdot 2,0 \cdot 9,81(1,20 - 0,49))]^{\frac{1}{2}} = 40,28 \text{ кг/с},$$

где 8,15 – эквивалентная площадь боковых фасадов, м^2 ; определяют по формуле

$$F_{\text{б.экв}} = F_{\text{экв2}} + F_{\text{экв4}} = 1,90 + 6,25 = 8,15 \text{ м}^2;$$

$$G_n = 0,64 \cdot 5,71 [2 \cdot 1,20(5,76 + 31,81 - 0,5 \cdot 2,0 \cdot 9,81(1,20 - 0,49))]^{\frac{1}{2}} = 31,32 \text{ кг/с}.$$

Располагаемый перепад давления (разность давлений внутри помещения и вне его на уровне проема дымоудаления) $\Delta P_{\text{расп}}$ определяют по формуле (30). При нулевом аэродинамическом коэффициенте K_y проема дымоудаления

$$\Delta P_{\text{расп}} = -31,81 + 6,0 \cdot 9,81(1,20 - 0,49) = 9,98 \text{ Па}.$$

Площадь проходного сечения проема дымоудаления F_y определяют по формуле (29). При коэффициенте расхода проема дымоудаления $\mu = 0,8$

$$F_y = 1,1 \frac{13,86 + 40,28 + 31,32}{0,8(2 \cdot 0,49 \cdot 9,98)^{\frac{1}{2}}} = 37,57 \text{ м}^2.$$

4.4 Обеспечение незадымляемости помещений с механическим побуждением тяги

При устройстве системы дымоудаления из помещения с механическим побуждением тяги из одноэтажных зданий расчет ограничивается определением объемного часового расхода удаляемых продуктов горения L по формуле (17).

4.5 Нормативные требования к системам дымоудаления из помещений

4.5.1 Выбор способа дымоудаления зависит от высоты, этажности здания и других факторов. Для одноэтажных зданий нормативные документы допускают организацию как естественной, так и механической (с помощью вентиляторов) системы дымоудаления. Для помещений, расположенных в нижних этажах многоэтажных зданий, устройство дымоудаления с естественным побуждением тяги нормативные документы не рекомендуют.

4.5.2 В случае применения вентиляторов для устройства дымоудаления из помещений в одноэтажном здании целесообразно использование осевых или крышных вентиляторов.

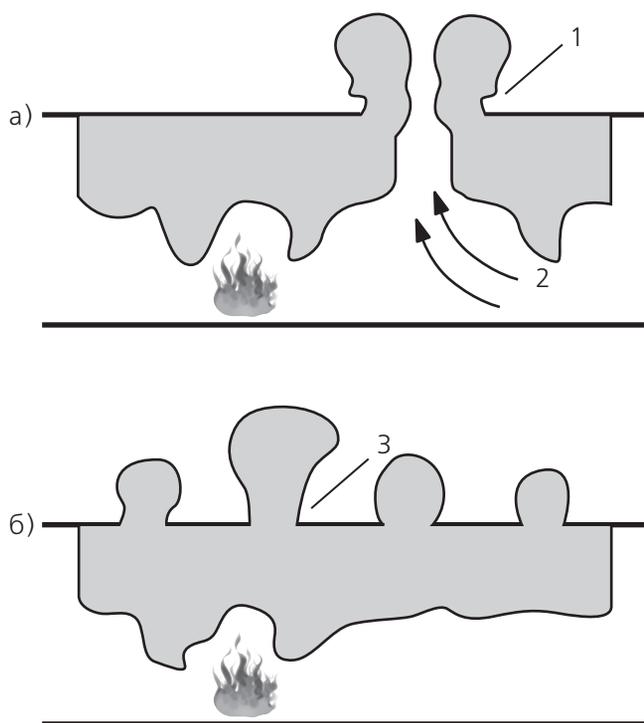


Рисунок 5 — Влияние размеров и расположения вентиляционных проемов на эффективность дымоудаления:

- 1 — один большой проем; 2 — наружный воздух, поступающий в восходящий поток продуктов горения, снижает объем удаляемых продуктов горения; 3 — несколько небольших проемов более эффективны

4.5.3 Вентиляторы, используемые для дымоудаления из помещений, должны иметь сертификат пожарной безопасности (1 ч при температуре 600 °С или 2 ч при температуре 400 °С в зависимости от расчетной температуры удаляемых продуктов горения).

4.5.4 Для эффективной работы системы дымоудаления размеры дымоприемных отверстий должны быть меньше толщины слоя продуктов горения под потолком помещения. В противном случае через одну часть проема дымоудаления из помещения выходят продукты горения, а через другую — воздух (рисунок 5а). Дымоприемные отверстия следует располагать рассредоточенно по площади помещения (рисунок 5б).

Площадь, обслуживаемая одним дымоприемным отверстием, не должна превышать 1 000 м².

4.5.5 Для возмещения удаляемых продуктов горения необходимо предусматривать приток наружного воздуха в нижнюю часть помещения. При устройстве систем дымоудаления с естественным побуждением тяги площадь приточных проемов может быть определена из условия, что потери давления на приточных проемах не будут превышать 10 % от располага-

емого давления. Площадь приточных проемов при устройстве системы дымоудаления с механическим побуждением тяги должна быть достаточной для того, чтобы перепад давления на закрытых дверях и воротах, используемых для эвакуации, не превышал $300/A_{пр}$, Па ($A_{пр}$ — площадь проема, м²).

5 Противодымная защита многоэтажного здания

5.1 Общие положения

5.1.1 Основной задачей системы противодымной защиты многоэтажного здания является обеспечение незадымляемости при пожаре лестничных клеток. Эта задача решается путем устройства дымоудаления при пожаре из коридоров или помещений, устройства незадымляемых лестничных клеток и исключением задымления здания через шахты лифтов. Принципиальная схема системы противодымной защиты многоэтажного здания приведена на рисунке 6.

5.1.2 Дымоудаление должно устраиваться из коридоров без естественного проветривания, а также из коридоров зданий, высота которых от планировочной отметки земли до уровня нижнего края оконных и дверных проемов, используемых для спасения людей, верхнего этажа превышает 28 м, независимо от наличия возможности естественного проветривания.

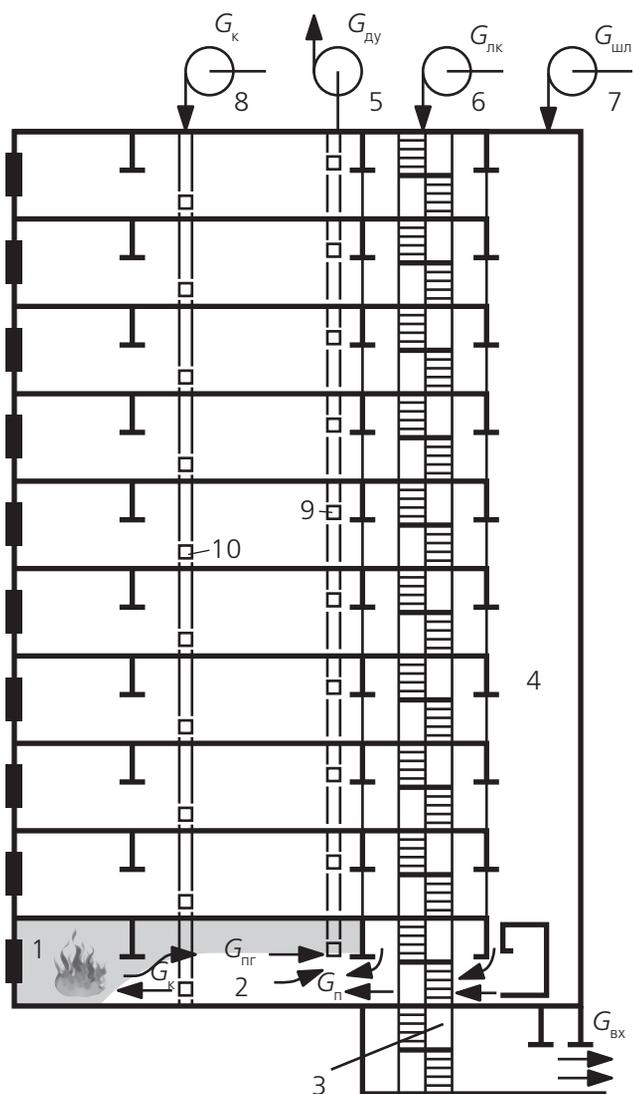
Подробно о случаях, при которых необходимо устраивать дымоудаление, см. СП 7.13130.2013, пункт 7.2.

5.1.3 В зданиях, высота которых от планировочной отметки земли до уровня нижнего края оконных и дверных проемов, используемых для спасения людей, верхнего этажа превышает 28 м, нормативными документами регламентируется применение незадымляемых лестничных клеток. По принятой в Российской Федерации классификации незадымляемые лестничные клетки подразделяются на три типа:

- Н1 — незадымляемость обеспечивается за счет устройства входов в лестничные клетки через наружную (воздушную) зону по балконам, лоджиям и открытым переходам (рисунок 7);
- Н2 — незадымляемость обеспечивается за счет подачи наружного воздуха при пожаре в объем лестничной клетки (рисунок 8);
- Н3 — незадымляемость обеспечивается за счет подачи наружного воздуха при пожаре в объем тамбур-шлюза перед лестничной клеткой (рисунок 9).

Незадымляемыми 2-го или 3-го типов (Н2 или Н3) должны быть и лестничные клетки, соединяющие подземные и наземные этажи здания, независимо от этажности здания.

5.1.4 С целью предотвращения распространения продуктов горения при пожаре по вертикали в зданиях, оборудованных незадымляемыми лестничными клетками, необходимо устраивать подачу наруж-



ного воздуха в шахты лифтов для создания в них избыточного по отношению к смежным помещениям давления. Подпор воздуха создают также в шахтах лифтов, соединяющих подземные и наземные этажи здания, и в тамбур-шлюзах перед такими лифтами в подземных этажах.

5.2 Расчет систем противодымной защиты многоэтажного здания

5.2.1 Задачей расчета системы противодымной защиты многоэтажного здания* является определение таких параметров вентиляторов дымоудаления из коридоров и подачи воздуха в незадымляемые лестничные клетки и в шахты лифтов, при которых обеспечивается незадымляемость лестничных клеток здания.

5.2.2 Расчеты системы противодымной защиты многоэтажного здания производятся при следующих исходных данных:

- пожар происходит на нижнем типовом этаже здания;
- окна помещения, где возник пожар, и выбросные проемы систем дымоудаления выходят на наветренный фасад здания, входная дверь здания и воздухозаборные проемы систем подпора воздуха выходят на заветренный (подветренный) фасад здания;
- кабины лифтов располагаются на первом этаже с открытыми дверями кабин и шахт лифтов.

5.2.3 Температуру наружного воздуха и скорость ветра принимают:

- для приточной противодымной вентиляции по таблице 3.1 СП 131.13330.2012 «Строительная климатология» для холодного периода года (соответственно столбец 5 «Температура воздуха наиболее холодной пятидневки, °С, обеспеченностью 0,92» и столбец 19 «Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, м/с»);
- для вытяжной противодымной вентиляции по таблице 4.1 СП 131.13330.2012 «Строительная климатология» для теплого периода года (столбец 4 «Температура воздуха, °С, обеспеченностью 0,98»).

5.2.4 До вступления в силу Федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»

* Первая в нашей стране методика расчета требуемых параметров вентиляторов систем противодымной защиты многоэтажных жилых зданий была разработана Н. Н. Разумовым, И. С. Шаповаловым и И. Т. Светашовым в 1973 г. В результате проведенных ВНИИПО натурных огневых испытаний, опытов на полномасштабном экспериментальном «фрагменте этажа высотного здания», теоретических исследований исходные параметры этой методики были уточнены и были разработаны рекомендации по расчету параметров систем противодымной защиты жилых и общественных зданий повышенной этажности.

Рисунок 6 – Принципиальная схема системы противодымной защиты многоэтажного здания:
 1 – помещение очага пожара; 2 – коридор этажа пожара; 3 – лестничная клетка; 4 – шахта лифта;
 5 – вентилятор дымоудаления из коридора; 6 – вентилятор подпора в лестничную клетку; 7 – вентилятор подпора в шахту лифта; 8 – вентилятор подачи воздуха для компенсации удаления продуктов горения; 9, 10 – противопожарные клапаны;
 $G_{ду}$ – массовый расход продуктов горения, перемещаемых вентилятором, кг/с;
 $G_{лк}$ – массовый расход воздуха, подаваемого в лестничную клетку, кг/с; $G_{шл}$ – массовый расход воздуха, подаваемого в шахту лифта, кг/с;
 $G_{гр}$ – массовый расход удаляемых продуктов горения, кг/с; $G_{п}$ – массовый расход воздуха из лестничной клетки в коридор этажа пожара, кг/с; $G_{вх}$ – массовый расход воздуха из лестничной клетки наружу через входную дверь здания, кг/с; $G_{к}$ – массовый расход воздуха для компенсации удаления продуктов горения через дверь здания, кг/с

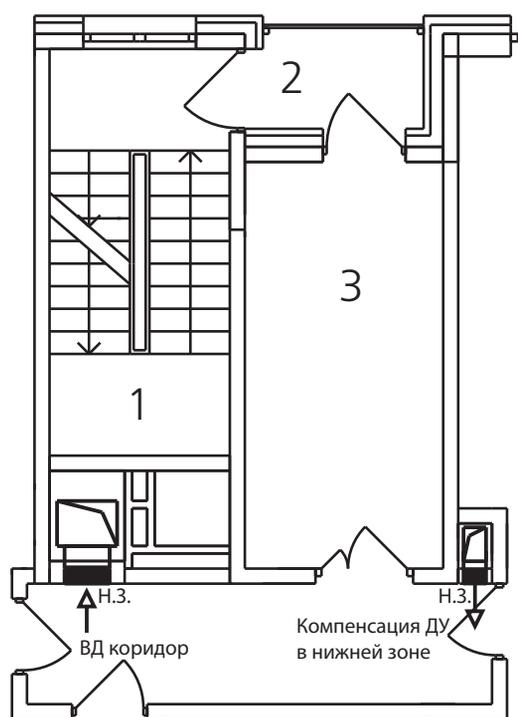


Рисунок 7 – Незадымляемая лестничная клетка типа Н1:

- 1 – лестничная клетка; 2 – балкон;
- 3 – переход из поэтажного коридора в лестничную клетку

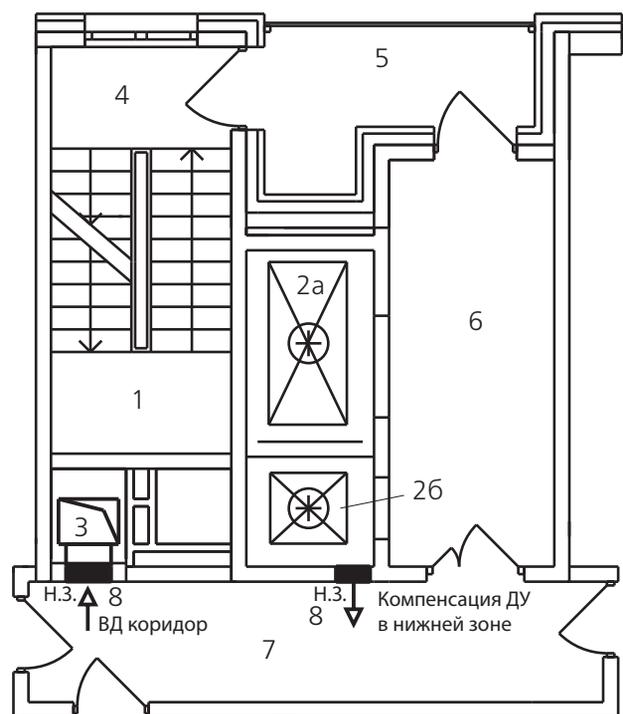


Рисунок 7.1 – Пример организации удаления продуктов горения и компенсации удаления продуктов горения в поэтажном коридоре жилого дома с незадымляемой лестничной клеткой типа Н1:

- 1 – лестничная клетка; 2а – лифт для перевозки пожарных подразделений; 2б – лифт, работающий в режиме пожарной опасности; 3 – шахта дымоудаления; 4 – переход в лестничную клетку; 5 – балкон; 6 – лифтовой холл;
- 7 – поэтажный коридор; 8 – противопожарный клапан

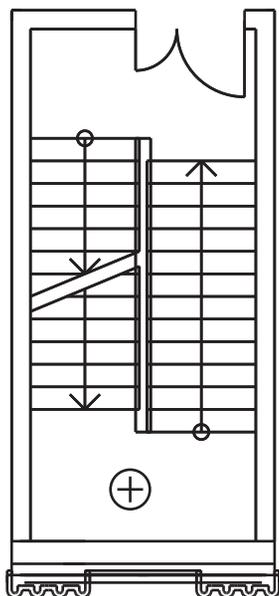


Рисунок 8 – Незадымляемая лестничная клетка типа Н2

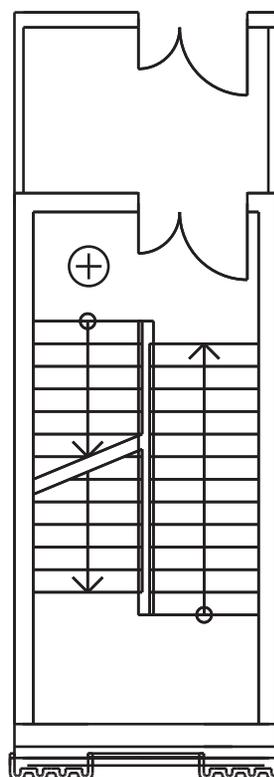


Рисунок 9 – Незадымляемая лестничная клетка типа Н2 + Н3

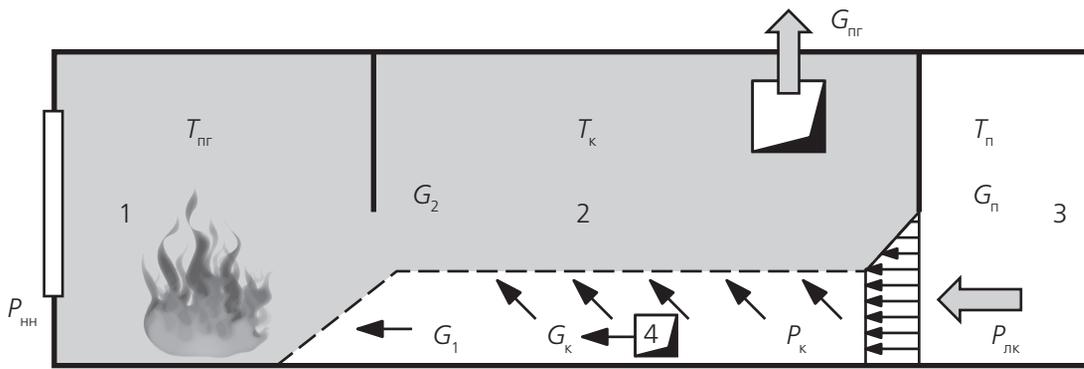


Рисунок 10 – Схема газообмена этажа пожара при работе системы противодымной защиты: 1 – помещение очага пожара; 2 – поэтажный коридор этажа пожара; 3 – лестничная клетка; 4 – противопожарный клапан для компенсации удаления продуктов горения; $P_{нн}$ – наружное давление со стороны наветренного фасада на уровне этажа пожара, Па; $T_{гр}$ – температура в горящем помещении, К; G_1 – массовый расход воздуха, поступающего в помещение очага пожара, кг/с; G_2 – массовый расход продуктов горения, выходящих в коридор, кг/с; $T_{к}$ – температура удаляемых продуктов горения, К; $P_{к}$ – давление в коридоре на уровне пола, Па; $P_{лк}$ – давление в лестничной клетке на уровне этажа пожара, Па; $G_{гр}$ – массовый расход удаляемых продуктов горения, кг/с; $T_{п}$ – температура воздуха, поступающего в коридор из лестничной клетки, и температура воздуха в здании при работе системы противодымной защиты, К; $G_{п}$ – массовый расход воздуха из лестничной клетки в коридор этажа пожара, кг/с; $G_{к}$ – массовый расход воздуха для компенсации удаления продуктов горения

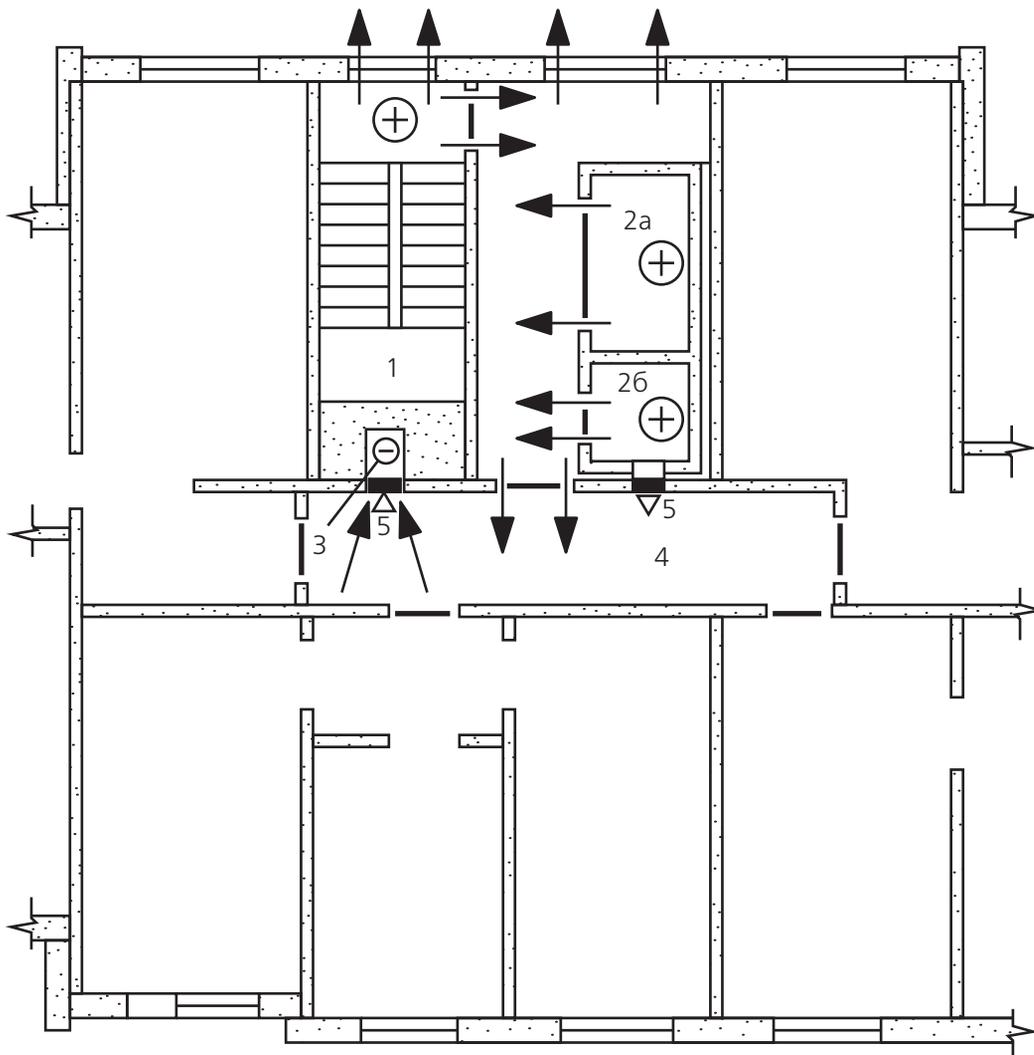


Рисунок 11 – Схемы газообмена на этажах здания при работе системы противодымной защиты: 1 – незадымляемая лестничная клетка типа Н2; 2а – лифт для перевозки пожарных подразделений; 2б – лифт, работающий в режиме пожарной опасности; 3 – шахта дымоудаления; 4 – поэтажный коридор; 5 – противопожарный клапан

и СП 7.13130.2013 «Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности» расчеты параметров вентиляторов подпора воздуха в лестничную клетку проводились при открытых дверях на пути эвакуации от горящего помещения (квартиры) до улицы (открыты двери из коридора на этаже пожара или непосредственно помещения, где возник пожар, в лестничную клетку и из здания наружу). Все остальные двери и окна в здании считались закрытыми. С вступлением в силу указанных выше документов расчеты должны проводиться при открытых дверях из коридора в лестничную клетку или из здания наружу.

5.2.5 Схема газообмена на этаже пожара показана на рисунке 10. Из объема лестничной клетки 3 в коридор этажа пожара 2 через открытую дверь входит чистый воздух с расходом $G_{п}$. Часть этого воздуха G_1 транзитом проходит коридор и через открытую дверь поступает в горящее помещение – квартиру 1. Из горящего помещения выходят продукты горения, их расход обозначен G_2 . Из коридора через открытый клапан удаляются продукты горения с расходом $G_{пр}$.

5.2.6 Схема газообмена помещений на других этажах здания при работе вентиляционной системы противодымной защиты представлена на рисунке 11. При работе вентилятора дымоудаления в шахте 2 создается разрежение по отношению к помещениям 4, через которые проходит шахта дымоудаления. Через щели и неплотности в клапанах и ограждениях шахты в нее фильтруется холодный воздух. Воздух, попадающий в шахту, смешивается с продуктами горения, расход дымо-воздушной смеси возрастает, а температура – уменьшается.

5.3 Расчет параметров вентиляторов дымоудаления из коридоров и помещений в многоэтажном здании

5.3.1 Задачей расчета вентиляторов дымоудаления из коридоров и помещений является определение параметров, обеспечивающих требуемые условия на этаже пожара. Методика расчета системы дымоудаления из коридоров зданий повышенной этажности, коридоров без естественного проветривания, в зданиях обычной этажности и помещений многоэтажных зданий иллюстрируется схемой рисунка 12.

