

**ПРОТИВОДЫМНАЯ ЗАЩИТА
ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПРИ ПОЖАРЕ.
СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ**

**Строительные нормы
и правила проектирования**

**СУПРАЦЬДЫМНАЯ АБАРОНА
БУДЫНКАЎ І ЗБУДАВАННЯЎ ПРЫ ПАЖАРЫ.
СІСТЭМЫ ВЕНТЫЛЯЦЫІ**

**Будаўнічыя нормы
і правілы праектавання**

Издание официальное

Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь
Минск 2013

Предисловие

Цели, основные принципы, положения по государственному регулированию и управлению в области технического нормирования и стандартизации установлены Законом Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации».

1 РАЗРАБОТАН научно-проектно-производственным республиканским унитарным предприятием «Стройтехнорм» (РУП «Стройтехнорм»), техническим комитетом по стандартизации в области архитектуры и строительства «Теплоэнергетическое оборудование зданий и сооружений» (ТКС 06).

Автор: Павелко В. И.

ВНЕСЕН главным управлением архитектурной, научной и инновационной политики Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 12 декабря 2012 г. № 397

В Национальном комплексе технических нормативных правовых актов в области архитектуры и строительства настоящий технический кодекс установившейся практики входит в блок 4.02 «Теплоснабжение и холодоснабжение, отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»

3 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ (с отменой СНБ 4.02.01-03 в части требований по проектированию систем вентиляции, предназначенных для противодымной защиты зданий и сооружений при пожаре, и ТКП 45-3.02-25-2006 «Гаражи-стоянки и стоянки автомобилей. Нормы проектирования» в части требований по проектированию противодымной защиты)

© Минстройархитектуры, 2013

Настоящий технический кодекс установившейся практики не может быть воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь

Содержание

1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	2
3 Термины и определения.....	3
4 Общие положения.....	5
5 Противодымная защита коридоров и холлов.....	6
6 Противодымная защита помещений.....	12
7 Противодымная защита лифтовых шахт, лестничных клеток, тамбур-шлюзов и отделений лифтов.....	21
8 Противодымная защита в гаражах-стоянках.....	39
9 Воздуховоды систем противодымной защиты.....	45
10 Регулирование систем дымоудаления	46
Приложение А (справочное) Примеры расчетов к разделу 5.....	48
Приложение Б (справочное) Примеры расчетов к разделу 6.....	52
Приложение В (справочное) Примеры расчетов к разделу 7.....	58
Приложение Г (справочное) Примеры расчетов к разделу 8.....	61
Библиография	69

ТЕХНИЧЕСКИЙ КОДЕКС УСТАНОВИВШЕЙСЯ ПРАКТИКИ

**ПРОТИВОДЫМНАЯ ЗАЩИТА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПРИ ПОЖАРЕ.
СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ****Строительные нормы и правила проектирования****СУПРАЦЬДЫМНАЯ АБАРОНА БУДЫНКАЎ І ЗБУДАВАННЯЎ ПРЫ ПАЖАРЫ.
СІСТЭМЫ ВЕНТЫЛЯЦЫІ****Будаўнічыя нормы і правілы праектавання**

Protection against a smoke of buildings and constructions at a fire.

Systems of ventilation

Building design codes

Дата введения 2013-06-01

1 Область применения

Настоящий технический кодекс установившейся практики (далее — технический кодекс) распространяется на проектирование систем вентиляции, предназначенных для противодымной защиты зданий и сооружений при пожаре (далее — противодымной вентиляции).

Требования настоящего технического кодекса применяются при разработке проектной документации на новое строительство, реконструкцию и ремонт, техническое перевооружение, изменение функционального назначения, а также при техническом обслуживании, эксплуатации зданий всех классов по функциональной пожарной опасности.

Настоящий технический кодекс не распространяется на проектирование:

- а) систем противодымной защиты убежищ, сооружений, предназначенных для работ с радиоактивными веществами, источниками ионизирующих излучений;
- б) объектов подземных горных работ и помещений, в которых производят, хранят или применяют взрывчатые вещества;
- в) дымоудаления из помещений сцены культурно-зрелищных учреждений (театров, кинотеатров, клубов), предусмотренного ТКП 45-2.02-92.

Выполняя требования настоящего технического кодекса и других технических нормативных документов по пожарной безопасности необходимо тщательно проанализировать условия проектирования инженерных систем (вентиляции, кондиционирования воздуха, противодымной защиты), в каждом конкретном случае принять технические решения, обеспечивающие необходимые меры по предупреждению распространения пожаров, безопасность путей эвакуации, безопасную работу пожарных.