Согласно п. 7.4 СП 7. 13130-2013 Расход продуктов горения, удаляемых вытяжной противодымной вентиляцией, следует рассчитывать в зависимости от мощности тепловыделения очага пожара, теплопотерь через ограждающие строительные конструкции помещений и вентиляционные каналы, температуры удаляемых продуктов горения, параметров наружного воздуха, состояния (положений) дверных и оконных проемов, геометрических размеров:

для каждого коридора длиной не более 60 м - в соответствии с подпунктами "а"- "г" пункта 7.2;...

При удалении продуктов горения из коридоров дымоприемные устройства следует размещать на

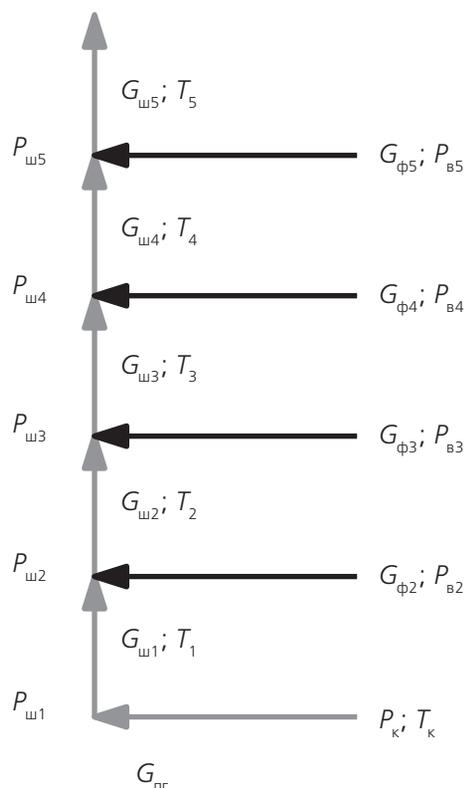


Рисунок 12 – Схема расчета параметров вентилятора дымоудаления в многоэтажном здании:

$P_{ш1} \dots P_{ш5}$ – давление в шахте дымоудаления на уровне соответствующего этажа, Па; $G_{пр}$ – массовый расход продуктов горения, удаляемых из коридора, кг/с; $G_{ш1} \dots G_{ш5}$ – массовый расход продуктов горения в шахте дымоудаления, кг/с; $T_1 \dots T_5$ – температура продуктов горения в шахте дымоудаления на уровне соответствующего этажа, К; $G_{ф2} \dots G_{ф5}$ – расход воздуха, фильтрующегося в шахту дымоудаления через щели и неплотности на уровне соответствующего этажа, кг/с; $P_{в2} \dots P_{в5}$ – давление внутри здания на уровне соответствующего этажа, Па; $T_к$ – температура продуктов горения в коридоре, К; $P_к$ – давление в коридоре, Па

шахтах под потолком коридора, но не ниже верхнего уровня дверных проемов эвакуационных выходов. Допускается установка дымоприемных устройств на ответвлениях к дымовым шахтам. Длина коридора, приходящаяся на одно дымоприемное устройство, должна составлять:

- не более 45 м при прямолинейной конфигурации коридора;
- не более 30 м при угловой конфигурации коридора;
- не более 20 м при кольцевой (замкнутой) конфигурации коридора.

5.3.2 Температуру воздуха в здании при работе системы противодымной защиты $T_{п}$, К, определяют по формуле

$$T_n = \frac{T_H + T_B}{2}, \quad (31)$$

где T_H – то же, что в формуле (12); принимают по 5.2.3;

T_B – то же, что в формуле (15).

5.3.3 Плотность приточного воздуха ρ_n , кг/м³, определяют по формуле

$$\rho_n = \frac{353}{T_n}, \quad (32)$$

где T_n – температура приточного воздуха, К; определяют по формуле (31).

5.3.4 Плотность воздуха в здании до начала пожара ρ_B , кг/м³, определяют по формуле

$$\rho_B = \frac{353}{T_B}, \quad (33)$$

где T_B – то же, что в формуле (15).

5.3.5 Распределения наружных давлений со стороны наветренного $P_{ннi}$, заветренного $P_{нзи}$ фасадов на уровне i -го этажа и давление на уровне выброса продуктов горения $P_{выбр}$, Па, определяют соответственно по формулам

$$P_{ннi} = 0,4\rho_n V_B^2 - gh_i(\rho_n - \rho_n); \quad (34)$$

$$P_{нзи} = -0,3\rho_n V_B^2 - gh_i(\rho_n - \rho_n); \quad (35)$$

$$P_{выбр} = 0,4\rho_n V_B^2 - gh_{выбр}(\rho_n - \rho_n), \quad (36)$$

где ρ_n , g – то же, что в формуле (1);

V_B – то же, что в формуле (22); принимают по 5.2.3;

h_i – высота пола i -го этажа над уровнем планировочной отметки земли, м;

ρ_n – плотность приточного воздуха, кг/м³; определяют по формуле (32);

$h_{выбр}$ – высота выбросного отверстия системы дымоудаления над уровнем планировочной отметки земли, м.

5.3.6 Давление внутри здания на уровне i -го этажа $P_{ви}$, Па, определяют по формуле

$$P_{ви} = \frac{P_{ннi} + P_{нзи}}{2}, \quad (37)$$

где $P_{ннi}$ – наружное давление на наветренном фасаде на уровне i -го этажа, Па; определяют по формуле (34);

$P_{нзи}$ – наружное давление на заветренном фасаде на уровне i -го этажа, Па; определяют по формуле (35).

5.3.7 Массовый расход продуктов горения, удаляемых из коридора, $G_{пр}$, кг/с, определяют по формуле

$$G_{пр} = AB_n H_n^{\frac{3}{2}}, \quad (38)$$

где A – размерный коэффициент; $A=0,96$ кг/(с•м^{5/2}) – для жилых зданий; $A=1,2$ кг/(с•м^{5/2}) – для общественных зданий;

B_n – ширина дверного проема из коридора в лестничную клетку, м;

H_n – высота дверного проема из коридора в лестничную клетку, м.

5.3.8 Температуру продуктов горения $T_{пр}$, К, удаляемых из прямоугольного в плане помещения, рассчитывают по формуле (15), из помещения сложной формы – по формуле (16).

Температуру продуктов горения $T_{пр}$, К, удаляемых из коридоров жилых или общественных зданий, определяют согласно [17] по следующим формулам:

$$T_{пр} = T_B + \frac{1,22(T_0 - T_B) \left(2h_d + \frac{F_{кор}}{l_{кор}} \right)}{l_{кор}} \left(1 - \exp \left(\frac{-0,58 l_{кор}}{2h_d + \frac{F_{кор}}{l_{кор}}} \right) \right), \quad (39)$$

где T_B – то же, что в формуле (15);

T_0 – температура газов, поступающих из горящего помещения в коридор, К; определяют по формуле (40);

h_d – предельная толщина дымового слоя, м;

$F_{кор}$ – площадь коридора, м²;

$l_{кор}$ – длина коридора, м.

Температуру газов, поступающих из горящего помещения в коридор, T_0 , К, определяют по формуле

$$T_0 = 0,8T_{0\max}, \quad (40)$$

где $T_{0\max}$ – максимальная среднеобъемная температура в горящем помещении (в зависимости от вида пожара: регулируемого вентиляцией или регулируемого нагрузкой), К; принимают по формулам:

– при пожаре, регулируемом вентиляцией,

$$T_{0\max} = T_B + 940 \exp(0,0047g_0 - 0,141), \quad (41)$$

где T_B – то же, что в формуле (15);

g_0 – удельная приведенная пожарная нагрузка, отнесенная к площади пола помещения, кг/м²;

– при пожаре, регулируемом нагрузкой,

$$T_{0\max} = T_B + 224g_k^{0,528}, \quad (42)$$

где T_B – то же, что в формуле (15);

g_k – удельная приведенная пожарная нагрузка, отнесенная к площади тепловоспринимающей поверхности ограждающих строительных конструкций помещения, кг/м².

5.3.9 Массовый расход продуктов горения G_y ($G_k = G_y$), кг/с, удаляемых из помещения при пожаре, определяют по формулам (6), (8) или (9).

5.3.10 Скорость продуктов горения в клапане $V_{кл}$, м/с, определяют по формуле

$$V_{кл} = \frac{G_{пр}}{F_{кл} \rho_{пр}}, \quad (43)$$

где $G_{\text{пр}}$ – массовый расход продуктов горения, удаляемых из коридора, кг/с; определяют по формуле (38);

$F_{\text{кл}}$ – площадь проходного сечения дымового клапана, м²; принимают по данным фирмы-изготовителя или вычисляют по формуле

$$F_{\text{кл}} = (a_{\text{кл}} - 0,03)(b_{\text{кл}} - 0,05), \quad (44)$$

где $a_{\text{кл}}$ – больший из установочных размеров клапана, м;

$b_{\text{кл}}$ – меньший из установочных размеров клапана, м;

$\rho_{\text{пр}}$ – то же, что в формуле (3).

5.3.11 Потери давления в дымовом клапане $\Delta P_{\text{кл}}$, Па, определяют по формуле

$$\Delta P_{\text{кл}} = \frac{\xi_{\text{кл}} \rho_{\text{пр}} V_{\text{кл}}^2}{2}, \quad (45)$$

где $\xi_{\text{кл}}$ – коэффициент местного сопротивления открытого дымового клапана; принимают равным 4;

$\rho_{\text{пр}}$ – то же, что в формуле (3);

$V_{\text{кл}}$ – скорость продуктов горения в клапане, м/с; определяют по формуле (43).

5.3.12 Давление в шахте дымоудаления на уровне 1-го обслуживаемого этой шахтой этажа $P_{\text{ш1}}$, Па, определяют по формуле

$$P_{\text{ш1}} = P_{\text{нн1}} - \Delta P_{\text{кл}}, \quad (46)$$

где $P_{\text{нн1}}$ – наружное давление на наветренном фасаде на уровне 1-го этажа, Па; определяют по формуле (34);

$\Delta P_{\text{кл}}$ – потери давления в дымовом клапане, Па; определяют по формуле (45).

5.3.13 Скорость продуктов горения в шахте дымоудаления между $i-1$ -м и i -м этажами $V_{\text{ш}i-1,i}$, м/с, определяют по формуле

$$V_{\text{ш}i-1,i} = \frac{G_{\text{ш}i-1,i}}{a_{\text{ш}} b_{\text{ш}} \rho_{\text{ш}i-1,i}}, \quad (47)$$

где $G_{\text{ш}i-1,i}$ – массовый расход продуктов горения в шахте дымоудаления с $i-1$ -го на i -й этаж, кг/с; определяют по формуле (50);

$a_{\text{ш}}$, $b_{\text{ш}}$ – размеры проходного сечения шахты дымоудаления, м;

$\rho_{\text{ш}i-1,i}$ – плотность продуктов горения между $i-1$ -м и i -м этажами, кг/м³.

5.3.14 Давление в шахте дымоудаления на уровне i -го этажа $P_{\text{ш}i}$, Па, определяют по формуле

$$P_{\text{ш}i} = P_{\text{ш}i-1} - \lambda \frac{h_{\text{эт}}}{d_{\text{экв}}} \frac{\rho_{\text{ш}i-1,i} V_{\text{ш}i-1,i}^2}{2}, \quad (48)$$

где $P_{\text{ш}i-1}$ – давление на уровне $i-1$ -го этажа, Па;

λ – коэффициент сопротивления трения; $\lambda = 0,1$ – для кирпича; $\lambda = 0,05$ – для бетона; $\lambda = 0,02$ – для металла;

$h_{\text{эт}}$ – высота этажа, м;

$d_{\text{экв}}$ – эквивалентный диаметр проходного сечения, м; определяют по формуле

$$d_{\text{экв}} = \frac{2f_{\text{ш}}}{a_{\text{ш}} + b_{\text{ш}}}, \quad (49)$$

где $f_{\text{ш}}$ – площадь проходного сечения шахты дымоудаления, м²;

$a_{\text{ш}}$, $b_{\text{ш}}$, $\rho_{\text{ш}i-1,i}$ – то же, что в формуле (47);

$V_{\text{ш}i-1,i/1,2}$ – скорость продуктов горения в шахте дымоудаления между $i-1$ -м и i -м и между 1-м и 2-м этажами, м/с.

5.3.15 Массовый расход продуктов горения в шахте дымоудаления с $i-1$ -го на i -й этаж $G_{\text{ш}i-1,i}$, кг/с, определяют по формуле

$$G_{\text{ш}i-1,i} = G_{\text{пр}} + G_{\text{ф2}} + G_{\text{ф3}} + \dots + G_{\text{ф}i-1}, \quad (50)$$

где $G_{\text{пр}}$ – то же, что в формуле (43);

$G_{\text{ф2}}$, $G_{\text{ф3}}$... $G_{\text{ф}i-1}$ – массовый расход воздуха, поступающего в шахту дымоудаления через неплотности и щели дымового клапана и стен шахты соответственно на 2, 3 и $i-1$ -м этажах, кг/с; определяют по формуле

$$G_{\text{ф}i} = \left(\frac{P_{\text{в}i} - P_{\text{ш}i}}{S_{\text{ш}}} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (51)$$

где $P_{\text{в}i}$ – давление внутри здания на уровне i -го этажа, Па; определяют по формуле (37);

$P_{\text{ш}i}$ – давление в шахте дымоудаления на уровне i -го этажа, Па; определяют по формуле (48);

$S_{\text{ш}}$ – характеристика сопротивления газопроницанию шахты с установленными в ней закрытыми клапанами, 1/(кг•м); определяют по формуле

$$S_{\text{ш}} = \frac{S_{\text{уд}}}{F_{\text{кл}}^2}, \quad (52)$$

где $S_{\text{уд}}$ – удельная характеристика сопротивления газопроницанию, м³/кг; $S_{\text{уд}} = 500$ м³/кг – для шахты из кирпича; $S_{\text{уд}} = 1\,500$ м³/кг – для шахты из бетона; $S_{\text{уд}} = 1\,600$ м³/кг – для шахты из металла;

$F_{\text{кл}}$ – то же, что в формуле (43).

5.3.16 Температуру продуктов горения в шахте дымоудаления на уровне i -го этажа T_i , К, определяют по формуле

$$T_i = \frac{T_{\text{в}} G_{\text{а}i} + T_{\text{пр}} G_{\text{пр}}}{G_{\text{пр}} + G_{\text{а}i}}, \quad (53)$$

где $T_{\text{в}}$ – то же, что в формуле (15);

$G_{\text{а}i}$ – суммарный массовый расход воздуха, поступающего в шахту дымоудаления через щели и неплотности в дымовых клапанах и стенах шахты со 2-го по i -й этажи, кг/с; определяют по формуле

$$G_{\text{а}i} = \sum G_{\text{ф}i}, \quad (54)$$

где $G_{\text{ф}i}$ – массовый расход воздуха, фильтрующегося в шахту дымоудаления через щели и не-

плотности на уровне i -го этажа, кг/с; определяют формуле (51);

$T_{\text{пр}}$ – то же, что в формуле (15) при расчете дымоудаления из помещения; по 5.3.8 при расчете дымоудаления из коридора;

$G_{\text{пр}}$ – то же, что в формуле (43).

5.3.17 Плотность продуктов горения в шахте дымоудаления на уровне i -го этажа ρ_i , кг/м³, определяют по формуле

$$\rho_i = \frac{353}{T_i}, \quad (55)$$

где T_i – температура продуктов горения в шахте дымоудаления на уровне i -го этажа, К; определяют по формуле (53).

5.3.18 Производительность вентилятора дымоудаления $L_{\text{вент}}$, м³/ч, определяют по формуле

$$L_{\text{вент}} = \frac{3\,600(G_{\text{пр}} + G_{\text{ан}})}{\rho_N}, \quad (56)$$

где $G_{\text{пр}}$ – то же, что в формуле (43);

$G_{\text{ан}}$ – суммарный массовый расход воздуха, фильтрующегося в шахту дымоудаления с этажей от 2-го до верхнего, кг/с;

ρ_N – плотность продуктов горения на уровне верхнего этажа, кг/м³.

5.3.19 Давление, которое должен обеспечивать вентилятор дымоудаления, $P_{\text{вент}}$, Па, определяют по формуле

$$P_{\text{вент}} = P_{\text{нн.в}} - P_{\text{шN}} + gh_N(\rho_N - \rho_n) + \Delta P_{\text{сети}}, \quad (57)$$

где $P_{\text{нн.в}}$ – наружное давление на наветренном фасаде на уровне выбросного отверстия, Па;

$P_{\text{шN}}$ – давление в шахте дымоудаления на уровне расположения верхнего дымового клапана, Па;

g – то же, что в формуле (1);

h_N – расстояние по вертикали от верхнего клапана дымоудаления до выбросного отверстия, м;

ρ_N – то же, что в формуле (56);

ρ_n – то же, что в формуле (34);

$\Delta P_{\text{сети}}$ – потери давления в сети обвязки вентилятора, Па.

Полученные в итоге вычислений параметры используются для конечного определения параметров вентилятора системы, приведенными к стандартным параметрам наружного воздуха в теплый период года:

$$P_{\text{sv}} = \frac{1,2P_{\text{вент}}}{\rho_N}.$$

Пример 5.1 – Расчет системы дымоудаления из коридора

Исходные данные

Здание общественное, трехэтажное. Температура наружного воздуха для теплого периода года

$t_n = 26$ °С. Скорость ветра $V_b = 2,0$ м/с. Температура внутреннего воздуха до начала пожара $t_b = 16$ °С.

Высота этажа $h_{\text{эт}} = 4,0$ м; уровень расположения выбросного отверстия системы дымоудаления $h_{\text{выбр}} = 14,0$ м. Площадь коридора $F_{\text{кор}} = 40$ м²; длина коридора $l_{\text{кор}} = 20$ м; высота коридора $H = 3,8$ м. Размеры дверей из коридора в лестничную клетку $B_n \times H_n = 1,2 \times 2,1$ м. Размеры шахты и габаритные размеры сечения дымового клапана $a_{\text{ш}} \times b_{\text{ш}} = a_{\text{кл}} \times b_{\text{кл}} = 0,8 \times 0,6$ м. Расстояние по вертикали от верхнего дымового клапана до выбросного отверстия $h_N = 2$ м. Шахта дымоудаления – сталь.

Принимаем пожар, регулируемый вентиляцией. Удельную приведенную пожарную нагрузку, отнесенную к площади пола помещения, g_0 принимаем, к примеру, 50 кг/м².

Порядок расчета

Максимальную среднеобъемную температуру в горящем помещении $T_{\text{омакс}}$ определяют по формуле (41):

$$T_{\text{омакс}} = 289 + 940 \exp(0,0047 \cdot 50 - 0,141) = 1\,321,65 \text{ К.}$$

Температуру газов, поступающих из горящего помещения в коридор, T_0 определяют по формуле (40):

$$T_0 = 0,8 \cdot 1\,321,65 = 1\,057,32 \text{ К.}$$

Температуру продуктов горения $T_{\text{пр}}$ определяют по формуле (39):

$$T_{\text{пр}} = 289 + \frac{1,22(1057,32 - 289) \left(2 \cdot 2,09 + \frac{40}{20} \right)}{20} \times \left(1 - \exp \left(\frac{-0,58 \cdot 20}{2 \cdot 2,09 + \frac{40}{20}} \right) \right) = 534,31 \text{ К.}$$

Плотности наружного воздуха ρ_n , продуктов горения $\rho_{\text{пр}}$ и воздуха в здании ρ_b определяют соответственно по формулам (12), (13) и (33):

$$\rho_n = \frac{353}{299} = 1,18 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{\text{пр}} = \frac{353}{534,31} = 0,66 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_b = \frac{353}{16 + 273} = 1,22 \text{ кг/м}^3.$$

Температуру T_n и плотность ρ_n приточного воздуха определяют по формулам (31) и (32):

$$T_n = \frac{299 + 289}{2} = 294 \text{ К;}$$

$$\rho_n = \frac{353}{294} = 1,20 \text{ кг/м}^3.$$

Наружное давление на наветренном $P_{ннi}$, заветренном $P_{нзи}$ фасадах и давление на уровне выбросного отверстия системы дымоудаления $P_{выбр}$, а также давление внутри здания $P_{вi}$, Па, определяют соответственно по формулам (34), (35), (36) и (37). Результаты расчетов заносим в таблицу П.1.

Таблица П.1

№ этажа	$P_{ннi}$, Па	$P_{нзи}$, Па	$P_{вi}$, Па	$P_{ши}$, Па
1	1,89	-1,42	0,24	-327,64
2	2,67	-0,63	1,02	-334,96
3	3,46	0,15	1,81	-342,80
Выброс $P_{выбр}$, Па	4,64	—	—	—

Массовый расход продуктов горения, удаляемых из коридора, $G_{пг}$ определяют по формуле (38):

$$G_{пг} = 1,2 \cdot 1,2 \cdot 2,1^{\frac{3}{2}} = 4,38 \text{ кг/с.}$$

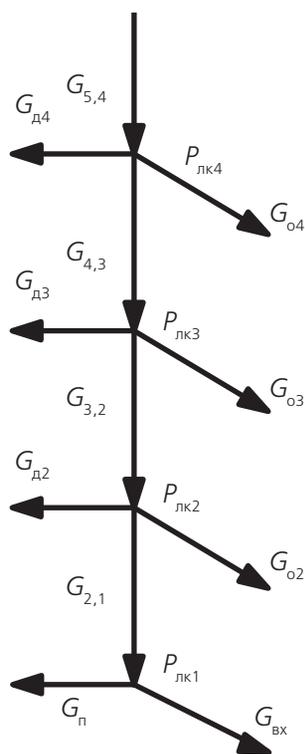


Рисунок 13 – Схема расчета параметров вентилятора подпора в незадымляемую лестничную клетку типа Н2:

$G_{п}$ – массовый расход воздуха из лестничной клетки в коридор этажа пожара, кг/с; $G_{вх}$ – массовый расход воздуха из лестничной клетки наружу через входную дверь здания, кг/с; $P_{лki}$ – давление в лестничной клетке на уровне i -го этажа, Па; $G_{i,i-1}$ – массовый расход воздуха в лестничной клетке с i -го этажа на $i-1$ -й, кг/с; $G_{дi}$ – массовый расход воздуха, фильтрующегося через щели дверей на уровне i -го этажа, кг/с; G_{oi} – массовый расход воздуха, фильтрующегося через щели и неплотности окон на уровне i -го этажа, кг/с

Площадь проходного сечения дымового клапана $F_{кл}$ определяют по формуле (44):

$$F_{кл} = (0,8 - 0,03)(0,6 - 0,05) = 0,42 \text{ м}^2.$$

Скорость продуктов горения в клапане $V_{кл}$ определяют по формуле (43):

$$V_{кл} = \frac{4,38}{0,42 \cdot 0,66} = 15,80 \text{ м/с.}$$

Потери давления в дымовом клапане $\Delta P_{кл}$ определяют по формуле (45):

$$\Delta P_{кл} = \frac{4 \cdot 0,66 \cdot 15,80^2}{2} = 329,53 \text{ Па.}$$

Давление в шахте дымоудаления на уровне 1-го этажа $P_{ш1}$ определяют по формуле (46):

$$P_{ш1} = 1,89 - 329,53 = -327,64 \text{ Па.}$$

Скорость продуктов горения в шахте дымоудаления между 1-м и 2-м этажами $V_{ш1,2}$ определяют по формуле (47):

$$V_{ш1,2} = \frac{4,38}{0,8 \cdot 0,6 \cdot 0,66} = 13,83 \text{ м/с.}$$

Эквивалентный диаметр проходного сечения $d_{экв}$ шахты дымоудаления определяют по формуле (49):

$$d_{экв} = \frac{2 \cdot 0,8 \cdot 0,6}{0,8 + 0,6} = 0,69 \text{ м.}$$

Давление в шахте дымоудаления на уровне 2-го этажа $P_{ш2}$ определяют по формуле (48):

$$P_{ш2} = -327,64 - 0,02 \frac{4,0 \cdot 0,66 \cdot 13,83^2}{0,69} = -334,96 \text{ Па.}$$

Характеристику сопротивления газопрооницанию шахты с установленными в ней закрытыми клапанами $S_{ш}$ определяют по формуле (52):

$$S_{ш} = \frac{1 \cdot 600}{0,42^2} = 9 \cdot 070 \text{ 1/(кг} \cdot \text{м)}.$$

Массовый расход воздуха, поступающего в шахту дымоудаления через неплотности и щели дымового клапана и стен шахты на 2-м этаже, $G_{ф2}$ определяют по формуле (51):

$$G_{ф2} = \left(\frac{1,02 + 334,96}{9 \cdot 070} \right)^{\frac{1}{2}} = 0,19 \text{ кг/с.}$$

Температуру продуктов горения в шахте дымоудаления между 2-м и 3-м этажами $T_{2,3}$ определяют по формуле (53):

$$T_{2,3} = \frac{289 \cdot 0,19 + 534,31 \cdot 4,38}{4,38 + 0,19} = 524,11 \text{ К.}$$

Плотность продуктов горения в шахте дымоудаления между 2-м и 3-м этажами $\rho_{2,3}$ определяют по формуле (55):

$$\rho_{2,3} = \frac{353}{524,11} = 0,67 \text{ кг/м}^3.$$

Скорость продуктов горения в шахте дымоудаления между 2-м и 3-м этажами $V_{ш2,3}$ определяют по формуле (47):

$$V_{ш2,3} = \frac{4,38 + 0,19}{0,8 \cdot 0,6 \cdot 0,67} = 14,21 \text{ м/с.}$$

Давление в шахте дымоудаления на уровне 3-го этажа $P_{ш3}$ определяют по формуле (48):

$$P_{ш3} = -334,96 - 0,02 \frac{4,0}{0,69} \frac{0,67 \cdot 14,21^2}{2} = -342,80 \text{ Па.}$$

Массовый расход воздуха, поступающего в шахту дымоудаления через неплотности и щели дымового клапана и стен шахты на 3-м этаже, $G_{ф3}$ определяют по формуле (51):

$$G_{ф3} = \left(\frac{1,81 + 342,80}{9070} \right)^{\frac{1}{2}} = 0,20 \text{ кг/с.}$$

Температуру продуктов горения в шахте дымоудаления выше 3-го этажа T_3 определяют по формуле (53):

$$T_3 = \frac{289 \cdot 0,19 + 289 \cdot 0,20 + 534,31 \cdot 4,38}{4,38 + 0,19 + 0,20} = 514,25 \text{ К.}$$

Плотность продуктов горения в шахте дымоудаления выше 3-го этажа ρ_3 определяют по формуле (55):

$$\rho_3 = \frac{353}{514,25} = 0,69 \text{ кг/м}^3.$$

Производительность вентилятора $L_{вент}$ определяют по формуле (56):

$$L_{вент} = \frac{3600(4,38 + 0,19 + 0,20)}{0,69} = 24887 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Давление вентилятора $P_{вент}$ определяют по формуле (57):

$$P_{вент} = 4,64 + 342,80 + 9,81 \cdot 2(0,69 - 1,20) + \Delta P_{сети} = 337,43 \text{ Па} + \Delta P_{сети}.$$

Потери давления в сети обвязки вентилятора $\Delta P_{сети}$, Па, зависят от конфигурации сети и конкретного проектного решения. Избыточное давление, развиваемое вентилятором, против необходимого по расчету рекомендуется гасить в конфузорах факельных выбросов продуктов горения.