Системы противодымной вентиляции необходимо проектировать высокого качества с применением новейшего вентиляционного оборудования — надежного в работе, простого в эксплуатации и удовлетворяющего требованиям ремонтпригодности.

Проектные решения по противодымной вентиляции следует принимать в тесной увязке с архитектурно-планировочными и конструктивными решениями.

Следует также проводить анализ принимаемых технических решений, проектируемых систем и требуемых для них капитальных вложений и последующих эксплуатационных затрат.

2 Нормативные ссылки

В настоящем техническом кодексе использованы ссылки на следующие технические нормативные правовые акты в области технического нормирования и стандартизации (далее — ТНПА):¹⁾

ТР 2009/013/ВУ Здания и сооружения, строительные материалы и изделия. Безопасность

ТКП 1.5-2004 (04100) Система технического нормирования и стандартизации Республики Беларусь. Правила построения, изложения, оформления и содержания технических кодексов установившейся практики и государственных стандартов

ТКП 45-2.02-22-2006 (02250) Здания и сооружения. Эвакуационные пути и выходы. Правила проектирования

ТКП 45-3.02-25-2006 (02250) Гаражи-стоянки и стоянки автомобилей. Нормы проектирования

ТКП 45-2.02-34-2006 (02250) Здания и сооружения. Отсеки пожарные. Нормы проектирования

ТКП 45-3.02-90-2008 (02250) Производственные здания. Строительные нормы проектирования

ТКП 45-4.02-91-2009 (02250) Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. Строительные нормы проектирования

ТКП 45-2.02-92-2007 (02250) Ограничение распространения пожара в зданиях и сооружениях. Объемно-планировочные и конструктивные решения. Строительные нормы проектирования

ТКП 45-2.02-110-2008 (02250) Строительные конструкции. Порядок расчета пределов огнестойкости

ТКП 45-2.02-142-2011 (02250) Здания, строительные конструкции, материалы и изделия. Правила пожарно-технической классификации

ТКП 45-2.02-190-2010 (02250) Пожарная автоматика зданий и сооружений. Строительные нормы проектирования

ТКП 45-3.02-209-2010 (02250) Административные и бытовые здания. Строительные нормы проектирования

ТКП 45-3.02-230-2010 (02250) Дома жилые многоквартирные и блокированные. Строительные нормы проектирования

ТКП 45-2.02-242-2011 (02250) Ограничение распространения пожара. Противопожарная защита населенных пунктов и территорий предприятий. Строительные нормы проектирования

СТБ 11.0.02-95 Система стандартов пожарной безопасности. Пожарная безопасность. Общие термины и определения

СТБ 11.0.03-95 Система стандартов пожарной безопасности. Пассивная противопожарная защита. Термины и определения

СТБ 11.0.04-95 Система стандартов пожарной безопасности. Организация тушения пожаров. Термины и определения

СТБ 11.05.03-2010 Система стандартов пожарной безопасности. Пожарная безопасность технологических процессов. Методы оценки и анализа пожарной опасности. Общие требования

СТБ 11.14.01-2006 Система стандартов пожарной безопасности. Системы пожарной сигнализации. Приборы управления пожарные. Общие технические условия

ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования

ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности

ГОСТ 12.1.033-81 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Термины и определения

ГОСТ 12.1.044-89 Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения

ГОСТ 30494-96 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях

СНБ 2.02.02-01 Эвакуация людей из зданий и сооружений при пожаре

СНБ 4.02.01-03 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха

СНБ 5.08.01-2000 Кровли. Технические требования и правила приемки.

¹⁾ СНБ имеют статус технического нормативного правового акта на переходный период до их замены техническими нормативными правовыми актами, предусмотренными Законом Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации».

Примечание — При пользовании настоящим техническим кодексом целесообразно проверить действие ТНПА по Перечню технических нормативных правовых актов в области архитектуры и строительства, действующих на территории Республики Беларусь, и каталогу, составленным по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочные ТНПА заменены (изменены), то при пользовании настоящим техническим кодексом следует руководствоваться замененными (измененными) ТНПА. Если ссылочные ТНПА отменены без замены, то положение, в котором дана ссылка на них, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем техническом кодексе применяются термины, установленные в ТКП 45-2.02-22, СТБ 11.0.02 – СТБ 11.0.04, ГОСТ 12.1.005, ГОСТ 12.1.033, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 аэрозоль: Дисперсная система с воздухом и твердой или жидкой дисперсной фазой, частицы которых могут неопределенно долгое время находиться во взвешенном состоянии.