5.4 Расчет параметров вентиляторов подпора в незадымляемые лестничные клетки типа Н2

5.4.1 При работе вентиляционной системы противодымной защиты многоэтажного здания в незадымляемой лестничной клетке типа Н2 и шахтах

лифтов создается избыточное по отношению к смежным помещениям и к улице давление. За счет этого часть воздуха, подаваемого в верхнюю часть лестничной клетки и шахты лифта, через щели и неплотности дверей и окон уходит внутрь здания и наружу (рисунок 13). Для обеспечения требуемых нормами параметров в лестничную клетку на 1-м этаже здания и в шахту лифта на этом этаже должно поступать определенное количество воздуха. Производительность вентиляторов подпора воздуха в лестничные клетки типа Н2 и шахты лифтов должна быть больше этого количества на величину утечек воздуха через щели и неплотности дверей и окон.

5.4.2 Расчет параметров вентилятора подпора в незадымляемую лестничную клетку типа Н2 начинается с определения давления на 1-м этаже лестничной клетки. В соответствии с требованиями нормативных документов избыточное по отношению к наветренному фасаду давление на 1-м этаже лестничной клетки $P_{лк1}$, Па, должно быть не менее 20 Па, т. е.

$$P_{лк1} = P_{нн1} + 20, \quad (58)$$

где $P_{нн1}$ – то же, что в формуле (46).

5.4.3 Массовый расход воздуха, который необходимо подавать из лестничной клетки в коридор этажа пожара для предотвращения выхода продуктов горения через открытый дверной проем, G_n , кг/с, определяют по формуле

$$G_n = V_n \rho_n B_n H_n, \quad (59)$$

где V_n – скорость воздуха в открытом дверном проеме, достаточная для предотвращения выхода продуктов горения в лестничную клетку, м/с; $V_n = 1,3$ м/с – для жилых зданий; $V_n = 1,5$ м/с – для общественных зданий;

ρ_n – то же, что в формуле (34);

B_n, H_n – то же, что в формуле (38).

5.4.4 Массовый расход воздуха, удаляемого из лестничной клетки наружу через открытую входную дверь здания, $G_{вх}$, кг/с, определяют по формуле

$$G_{вх} = (\mu f)_{вх} [2\rho_n (P_{лк1} - P_{вх})]^{\frac{1}{2}}, \quad (60)$$

где $(\mu f)_{вх}$ – эквивалентная гидравлическая площадь входных дверей здания, м²; для параллельно работающих проемов вычисляют по формуле (19), для последовательно работающих проемов – по формуле (20);

μ – то же, что в формуле (11);

f – то же, что в формуле (19);

ρ_n – то же, что в формуле (34);

$P_{лк1}$ – давление в лестничной клетке на уровне 1-го этажа, Па; определяют по формуле (58);

$P_{вх}$ — давление на уровне нижней границы входной двери на заветренном фасаде, Па.

5.4.5 В соответствии с СП 7.13130.2013 «Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности» расчеты следует проводить:

- при открытых дверях на путях эвакуации из коридоров, холлов или непосредственно из помещений на этаже пожара в лестничную клетку и закрытых остальных дверях здания;
- при открытых дверях из здания наружу и закрытых дверях из коридоров и холлов на всех этажах. При расчете по первому варианту расход воздуха G_n определяют по формуле (59), а расход воздуха $G_{вх}$ принимают равным нулю.

При расчете по второму варианту расход воздуха $G_{вх}$ определяют по формуле (60), а расход воздуха G_n принимают равным нулю.

5.4.6 Массовый расход воздуха, поступающего на 1-й этаж лестничной клетки со 2-го, $G_{2,1}$, кг/с, определяют по формуле

$$G_{2,1} = G_n + G_{вх}, \quad (61)$$

где G_n — массовый расход воздуха из лестничной клетки в коридор этажа пожара, кг/с; определяют по формуле (59);

$G_{вх}$ — массовый расход воздуха из лестничной клетки наружу через открытую входную дверь здания, кг/с; определяют по формуле (60).

5.4.7 Давление в лестничной клетке на уровне 2-го этажа $P_{лк2}$, Па, определяют по формуле

$$P_{лк2} = P_{лк1} + \frac{30G_{2,1}^2}{\rho_n f_{лк}^2}, \quad (62)$$

где $P_{лк1}$ — то же, что в формуле (60);

$G_{2,1}$ — массовый расход воздуха, поступающего на 1-й этаж лестничной клетки со 2-го, кг/с; определяют по формуле (61);

ρ_n — то же, что в формуле (34);

$f_{лк}$ — площадь лестничной клетки, м².

5.4.8 Массовый расход воздуха, фильтрующегося через щели и неплотности окон из лестничной клетки наружу на 2-м и вышележащих этажах, G_{oi} , кг/с, определяют по формуле

$$G_{oi} = J_o f_o (P_{лки} - P_{нзи})^{1/2}, \quad (63)$$

где J_o — удельная характеристика воздухопроницаемости окон, кг/(с•м•Па^{1/2}); $J_o = 7,5 \cdot 10^{-3}$ кг/(с•м•Па^{1/2}) — для одинарного спаренного остекления; $J_o = 5 \cdot 10^{-3}$ кг/(с•м•Па^{1/2}) — для двойного раздельного остекления;

f_o — площадь остекления в лестничной клетке, м²;

$P_{лки}$ — давление в лестничной клетке на уровне i -го этажа, Па;

$P_{нзи}$ — то же, что в формуле (37).

5.4.9 Массовый расход воздуха, фильтрующегося через щели дверей внутрь здания на уровне i -го этажа, $G_{ди}$, кг/с, определяют по формуле

$$G_{ди} = \left(\frac{P_{лки} - P_{ви}}{S_{дв}} \right)^{1/2}, \quad (64)$$

где $P_{лки}$ — то же, что в формуле (63);

$P_{ви}$ — то же, что в формуле (51);

$S_{дв}$ — характеристика сопротивления газопроницанию дверей, 1/(кг•м); определяют по формуле

$$S_{дв} = \frac{S_{уд}}{(H_n B_n)^2}, \quad (65)$$

где $S_{уд}$ — удельная характеристика сопротивления газопроницанию закрытых дверей, м³/кг; изменяется в пределах $S_{уд} = 6\ 000 - 200\ 000$ м³/кг;

H_n, B_n — то же, что в формуле (38).

5.4.10 Массовый расход воздуха, поступающего с $i+1$ -го этажа лестничной клетки на i -й, $G_{i+1,i}$, кг/с, определяют по формуле

$$G_{i+1,i} = G_{i,i-1} + \sum(G_{ди} + G_{oi}), \quad (66)$$

где $G_{i,i-1}$ — массовый расход воздуха в лестничной клетке с i -го этажа на $i-1$ -й, кг/с;

$G_{ди}$ — массовый расход воздуха, фильтрующегося через щели дверей внутрь здания, кг/с; определяют по формуле (64);

G_{oi} — массовый расход воздуха, фильтрующегося через щели и неплотности окон из лестничной клетки наружу на 2-м и вышележащих этажах, кг/с; определяют по формуле (63).

5.4.11 Давление на $i+1$ -м этаже лестничной клетки $P_{лки+1}$, Па, больше, чем давление на i -м этаже, на величину потерь давления на преодоление межэтажного пролета лестничной клетки; определяют по формуле

$$P_{лки+1} = P_{лки} + \frac{30G_{i+1,i}^2}{\rho_n f_{лк}^2}, \quad (67)$$

где $P_{лки}$ — то же, что в формуле (63);

$G_{i+1,i}$ — массовый расход воздуха, поступающего с $i+1$ -го этажа лестничной клетки на i -й, кг/с; определяют по формуле (66);

ρ_n — то же, что в формуле (34);

$f_{лк}$ — то же, что в формуле (62).

5.4.12 Расход воздуха, который необходимо подавать в верхнюю часть лестничной клетки для создания подпора при пожаре, $L_{лк}$, м³/ч, определяют по формуле

$$L_{лк} = \frac{3\ 600 G_{лк}}{\rho_n}, \quad (68)$$

где $G_{лк}$ — массовый расход воздуха, подаваемого в лестничную клетку, кг/с;

ρ_n — то же, что в формуле (1).

5.4.13 Давление, которое должен обеспечивать вентилятор подачи воздуха в лестничную клетку, $P_{\text{вент}}$, Па, определяют по формуле

$$P_{\text{вент}} = P_{\text{лкN}} - P_{\text{нз.в}} + \Delta P_{\text{сети}}, \quad (69)$$

где $P_{\text{лкN}}$ – давление на верхнем этаже лестничной клетки, Па;

$P_{\text{нз.в}}$ – наружное давление на заветренном фасаде на уровне воздухозаборного отверстия вентилятора, Па; определяют по формуле

$$P_{\text{нз.в}} = -0,6 \frac{\rho_{\text{н}} V_{\text{в}}^2}{2} - gh_{\text{вз}} (\rho_{\text{н}} - \rho_{\text{в}}), \quad (70)$$

где $\rho_{\text{н}}$, g – то же, что в формуле (1);

$V_{\text{в}}$ – то же, что в формуле (22);

$h_{\text{вз}}$ – уровень расположения воздухозаборного отверстия системы подпора в лестничную клетку, м;

$\rho_{\text{в}}$ – плотность воздуха в здании до начала пожара, кг/м³; определяют по формуле (33);

$\Delta P_{\text{сети}}$ – потери давления в сети обвязки вентилятора от воздухозаборного отверстия до объема лестничной клетки, Па.

В соответствии с СП 7.13130.2013: «Величина избыточного давления на закрытых дверях эвакуационных выходов при совместном действии приточно-вытяжной противодымной вентиляции в расчетных режимах не должна превышать 150 Па. Если расчетное давление в лестничной клетке превышает максимально допустимое, то требуется зонирование ее объема посредством рассечек (сплошных противопожарных перегородок 1-го типа), разделяющих объем лестничной клетки, с устройством обособленных выходов на уровне рассечки через примыкающее помещение или коридор этажа здания. В каждую зону лестничной клетки должна быть обеспечена подача наружного воздуха от отдельных систем или от одной системы через вертикальный коллектор. При распределенной подаче наружного воздуха в объем лестничной клетки и обеспечении условия непревышения указанного максимально допустимого давления устройство рассечек не требуется» (рис. 14).

Пример 5.2 – Расчет расхода воздуха, который необходимо подавать при пожаре в лестничную клетку типа Н2

Исходные данные

Здание общественное, трехэтажное, лестничная клетка без естественного проветривания.

Температура наружного воздуха для холодного периода года $t_{\text{н}} = -28$ °С. Скорость ветра $V_{\text{в}} = 4,9$ м/с.

Температура внутреннего воздуха до начала пожара $t_{\text{в}} = 16$ °С.

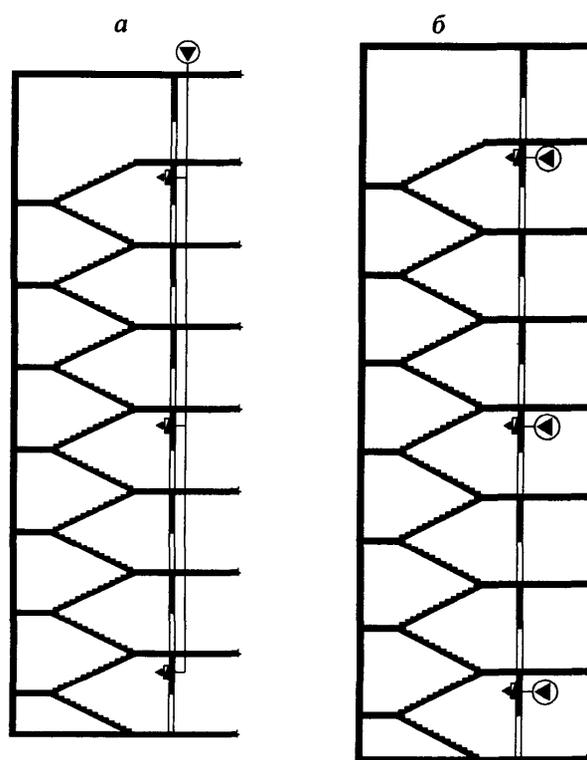


Рис. 4. Схема распределенной подачи воздуха в лестничную клетку:

а – через канал-спутник и регулируемые решетки (клапаны);
б – отдельными системами приточной противодымной вентиляции

Высота этажа $h_{\text{эт}} = 4,0$ м. Уровень расположения воздухозаборного отверстия системы подпора воздуха в лестничную клетку $h_{\text{вз}} = 12,0$ м.

Размеры одностворчатых дверей из коридора в лестничную клетку $B_{\text{п}} \times H_{\text{п}} = 1,2 \times 2,1$ м.

Выход из здания через одинарный тамбур-шлюз (две последовательные одностворчатые двери), размеры дверей $B_{\text{вх}} \times H_{\text{вх}} = 1,2 \times 2,1$ м. Площадь лестничной клетки $f_{\text{лк}} = 20$ м².

Удельная характеристика сопротивления газопроницанию закрытых дверей лестничной клетки $S_{\text{уд}} = 7\,000$ м³/кг.

Вариант 1: открыта дверь из коридора в лестничную клетку, входная дверь здания и двери лестничной клетки на остальных этажах закрыты.

Вариант 2: открыта входная дверь здания, дверь из коридора в лестничную клетку закрыта на всех этажах.

Порядок расчета для варианта 1

Плотность наружного воздуха $\rho_{\text{н}}$ и воздуха в здании $\rho_{\text{в}}$ определяют соответственно по формулам (12) и (33):

$$\rho_{\text{н}} = \frac{353}{-28 + 273} = 1,44 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{\text{в}} = \frac{353}{16 + 273} = 1,22 \text{ кг/м}^3.$$

Температуру $T_{\text{п}}$ и плотность $\rho_{\text{п}}$ приточного воздуха определяют по формулам (31) и (32):

$$T_n = \frac{245 + 289}{2} = 267 \text{ К};$$

$$\rho_n = \frac{353}{267} = 1,32 \text{ кг/м}^3.$$

Наружное давление на наветренном $P_{ннi}$ и заветренном $P_{нзi}$ фасадах определяют соответственно по формулам (34) и (35). Давление внутри здания $P_{вi}$ определяют по формуле (37). Наружное давление на уровне воздухозаборного отверстия $P_{нз.в}$ определяют по формуле (70):

$$P_{нз.в} = -0,6 \frac{1,44 \cdot 4,9^2}{2} - 9,81 \cdot 12,0(1,44 - 1,22) = -36,27 \text{ Па}.$$

Давление в лестничной клетке на уровне 1-го этажа $P_{лк1}$ определяют по формуле (58).

Результаты расчетов заносим в таблицу П.2.

Таблица П.2

№ этажа	$P_{ннi}$, Па	$P_{нзi}$, Па	$P_{вi}$, Па	$P_{лкi}$, Па
1	13,83	-10,37	1,73	33,83
2	9,12	-15,08	-2,98	35,24
3	4,41	-19,79	-7,69	36,76
Забор воздуха $P_{нз.в}$, Па	—	-36,27	—	—

Массовый расход воздуха, удаляемого из лестничной клетки в коридор этажа пожара, G_n определяют по формуле (59):

$$G_n = 1,5 \cdot 1,32 \cdot 1,2 \cdot 2,1 = 4,99 \text{ кг/с}.$$

Массовый расход воздуха через входную дверь здания $G_{вх}$ равен нулю.

Массовый расход воздуха, поступающего на 1-й этаж лестничной клетки со 2-го, $G_{2,1}$ определяют по формуле (61):

$$G_{2,1} = 4,99 + 0 = 4,99 \text{ кг/с}.$$

Давление в лестничной клетке на уровне 2-го этажа $P_{лк2}$ определяют по формуле (62):

$$P_{лк2} = 33,83 + \frac{30 \cdot 4,99^2}{1,32 \cdot 20^2} = 35,24 \text{ Па}.$$

Характеристику сопротивления газопроницанию дверей лестничной клетки $S_{дв}$ определяют по формуле (65):

$$S_{дв} = \frac{7000}{(2,1 \cdot 1,2)^2} = 1102 \text{ 1/(кг} \cdot \text{м)}.$$

Массовый расход воздуха, фильтрующегося через щели дверей из лестничной клетки внутрь здания на 2-м этаже, $G_{д2}$ определяют по формуле (64):

$$G_{д2} = \left(\frac{35,24 + 2,98}{1102} \right)^{\frac{1}{2}} = 0,19 \text{ кг/с}.$$

Массовый расход воздуха в лестничной клетке с 3-го этажа на 2-й $G_{3,2}$ равен сумме расходов воздуха со 2-го этажа на 1-й и расхода воздуха, фильтрующегося через щели дверей на 2-м этаже, по формуле (66):

$$G_{3,2} = 4,99 + 0,19 = 5,18 \text{ кг/с}.$$

Давление в лестничной клетке на уровне 3-го этажа $P_{лк3}$ определяют по формуле (67):

$$P_{лк3} = 35,24 + \frac{30 \cdot 5,18^2}{1,32 \cdot 20^2} = 36,76 \text{ Па}.$$

Массовый расход воздуха, фильтрующегося через щели дверей из лестничной клетки внутрь здания на 3-м этаже, $G_{д3}$ определяют по формуле (64):

$$G_{д3} = \left(\frac{36,76 + 7,69}{1102} \right)^{\frac{1}{2}} = 0,20 \text{ кг/с}.$$

Массовый расход воздуха, подаваемого в лестничную клетку, $G_{лк}$ равен сумме расходов воздуха с 3-го этажа на 2-й и расхода воздуха, фильтрующегося через щели дверей на 3-м этаже:

$$G_{лк} = 5,18 + 0,20 = 5,38 \text{ кг/с}.$$

Расход воздуха, который необходимо подавать в верхнюю часть лестничной клетки для создания подпора при пожаре, $L_{лк}$ определяют по формуле (68):

$$L_{лк} = \frac{3600 \cdot 5,38}{1,44} = 13450 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Давление, которое должен обеспечивать вентилятор подачи воздуха в лестничную клетку, $P_{вент}$ определяют по формуле (69):

$$P_{вент} = 36,76 + 36,27 + \Delta P_{сети} = 73,03 \text{ Па} + \Delta P_{сети}.$$

Потери давления в сети обвязки вентилятора от воздухозаборного отверстия до объема лестничной клетки $\Delta P_{сети}$, Па, зависят от конфигурации сети и конкретного проектного решения.

Порядок расчета для варианта 2

Плотность наружного воздуха ρ_n и воздуха в здании ρ_v определяют соответственно по формулам (12) и (33):

$$\rho_n = \frac{353}{-28 + 273} = 1,44 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_v = \frac{353}{16 + 273} = 1,22 \text{ кг/м}^3.$$

Температуру T_n и плотность ρ_n приточного воздуха определяют по формулам (31) и (32):

$$T_n = \frac{245 + 289}{2} = 267 \text{ К};$$

$$\rho_n = \frac{353}{267} = 1,32 \text{ кг/м}^3.$$

Наружное давление на наветренном $P_{ннi}$ и заветренном $P_{нзi}$ фасадах определяют соответственно по формулам (34) и (35). Давление внутри здания $P_{вi}$ определяют по формуле (37). Наружное давление на уровне воздухозаборного отверстия $P_{нз.в}$ определяют по формуле (70):

$$P_{нз.в} = -0,6 \frac{1,44 \cdot 4,9^2}{2} - 9,81 \cdot 12,0(1,44 - 1,22) = -36,27 \text{ Па}.$$

Давление в лестничной клетке на уровне 1-го этажа $P_{лк1}$ определяют по формуле (58).

Результаты расчетов заносим в таблицу П.3.

Таблица П.3

№ этажа	$P_{ннi}$, Па	$P_{нзi}$, Па	$P_{вi}$, Па	$P_{лki}$, Па
1	13,83	-10,37	1,73	33,83
2	9,12	-15,08	-2,98	42,44
3	4,41	-19,79	-7,69	51,33
Забор воздуха $P_{нз.в}$, Па	—	-36,27	—	—

Эквивалентную гидравлическую площадь входных дверей здания $(\mu f)_{вх}$ определяют по формуле (20):

$$(\mu f)_{вх} = \frac{1}{\left(\frac{1}{(0,64 \cdot 1,2 \cdot 2,1)^2} + \frac{1}{(0,64 \cdot 1,2 \cdot 2,1)^2} \right)^{\frac{1}{2}}} = 1,14 \text{ м}^2.$$

Массовый расход воздуха, который необходимо подавать из лестничной клетки в коридор этажа пожара, G_n равен нулю.

Массовый расход воздуха, который необходимо подавать из лестничной клетки наружу через открытую входную дверь здания, $G_{вх}$ определяют по формуле (60):

$$G_{вх} = 1,14 [2 \cdot 1,32 (33,83 + 10,37)]^{\frac{1}{2}} = 12,31 \text{ кг/с}.$$

Массовый расход воздуха, поступающего на 1-й этаж лестничной клетки со 2-го, $G_{2,1}$ определяют по формуле (61):

$$G_{2,1} = 0 + 12,31 = 12,31 \text{ кг/с}.$$

Давление в лестничной клетке на уровне 2-го этажа $P_{лк2}$ определяют по формуле (62):

$$P_{лк2} = 33,83 + \frac{30 \cdot 12,31^2}{1,32 \cdot 20^2} = 42,44 \text{ Па}.$$

Характеристику сопротивления газопроонианию дверей лестничной клетки $S_{дв}$ определяют по формуле (65):

$$S_{дв} = \frac{7\,000}{(2,1 \cdot 1,2)^2} = 1\,102 \text{ 1/(кг} \cdot \text{м)}.$$

Массовый расход воздуха, фильтрующегося через щели дверей из лестничной клетки внутрь здания на 2-м этаже, $G_{д2}$ определяют по формуле (64):

$$G_{д2} = \left(\frac{42,44 + 2,98}{1\,102} \right)^{\frac{1}{2}} = 0,20 \text{ кг/с}.$$

Массовый расход воздуха в лестничной клетке с 3-го этажа на 2-й $G_{3,2}$ равен сумме расходов воздуха со 2-го этажа на 1-й и расхода воздуха, фильтрующегося через щели дверей на 2-м этаже, по формуле (66):

$$G_{3,2} = 12,31 + 0,20 = 12,51 \text{ кг/с}.$$

Давление в лестничной клетке на уровне 3-го этажа $P_{лк3}$ определяют по формуле (67):

$$P_{лк3} = 42,44 + \frac{30 \cdot 12,51^2}{1,32 \cdot 20^2} = 51,33 \text{ Па}.$$

Массовый расход воздуха, фильтрующегося через щели дверей из лестничной клетки внутрь здания на 3-м этаже, $G_{д3}$ определяют по формуле (64):

$$G_{д3} = \left(\frac{51,33 + 7,69}{1\,102} \right)^{\frac{1}{2}} = 0,23 \text{ кг/с}.$$

Массовый расход воздуха, подаваемого в лестничную клетку, $G_{лк}$ равен сумме расходов воздуха с 3-го этажа на 2-й и расхода воздуха, фильтрующегося через щели дверей на 3-м этаже:

$$G_{лк} = 12,51 + 0,23 = 12,74 \text{ кг/с}.$$

Расход воздуха, который необходимо подавать в верхнюю часть лестничной клетки для создания подпора при пожаре, $L_{лк}$ определяют по формуле (68):

$$L_{лк} = \frac{3\,600 \cdot 12,74}{1,44} = 31\,850 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Давление, которое должен обеспечивать вентилятор подачи воздуха в лестничную клетку, $P_{вент}$ определяют по формуле (69):

$$P_{вент} = 51,33 + 36,27 + \Delta P_{сети} = 87,60 \text{ Па} + \Delta P_{сети}.$$

Потери давления в сети обвязки вентилятора от воздухозаборного отверстия до объема лестничной клетки $\Delta P_{сети}$, Па, зависят от конфигурации сети и конкретного проектного решения.

5.5 Особенности расчета параметров вентиляторов подпора в шахту лифта

5.5.1 Схема расчета параметров вентилятора подпора в шахту лифта приведена на рисунке 14.

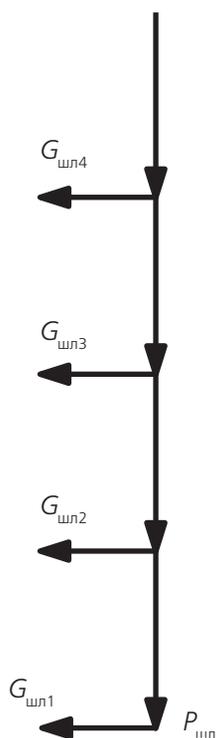


Рисунок 14 – Схема расчета параметров вентилятора подпора в шахту лифта:

$G_{шл1}$ – массовый расход воздуха из шахты лифта через щель между кабиной и шахтой на 1-м этаже здания, кг/с; $G_{шлi}$ – массовый расход воздуха из шахты лифта через щели дверей шахты на остальных этажах здания, кг/с; $P_{шл}$ – давление в шахте лифта, Па

5.5.2 Гидравлическое сопротивление шахты лифта на несколько порядков меньше гидравлического сопротивления лестничной клетки. Это обстоятельство позволяет пренебречь потерями давления по высоте шахты лифта и считать, что давление по высоте шахты лифта не изменяется:

$$P_{шл1} = P_{шлi} = P_{шл}. \quad (71)$$

Здесь $P_{шл1}$ – давление в шахте лифта на уровне 1-го этажа, Па;

$P_{шлi}$ – давление в шахте лифта на уровне производственного этажа, Па;

$P_{шл}$ – давление в шахте лифта, Па.