Примечание — Наиболее мелкие частицы по размерам приближаются к крупным молекулам, а размеры наиболее крупных частиц достигают от 0,1 до 50 мкм.

3.2 балкон внутренний: По ТКП 45-3.02-209.

3.3 воздушный затвор: Конструктивный элемент этажного ответвления воздуховода от вертикального коллектора, обеспечивающий разворот потока газов (продуктов горения), перемещаемых в последнем, в противоположном (обратном) направлении для предотвращения задымления при пожаре вышележащих этажей.

3.4 вентиляционный выброс: Упорядоченный поток воздуха, удаляемого системой вентиляции с естественным или искусственным побуждением из помещений в атмосферу.

3.5 верхняя зона помещения: Зона помещения, расположенная выше обслуживаемой или рабочей зоны.

3.6 вестибюль: По СНБ 2.02.02.

3.7 взрывоопасная смесь: По СТБ 11.0.02.

3.8 воспламенение: По СТБ 11.0.02.

3.9 вредное вещество: По ГОСТ 12.1.007.

3.10 горючесть: По СТБ 11.0.02.

3.11 группа горючести: По СТБ 11.0.02, ГОСТ 12.1.044.

3.12 дисбаланс: Разность расходов воздуха, подаваемого в помещение (здание) и удаляемого из него системами вентиляции с искусственным побуждением, кондиционирования воздуха и воздушного отопления.

3.13 дымовой клапан: Нормально закрытый противопожарный клапан, имеющий предельное состояние по огнестойкости, характеризуемое только потерей плотности, и подлежащий установке непосредственно в проемах дымовых вытяжных шахт в защищаемых коридорах.

3.14 дымоприемное устройство: Проем или отверстие канала системы вытяжной противодымной вентиляции с установленной в нем сеткой, или решеткой, или дымовым люком, или нормально закрытым противопожарным клапаном.

3.15 дымовой люк (фонарь или фрамуга): Автоматически и дистанционно управляемое устройство, перекрывающее проемы в наружных ограждающих конструкциях помещений, защищаемых вытяжной противодымной вентиляцией с естественным побуждением тяги.

3.16 дымовая зона: Часть помещения, защищаемая автономными системами вытяжной противодымной вентиляции, условно или конструктивно выделенная из объема этого помещения в его верхней части.

3.17 защитное покрытие: По СНБ 5.08.01.

3.18 защитный слой: По СНБ 5.08.01.

3.19 зона дыхания: По ГОСТ 12.1.005.

3.20 категория взрывопожарной (пожарной) опасности: По СТБ 11.0.03.

3.21 коллектор: Участок воздуховода, к которому присоединяются воздухопроводы из двух или большего числа этажей.

3.22 конструктивная противопожарная защита: Инженерные и архитектурные решения по применению в зданиях и сооружениях конструкций с нормируемыми пределами огнестойкости и классами пожарной опасности с учетом функционального назначения зданий и сооружений.

3.23 коэффициент дымообразования: По ГОСТ 12.1.044.

3.24 кладовая: Склад, в котором отсутствуют постоянные рабочие места.

3.25 лифтовый холл: Помещение перед входами в лифты.

3.26 легкобрасываемые конструкции: По СТБ 11.0.03.

3.27 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.

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

3.29 непостоянное рабочее место: По ГОСТ 12.1.005.

3.30 незадымляемая лестничная клетка: По СТБ 11.0.03.

3.31 обслуживаемая зона: По ГОСТ 30494.

3.32 огнестойкость: По ТКП 45-2.02-110.

3.33 огнестойкий воздуховод: По СТБ 11.0.03.

3.34 огнезащитный подвесной потолок: По СТБ 11.0.03.

3.35 огнезащищенное изделие (материал, конструкция): По СТБ 11.0.03.

3.36 пожарная опасность веществ (материалов): По СТБ 11.0.02.

3.37 пожарный отсек: По ТКП 45-2.02-34.

3.38 показатель токсичности продуктов горения: По ГОСТ 12.1.044.

3.39 покровный слой: По ТКП 45-4.02-91

3.40 постоянное рабочее место: По ГОСТ 12.1.005.

3.41 помещение с постоянным пребыванием людей: По ГОСТ 30494.

3.42 помещение с массовым пребыванием людей: По СТБ 11.0.03.

3.43 помещение без естественного проветривания: Помещение без открываемых окон или проемов в наружных стенах или помещение с открываемыми окнами (проемами), расположенными на расстоянии, превышающем пятикратную высоту помещения.

3.44 помещение, не имеющее естественного освещения: Помещение (в том числе коридор), не имеющее окон или световых проемов в наружных ограждающих строительных конструкциях, или с окнами, удаленными от отдельных его участков на расстояние более 15 м.

3.45 предел огнестойкости конструкции: По СТБ 11.0.03.

3.46 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.

3.47 противодымная защита: По СТБ 11.0.03.

3.48 противопожарная дверь: По СТБ 11.0.03.

3.49 противопожарная перегородка: По СТБ 11.0.03.

3.50 противопожарная преграда: По СТБ 11.0.03.

3.51 противопожарная стена: По СТБ 11.0.03.

3.52 противопожарное перекрытие: По СТБ 11.0.03.

3.53 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).

3.54 противопожарный разрыв: По ТКП 45-2.02-242.

3.55 противопожарный пояс: По ТКП 45-2.02-142.

3.56 путь эвакуации: По СТБ 11.0.03.

3.57 пыль: Дисперсная система с воздухом и твердой дисперсной фазой, состоящей из частиц от квазимолекулярного до макроскопического размеров; скорость витания этих частиц — до 10 см/с, а сопротивление их движению относительно среды (воздуха) подчиняется закону Стокса.

3.58 рабочая зона: По ГОСТ 12.1.005.

3.59 распространение пожара: По СТБ 11.0.02.

3.60 резервуар дыма: Дымовая зона, огражденная по периметру негорючими завесами, спускающимися с потолка (перекрытия) до уровня не более 2,5 м от пола, или стационарного исполнения, отстоящих не более 2,5 м от пола.

3.61 резервная система вентиляции (резервный вентилятор): Система (вентилятор), предусматриваемая в дополнение к основной, для автоматического включения при выходе из строя одной из основных систем (вентилятора).

3.62 рециркуляция воздуха: Подмешивание воздуха помещений к наружному воздуху и подача этой смеси в данное или другое помещение.

Примечание — Рециркуляцией не является перемешивание воздуха в пределах одного помещения, в том числе сопровождаемое нагреванием (охлаждением) отопительными (охлаждающими) агрегатами или приборами или вентиляторами-веерами.

3.63 сборный воздуховод: Участок воздуховода, к которому присоединяются воздуховоды, проложенные на одном этаже.

3.64 степень огнестойкости здания (сооружения, пожарного отсека): По СТБ 11.0.03.

3.65 система противодымной вентиляции вытяжная: Автоматически и дистанционно управляемая вентиляционная система, предназначенная для удаления продуктов горения при пожаре через дымоприемное устройство или дымовой люк наружу здания.

3.66 система противодымной вентиляции приточная: Автоматически и дистанционно управляемая вентиляционная система, предназначенная для предотвращения задымления при пожаре помещений зон безопасности, лестничных клеток, лифтовых шахт, тамбур-шлюзов посредством подачи наружного воздуха и создания в них избыточного давления, а также для ограничения распространения продуктов горения и возмещения объемов их удаления.

3.67 тамбур-шлюз: По ТКП 45-2.02-142.

3.68 тепловой замок: Запорный термочувствительный элемент, вскрывающийся при определенном значении температуры.

3.69 транзитный воздуховод: Участок воздуховода, прокладываемый за пределами обслуживаемого им помещения или группы помещений.

3.70 эвакуация (людей при пожаре): По СТБ 11.0.03.

3.71 этаж мансардный: По СНБ 2.02.02.

3.72 этаж подвальный: По ТКП 45-3.02-90.

3.73 этаж цокольный: По ТКП 45-3.02-90.

4 Общие положения

Настоящий технический кодекс разработан в соответствии с ТКП 1.5, действующими требованиями пожарной безопасности и регламентирует порядок расчета основных параметров противодымной вентиляции зданий и сооружений. Данные положения могут быть использованы для расчета параметров противодымной вентиляции зданий и сооружений различного назначения, для которых еще не разработаны соответствующие методики.

Настоящий технический кодекс разработан на основании материалов [1] – [10], и не исключается возможность использования специалистами различного профиля других документов подобного назначения, в том числе новых разработок.

В части автоматизации и электроснабжения систем противодымной защиты должны соблюдаться требования ТКП 45-2.02-190.