5.5.3 Массовый расход воздуха, который необходимо подавать в шахту лифта для создания в ней подпора воздуха при пожаре, $G_{шл}$, кг/с, определяют по формуле

$$G_{шл} = G_{шл1} + \sum G_{шлi}, \quad (72)$$

где $G_{шл1}$ – массовый расход воздуха, уходящего через щель между кабиной и шахтой лифта на 1-м этаже, кг/с; определяют по формуле (74);

$G_{шлi}$ – массовый расход воздуха, фильтрующегося через щели закрытых дверей на 2-м

и вышележащих этажах, кг/с; определяют по формуле (75).

5.5.4 Давление в шахте лифта $P_{шл}$, Па, на уровне 1-го этажа согласно СП 7.13130.2013 должно быть на 20 Па выше давления на наветренном фасаде на уровне 1-го этажа $P_{нн1}$, Па:

$$P_{шл} = P_{нн1} + 20. \quad (73)$$

5.5.5 Массовый расход воздуха, уходящего через щель между кабиной и шахтой лифта на 1-м этаже, $G_{шл1}$, кг/с, определяют по формуле

$$G_{шл1} = (\mu\delta\Gamma)_{шл1} (2\rho_n \Delta P_{шл1})^{\frac{1}{2}}, \quad (74)$$

где μ – коэффициент расхода щели между кабиной и шахтой лифта; принимают равным 0,64;

δ – ширина щели между кабиной и шахтой лифта, м; $\delta = 0,03$ м – для пассажирских лифтов, $\delta = 0,05$ м – для грузовых лифтов;

Γ – периметр дверей шахты лифта, м;

ρ_n – то же, что в формуле (34);

$\Delta P_{шл1}$ – избыточное давление в шахте лифта на уровне 1-го этажа, Па; принимают равным 20 Па.

5.5.6 Массовый расход воздуха, фильтрующегося через щели закрытых дверей шахты лифта, $G_{шлi}$, кг/с, определяют по формуле

$$G_{шлi} = \left(\frac{P_{шл} - P_{ви}}{S_{дв}} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (75)$$

где $P_{шл}$ – то же, что в формуле (71);

$P_{ви}$ – то же, что в формуле (51);

$S_{дв}$ – то же, что в формуле (64).

5.5.7 Расход воздуха, который необходимо подавать в объем шахты лифта для создания в ней подпора воздуха при пожаре, $L_{шл}$, м³/ч, определяют по формуле

$$L_{шл} = \frac{3\ 600 G_{шл}}{\rho_n}, \quad (76)$$

где $G_{шл}$ – массовый расход воздуха, который необходимо подавать в шахту лифта для создания в ней подпора воздуха при пожаре, кг/с; определяют по формуле (72);

ρ_n – то же, что в формуле (1).

5.5.8 Давление, которое должен обеспечивать вентилятор подачи воздуха в шахту лифта, $P_{вент}$, Па, определяют по формуле

$$P_{вент} = P_{шл} - P_{нз.в} + \Delta P_{сети}, \quad (77)$$

где $P_{шл}$ – то же, что в формуле (71);

$P_{нз.в}$ – то же, что в формуле (69);

$\Delta P_{сети}$ – потери давления в сети обвязки вентилятора от воздухозаборного отверстия до объема шахты лифта, Па.

Шахты лифтов для пожарных, а также их лифтовые холлы (тамбуры) в подземных и цокольных этажах зданий (сооружений) должны быть оснащены

автономными системами приточной противодымной вентиляции для создания избыточного давления при пожаре. Количество подаваемого воздуха следует определять расчетом при скорости истечения не менее 1,3 м/с через одну открытую дверь лифтового холла или тамбура, для шахты - с учетом одной открытой двери на этаже пожара.

Лифты для пожарных

Лифты для пожарных могут устанавливаться в самостоятельном лифтовом холле или в общем лифтовом холле с другими пассажирскими лифтами.

Каждый этаж здания должен обслуживаться не менее чем одним лифтом для пожарных. Один и тот же лифт для пожарных, как правило, не должен иметь остановок в надземных и подземных частях зданий (сооружений). Допускается, чтобы лифт имел остановки в надземной и двух уровнях подземной частях здания (сооружения), включая цокольный этаж. При трех и большем количестве уровней (этажей) подземной части следует применять отдельный лифт для пожарных, имеющий остановки на этих уровнях и основном посадочном этаже.

Перед дверьми шахт лифтов для пожарных должны быть предусмотрены лифтовые холлы (тамбуры). Ограждающие конструкции лифтовых холлов (тамбуров) должны быть выполнены из противопожарных перегородок 1-го типа с противопожарными дверями 2-го типа в дымогазонепроницаемом исполнении. Удельное сопротивление дымогазопро-

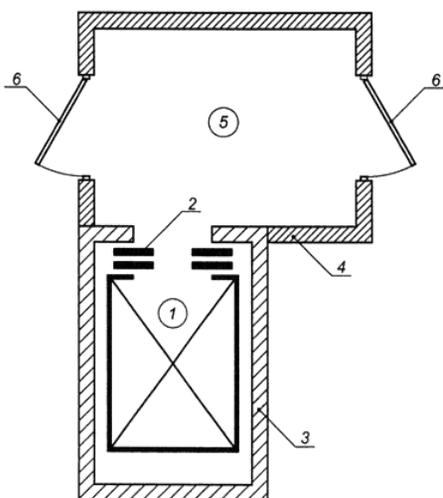


Рис.15 Схема размещения одиночного лифта для пожарных

1 - лифт для пожарных; 2 - противопожарная дверь шахты лифта для пожарных с пределом огнестойкости EI 60; 3 - ограждающие конструкции шахты с пределом огнестойкости REI 120; 4 - противопожарные перегородки 1-го типа, ограждающие лифтовый холл (тамбур); 5 - лифтовый холл (тамбур); 6 - противопожарные двери 2-го типа лифтового холла (тамбура) в дымогазонепроницаемом исполнении

ницанию дверей не должно быть менее $1,96 \cdot 10^5 \text{ м}^3/\text{кг}$.

Шахты лифтов для пожарных, а также их лифтовые холлы (тамбуры) в подземных и цокольных этажах зданий (сооружений) должны быть оснащены автономными системами приточной противодымной вентиляции для создания избыточного давления при пожаре. Количество подаваемого воздуха следует определять расчетом при скорости истечения не менее 1,3 м/с через одну открытую дверь лифтового холла или тамбура, для шахты - с учетом одной открытой двери на этаже пожара.

В высотных зданиях лифтовые холлы перед лифтами для пожарных, кроме технических этажей, следует проектировать как пожаробезопасные зоны в соответствии с требованиями СП 59.13330.

Сообщение лифтами надземной высотной части здания с подземной стоянкой автомобилей допускается осуществлять лифтами для пожарных при устройстве на подземном уровне двойного парно-

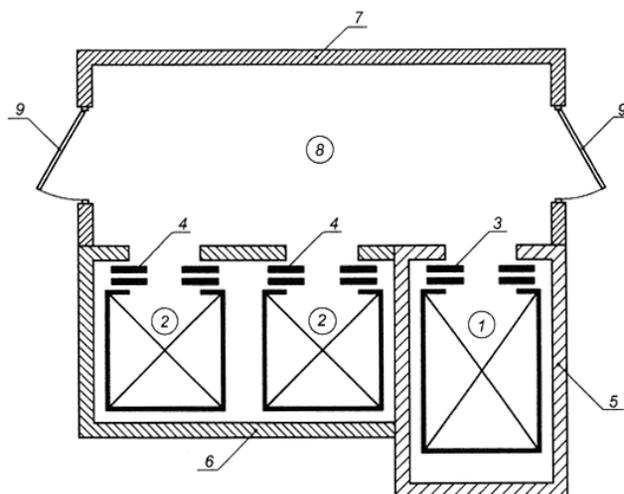


Рис. 16 Схема размещения лифта для пожарных в обособленной (выгороженной) шахте с общим лифтовым холлом с другими пассажирскими лифтами

1 - лифт для пожарных; 2 - пассажирские лифты; 3 - противопожарная дверь шахты лифта для пожарных с пределом огнестойкости EI 60; 4 - противопожарные двери шахты пассажирских лифтов с пределом огнестойкости по 5.2.3 настоящего стандарта; 5 - ограждающие конструкции шахты лифта для пожарных с пределом огнестойкости REI 120; 6 - ограждающие конструкции шахты пассажирских лифтов с пределами огнестойкости, установленными соответствующими нормативными документами; 7 - противопожарные перегородки 1-го типа, ограждающие лифтовый холл; 8 - лифтовый холл (тамбур); 9 - противопожарные двери 2-го типа лифтового холла в дымогазонепроницаемом исполнении; противопожарные двери 2-го типа лифтового холла (тамбура) в дымогазонепроницаемом исполнении

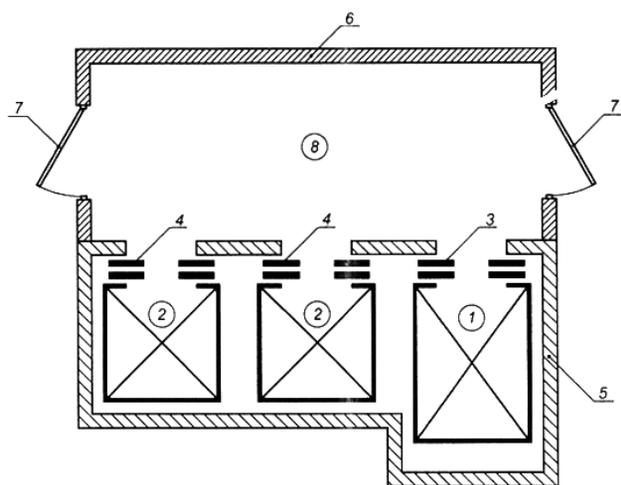


Рис.17 - Схема размещения лифта для пожарных в общей шахте с другими пассажирскими лифтами
 1 - лифт для пожарных; 2 - пассажирские лифты; 3 - противопожарная дверь шахты лифта для пожарных с пределом огнестойкости EI 60; 4 - противопожарные двери шахты пассажирских лифтов с пределом огнестойкости EI 60; 5 - ограждающие конструкции общей шахты с пределом огнестойкости REI 120; 6 - противопожарные перегородки 1-го типа, ограждающие лифтовой холл (тамбур); 7- противопожарные двери 2-го типа лифтового холла (тамбура) в дымогазонепроницаемом исполнении; 8 - лифтовой холл (тамбур)

последовательного тамбур-шлюза 1-го типа (включая лифтовой холл с подпором воздуха) перед лифтами.

Пример 5.3 — Расчет расхода воздуха, который необходимо подавать при пожаре в шахту пассажирского лифта

Исходные данные

Здание общественное, трехэтажное, лестничная клетка без естественного проветривания.

Температура наружного воздуха для холодного периода года $t_n = -28\text{ }^\circ\text{C}$. Скорость ветра $V_B = 4,9\text{ м/с}$.

Температура внутреннего воздуха до начала пожара $t_b = 16\text{ }^\circ\text{C}$.

Высота этажа $h_{\text{эт}} = 4,0\text{ м}$. Уровень расположения воздухозаборного отверстия системы подпора в шахту лифта $h_{\text{вз}} = 12,0\text{ м}$.

Периметр дверей шахты лифта $\Pi = 2(1 + 2) = 6\text{ м}$.

Удельная характеристика сопротивления газопроницанию закрытых дверей шахты лифта $S_{\text{уд}} = 7\text{ 000 м}^3/\text{кг}$.

Порядок расчета

Плотность наружного воздуха ρ_n и воздуха в здании ρ_b определяют соответственно по формулам (12) и (33):

$$\rho_n = \frac{353}{-28 + 273} = 1,44\text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_b = \frac{353}{16 + 273} = 1,22\text{ кг/м}^3.$$

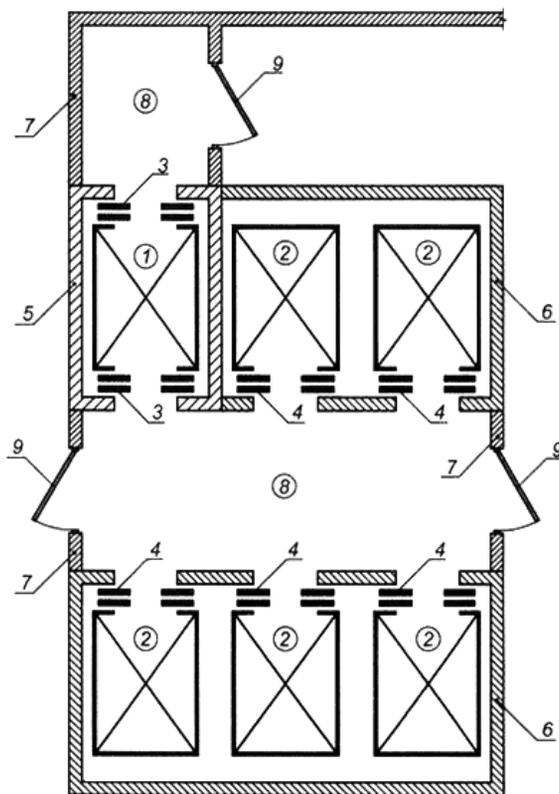


Рис.18 - Схема размещения лифта для пожарных с проходной кабиной в обособленной (выгороженной) шахте с общим лифтовым холлом с другими пассажирскими лифтами

1 - лифт для пожарных; 2 - пассажирские лифты; 3 - противопожарная дверь шахты лифта для пожарных с пределом огнестойкости EI 60; 4 - противопожарные двери шахт пассажирских лифтов с пределом огнестойкости по 5.2.3 настоящего стандарта; 5 - ограждающие конструкции шахты лифта для пожарных с пределом огнестойкости REI 120; 6 - ограждающие конструкции шахт пассажирских лифтов с пределами огнестойкости, установленными соответствующими нормативными документами; 7 - противопожарные перегородки 1-го типа, ограждающие лифтовые холлы; 8 - лифтовые холлы (тамбуры); 9 - противопожарные двери 2-го типа лифтовых холлов в дымогазонепроницаемом исполнении

Температуру T_n и плотность ρ_n приточного воздуха определяют по формулам (31) и (32):

$$T_n = \frac{245 + 289}{2} = 267\text{ К};$$

$$\rho_n = \frac{353}{267} = 1,32\text{ кг/м}^3.$$

Наружное давление на наветренном $P_{\text{ннi}}$ и заветренном $P_{\text{нзi}}$ фасадах определяют соответственно по формулам (34) и (35). Давление внутри здания $P_{\text{вi}}$ определяют по формуле (37). Наружное давление на

уровне воздухозаборного отверстия $P_{\text{нз.в}}$ определяют по формуле (70):

$$P_{\text{нз.в}} = -0,6 \frac{1,44 \cdot 4,9^2}{2} - 9,81 \cdot 12,0(1,44 - 1,22) = -36,27 \text{ Па.}$$

Давление в шахте лифта $P_{\text{шл1}}$ определяют по формуле (73).

Результаты расчетов заносим в таблицу П.4.

Таблица П.4

№ этажа	$P_{\text{нн1}}, \text{Па}$	$P_{\text{нз1}}, \text{Па}$	$P_{\text{в1}}, \text{Па}$	$P_{\text{шл1}}, \text{Па}$
1	13,83	-10,37	1,73	33,83
2	9,12	-15,08	-2,98	33,83
3	4,41	-19,79	-7,69	33,83
Забор воздуха $P_{\text{нз.в}}, \text{Па}$	—	-36,27	—	—

Массовый расход воздуха, уходящего через щель между кабиной и шахтой лифта на 1-м этаже, $G_{\text{шл1}}$ определяют по формуле (74):

$$G_{\text{шл1}} = 0,64 \cdot 0,03 \cdot 6 [2 \cdot 1,32(33,83 - 13,83)]^{\frac{1}{2}} = 0,84 \text{ кг/с.}$$

Характеристику сопротивления газопроницаемости закрытых дверей $S_{\text{дв}}$ определяют по формуле (65):

$$S_{\text{дв}} = \frac{7000}{(1 \cdot 2)^2} = 1750 \text{ 1/(кг} \cdot \text{м)}.$$

Массовый расход воздуха, фильтрующегося через щели закрытых дверей шахты лифта на 2-м и 3-м этажах, $G_{\text{шл2}}$ и $G_{\text{шл3}}$ определяют по формуле (75):

$$G_{\text{шл2}} = \left(\frac{33,83 + 2,98}{1750} \right)^{\frac{1}{2}} = 0,14 \text{ кг/с.}$$

$$G_{\text{шл3}} = \left(\frac{33,83 + 7,69}{1750} \right)^{\frac{1}{2}} = 0,15 \text{ кг/с.}$$

Массовый расход воздуха, который необходимо подавать в шахту лифта для создания в ней подпора воздуха при пожаре, $G_{\text{шл}}$ определяют по формуле (72):

$$G_{\text{шл}} = 0,84 + 0,14 + 0,15 = 1,13 \text{ кг/с.}$$

Расход воздуха, который необходимо подавать в объем шахты лифта для создания в ней подпора при пожаре, $L_{\text{шл}}$ определяют по формуле (76):

$$L_{\text{шл}} = \frac{3600 \cdot 1,13}{1,44} = 2825 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Давление, которое должен обеспечивать вентилятор подачи воздуха в шахту лифта, $P_{\text{вент}}$ определяют по формуле (77):

$$P_{\text{вент}} = 33,83 + 36,27 + \Delta P_{\text{сети}} = 70,10 \text{ Па} + \Delta P_{\text{сети}}.$$

Потери давления в сети обвязки вентилятора от воздухозаборного отверстия до объема шахты лифта $\Delta P_{\text{сети}}$, Па, зависят от конфигурации сети и конкретного проектного решения.

5.6 Расчет подпора воздуха в тамбур-шлюзы

5.6.1 Тамбур-шлюзы подразделяются на работающие при пожаре с одной открытой дверью и на работающие при пожаре с закрытыми дверями. Область применения тамбур-шлюзов обоих типов регламентируется действующими нормативными документами (Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», СП 60.13330.2012, СП 7.13130.2013).

5.6.2 Массовый расход воздуха, подаваемого в тамбур-шлюз, работающий при пожаре с одной открытой дверью, $G_{\text{п}}$, кг/с, определяют по формуле (59).

5.6.3 В случае устройства подпора воздуха в тамбур-шлюзы перед незадымляемой лестничной клеткой типа НЗ по специальному вертикальному каналу расчет производят в следующей последовательности.

5.6.3.1 Расчет требуемых расходов и давлений воздуха производят аналогично расчету параметров вентиляторов подпора в незадымляемые лестничные клетки типа Н2. Давление в канале на уровне открытого клапана (нижнего этажа части лестничной клетки, обслуживаемой системой) $P_{\text{к10}}$, Па, определяют по формуле

$$P_{\text{к10}} = P_{\text{в10}} + \xi_{\text{кл}} \frac{\left(\frac{G_{\text{п}}}{F_{\text{кл}}} \right)^2}{2\rho_{\text{п}}}, \quad (78)$$

где $P_{\text{в10}}$ — давление в здании на уровне открытого клапана нижнего этажа части лестничной клетки, Па;

$\xi_{\text{кл}}$ — то же, что в формуле (45);

$G_{\text{п}}$ — то же, что в формуле (61);

$F_{\text{кл}}$ — то же, что в формуле (43);

$\rho_{\text{п}}$ — то же, что в формуле (34).

5.6.3.2 Давление внутри здания на уровне i -го этажа $P_{\text{в1}}$, Па, определяют по формуле (37).

5.6.3.3 Давление в канале на уровне i -го этажа $P_{\text{к1}}$, Па, для $i \geq 2$ определяют по формуле

$$P_{\text{к1}} = P_{\text{к10}} + \frac{\lambda h_{\text{эт}}}{d_{\text{эКВ}}} \frac{\left(\frac{G_{\text{п},i-1}}{F_{\text{к}}} \right)^2}{2\rho_{\text{п}}}, \quad (79)$$

где $P_{\text{к10}}$ — давление в канале на уровне открытого клапана, Па; определяют по формуле (78);

$\lambda, h_{\text{эт}}, d_{\text{эКВ}}$ — то же, что в формуле (48);

$G_{\text{п},i-1}$ — массовый расход воздуха в канале с i -го на $i-1$ -й этаж, кг/с; определяют по формуле

$$G_{\text{п},i-1} = G_{\text{п}} + \sum G_{\text{фи},i-1}, \quad (80)$$

где G_n – то же, что в формуле (61);

$G_{\text{фи-1}}$ – массовый расход воздуха, фильтрующегося через неплотности и щели стенок канала и закрытого клапана, кг/с; определяют по формуле

$$G_{\text{фи-1}} = \left(\frac{P_{\text{ки-1о}} - P_{\text{ви-1}}}{S_{\text{щ}}} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (81)$$

где $P_{\text{ки-1о}}$ – то же, что в формуле (79);

$P_{\text{ви-1}}$ – давление в здании на уровне $i-1$ -го этажа, Па;

$S_{\text{щ}}$ – то же, что в формуле (52);

F_k – площадь проходного сечения канала, м²;

ρ_n – то же, что в формуле (34).

5.6.4 Массовый расход воздуха в тамбур-шлюзы, работающие при пожаре с закрытыми дверями, G , кг/с, рассчитывают на поддержание в нем избыточного давления не менее 20 Па:

$$G = \left(\frac{20}{S_{\text{дв}}} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (82)$$

где $S_{\text{дв}}$ – характеристика сопротивления газопрооницанию дверей тамбур-шлюза, 1/(кг·м); определяют по формуле (65).

5.6.5 Объемный часовой расход воздуха, подаваемого вентиляторами подпора в тамбур-шлюзы, работающие при пожаре с закрытыми дверями, L , м³/ч, составит

$$L = \frac{3\,600G}{\rho_n}, \quad (83)$$

где G – массовый расход воздуха в тамбур-шлюзы, работающие при пожаре с закрытыми дверями, кг/с; определяют по формуле (82);

ρ_n – то же, что в формуле (34).

5.6.3.2 Давление, которое должен обеспечивать вентилятор подачи воздуха в канал, $P_{\text{вент}}$, Па, определяют по формуле 69

$$P_{\text{вент}} = P_{\text{тшN}} - P_{\text{нз.в}} + \Delta P_{\text{сети}}$$

где $P_{\text{тшN}}$ – давление на уровне верхнего этажа лестничной клетки, Па;

$P_{\text{нз.в}}$ – наружное давление на заветренном фасаде на уровне воздухозаборного отверстия вентилятора, Па; определяют по формуле 70

Устройство безопасных зон для МГН

Безопасные зоны следует предусматривать:

- в отдельных помещениях с выходами непосредственно в незадымляемую лестничную клетку;
- на расстоянии не более 15 м от незадымляемых лестничных клеток, лифтов для инвалидов (вблизи (на этаже) должен быть лифт для транспортирования пожарных подразделений ч.15 ст.89 №123-ФЗ);

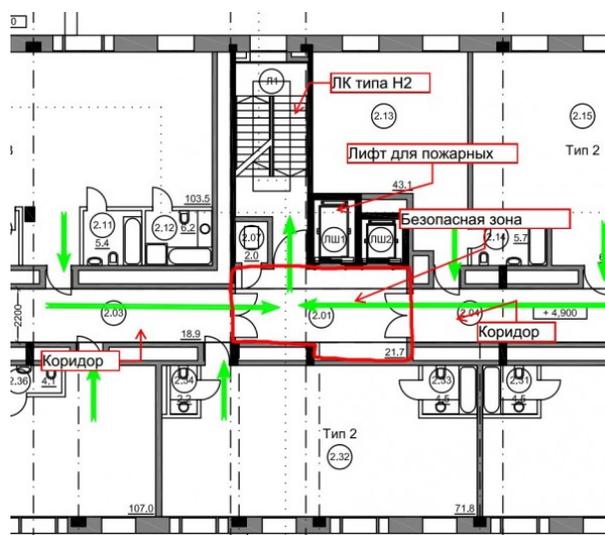
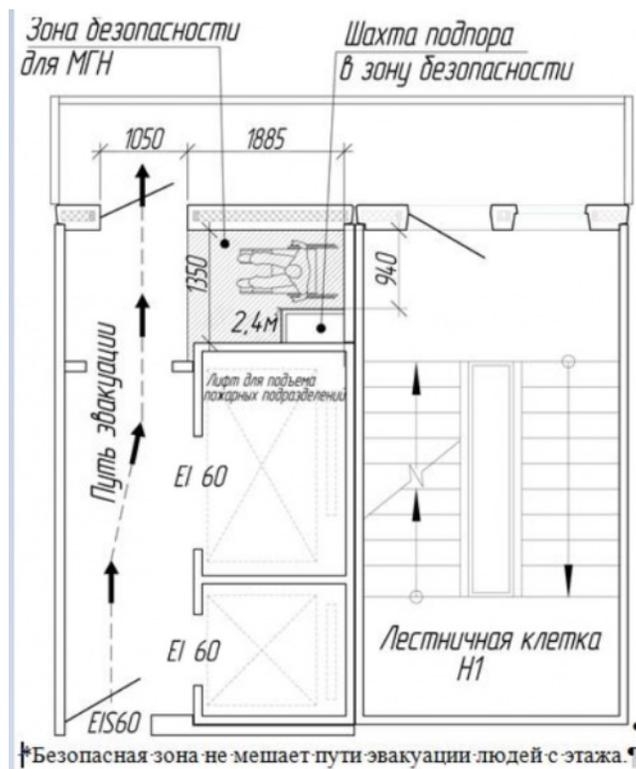
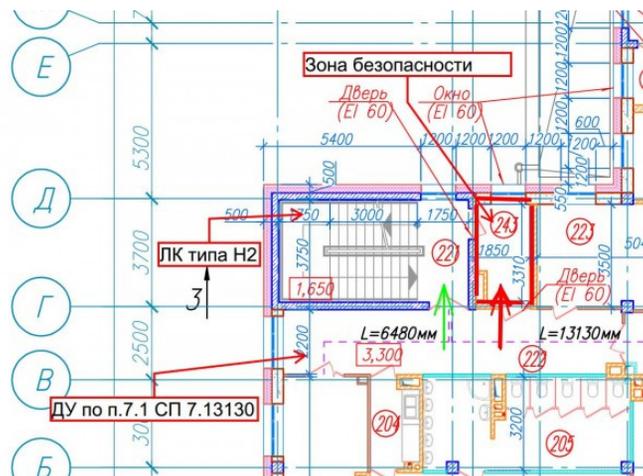


Рис.19 - Устройство безопасных зон для МГН

- в холлах лифтов для МГН (вблизи (на этаже) должен быть лифт для транспортирования пожарных подразделений ч.15 ст.89 №123-ФЗ);
- в холлах лифтов для транспортирования пожарных подразделений;
- на площадках лестничных клеток типа Н1, Н2 и Н3 (в Н1 без подпора воздуха по п.7.14 СП 7.13130);

Пример 5.3 — Расчет расхода воздуха, который необходимо подавать при пожаре в тамбур-шлюз перед незадымляемой лестничной клеткой типа Н3

Исходные данные

Здание , трехэтажное, тамбур-шлюзы перед выходом на лестничную клетку типа Н3. Подпор воздуха осуществляется по специальному вертикальному каналу из стали.