Настоящий технический кодекс предназначен для проектных организаций и предприятий, осуществляющих деятельность по разработке и внедрению технических решений по комплексной противопожарной защите зданий и сооружений. Данные технические решения могут быть использованы в деятельности проектных бюро широкого профиля и государственных учреждений соответствующих надзорных органов.

В качестве расчетных условий действия противодымной вентиляции следует принимать возможность возникновения пожара в одном из помещений, на одном этаже здания (пожарного отсека), преимущественно нижнем, как в надземной, так и в подземной его части. Исходное положение оконных проемов — закрытое, дверных — согласно требованиям разделов 5 – 7.

Расчетный период действия противодымной вентиляции должен предусматриваться либо на период эвакуации людей из помещений, с этажа или из здания в целом, либо на время проведения пожарными подразделениями работ по спасению людей, обнаружению и локализации очага пожара.

Проектные объемно-планировочные решения в составе комплекта чертежей архитектурно-строительной части должны соответствовать действующим ТНПА в области пожарной безопасности, в том числе по устройству путей эвакуации и эвакуационных выходов, по пределам огнестойкости основных строительных конструкций и разделению строительной части на отдельные пожарные отсеки. При необходимости, кроме указанных ТНПА, могут использоваться положения разработанных дополнительно специальных технических условий на проектирование противопожарной защиты.

Проектное исполнение строительной части объекта необходимо принимать в соответствии с установленным уровнем качества. Конструкции и оборудование противодымной вентиляции должны соответствовать техническим данным предприятий-изготовителей и ТР 2009/013/ВУ и быть допущены к применению в установленном порядке в Республике Беларусь.

5 Противодымная защита коридоров и холлов

5.1 Системы приточно-вытяжной противодымной вентиляции зданий следует предусматривать для обеспечения безопасной эвакуации людей из здания при пожаре, возникшем в одном из помещений на одном этаже здания (пожарного отсека).

Системы противодымной вентиляции, предназначенные для защиты коридоров, холлов общих путей эвакуации, следует проектировать отдельными от систем, предназначенных для защиты помещений; они 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.

Системы вытяжной противодымной вентиляции для удаления продуктов горения при пожаре следует предусматривать:

а) из коридоров и холлов жилых, общественных, административных и бытовых и многофункциональных зданий (за исключением класса Ф1.3) высотой более 30 м и в зданиях класса Ф1.3 высотой более 30 м. Высота здания — разность отметок от поверхности проезжей части ближайшего к зданию проезда до отметки пола верхнего этажа, не считая технического;

б) из коридоров (тоннелей, бункеров) не имеющих естественного освещения подвальных и цокольных этажей жилых, общественных, административных и бытовых, производственных, складских и многофункциональных зданий при выходах в эти коридоры из помещений, предназначенных для постоянного пребывания людей (независимо от количества людей в этих помещениях);

в) из коридоров длиной более 15 м без естественного освещения зданий с числом этажей два и более: производственных и складских, категорий А, Б и В1 – В4; общественных и многофункциональных;

г) из общих коридоров и холлов зданий различного назначения с незадымляемыми лестничными клетками;

д) из атриумов высотой более 15 м или независимо от высоты при устройстве открытых балконов или галерей во внутреннем пространстве атриумов;

е) из коридоров без естественного освещения жилых зданий, в которых расстояние от двери наиболее удаленной квартиры до выхода непосредственно на лестничную клетку более 12 м.

Допускается проектировать удаление продуктов горения через примыкающий коридор из помещений площадью до 200 м²: производственных, категорий В1 – В3, а также предназначенных для хранения или использования горючих веществ и материалов.

Требование не распространяется на коридор и холл, если из всех помещений, имеющих двери в этот коридор или холл, проектируется непосредственное удаление продуктов горения, а также на коридоры без естественного освещения, если во всех помещениях, имеющих выходы в этот коридор, отсутствуют постоянные рабочие места и на выходах из этих помещений в указанный коридор установлены противопожарные двери в дымогазонепроницаемом исполнении с минимальным сопротивлением дымогазопрооницанию не менее $1,96 \cdot 10^5$ м³/кг; фактическое сопротивление дымогазопрооницанию противопожарных дверей следует определять в соответствии с требованиями ТНПА.

5.2 Системы удаления продуктов горения из коридоров следует проектировать, как правило, с искусственным побуждением. Допускается проектировать удаление продуктов горения для коридоров последнего этажа через открывающиеся фрамуги в окнах (на уровне 2,2 м и выше от пола до низа фрамуг) и проемы в фонарях, дымовые люки или открываемые незадуваемые фонари (в обоих случаях площадью, достаточной для удаления продуктов горения при пожаре), а также через шахты с дымовыми клапанами системами с естественным побуждением.