Температура наружного воздуха для холодного периода года $t_n = -28$ °С. Скорость ветра $V_B = 5$ м/с.

Температура внутреннего воздуха до начала пожара $t_B = 18$ °С.

Ширина двери из коридора в тамбур-шлюз 1 м, высота двери из коридора в тамбур-шлюз 2 м, клапан 0,6x0,5 м.

Высота до воздухозаборного отверстия системы подпора воздуха в тамбур-шлюз от планировочной отметки земли 15 м.

Удельная характеристика сопротивления газопропусканию закрытых дверей тамбур-шлюза 7000 м³/кг.

Специальный вентиляционный канал:

Большой из размеров канала 1 м, меньший из размеров проходного сечения шахты 0,8 м.

Порядок расчета

Площадь проходного сечения клапана

$$F_{\text{кл}} = (0,6 - 0,03)(0,5 - 0,05) = 0,26 \text{ м}^2$$

Температура приточного воздуха

$$T_n = \frac{T_n + T_B}{2} = \frac{245 + 291}{2} = 268 \text{ К}$$

Плотность наружного воздуха

$$\rho_n = \frac{353}{T_n} = \frac{353}{245} = 1,44 \text{ кг/м}^3$$

Плотность приточного воздуха

$$\rho_0 = \frac{353}{T_0} = \frac{353}{268} = 1,32 \text{ кг/м}^3$$

Массовый расход воздуха, подаваемого в тамбур-шлюз, работающий при пожаре с одной открытой дверью, G_n , кг/с, определяют по формуле (59).

$$G_n = V_{\text{кл}} \rho_n V_B H_{\text{кл}} = 1,3 \cdot 1,32 \cdot 1 \cdot 2 = 3,432 \text{ кг/с}$$

Наружное давление на наветренной стороне здания на уровне 1 этажа

$$P_{\text{нв1}} = 0,4 \cdot 1,44 \cdot 25 = 1,44 \text{ Па}$$

Наружное давление на заветренной стороне здания на уровне 1 этажа

$$P_{\text{зв1}} = -0,3 \cdot 1,44 \cdot 25 = -10,8 \text{ Па}$$

Давление в канале на уровне открытого клапана (нижнего этажа части лестничной клетки, обслуживаемой системой) $P_{\text{кю}}$, Па, определяют по формуле 78.

$$P_{\text{к1}} = 1,8 + 4 \frac{(3,43)^2}{2,64} = 265,49 \text{ Па}$$

Давление в здании на уровне открытого клапана нижнего этажа части лестничной клетки определяют по формуле 37

$$P_{\text{з1}} = \frac{P_{\text{нв1}} + P_{\text{зв1}}}{2} = 1,8 \text{ Па}$$

Аналогично проводится расчет для 2 этажа

$$P_{\text{нв2}} = 0,4 \cdot 1,44 \cdot 25 - 9,8 \cdot 4(1,44 - 1,32) = 9,7 \text{ Па}$$

$$P_{\text{зв2}} = -3 \cdot 1,44 \cdot 25 - 9,8 \cdot 4(1,44 - 1,32) = -15,5 \text{ Па}$$

$$P_{\text{з2}} = \frac{9,7 - 15,5}{2} = 2,9 \text{ Па}$$

массовый расход воздуха, фильтрующегося через неплотности и щели стенок канала и закрытого клапана со 2 на 1 этаж, кг/с; определяют по формуле 81

$$G_{\text{ф2-1}} = \left(\frac{265,49 - 1,8}{23529,4} \right)^{\frac{1}{2}} = 0,1 \text{ кг/с}$$

массовый расход воздуха в канале со 2 на 1-й этаж, кг/с; определяют по формуле 80

$$G_{\text{ш2-1}} = 3,432 + 0,1 = 3,532 \text{ кг/с}$$

$$S_{\text{ш}} = \frac{1600}{0,26^2} = 23529,4 \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$d_{\text{шв}} = \frac{2 \cdot 1 \cdot 0,8}{1 + 0,8} = 0,89 \text{ м}$$

Давление в канале на уровне 2-го этажа определяют по формуле

$$P_{к2} = 265,49 + \frac{0,02 \cdot 4 \cdot \left(\frac{3,532}{0,26}\right)^2}{0,89 \cdot 2,64} = 271,79 \text{ Па}$$

Результаты расчетов по всем этажам заносим в таблицу.

№ этажа	$P_{ннi'}$, Па	$P_{нзи'}$, Па	$P_{ви'}$, Па	$P_{ки'}$, Па
1	14,4	-10,8	1,8	265,49
2	9,7	-15,5	-2,9	271,79
3	5	-20,21	-7,61	285,08
Забор воздуха $P_{нз.в'}$, Па	—	-28,44	—	—

$$G_{42-1} = \left(\frac{271,7 - 2,9}{23529,4} \right)^{\frac{1}{2}} = 0,1 \text{ кг/с}$$

$$G_{32-2} = 3,532 + 0,1 = 3,632 \text{ кг/с}$$

Наружное давление на заветренном фасаде на уровне воздухозаборного отверстия в ентлятора определяем по формуле 70

$$-0,6 \left((1,44 \cdot 25) / 2 \right) - 9,8 \cdot 15 \cdot (1,44 - 1,32) = -28,44 \text{ Па}$$

Давление, которое должен обеспечивать вентилятор подачи воздуха в лестничную клетку, $P_{вент'}$, Па, определяют по формуле 69

$$P_{вент} = 285,08 + 28,44 = 313,54 \text{ Па}$$

Объемный часовой расход воздуха, подаваемого вентиляторами подпора составит

$$L = \frac{3600 \cdot 3,652}{1,32} = 9932,73 \text{ м}^3/\text{ч}$$

5.7 Расчет параметров воздушных противодымных завес

5.7.1 Перепад давления на воздушных завесах проемов зданий ΔP_3 , Па, определяют по формуле

$$\Delta P_3 = bg(\rho_n - \rho_{пг}), \quad (84)$$

где b – высота ворот, м;

g – то же, что в формуле (1);

ρ_n – то же, что в формуле (34);

$\rho_{пг}$ – то же, что в формуле (3).

5.7.2 Начальную скорость воздуха в струе воздушной завесы V_3 , м/с, определяют по формуле

$$V_3 = b \left(\frac{\Delta P_3 - 0,3bg(\rho_n - \rho_{пг})}{2ab\rho_{пг} \sin\beta} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (85)$$

где b – то же, что в формуле (84);

ΔP_3 – перепад давления на воздушных завесах проемов зданий, Па; определяют по формуле (84);

g – то же, что в формуле (1);

ρ_n – то же, что в формуле (34);

$\rho_{пг}$ – то же, что в формуле (3);

a – ширина ворот, м;

β – угол между вертикалью и осью струи, град.

5.7.3 Массовый расход воздуха, подаваемого в воздушную завесу, G_3 , кг/ч, определяют по формуле

$$G_3 = \frac{3600V_3f_3}{\rho_n}, \quad (86)$$

где V_3 – начальная скорость воздуха в струе воздушной завесы, м/с; определяют по формуле (85);

f_3 – площадь проходного сечения соплового аппарата воздушной завесы, м²; принимают равной 2,5–3,5 % площади защищаемых ворот;

ρ_n – то же, что в формуле (34).

5.7.4 Давление вентилятора, обслуживающего воздушную завесу, $P_{вент'}$, Па, определяют по формуле

$$P_{вент} = \Delta P_c + \Delta P_o, \quad (87)$$

где ΔP_c – потери давления в сопловом аппарате воздушной завесы, Па;

ΔP_o – потери давления в обвязке вентилятора и соединительных воздуховодах, Па.

6 Методика расчета аэродинамических схем зданий, оборудованных вентиляционной системой противодымной защиты

6.1 В изложенной выше методике вместо полной аэродинамической схемы здания рассматривается упрощенная схема. Упрощения состоят в следующем. Системы дымоудаления, подпора воздуха в лестничные клетки и шахты лифтов рассматриваются отдельно друг от друга, их взаимодействие между собой и помещениями здания учитывается приближенно. Взаимодействие подпора в лестничную клетку и дымоудаления из коридора на этаже пожара учитывается заданием расхода воздуха, подаваемого из лестничной клетки в коридор, и расхода продуктов горения, удаляемых из коридора. Расход воздуха, подаваемого в шахту лифта, не учитывается при расчете дымоудаления из коридора и подпора воздуха в лестничную клетку. Давление в коридоре этажа пожара задается равным давлением на наветренном фасаде здания. Давления внутри здания на этажах, где нет пожара, задаются равными среднеарифметическому значению между давлениями на наветренном и заветренном (подветренном) фасадах.

На этажах, где пожара нет, большие погрешности в задании давлений внутри здания не приводят к существенным погрешностям в расходах вследствие

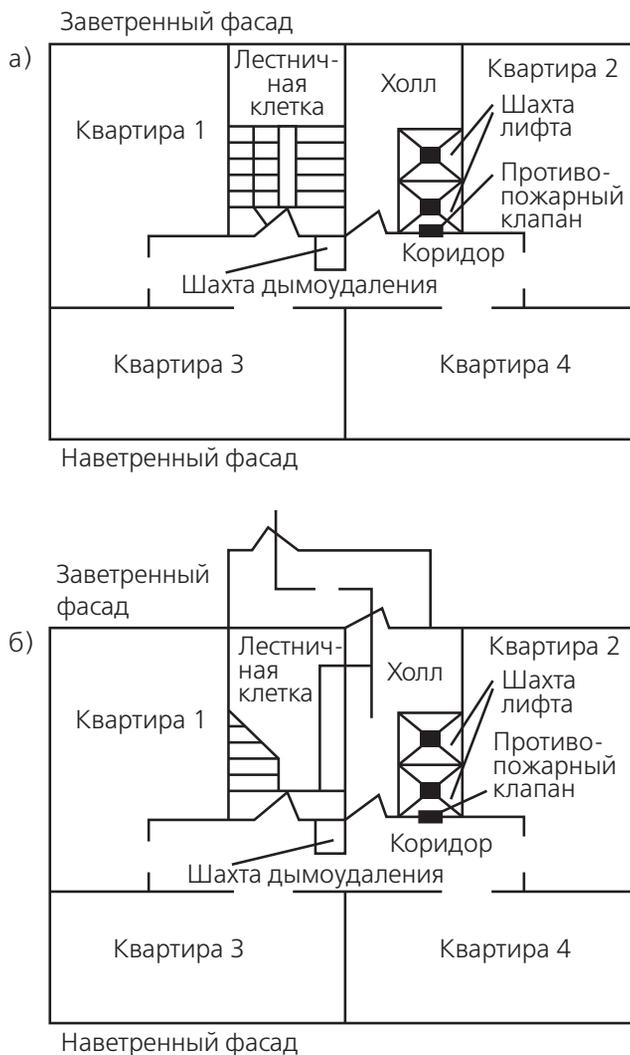


Рисунок 15 – Планировка типового (а) и первого (б) этажей здания

больших гидравлических сопротивлений закрытых дверных проемов и закрытых дымовых клапанов. На этаже пожара дымовой клапан, двери из коридора в лестничную клетку или дверь из здания наружу открыты. Гидравлическое сопротивление открытых дверей и дымовых клапанов на несколько порядков ниже гидравлического сопротивления дверей и клапанов. По этой причине даже небольшие погрешности в давлениях могут вызывать существенные погрешности в расходах. Для того чтобы получить достоверные данные о параметрах вентиляторов системы противодымной защиты, необходимо располагать достоверными данными о значениях давлений в помещениях и расходах через проемы на этаже пожара.

Задача определения давлений в помещениях этажа и расходов через открытые и закрытые проемы на этаже пожара многоэтажного здания с точки зрения математики сводится к решению системы нелинейных уравнений, связывающих перепады давления на каждом из открытых проемов между смежными по-

мещениями с расходами через эти проемы. Для каждого помещения должен соблюдаться баланс массы (равенство суммы расходов, входящих в помещение и выходящих из него). Заданными считаются наружные давления на фасадах, давления в лестничной клетке и шахтах лифтов, массовый расход продуктов горения, удаляемых из коридора или непосредственно горящего помещения.

6.2 Задача расчета параметров системы дымоудаления из коридора, подпора воздуха в шахту лифта и лестничную клетку на этаже пожара (рисунок 15) заключается в определении величины давлений в шахте дымоудаления. Заданными величинами являются давления на наветренном и заветренном фасадах, давление в лестничной клетке и шахте лифта и расход удаляемых продуктов горения.

6.2.1 Для каждого проема записывают уравнение, связывающее расход через проем с перепадом давления на этом проеме. Эти соотношения имеют вид

$$G_{i,j} = \text{sign}(P_j - P_i) \left(\frac{|P_j - P_i|}{S_k} \right)^2. \quad (88)$$

Здесь $G_{i,j}$ – массовый расход воздуха или продуктов горения в k -м проеме между j -м и i -м помещениями, кг/с;

$\text{sign}(P_j - P_i)$ – знак разности давлений; принимают равным минус 1 при $P_j < P_i$ и плюс 1 при $P_j > P_i$;

P_j и P_i – давления соответственно в рассматриваемом j -м и в смежном с ним i -м помещениях или на фасаде, Па;

S_k – характеристика сопротивления газопроницанию k -го проема, $1/(\text{кг}\cdot\text{м})$.

Расход воздуха или продуктов горения, входящих в рассматриваемое помещение, считается положительным, выходящего – отрицательным.

6.2.2 Для каждого помещения, давление в котором не задано, записывают уравнение баланса массы

$$\sum_{m=i}^k G_m = 0, \quad (89)$$

где G_m – сумма всех расходов в рассматриваемом помещении с учетом их знаков (входящий расход – «+», выходящий – «-»).

6.3 Система уравнений (88), (89) представляет собой систему нелинейных алгебраических уравнений и аналитического решения в общем случае не имеет. Решение этой системы возможно численным методом. Получив в результате решения системы значения давления во всех помещениях первого этажа, вычисляют расходы воздуха, уходящего из лестничной клетки и шахты лифта. Определяют давление в шахте дымоудаления на первом этаже. Зная давление в лестничной клетке, шахте лифта и шахте дымоудаления на первом этаже, расходы воздуха, подаваемого со второго этажа лестничной клетки и шахты лифта, массовый расход продуктов горения в шахте дымоудаления с первого этажа на второй, можно

определить давления в лестничной клетке, шахте лифтов и шахте дымоудаления на втором этаже. После этого решают систему уравнений (88), (89) и определяют давления в коридоре и лифтовом холле второго этажа. Зная давления во всех помещениях на втором этаже, определяют расходы воздуха и продуктов горения в лестничной клетке, шахте лифта и шахте дымоудаления между вторым и третьим этажами. Далее определяют давления в лестничной клетке, шахте лифта и шахте дымоудаления на третьем этаже и так далее до верхнего этажа. Зная давления и расходы воздуха и продуктов горения на верхнем этаже, можно определить требуемые параметры вентиляторов подпора воздуха в лестничные клетки, шахты лифтов и дымоудаления из коридоров.

6.4 Для обоснования возможности использования изложенной выше упрощенной методики были проведены расчеты полных аэродинамических схем

для трех сравнительно простых планировочных решений лестнично-лифтовых узлов. Сравнение результатов этих расчетов с результатами расчетов по упрощенной методике показало, что для получения требуемых нормами параметров системы противодымной защиты на этаже пожара давления и расходы вентиляторов подпора в лестничную клетку и дымоудаления из коридора должны быть увеличены на 20 %.

6.5 Расчет полных аэродинамических схем зданий — задача достаточно сложная и трудоемкая.

Для сложных планировочных решений, характерных для современных высотных и многофункциональных зданий, необходимо проводить расчеты параметров систем противодымной защиты на основе расчетов полных аэродинамических схем зданий.

**Пожароопасные характеристики некоторых веществ
и материалов по данным [16]**

Материалы, вещества	$Q_p \cdot 10^3$, кДж/кг	Ψ , кг/(м ² •мин)	$V_{\text{лин}}$, м/мин	L_{O_2} , кг/кг
Бумага в рулонах	13,4	0,48	0,27**	1,03
Древесина в виде мебели, отделки стен и перегородок древесностружечными и древесноволокнистыми плитами, деревянные перекрытия и покрытия с пустотами	13,85	0,9	1,7	1,26
Карболитовые изделия	26	0,38	0,4	2,25
Каучук натуральный	42	0,8	0,8	3
Корд	14	0,25	1	1,3
Пакет подвешенных тканей с расстоянием между ними 0,2 м	13,9	1	2,4*	1,2
Пенополиуретан	31,8	0,92	0,9	1,89
Подвешенные ткани: по вертикали	13,9	–	18	1,2
по горизонтали	13,9	–	0,8	1,2
Полистирол (изделия)	42	0,89	2	3
Резинотехнические изделия	33,6	0,7	1,1	2,99
Текстолит	21	0,53	0,4	1,65
Угары в свободной укладке	13,9	0,25	6	1,2
Хлопок в плотной упаковке	16,8	0,25	1**	1,15
Штапельное волокно в рулонах	13,9	0,4	0,4**	1,26
Ацетон	29	2,83	–	2,22
Бензин	42	3,3	–	3,47
Бензол	42	2,3	–	3,07
Дизельное топливо	42	2,5	–	3,36
Диэтиловый эфир	33,6	3,6	–	2,59
Керосин	43,7	2,9	–	3,4
Мазут	40	2,1	–	3,14
Метилловый спирт	24	0,96	–	1,5
Нефть	42	1,4	–	3,24
Толуол	42,7	2,3	–	3,09
Этиловый спирт	27,3	2	–	2

* Линейная скорость принята в направлении, нормальном к поверхности подвешенных тканей.

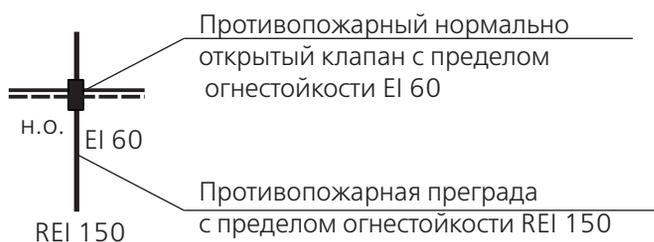
** Линейная скорость распространения пламени для твердых горючих веществ во взрыхленном или измельченном состоянии (древесные стружки, взрыхленный хлопок, обрезки бумаги и т. п.) принимается равной 6 м/мин.

**Графические пояснения к требованиям отдельных пунктов СП 7.13130.2013
«Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности»
и СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.
Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003»**

Условные обозначения



Транзитный воздуховод
с нормируемым пределом
огнестойкости



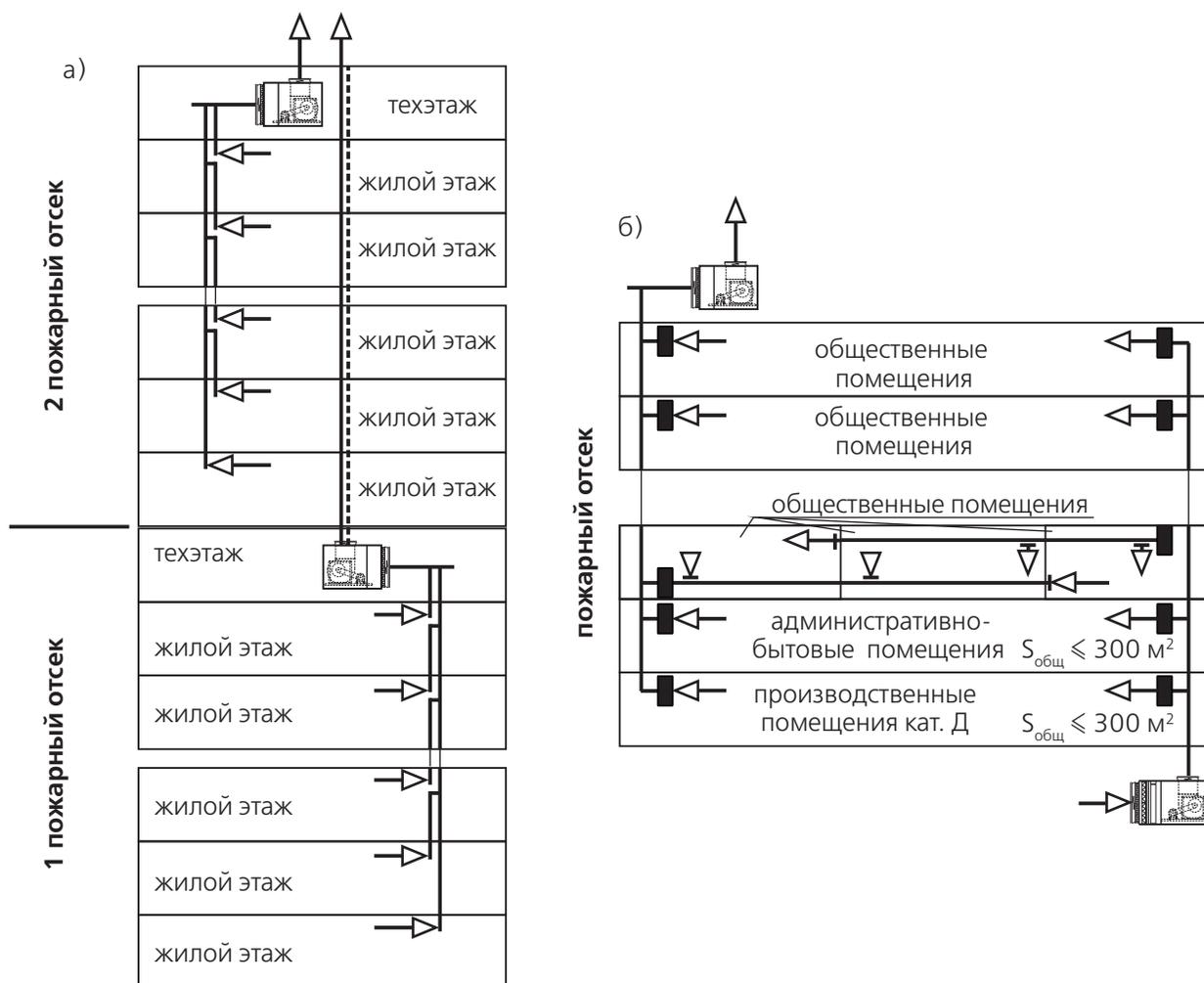
СП 7.13130, пункт 6.2:

Системы вентиляции следует предусматривать отдельными для групп помещений, размещенных в разных пожарных отсеках.

Общие системы вентиляции для групп помещений, размещенных в пределах одного пожарного отсека, следует предусматривать с учетом класса функциональной пожарной опасности помещений жилых, общественных и административно-бытовых зданий, а также категорий по взрывопожарной и пожарной опасности производственных и складских помещений в соответствии с п.7.2.3 СП 60.13330.2012.