К одной системе допускается присоединять не более двух дымовых шахт. Дымовые клапаны следует размещать на дымовых шахтах под плоскостью подвесного (подшивного) потолка коридора, имеющего сплошную конструкцию, а в случае отсутствия подвесного (подшивного) потолка — под плоскостью потолка коридора, но не ниже верхнего уровня дверного проема.

Примечание — Допускается устанавливать дымовой клапан за подвесным потолком при обеспечении возможности забора расчетного количества воздуха в нормируемой зоне и доступа для обслуживания дымового клапана.

Допускается присоединять дымовые клапаны к шахтам на ответвлениях, принимая не более двух ответвлений от каждой шахты на этаже. При расчете системы следует принимать: температуру поступающего дыма — 300 °С, удельный вес дыма — 6 Н/м³, плотность дыма — 0,61 кг/м³.

Удаление продуктов горения из поэтажных коридоров в зданиях с незадымляемыми лестничными клетками следует предусматривать через дымовые шахты с искусственным побуждением и дымовыми клапанами, устраиваемыми на каждом этаже из расчета один дымовой клапан на 40 м длины коридора — при условии его установки в центре.

Для каждой шахты дымоудаления следует предусматривать автономный вентилятор.

Радиус действия дымового клапана — не более 20 м.

5.3 Расход продуктов горения G_1 , кг/ч, удаляемых из каждого коридора длиной не более 60 м или холла по защите дверей эвакуационных выходов от проникания дыма за их пределы, следует определять по формулам:

а) для жилых зданий

$$G_1 = 3420BnH^{1.5}; \quad (1)$$

б) для общественных, административных, бытовых и производственных зданий

$$G_1 = 4300BnH^{1.5}K_d, \quad (2)$$

где B — ширина большей из открываемых створок дверей при выходе из коридора или холла на лестничные клетки или наружу, м;

n — коэффициент, зависящий от общей ширины больших створок, открываемых при пожаре из коридора на лестничные клетки или наружу; принимают по таблице 1;

H — высота двери, м; при $H > 2,5$ м следует принимать $H = 2,5$ м;

K_d — коэффициент относительной продолжительности открывания дверей из коридора на лестничную клетку или наружу во время эвакуации людей; следует принимать равным: 1,0 — при эвакуации 25 человек и более через одну дверь; 0,8 — при эвакуации менее 25 человек через одну дверь.

Таблица 1

Здания	Коэффициент n при ширине B , м				
	0,6	0,9	1,2	1,8	2,4
Жилые	1,00	0,82	0,70	0,51	0,41
Общественные, административные, бытовые и производственные	1,05	0,91	0,80	0,62	0,50

5.4 Потери давления в открытом дымовом клапане P_1 , Па, рассчитывают по формуле

$$P_1 = \frac{(\xi_1 + \xi_2) \cdot V_p^2}{2\rho}, \quad (3)$$

где ξ_1 — коэффициент сопротивления входа в дымовой клапан и в шахту; с коленом 90° принимают равным 2,2, с коленом 45° — 1,32;

ξ_2 — коэффициент сопротивления в месте присоединения дымового клапана к шахте или ответвления от нее; принимают по [1];

V_p — массовая скорость дыма в проходном сечении дымового клапана, кг/(с·м²);

ρ — плотность дыма; при температуре 300°C принимают равным $0,61 \text{ кг/м}^3$.

Массовую скорость дыма V_p , кг/(с·м²), в проходном сечении дымового клапана определяют по формуле

$$V_p = G_1/F, \quad (4)$$

где F — проходное сечение дымового клапана, м².

Массовую скорость дыма в проходном сечении дымового клапана рекомендуется принимать от 7 до 10 кг/(с·м²).

5.5 Потери давления на трение и местные сопротивления P_2 , Па, определяют по формуле

$$P_2 = K_{\text{тр}} R_{\text{тр}} K_c l + \sum \xi \frac{V_p^2}{2\rho}, \quad (5)$$

где $K_{\text{тр}}$ — коэффициент, учитывающий содержание в дыме твердых частиц; принимают равным 1,1. Если величина потерь давления на трение $R_{\text{тр}}$ дана в кгс/м², то при расчетах в Па принимается: $K_{\text{тр}} = 1,1 \cdot 9,81 = 10,8$;

$R_{\text{тр}}$ — потери давления на трение, кгс/м², по [1] для эквивалентного диаметра участка воздуховода или шахты, соответствующие значению скоростного давления при массовой скорости дыма или газов на этом участке воздуховода или шахты; допускается принимать по таблице 2;

K_c — коэффициент; принимают: для шахт и воздуховодов из бетона — 1,7, из кирпича — 2,1, для шахт со стенками, оштукатуренными по стальной сетке, — 2,7; для стальных воздуховодов — 1,0. Для других материалов коэффициент определяют по [1] (таблица 22.11 и 22.12);

l — длина шахты или воздуховода, м, включая длину колен, отводов, тройников и др.;

V_p — массовая скорость дыма в воздуховодах и шахтах, кг/(с·м²);

ρ — плотность дыма, кг/м³.

Таблица 2 — Потери давления на трение в стальных воздуховодах

Скоростное давление в воздуховоде или шахте, Па	Потери давления на трение $R_{\text{тр}}$, Па, на 1 м в воздуховодах поперечным сечением, м ²			
	0,25	0,35	0,5	0,7
30	0,98	0,88	0,59	0,59
40	1,27	1,08	0,78	0,69
50	1,57	1,37	0,98	0,88
60	1,86	1,67	1,18	1,08
70	2,16	1,86	1,67	1,18
80	2,45	2,16	1,57	1,37
90	2,75	2,35	1,77	1,57
100	3,04	2,65	1,96	1,67
110	3,33	2,84	2,16	1,86

Окончание таблицы 2

Скоростное давление в воздуховоде или шахте, Па	Потери давления на трение $R_{тр}$, Па, на 1 м в воздуховодах поперечным сечением, м ²			
	0,25	0,35	0,5	0,7
120	3,63	3,14	2,35	1,96
130	3,82	3,33	2,55	2,06
140	4,12	3,63	2,65	2,16
150	4,41	3,82	2,84	2,45
160	4,71	4,02	3,04	2,55
170	5,00	4,41	3,24	2,75
180	5,30	4,61	3,43	2,94
190	5,59	4,81	3,63	3,04
200	6,08	5,30	3,92	3,24

5.6 Расход воздуха, подсасываемого через неплотности закрытого дымового клапана, $G_{к1}$, кг/с, на втором участке определяют по формуле

$$G_{к1} = 0,0112 \cdot (AP)^{0,5}, \quad (6)$$

где A — площадь проходного сечения дымового клапана, м²;

P — потери давления при проходе воздуха через неплотности притворов закрытого дымового клапана, Па.

Потери давления при проходе воздуха через неплотности притворов закрытого дымового клапана принимают по расчету сопротивления первого участка системы: $P = P_1 + P_2$.

5.7 Количество продуктов горения в устье дымовой шахты с учетом подсоса воздуха через неплотности закрытых дымовых клапанов со второго по верхний этаж здания G_{y1} , кг/с, определяют в первом приближении по формуле

$$G_{y1} = G_d + G_{к1} \cdot (N - 1), \quad (7)$$

где G_d , $G_{к1}$ — количество дыма по формуле (1) или (2) и расход воздуха через закрытый дымовой клапан по формуле (6);

N — число этажей в здании, с которых предусматривается удаление дыма.

5.8 Потери давления в дымовой шахте P_{y1} , Па, при расходе газов в устье шахты G_{y1} , кг/с, определяют при среднем скоростном давлении в шахте по формуле

$$P_{y1} = 10,8R_{тр}K_cH_э \cdot (N - 1) + 0,1 \cdot (N - 1) \cdot h_{д,ср} + P_1 + P_2, \quad (8)$$

где $R_{тр}$ — потери давления на трение, кгс/м², при среднем скоростном давлении;

K_c — см. 5.5;

$H_э$ — высота этажа здания, м;

N — число этажей в здании;

$h_{д,ср}$ — среднее скоростное давление, Па;

P_1 — см. формулу (3);

P_2 — потери давления на первом участке, Па.

Среднее скоростное давление $h_{д,ср}$, Па, определяют по формуле

$$h_{д,ср} = (h_{д1} + h_{д,у}) \cdot 0,5, \quad (9)$$

где $h_{д1}$ — скоростное давление на первом участке, Па;

$h_{д,у}$ — скоростное давление в устье шахты, Па.

Скоростное давление на первом участке $h_{д1}$, Па, определяют по формуле

$$h_{д1} = (G_{д}/F_{ш})^2 / (2 \cdot 0,61), \quad (10)$$

где $F_{ш}$ — площадь живого сечения шахты, м².