Системы вентиляции следует предусматривать общими для размещенных в пределах одного пожарного отсека следующих групп помещений:

- а) жилых;
- б) общественных, административно-бытовых и производственных категории Д (в любых сочетаниях);

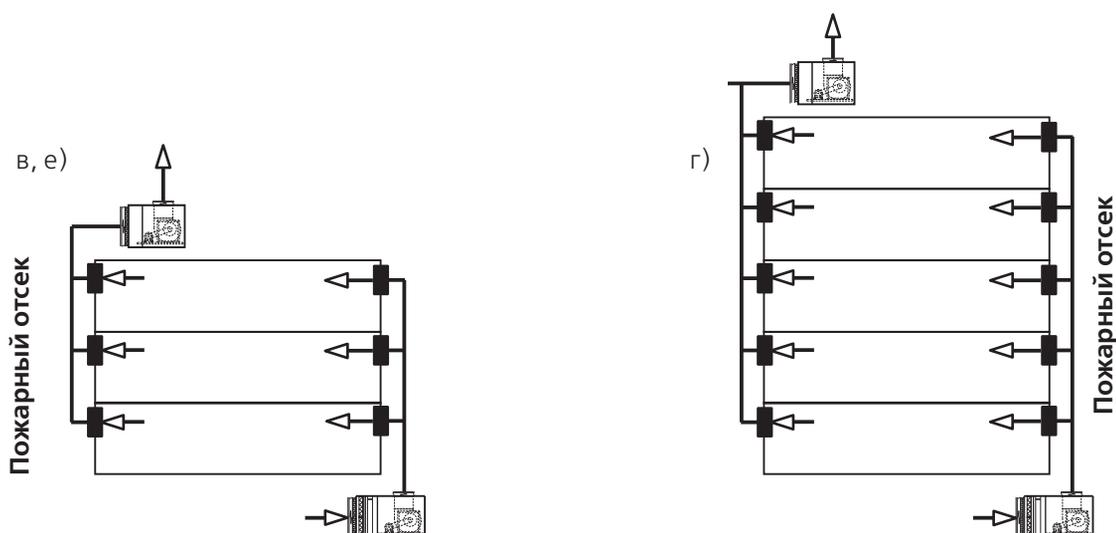


в) производственных одной из категорий А или Б, размещенных не более чем на трех (раздельно или последовательно расположенных) этажах;

г) производственных одной из категорий В1, В2, В3, В4, Г, Д или складов категории В4;

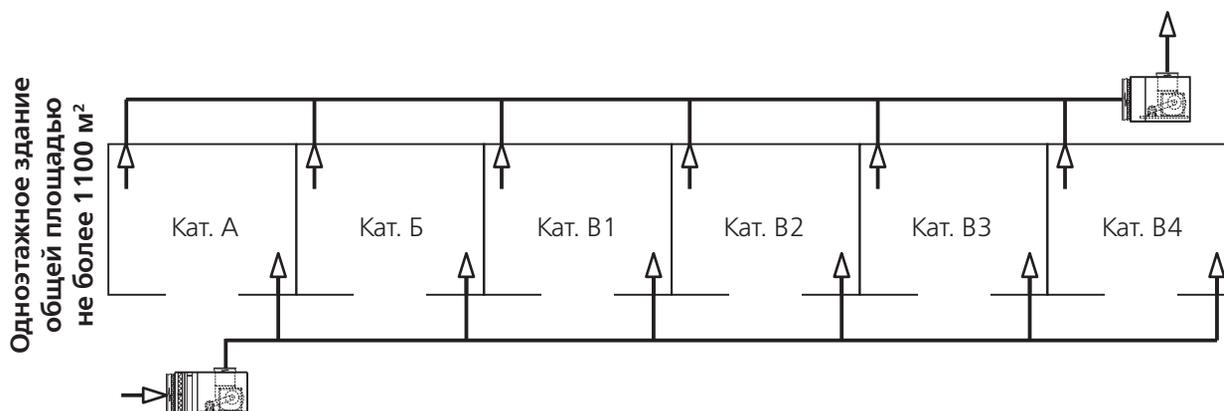
<...>

е) складов и кладовых одной из категорий А, Б, В1, В2 или В3, размещенных не более чем на трех (раздельно или последовательно расположенных) этажах;



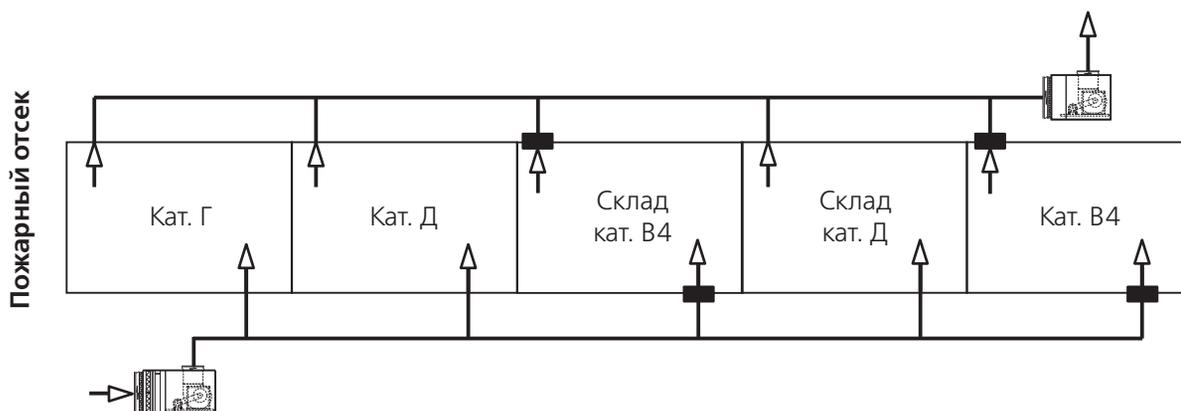
ж) производственных категорий А, Б, В1, В2, В3 и В4 в любых сочетаниях или складов категорий А, Б, В1, В2, В3 и В4 в любых сочетаниях общей площадью не более 1 100 м², размещенных в отдельном одноэтажном здании с дверями из каждого помещения только наружу;

<...>

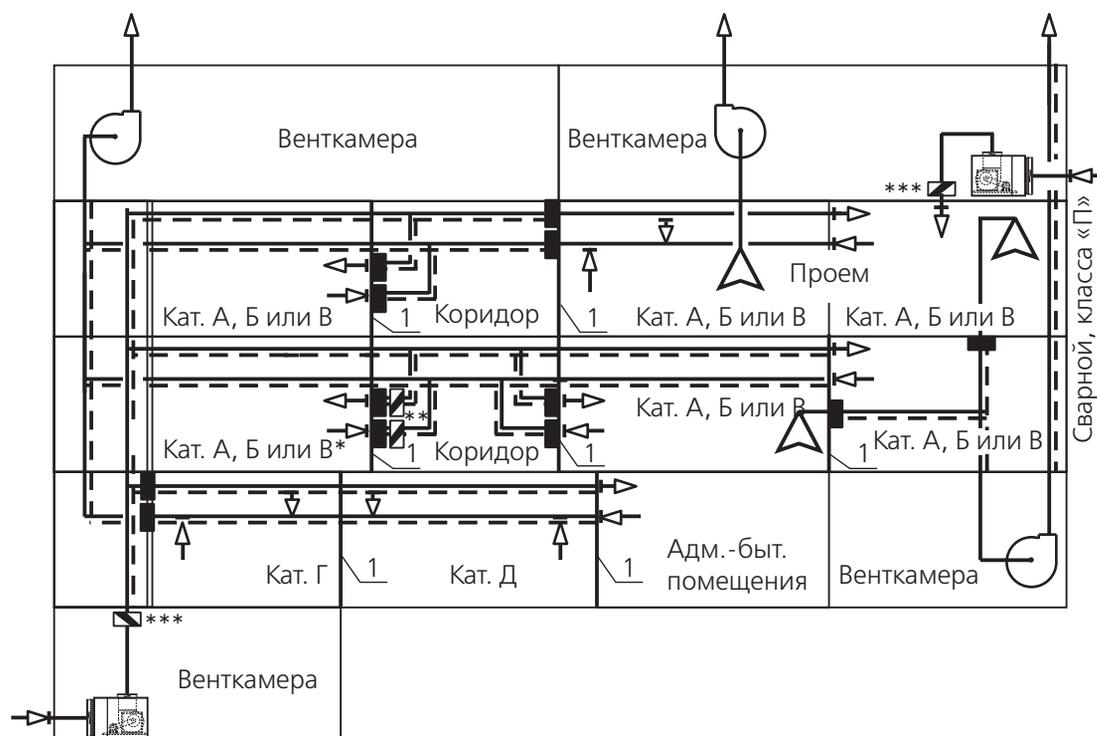


и) одной категории пожарной опасности в подземных или надземных закрытых стоянках автомобилей при условии установки противопожарных нормально открытых клапанов на воздуховодах согласно СП 7.13130;

к) производственных категорий В4, Г и Д и складов категорий В4 и Д (в любых сочетаниях) при условии установки противопожарных нормально открытых клапанов на воздуховодах, обслуживающих помещения и склады категории В4.

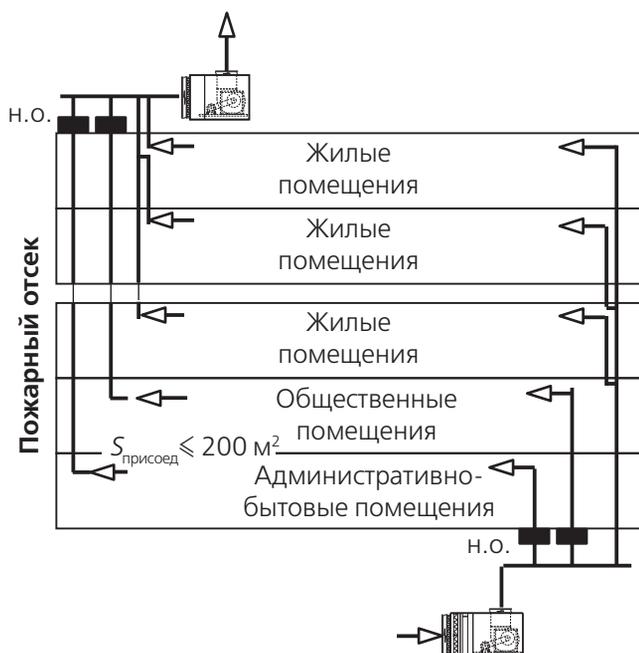


Схемы воздуховодов для помещений категории А, Б или В:



* воздухообмен определен из условия ассимиляции вредных веществ 1 и 2 классов опасности,

** установку обратных клапанов следует предусматривать для защиты от перетекания вредных веществ 1-го и 2-го классов опасности (при неработающей вентиляции) из одних помещений в другие, размещенные на разных этажах, в которых расход наружного воздуха определен из условия ассимиляции вредных веществ,



*** обратный клапан во взрывозащищенном исполнении,

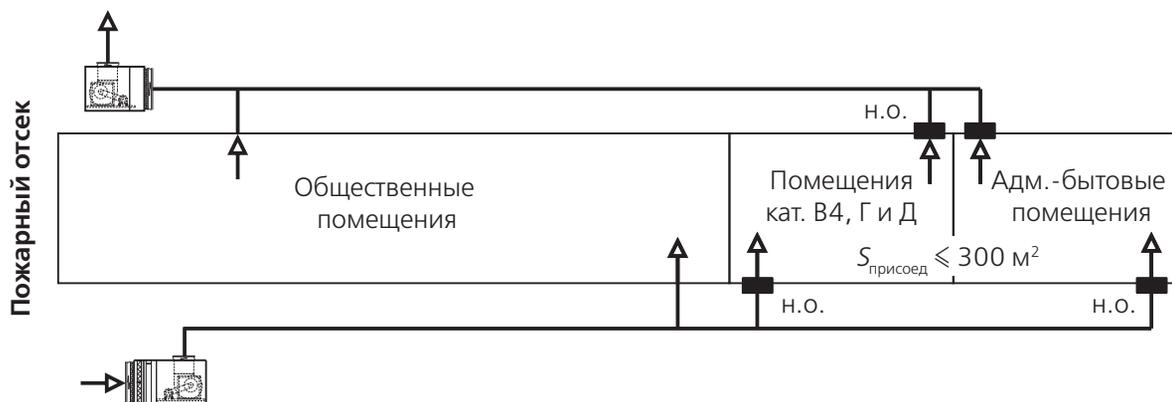
1 – противопожарная перегородка

СП 60.13330, пункт 7.2.4:

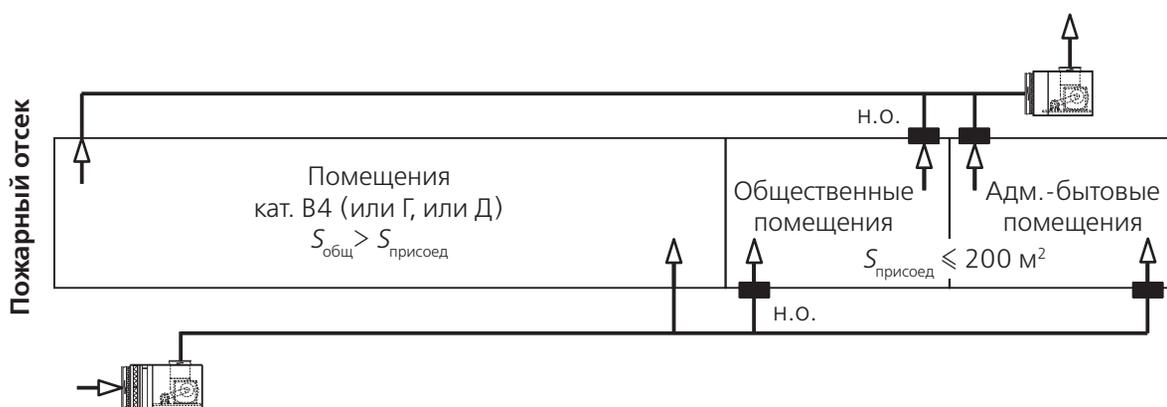
В одну систему вентиляции в одном пожарном отсеке допускается объединять следующие группы помещений, присоединяя к основной группе помещений другие помещения:

а) к жилым – административно-бытовые и общественные (с учетом требований соответствующих нормативных документов);

б) к общественным (кроме помещений с массовым пребыванием людей) – административно-бытовые или производственные категорий В4, Г и Д;



в) к производственным категорий В1, В2, В3, В4, Г и Д – административно-бытовые и общественные (кроме помещений с массовым пребыванием людей);

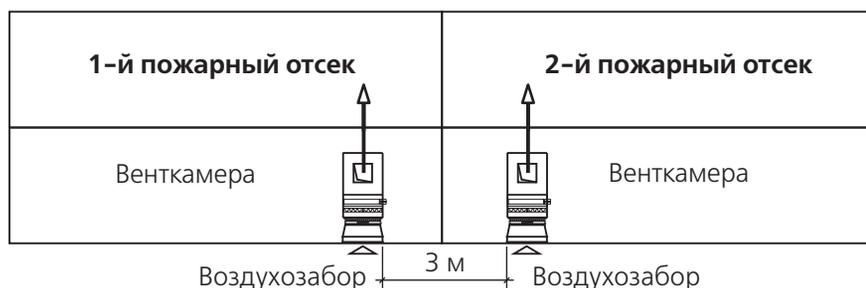


Группы помещений по а, б, в или г допускается объединять в одну систему при условии установки противопожарного нормально открытого клапана на сборном воздуховоде присоединяемой группы помещений.

К основной группе помещений следует относить группы помещений, общая площадь которых больше общей площади присоединяемых помещений. Общая площадь присоединяемых помещений должна быть не более 300 м².

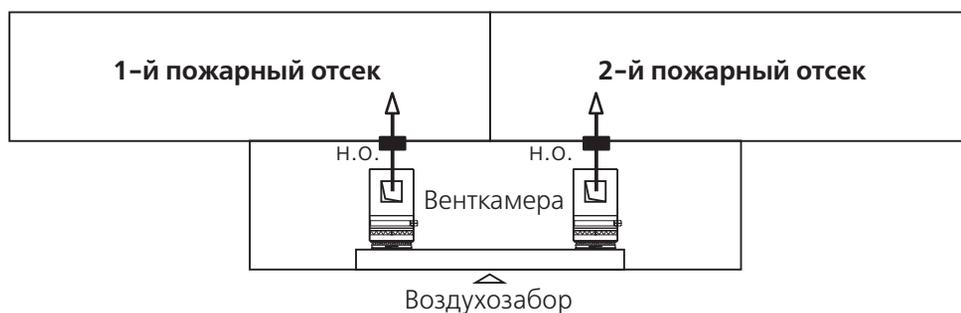
СП 60.13330, пункт 7.3.5:

Общие приемные устройства наружного воздуха не следует предусматривать для приточных систем общеобменной вентиляции, обслуживающих разные пожарные отсеки. Расстояние по горизонтали и по вертикали между приемными устройствами, расположенными в смежных пожарных отсеках, должно быть не менее 3 м.

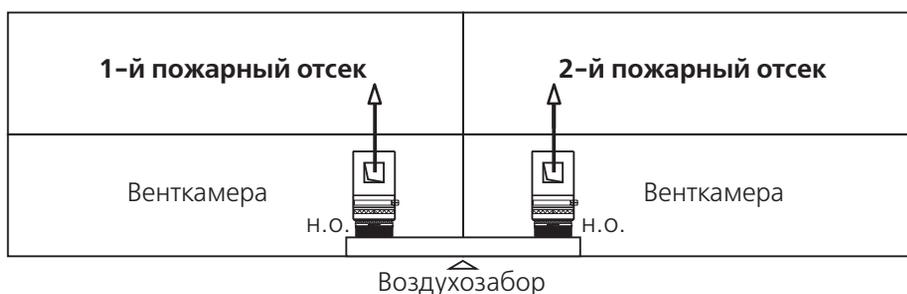


Общие приемные устройства для систем, обслуживающих разные пожарные отсеки, допускается предусматривать по заданию на проектирование для систем общеобменной вентиляции (кроме систем, обслуживающих помещения категорий А, Б и В1, склады категорий А, Б, В1 и В2, а также помещения с оборудованием систем местных отсосов взрывоопасных смесей и систем по 7.2.13) при условии установки противопожарных клапанов с пределом огнестойкости согласно СП 7.13130:

а) нормально открытых – на воздуховодах приточных систем общеобменной вентиляции в местах пере­сечения ими ограждений помещения для вентиляционного оборудования, если установки указанных си­стем размещаются в общем помещении;



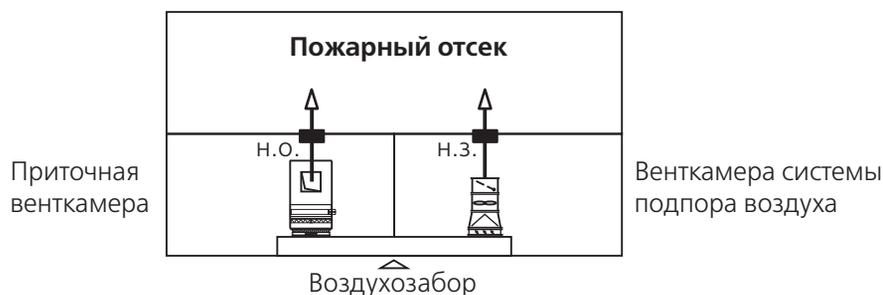
б) нормально открытых – перед клапанами наружного воздуха всех приточных установок, размещаемых в разных помещениях для вентиляционного оборудования.



СП 7.13130:

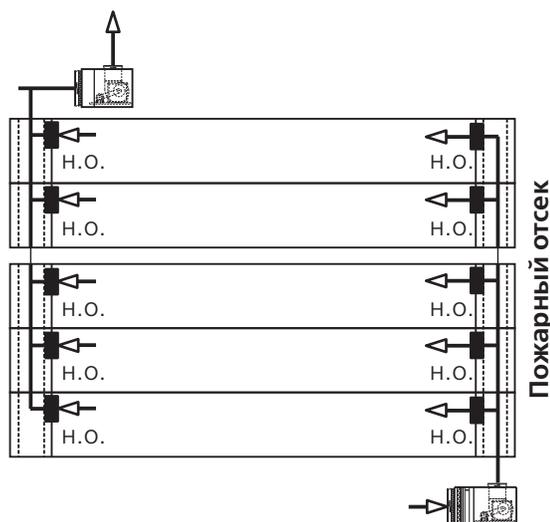
6.4 В пределах одного пожарного отсека общие приемные устройства наружного воздуха не следует предусматривать для систем приточной противодымной вентиляции и для систем приточной общеобменной вентиляции.

Допускается предусматривать общие приемные устройства наружного воздуха для систем приточной противодымной вентиляции и для систем приточной общеобменной вентиляции (кроме систем, обслуживающих помещения категорий А, Б и В1 и склады категорий А, Б, В1 и В2, а также помещения с оборудованием систем местных отсосов взрывоопасных смесей и систем общеобменной вытяжной вентиляции для помещений категорий В1–В4, Г и Д, удаляющих воздух из 5-метровой зоны вокруг оборудования, содержащего горючие вещества, которые могут образовать в этой зоне взрывопожарные смеси) при условии установки противопожарных нормально открытых клапанов на воздуховодах приточных систем общеобменной вентиляции в местах пере­сечения ими ограждений помещения для вентиляционного оборудования.



6.10 Для предотвращения распространения продуктов горения при пожаре в помещения различных эта­жей по воздуховодам систем общеобменной вентиляции, воздушного отопления и кондиционирования должны быть предусмотрены следующие устройства:

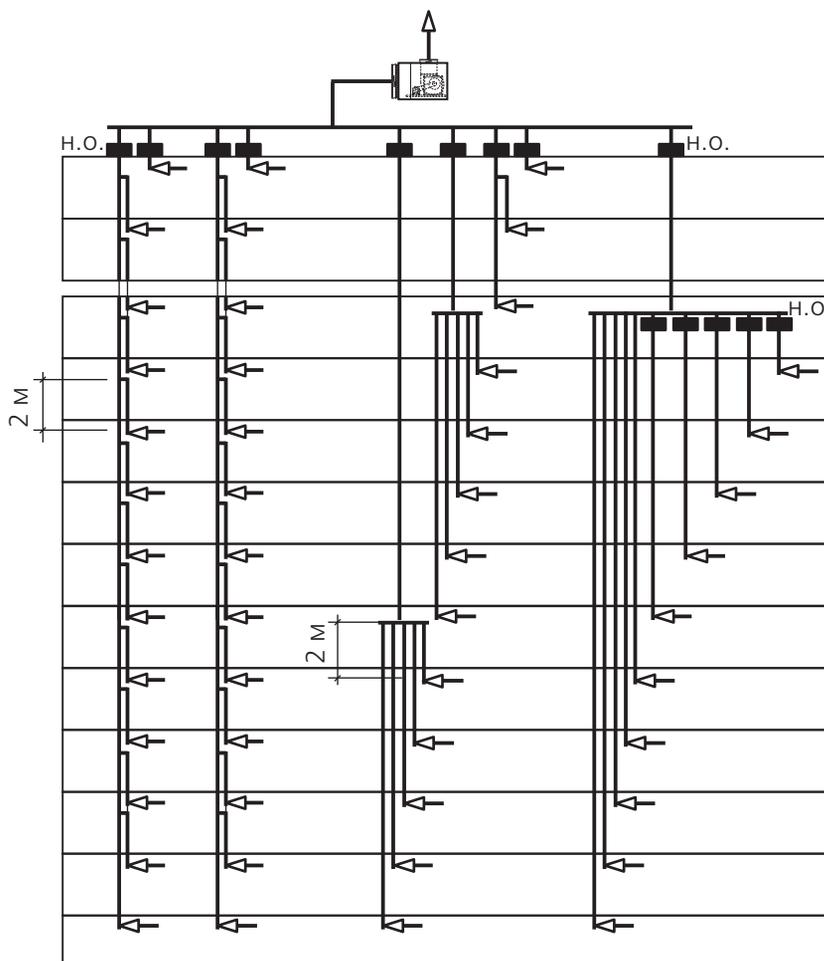
а) противопожарные нормально открытые клапаны – на поэтажных сборных воздуховодах в местах присоединения их к вертикальному или горизонтальному коллектору для жилых, общественных, админи­стративно-бытовых (кроме санузлов, умывальных, душевых, бань, а также кухонь жилых зданий) и произ­водственных помещений категорий В4 и Г;



б) воздушные затворы – на поэтажных сборных воздуховодах в местах присоединения их к вертикальному или горизонтальному коллектору для жилых, общественных, административно-бытовых (в том числе для санузлов, умывальных, душевых, бань, а также кухонь жилых зданий) и производственных помещений категории Г.

Геометрические и конструктивные характеристики воздушных затворов должны обеспечивать при пожаре предотвращение распространения продуктов горения из коллекторов через поэтажные сборные воздуховоды в помещения различных этажей; длину вертикального участка воздуховода воздушного затвора следует принимать расчетную, но не менее 2 м.

Вертикальные коллекторы допускается присоединять к общему горизонтальному коллектору, размещаемому на чердаке или техническом этаже; в зданиях высотой более 28 м на вертикальных коллекторах в местах присоединения их к общему горизонтальному коллектору следует устанавливать противопожарные нормально открытые клапаны.



К каждому горизонтальному коллектору следует присоединять не более пяти поэтажных сборных воздуховодов с последовательно расположенных этажей.

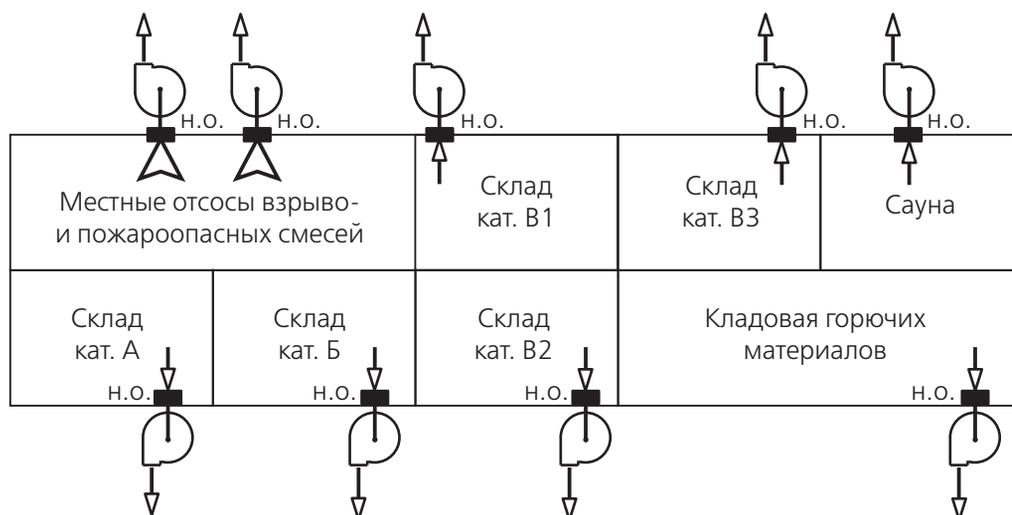
В многоэтажных зданиях допускается присоединять:

- к горизонтальному коллектору – более пяти поэтажных сборных воздуховодов при условии установки противопожарных нормально открытых клапанов в местах присоединения дополнительных (сверх пяти безусловно предусматриваемых) этажных воздуховодов;

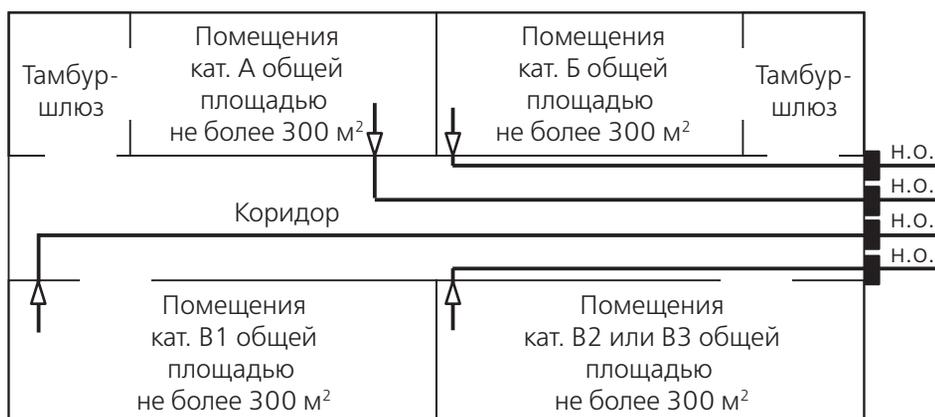
- к общему коллектору, размещаемому на чердаке или техническом этаже – группу горизонтальных коллекторов, при условии установки противопожарных нормально открытых клапанов в местах присоединения их к общему коллектору;

в) противопожарные нормально открытые клапаны – в местах пересечений ограждающих строительных конструкций с нормируемыми пределами огнестойкости обслуживаемых помещений воздуховодами:

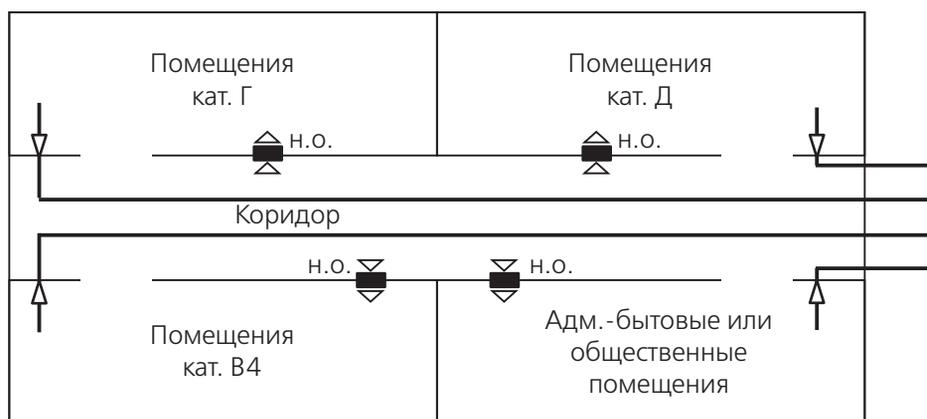
- систем, обслуживающих производственные помещения, склады категорий А, Б, В1, В2 или В3, кладовые горючих материалов, сауны; <...>



г) противопожарные нормально открытые клапаны – на каждом транзитном сборном воздуховоде непосредственно перед ближайшими ответвлениями к вентиляторам систем, обслуживающих группы помещений (кроме складов) одной из категорий А, Б, В1, В2 или В3 общей площадью не более 300 м² в пределах одного этажа с выходами в общий коридор. <...>



6.12 В противопожарных перегородках, отделяющих общественные, административно-бытовые или производственные помещения (кроме складов) категорий В4, Г и Д от коридоров, допускается устройство отверстий для перетекания воздуха при условии защиты отверстий противопожарными нормально открытыми клапанами. Установка указанных клапанов не требуется в помещениях, для дверей которых предел огнестойкости не нормируется.



6.18 Транзитные воздуховоды и коллекторы систем любого назначения в пределах одного пожарного отсека допускается проектировать:

а) из материалов группы горючести Г1 (кроме систем противодымной вентиляции) при условии прокладки каждого воздуховода в отдельной шахте, кожухе или гильзе из негорючих материалов с пределом огнестойкости EI 30;

б) из негорючих материалов и с ненормируемым пределом огнестойкости при условии прокладки каждого воздуховода или коллектора в отдельной шахте с ограждающими конструкциями, имеющими предел огнестойкости не менее EI 45, и установки противопожарных нормально открытых клапанов на каждом пересечении воздуховодами ограждающих конструкций такой шахты;

в) из негорючих материалов и с пределами огнестойкости ниже нормируемых при условии прокладки транзитных воздуховодов и коллекторов (кроме воздуховодов и коллекторов для производственных помещений категорий А и Б, а также для складов категорий А, Б, В1, В2) в общих шахтах с ограждающими конструкциями, имеющими предел огнестойкости не менее EI 45, и установки противопожарных нормально открытых клапанов на каждом воздуховоде, пересекающем ограждающие конструкции общей шахты;

г) из негорючих материалов с пределом огнестойкости ниже нормируемого, предусматривая при прокладке транзитных воздуховодов (кроме помещений и складов категорий А, Б, складов категорий В1, В2, а также жилых помещений) установку противопожарных нормально открытых клапанов при пересечении воздуховодами каждой противопожарной преграды и ограждающей строительной конструкции с нормируемыми пределами огнестойкости.

Пределы огнестойкости воздуховодов и коллекторов (кроме транзитных), прокладываемых в помещениях для вентиляционного оборудования, а также воздуховодов и коллекторов, прокладываемых снаружи здания, не нормируются.

6.19 Транзитные воздуховоды, прокладываемые за пределами обслуживаемого пожарного отсека, после пересечения ими противопожарной преграды обслуживаемого пожарного отсека следует проектировать с пределами огнестойкости не менее EI 150.

Указанные транзитные воздуховоды допускается проектировать с ненормируемым пределом огнестойкости при прокладке каждого из них в отдельной шахте с ограждающими конструкциями, имеющими пределы огнестойкости не менее EI 150. При этом присоединяемые к таким транзитным воздуховодам коллекторы или воздуховоды из обслуживаемого пожарного отсека должны соответствовать требованиям подпункта «б» пункта 6.18.

6.20 Транзитные воздуховоды и коллекторы систем любого назначения из разных пожарных отсеков допускается прокладывать в общих шахтах с ограждающими конструкциями из негорючих материалов с пределами огнестойкости не менее EI 150 при условиях:

а) транзитные воздуховоды и коллекторы в пределах обслуживаемого пожарного отсека предусматриваются с пределом огнестойкости EI 30, поэтажные ответвления присоединяются к вертикальным коллекторам через противопожарные нормально открытые клапаны;

б) транзитные воздуховоды систем другого пожарного отсека должны иметь предел огнестойкости EI 150;

в) транзитные воздуховоды систем другого пожарного отсека должны быть с пределом огнестойкости EI 60 при условии установки противопожарных нормально открытых клапанов на воздуховодах в местах пересечения ими каждой противопожарной преграды с нормируемым пределом огнестойкости REI 150 и более.

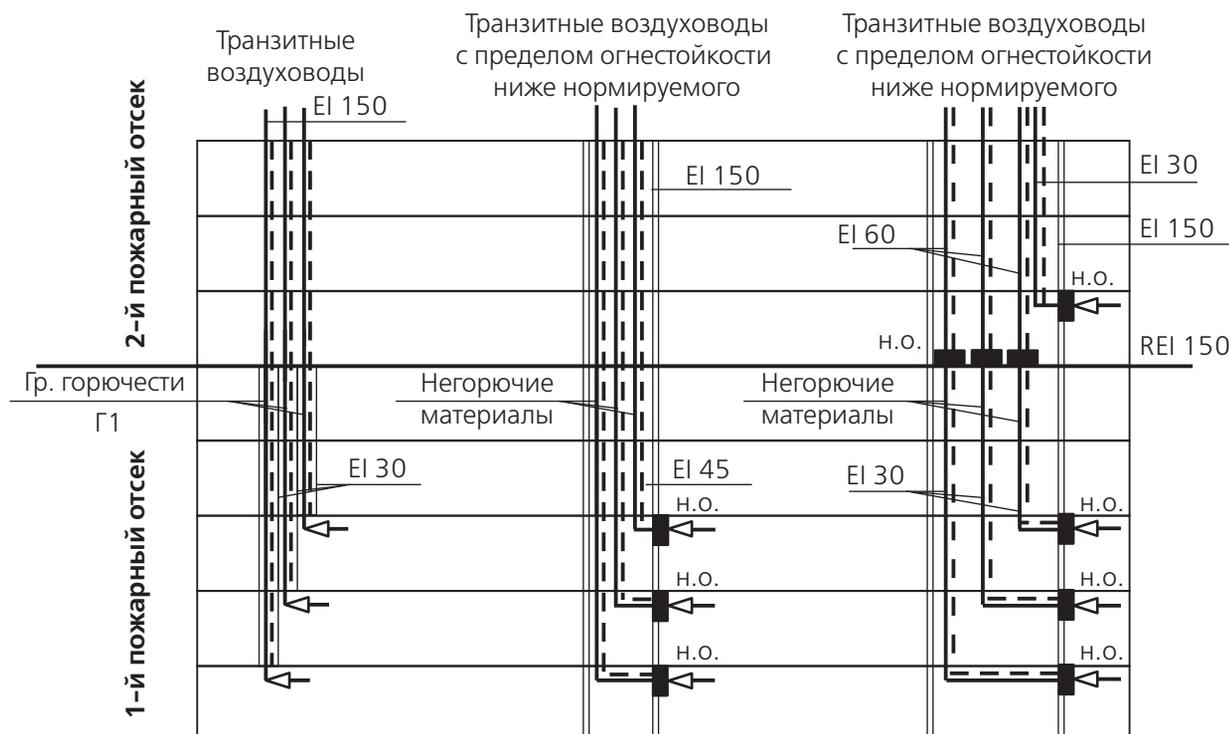
6.21 Транзитные воздуховоды систем, обслуживающих тамбур-шлюзы при помещениях категорий А и Б, а также систем местных отсосов взрывоопасных смесей следует проектировать:

а) в пределах одного пожарного отсека – с пределом огнестойкости EI 30;

б) за пределами обслуживаемого пожарного отсека – с пределом огнестойкости EI 150.

б) транзитные воздуховоды систем другого пожарного отсека предусматриваются с пределом огнестойкости EI 150;

в) транзитные воздуховоды систем другого пожарного отсека предусматриваются с пределом огнестойкости EI 60 при условии установки противопожарных нормально открытых клапанов на воздуховодах



в местах пересечения ими каждой противопожарной преграды с нормируемым пределом огнестойкости REI 150 и более.

6.22 Противопожарные нормально открытые клапаны, устанавливаемые в проемах ограждающих строительных конструкций с нормируемыми пределами огнестойкости и (или) в воздуховодах, пересекающих эти конструкции, следует предусматривать с пределами огнестойкости:

- EI 90 – при нормируемом пределе огнестойкости противопожарной преграды или ограждающих строительных конструкций REI 150 и более;
- EI 60 – при нормируемом пределе огнестойкости противопожарной преграды или ограждающих строительных конструкций REI 60;
- EI 30 – при нормируемом пределе огнестойкости ограждающих строительных конструкций REI 45 (EI 45);
- EI 15 – при нормируемом пределе огнестойкости ограждающих строительных конструкций REI 15 (EI 15).

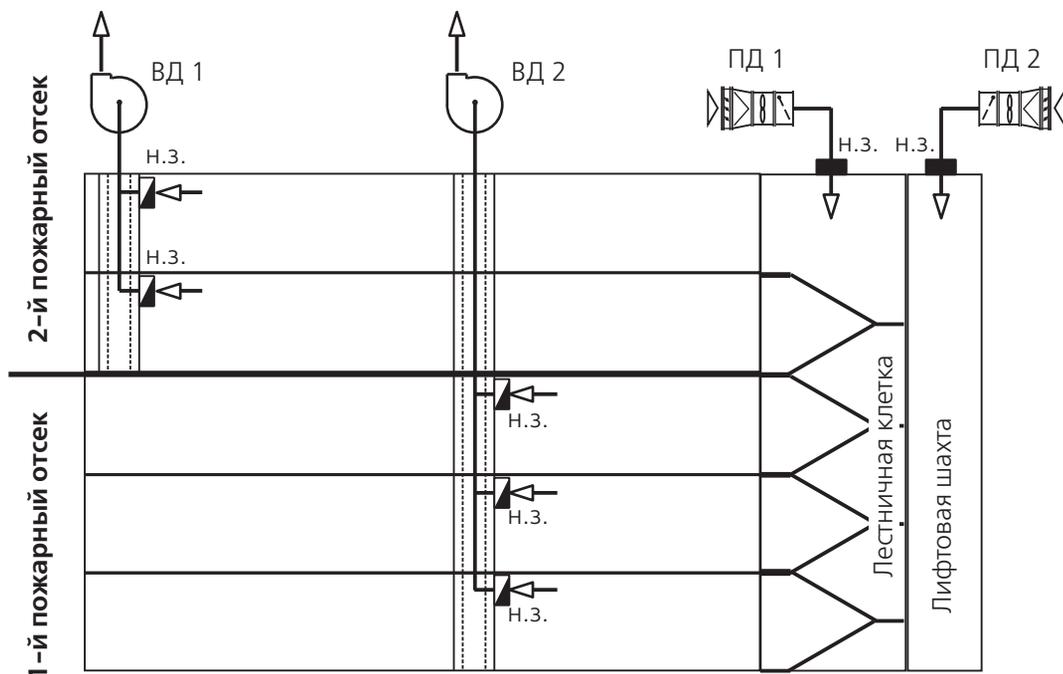
Допускается не устанавливать противопожарные нормально открытые клапаны при пересечении транзитными воздуховодами противопожарных преград или строительных конструкций с нормируемыми пределами огнестойкости (кроме ограждающих конструкций шахт с проложенными в них воздуховодами других систем) при обеспечении пределов огнестойкости транзитных воздуховодов не менее пределов огнестойкости пересекаемых противопожарных преград или строительных конструкций.

В других случаях противопожарные нормально открытые клапаны следует предусматривать с пределами огнестойкости не менее нормируемых для воздуховодов, на которых они устанавливаются, но не менее EI 15.

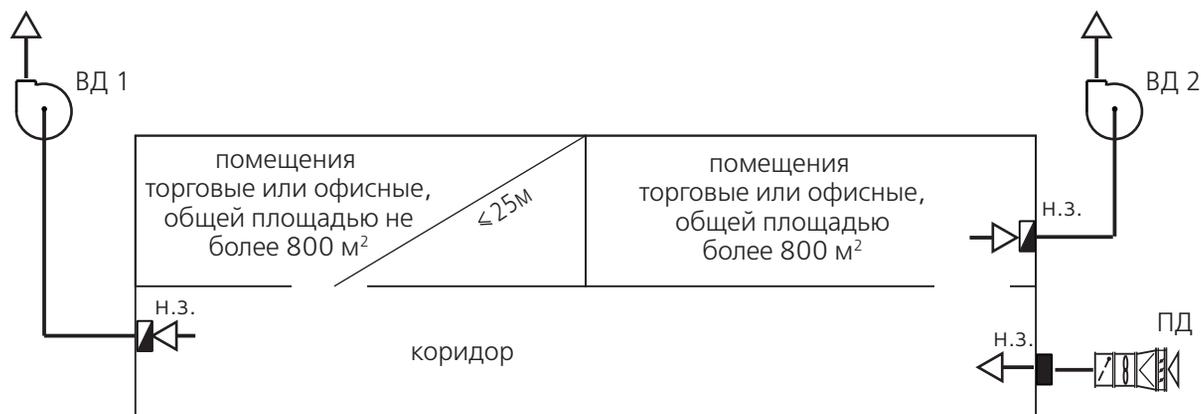


7.1 Системы противодымной вентиляции должны быть автономными для каждого пожарного отсека, кроме систем приточной противодымной вентиляции, предназначенных для защиты лестничных клеток и лифтовых шахт, сообщающихся с различными пожарными отсеками, и систем вытяжной противодымной вентиляции, предназначенных для защиты атриумов и пассажей, не имеющих конструктивного разделения на пожарные отсеки. Системы приточной противодымной вентиляции должны применяться только в необходимом сочетании с системами вытяжной противодымной вентиляции. Обособленное применение систем приточной противодымной вентиляции без устройства соответствующих систем вытяжной противодымной вентиляции не допускается.

<...>



7.6 Системы вытяжной противодымной вентиляции, предназначенные для защиты коридоров, следует проектировать отдельными от систем, предназначенных для защиты помещений. Не допускается устройство общих систем для защиты помещений различной функциональной пожарной опасности.



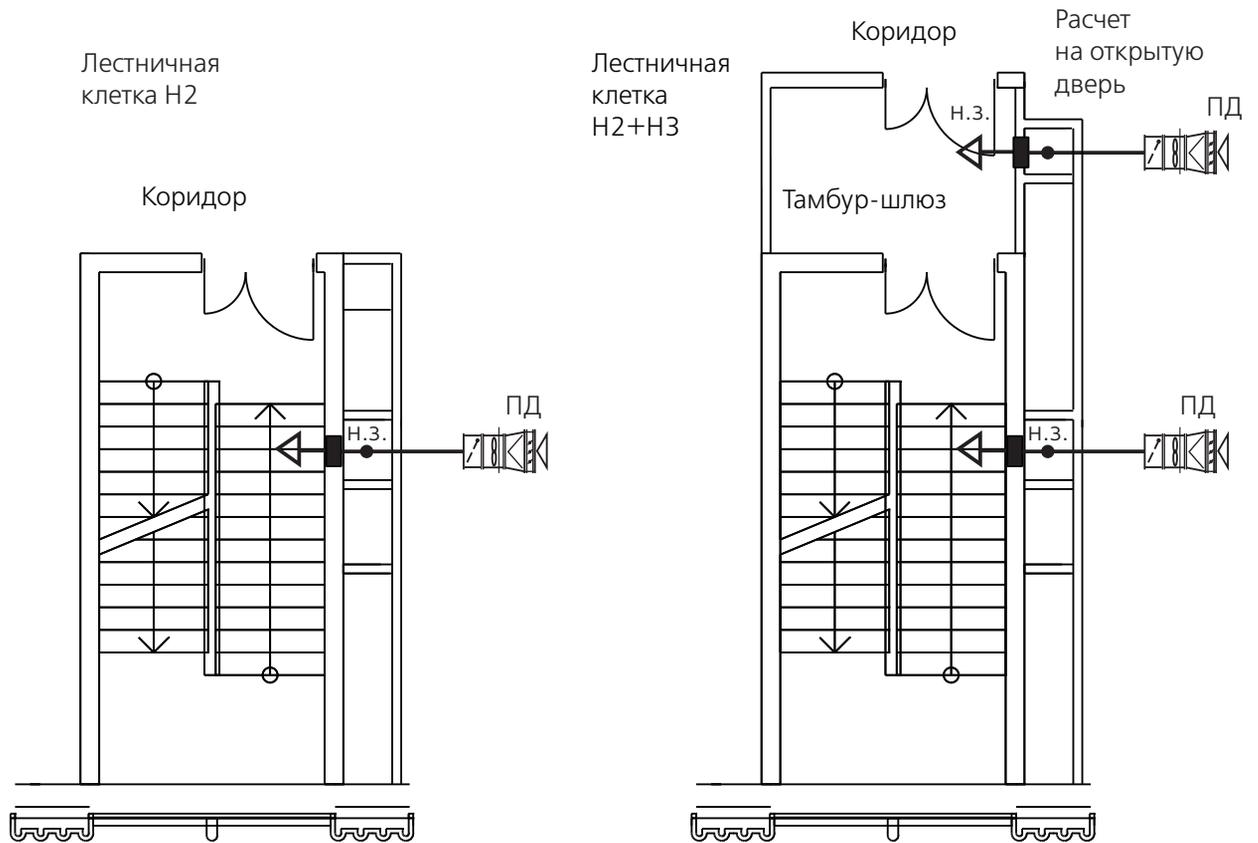
7.8 Длина коридора, приходящаяся на одно дымоприемное устройство, должна составлять не более 45 м при прямолинейной конфигурации коридора, не более 30 м при угловой конфигурации коридора, не более 20 м при кольцевой (замкнутой) конфигурации коридора

<...>

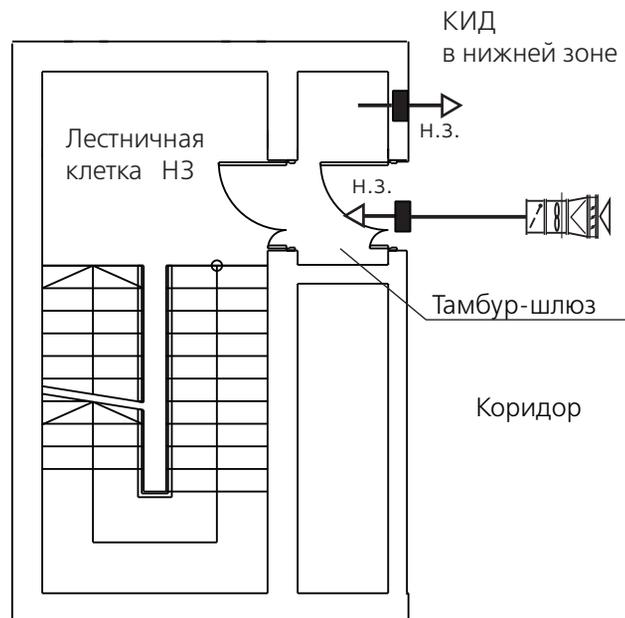
7.14 Подачу наружного воздуха при пожаре системами приточной противодымной вентиляции следует предусматривать...

в) в незадымляемые лестничные клетки типа Н2;

<...>

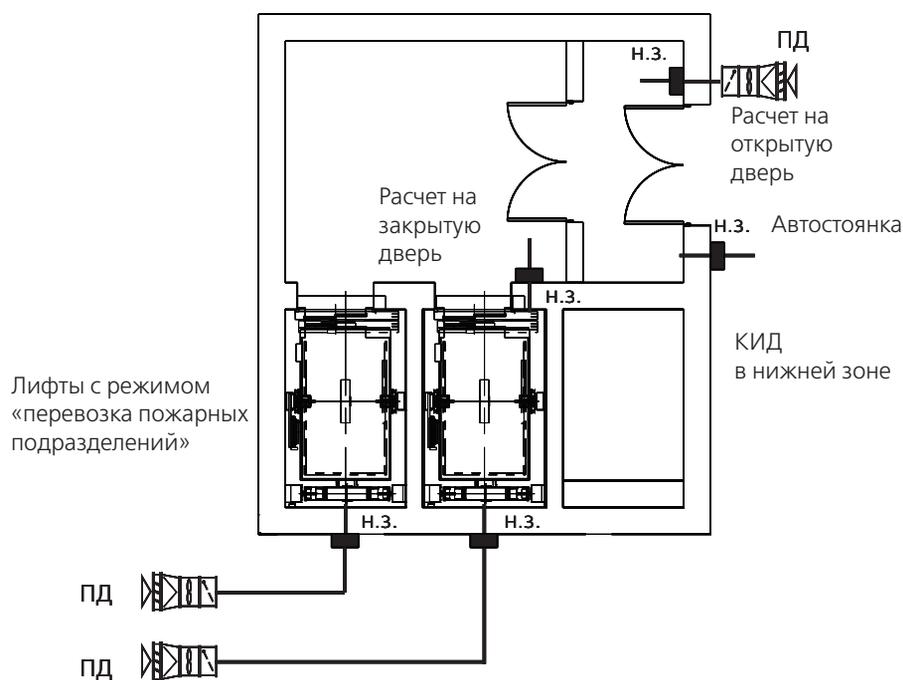


г) в тамбур-шлюзы при незадымляемых лестничных клетках типа НЗ...

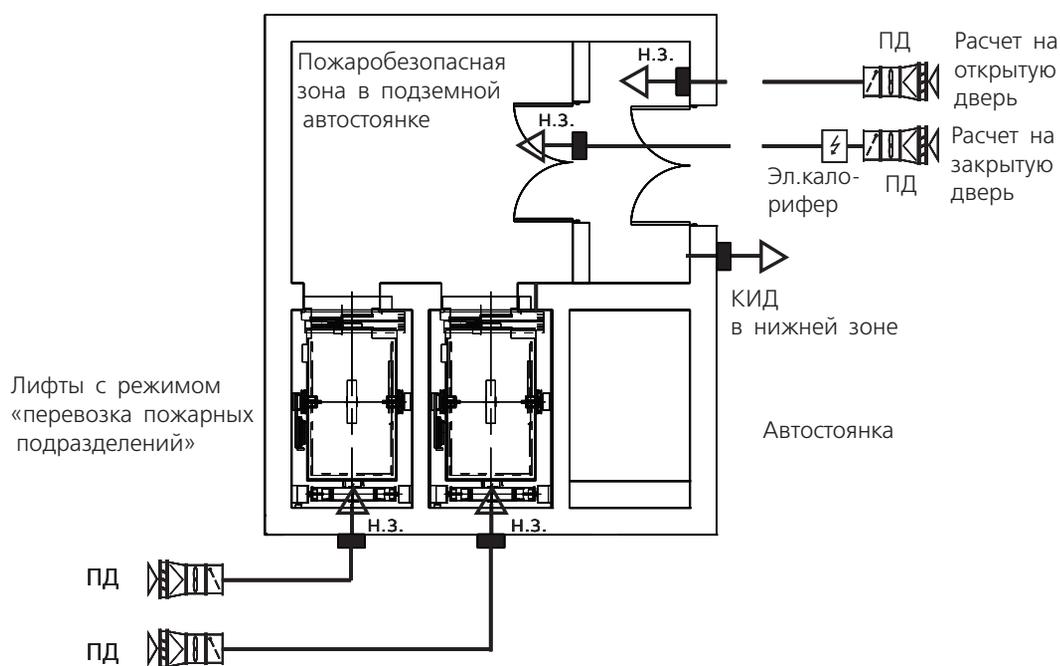


д) в тамбур-шлюзы, парно-последовательно расположенные при выходах из лифтов в помещения хранения автомобилей подземных автостоянок...

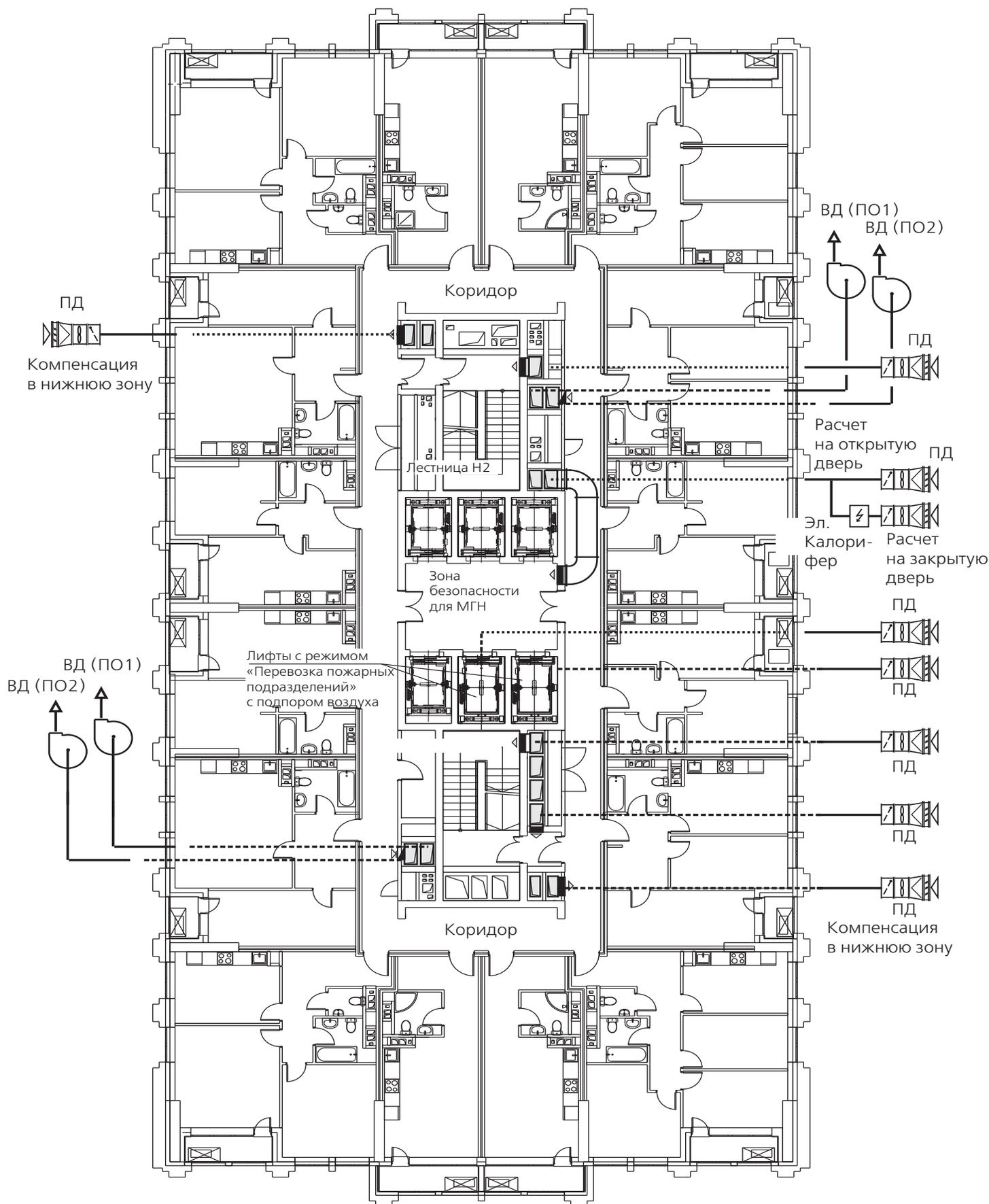
<...>



р) в помещения безопасных зон.



Пример решения противодымной защиты этажа жилого дома с 2 пожарными отсеками по высоте с расположением шахт и оборудования (вентиляторы ПД показаны условно только для верхнего ПО)



Проведение приемосдаточных и периодических испытаний систем приточно-вытяжной противодымной вентиляции

Область применения

1.1. Настоящее приложение разработано на основе эмпирических методов исследований и спектра выявленных замечаний в ходе детального ознакомления с действующими нормативными документами по пожарной безопасности:

ГОСТ Р 53300-2009 «Противодымная защита зданий и сооружений. Методы приемосдаточных и периодических испытаний»,

ГОСТ Р 53297-2009 «Лифты пассажирские и грузовые. Требования пожарной безопасности»,

Р НП «АВОК» 5.5.1-2015 «Расчет параметров систем противодымной защиты жилых и общественных зданий»,

СП 7.13130.2013 «Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности»,

ГОСТ 34060-2017 «Инженерные сети зданий и сооружений внутренние. Испытания и наладка систем вентиляции и кондиционирования воздуха».

Настоящая методическая документация устанавливает порядок, периодичность проведения приемосдаточных и периодических испытаний систем противодымной вентиляции зданий и сооружений различного назначения (далее-зданий).

Результаты, определенные по настоящим рекомендациям, предназначены для оценки технического состояния систем противодымной вентиляции на объектах нового строительства и реконструкции, а также на эксплуатируемых зданиях.

1.2. Методические рекомендации предназначены для использования в практической деятельности инспекторов УГПН главных управлений МЧС России по субъектам Российской Федерации, пусконаладочных организаций и предприятий осуществляющих лицензированную деятельность по техническому обслуживанию противодымной защиты зданий.

Исходные данные

Испытания основных параметров противодымной вентиляции зданий осуществляется на основании проектных решений в составе комплекта чертежей проектной документации, соответствующих требованиям пожарной безопасности.

Проектные значения объема удаляемых продуктов горения системами вытяжной противодымной вентиляции необходимо пересчитать на параметры объема удаляемого воздуха при фактической температуре окружающей среды во время испытаний.

Периодичность и состав испытаний

Приемосдаточные испытания систем приточно-вытяжной противодымной вентиляции выполняются при вводе в эксплуатацию объектов нового строительства и реконструкции.

Перечень показателей, контролируемых при приемосдаточных испытаниях систем приточно-вытяжной противодымной вентиляции, представлен в табл. 1.

Таблица 1.

№ п/п	Параметр оценки	Методика контроля параметра	Способ контроля
1	Фактические расходы воздуха, удаляемого системами вытяжной противодымной вентиляции через дымоприёмные устройства непосредственно из помещений	Количественная оценка	Согласно расчетным значениям по п.7.5
2	То же - из коридоров (холлов), расположенных на путях эвакуации	То же	То же
3	То же - из помещений, защищенных установками газового аэрозольного и порошкового пожаротушения	То же	Не менее 4-х кратного воздухообмена 1*

4	Фактические значения избыточного давления в незадымляемых лестничных клетках типа Н2 (секциях лестничных клеток).	То же	В диапазоне 20... 150 Па
5	То же - в шахтах лифтов	То же	В диапазоне 20... 70 Па 2*
6	То же - в тамбур-шлюзах с защитой приточной противодымной вентиляцией при одной открытой двери с нормируемой скоростью истечения воздуха	То же	В диапазоне 20... 150 Па; не менее 1,3 м/с в проеме двери
7	То же - в тамбур-шлюзах с защитой приточной противодымной вентиляцией при закрытых дверях	То же	В диапазоне от 20 до 150 Па; 3*
8	То же - в помещениях безопасных зон с защитой приточной противодымной вентиляцией при одной открытой двери с нормируемой скоростью истечения	То же	В диапазоне от 20 до 150 Па; не менее 1,5 м/с в проеме двери
9	То же - в помещениях безопасных зон с защитой приточной противодымной вентиляцией при закрытых дверях с нормативно необходимым согласно [1] подогревом воздуха	То же	В диапазоне от 20 до 150 Па; не менее +5 °С в объеме защищаемого помещения
10	Фактические значения скорости истечения воздуха через сопловые аппараты воздушных завес над воротами изолированных рампы подземных автостоянок	То же	Не менее 10 м/с при нормируемых по [1] величинах начальной толщины и ширины истекающей из соплового аппарата воздушной струи
11	Фактические расходы компенсирующей подачи воздуха системами приточной противодымной вентиляции в нижнюю часть помещений или коридоров	То же	По условиям обеспечения материального баланса при нормативно допусаемом по [1] отрицательном дисбалансе не более 15 %

В ходе приемосдаточных испытаний должны проверяться показатели и характеристики, представленные в пунктах 1-11 таблицы 1.

Требуемые параметры систем приточно-вытяжной противодымной вентиляции должны приниматься на основании вентиляционных паспортов, выполненных в установленном порядке организацией, осуществляющей наладку систем по данным проектной документации.

Периодические испытания систем приточно-вытяжной противодымной вентиляции должны производиться не реже одного раза в 2 года.

При проведении периодических испытаний должны подлежать контролю не менее 30% от общего количества систем приточно-вытяжной противодымной вентиляции, выделенных методом случайного выбора (относится исключительно к компетенции инспектора МЧС РФ).

Порядок и последовательность проведения приемосдаточных и периодических испытаний

Приемосдаточные испытания проводятся после завершения монтажа, обкатки вентагрегатов, регулировки инженерного оборудования, проведения работ по обеспечению нормативных пределов огнестойкости воздуховодов и оборудования, паспортизации систем.

При испытаниях инициирование действия систем приточно-вытяжной противодымной вентиляции должно производиться наладочной организацией в требуемом сочетании взаимодействия всех систем противопожарной защиты здания.

Системы приточно-вытяжной противодымной вентиляции при испытаниях необходимо включать согласно программе, разработанной проектной организацией (техническим заказчиком или лицом, осуществляющим строительство).

Запуск систем приточно-вытяжной противодымной вентиляции и компенсации, подпора воздуха в лифты, тамбур-шлюзы, лестничные клетки и зоны безопасности в обязательном порядке необходимо делать по программе работы систем приточно-вытяжной противодымной вентиляции здания с замерами силы тока каждого вентилятора. Расхождение показаний не должно превышать 10% значений номинального тока, указанных на двигателе (п. 7.6.2. СП 73 13330).

Замеры количества удаляемого и поступающего воздуха необходимо выполнять при одновременной работе всех систем приточно-вытяжной противодымной вентиляции согласно программе, разработанной проектной организацией.

В проектной документации должна быть указана расчетная температура удаляемых продуктов горения каждой системы вытяжной противодымной вентиляции, предназначенной для удаления продуктов горения (п.7.4 СП 7.13130, п.4.2.3.10 Р НП «АВОК» 5.5.1-2015).

При отсутствии данных о порядке срабатывания систем приточно-вытяжной противодымной вентиляции допускается инициировать работу систем в автоматическом режиме управления при предварительном обесточивании электроприемников систем автоматического пожаротушения, пожарной сигнализации, речевого оповещения и т.п.

Контроль фактических параметров систем вытяжной противодымной вентиляции должен производиться на дымоприемных устройствах наиболее удаленных от вентиляторов участках сетей.

При контроле фактических параметров систем приточно-вытяжной противодымной вентиляции, указанных в 4.8, все двери помещений (тамбуров, холлов, вестибюлей, коридоров), расположенных по ходу эвакуации от лестничной клетки до наружного выхода, должны быть открыты.

В надземных незадымляемых лестничных клетках типа Н2 измерения избыточного давления должны выполняться в 2 этапа:

все двери лестничной клетки закрыты, измерения производятся на закрытых дверях нижнего и верхнего этажей;

все двери лестничной клетки закрыты, за исключением двери на этаже, ведущем из здания наружу. Измерения производятся на закрытой двери смежного этажа, расположенного выше от этажа, оборудованного выходом из здания наружу.

В подземных незадымляемых лестничных клетках типа Н2 измерения избыточного давления должны выполняться в 2 этапа:

все двери лестничной клетки закрыты, измерения производят на закрытых дверях нижнего и верхнего этажей;

все двери лестничной клетки закрыты, за исключением двери на этаже, ведущем из здания наружу. Измерения производятся на закрытой двери смежного этажа, расположенного ниже от этажа, оборудованного выходом из здания наружу.

Определение избыточного давления в лифтовых шахтах, связывающих надземные этажи, должно производиться на двери смежного вышележащего этажа по отношению к основному посадочному этажу. В лифтовых шахтах, связывающих подземные этажи, на двери смежного нижележащего этажа по отношению к основному посадочному этажу.

В лифтовых шахтах, обеспечивающих связь надземных и подземных (в т.ч. цокольных) этажей, подлежат измерению значения избыточного давления на ниже- и вышележащих смежных этажах по отношению к основному посадочному этажу.

При контроле фактических параметров систем приточной противодымной вентиляции, согласно пункта 4.10, лифт должен находиться на «основном посадочном этаже», двери кабины и шахты лифта должны быть открыты.

Измерение избыточного давления в шахтах лифтов на подземных (в т.ч. цокольных) этажах должно производиться при открытых дверях лифтовых холлов.

Измерение избыточного давления в тамбур-шлюзах должно производиться на закрытых дверях по отношению к имитируемому задымленному помещению.

При наладке систем подпора воздуха в тамбур-шлюзы необходимо в обязательном порядке предусматривать установку клапана избыточного давления.

Для определения скорости истечения воздуха через открытый дверной проем тамбур-шлюза, измерения должны производиться в плоскости двери или на воздухоприточном устройстве системы приточной противодымной вентиляции. Допускается производить вышеуказанные измерения в сечении канала трубкой Пито в соответствии с положениями ГОСТ 12.3.018-79 «ССБТ. Системы вентиляционные. Методы аэродинамических испытаний», далее по тексту ГОСТ 12.3.018-79 [2]. Перерасчет полученных результатов должен производиться в соответствии с разделом 7 настоящих рекомендаций.

Все измерения систем приточно-вытяжной противодымной вентиляции должны производиться при закрытых оконных проемах.

Декоративные и защитные решетки дымоприемных устройств, изменяющие направление движения потока воздуха, перед началом испытаний подлежат демонтажу.

Все измерения проводятся не менее чем через 5 мин после запуска систем и выхода их на стационарный режим.

Количество измерений скорости воздуха должно быть не менее 6 для крыльчатых анемометров.

Точки измерения анемометрами в мерном сечении должны быть равноудалены друг от друга.

Допустимая величина невязки фактических параметров по отношению к значениям, указанным в вентиляционных паспортах, для систем вытяжной противодымной вентиляции должна составлять не более 15 %.

Требования к организациям, осуществляющим проведение приемосдаточных и периодических испытаний

К осуществлению работ по проведению приемосдаточных и периодических испытаний систем приточно-вытяжной противодымной вентиляции допускаются организации всех видов собственности, соответствующие следующим требованиям:

- наличие лицензии МЧС на осуществление деятельности по монтажу, техническому обслуживанию, ремонту систем дымоудаления и противодымной вентиляции, включая диспетчеризацию и проведение пусконаладочных работ;
- наличие аттестованного измерительного оборудования 1-го класса точности, зарегистрированного в Государственном реестре средств измерений и имеющего ежегодные отметки о прохождении Государственной поверки;
- наличие квалифицированного инженерного персонала, обладающего соответствующими знаниями и значительным опытом работы в данной сфере.

Методика, приборы и средства измерений.

Все измерения при проведении приемосдаточных и периодических испытаниях систем противодымной защиты должны осуществляться с соблюдением требований ГОСТ 12.3.018-79 [2].

Расход воздуха, удаляемого систем приточно-вытяжной противодымной вентиляции, скорость истечения воздуха через дымоприёмное устройство, открытый дверной проём тамбур-шлюзов измеряется крыльчатыми анемометрами класса точности не ниже 1,0.

Перепад давлений в лестничных клетках, лифтовых шахтах, тамбур-шлюзах, лифтовых холлах измеряется дифференциальным манометром класса точности не ниже 1,0.

Анемометры, дифференциальные манометры, применяемые при испытаниях, должны быть зарегистрированы в Государственном реестре средств измерений, иметь свидетельства с отметками о ежегодном прохождении Государственной поверки.

Дифференциальные манометры укомплектовываются двумя шлангами необходимой длины в зависимости от условий измерений. Внутреннее сечение шланга подбирается по внешнему диаметру приемника давления.

Обработка результатов измерений.

7.1. По результатам всех измерений определяются среднеарифметические значения N измеряемых параметров:

$$N = \sum N_i / n \quad (1)$$

где: N_i – текущее значение измеряемого параметра в i -м измерении;

n – количество измерений.

7.2. Фактический расход воздуха, удаляемого и подаваемого системами приточно-вытяжной противодымной вентиляции, определяется по формуле:

$$L_{\text{выт}} = V_{\text{выт}} F_{\text{выт}} 3600 \quad (2)$$

$$L_{\text{прит}} = V_{\text{прит}} F_{\text{прит}} 3600 \quad (3)$$

где: $L_{\text{выт}}, L_{\text{прит}}, \text{м}^3/\text{ч}$ – расход воздуха в воздухозаборном, воздухоприточном устройстве соответственно;
 $F_{\text{выт}}, F_{\text{прит}}, \text{м}^2$ – площадь проходного сечения дымоприёмного и/или воздухоприточного устройства соответственно;

$V_{\text{выт}}, V_{\text{прит}}, \text{м}/\text{с}$ – среднее (по 7.1) значение скорости движения воздуха в воздухозаборном и/или воздухоприточном устройстве соответственно.

7.3. Скорость истечения воздуха через открытый дверной проём определяется по формуле:

$$V_{\text{дв}} = L_{\text{прит}} / F_{\text{дв}} \cdot 3600 \quad (4)$$

где: $V_{\text{дв}}$ – средняя скорость истечения приточного воздуха через открытый дверной проём тамбур-шлюза, м/с;

$F_{\text{дв}}$ – площадь двери (большей створки), м²

7.4. Плотность перемещаемого при аэродинамических испытаниях воздуха, определяется по формуле

$$\rho_0 = 353 / (273 + t) \quad (5)$$

где t – температура перемещаемого воздуха, °С

ρ_0 – плотность воздуха перемещаемого при аэродинамических испытаниях, кг/м³

7.5. Пересчет объема удаляемых продуктов горения на объем удаляемого воздуха при аэродинамических испытаниях системой вытяжной противодымной вентиляции по температуре удаляемых продуктов горения производится по формуле

$$L_{\text{в}} = L_{\text{п.г.}} \cdot \rho_{\text{п.г.}} / \rho_0 \quad (6)$$

где: $L_{\text{в}}$ – необходимое количество удаляемого воздуха при аэродинамических испытаниях, м³/час;

$\rho_{\text{п.г.}}$ – расчетная проектная плотность удаляемых продуктов горения, кг/м³ ;

ρ_0 – плотность воздуха перемещаемого при аэродинамических испытаниях, кг/м³ .

Форма паспорта системы противодымной вентиляции

Наименование ведомства, наладочной организации

Паспорт системы противодымной вентиляции

(наименование объекта)

Наименование установки	
Назначение установки	
Место установки	
Установка обслуживает	
Время действия установки	
Заводской номер	
Замеры производились при температуре воздуха	
Плотность воздуха	

Основные технические характеристики оборудования системы

Вентилятор

Данные	Тип установки	Модификация вентилятора	Диаметр раб. колеса мм	Производительность м ³ /ч	Полное давление кг/м ²	Частота вращения об/мин	Диаметр шкива мм
Проектные							
Фактические							

Электродвигатель

Данные	Тип	Мощность кВт	Частота вращения об/мин	Диаметр колеса, мм	Тип передачи
Проектные					
Фактические					

Калорифер

Данные	Тип и №	Кол.	Сопротивление по воздуху Па	Вид теплоносителя	Температура воздуха		Теплопроизводительность, кВт
					до	после	
Проектные							
Фактические							

Схемы систем противодымной вентиляции

Примечания:

1. На схемах указывают расположение мест измерений.
2. На схемах указывают выявленные отклонения от ПД (РД) и их согласование с проектной организацией.

Выводы _____

Техническое испытание
установки произведено

Заключение о работе
установки

Представитель Заказчика

(Ф.И.О. подпись, дата)

Представитель монтажной
организации

(Ф.И.О. подпись, дата)

Представитель наладочной
организации

(Ф.И.О. подпись, дата)

Приложение Б

Форма протокола приемосдаточных и периодических испытаний

Наименование ведомства, наладочной организации

Протокол

Приемо-сдаточных (периодических) аэродинамических испытаний

- 1 Объект приемки _____
- 2 Цель приемки _____
- 3 Метод приемки _____
- 4 Процедура приемки _____
- 5 Результаты приемки _____

Перечень показателей, подлежащих оценке, и результаты оценки (таблица 1).

Таблица 1

№ п/п	Параметр оценки	Методика контроля параметра	Допустимое значение	Заключение о соответствии
1	Фактические расходы воздуха, удаляемого системами вытяжной противодымной вентиляции через дымоприёмные устройства непосредственно из помещений	Количественная оценка	Согласно расчетным (проектным) значениям	
2	То же - из коридоров (холлов), расположенных на путях эвакуации	То же	То же	
3	То же - из помещений, защищенных установками газового аэрозольного и порошкового пожаротушения	То же	Не менее 4-х кратного воздухообмена поровну из верхней и нижней зон	

4	Фактические значения избыточного давления в незадымляемых лестничных клетках типа Н2 (секциях лестничных клеток).	То же	В диапазоне 20.. 150 Па	
5	То же - в шахтах лифтов	То же	В диапазоне 20.. 70 Па	
6	То же - в тамбуршлюзах с защитой приточной противодымной вентиляцией при одной открытой двери с нормируемой скоростью истечения воздуха	То же	В диапазоне 20..150 Па; V не менее 1,3 м/с в проеме двери	
7	То же - в тамбуршлюзах с защитой приточной противодымной вентиляцией при закрытых дверях	То же	В диапазоне от 20 до 150 Па	
8	То же - в помещениях безопасных зон с защитой приточной противодымной вентиляцией при одной открытой двери с нормируемой скоростью истечения	То же	В диапазоне от 20 до 150 Па; V не менее 1,5 м/с в проеме двери	
9	То же - в помещениях безопасных зон с защитой приточной противодымной вентиляцией при закрытых дверях с нормативно необходимым согласно [1] подогревом воздуха	То же	В диапазоне от 20 до 150 Па; Твн. не менее +5°С в объеме защищаемого помещения	
10	Фактические значения скорости истечения воздуха через сопловые аппараты воздушных завес над воротами изолированных рампы подземных автостоянок	То же	V не менее 10 м/с при нормируемых по величинах начальной толщины и ширины истекающей из соплового аппарата воздушной струи	
11	Фактические расходы компенсирующей подачи воздуха системами приточной противодымной вентиляции в нижнюю часть помещений или коридоров	То же	Согласно расчетным (проектным) значениям	

Основные результаты испытаний систем вытяжной противодымной вентиляции (табл. 2)
Таблица 2

№ п/п	Проектное обозначение	Тип	Функциональное назначение	Основные параметры		Невязка, %
				проектные	фактические	
				расход, м ³ /ч	расход, м ³ /ч	

Основные результаты испытаний систем приточной противодымной вентиляции (табл. 3)
Таблица 3

№ п/п	Проектное обозначение	Тип	Функциональное назначение	Основные параметры				Заключение о соответствии
				проектные		фактические		
				давление, Па	скорость, м/с	давление, Па	скорость, м/с	

Выводы _____

Протокол составил _____

(Ф.И.О. подпись, дата)

Библиография

- [1] Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности
- [2] Свод правил СП 1.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы
- [3] Свод правил СП 2.13130.2012 Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты
- [4] Свод правил СП 3.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности
- [5] Свод правил СП 4.13130.2013 Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям
- [6] Свод правил СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования
- [7] Свод правил СП 7.13130.2013 Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности
- [8] Разумов Н. Н. Рекомендации по расчету вентиляционных устройств противодымной защиты жилых зданий / Н. Н. Разумов, И. С. Шапавалов, И. Т. Светашов. – М.: ЦНИИЭП жилища, 1973
- [9] Рекомендации по расчету вентиляционных систем противодымной защиты жилых зданий повышенной этажности / Н. Н. Разумов и др. – М.: Стройиздат, 1985
- [10] Рекомендации по расчету вентиляционных систем противодымной защиты общественных зданий / Б. В. Грушевский и др. – М.: Стройиздат, 1987
- [11] Инструкция по эксплуатации и ремонту автоматизированных систем противопожарной защиты в жилых домах повышенной этажности / С. И. Мухин и др. – М.: Стройиздат, 1988
- [12] Нормы противопожарной безопасности НПБ 240–97 Противодымная защита зданий и сооружений. Методы приемосдаточных и периодических испытаний
- [13] Государственный стандарт России ГОСТ Р 53300–2009 Противодымная защита зданий и сооружений. Методы приемосдаточных и периодических испытаний
- [14] National Fire Codes NFPA 92B (2005) Smoke Management Systems in Malls, Atria and Large Areas
- [15] Методические документы в строительстве МДС 41-1.99 Рекомендации по противодымной защите при пожаре (к СНиП 2.04.05–91*)
- [16] Пожарная профилактика в строительстве / под. ред. В. Ф. Кудаленкина. – М.: ВИПТШ МВД СССР, 1985
- [17] Молчадский И. С. Пожар в помещении / И. С. Молчадский. – М.: ВНИИПО, 2005

УДК 614.841.4 : 697.922 (083.74)

Ключевые слова: система противодымной защиты, система дымоудаления, незадымленная зона, продукты горения, вентилятор дымоудаления, противопожарный клапан, воздушная противодымная завеса

Руководитель проекта *М. М. Бродач*
Редактор *П. А. Корсунская*
Ответственный за производство *А. Г. Жучков*
Корректор *Н. О. Рычкова*
Компьютерная верстка *Г. Р. Арифалин*

Подписано в печать 01.12.2014. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Фрисет-С.
Печать офсетная. Тираж 1000 экз.

ООО ИИП «АВОК-ПРЕСС»
127051, Москва, а/я 141, «АВОК-ПРЕСС»
www.abok.ru, www.abokbook.ru, e-mail: book@abok.ru
Тел.: (495) 621-80-48, 621-64-29

ISBN 978-5-98267-092-2



9 785982 670922 >