Скоростное давление в устье шахты $h_{д,у}$, Па, определяют по формуле

$$h_{д,у} = (G_{у1}/F_{ш})^2 / (2\rho_{у}), \quad (11)$$

где $\rho_{у}$ — плотность смеси, кг/м³.

Плотность смеси $\rho_{у}$, кг/м³, определяют по формуле

$$\rho_{у} = G_{у1} / [G_{д}/0,61 + (G_{у1} - G_{д})/1,2]. \quad (12)$$

Массовую скорость газов в устье шахты рекомендуется принимать не более 15 кг/(с·м²).

5.9 Расход воздуха, подсасываемого через закрытый дымовой клапан на верхнем этаже здания, $G_{к2}$, кг/с, при давлении газов в устье шахты $P_{у1}$, Па, определяют по формуле

$$G_{к2} = 0,0112(A P_{у1})^{0,5}, \quad (13)$$

где A — см. 5.6;

$P_{у1}$ — см. 5.8.

5.10 Поступление воздуха в дымовую шахту через закрытые дымовые клапаны и дыма через открытый дымовой клапан на нижнем этаже $G_{у2}$, кг/с, определяют во втором приближении по формуле

$$G_{у2} = (G_{к1} + G_{к2}) \cdot 0,5 \cdot (N - 1) + G_{д}, \quad (14)$$

где $G_{к1}$, $G_{к2}$ — см. 5.6 и 5.9 соответственно;

N — число этажей в здании;

$G_{д}$ — количество дыма, кг/с, определяют по 5.3.

5.11 Сопротивление участка воздуховода от дымовой шахты до вентилятора $P_{вс}$, Па, рассчитывают по формуле (5) при расходе $G_{у2}$.

5.12 Потери давления системы на всасывании $P_{у2}$, Па, до вентилятора (отрицательное статическое давление) определяют по формуле

$$P_{у2} = P_{у1} + P_{вс}, \quad (15)$$

где $P_{у1}$ — см. формулу (8);

$P_{вс} = \sum P_2$ — общие потери давления на всех участках на всасывании, Па.

5.13 Подсосы воздуха через неплотности воздухопроводов $G_{п}$, кг/с, определяют по формуле

$$G_{п} = K \cdot (q_1 \Pi_1 L_1) + q_2 \Pi_2 L_2, \quad (16)$$

где q_1 , q_2 — удельный расход воздуха на соответствующем участке воздуховода (таблица 3), принятый при соответствующем отрицательном статическом давлении в месте присоединения воздуховода к вентилятору;

Π_1 , Π_2 — периметры участков отсасывающей сети воздухопроводов по внутреннему сечению, м;

L_1 , L_2 — длина участков сети воздухопроводов, м;

K — коэффициент для прямоугольных воздухопроводов; принимают равным 1,1.

Таблица 3 — Удельный расход воздуха на 1 м² внутренней поверхности воздуховода $G_{уд} \cdot 10^3$, кг/(с·м²)

Класс воздуховода	Отрицательное статическое давление в месте присоединения воздуховода к вентилятору, Па										
	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200
П	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0
Н	1,2	1,9	2,5	3,1	3,6	4,0	4,5	4,8	5,4	5,7	6,0

5.14 Общий расход газов до вентилятора $G_{\text{сум}}$, кг/с:

$$G_{\text{сум}} = G_{\text{y2}} + G_{\text{п}}. \quad (17)$$

5.15 Потери давления в сети до вентилятора $P_{\text{в}}$, Па, с учетом подсосываемого воздуха через неплотности воздухопроводов определяют по формуле

$$P_{\text{в}} = P_{\text{y2}} \cdot [1 + (G_{\text{сум}}/G_{\text{y1}})^2] \cdot 0,5. \quad (18)$$

5.16 Плотность смеси воздуха и газов перед вентилятором $\rho_{\text{сум}}$, кг/м³, рассчитывают по формуле

$$\rho_{\text{сум}} = G_{\text{сум}}/[G_{\text{д}}/0,61 + (G_{\text{сум}} - G_{\text{д}})/1,2], \quad (19)$$

а температуру смеси газов T , °С, — по формуле

$$T = (353 - 273\rho_{\text{сум}})/\rho_{\text{сум}}. \quad (20)$$

5.17 Из поддона выхлопной трубы предусматривают отвод конденсирующейся влаги и влаги, падающей при дожде. Зонт над выхлопной трубой не устраивают.

5.18 Потери давления в выхлопной трубе $P_{\text{вых}}$, Па, рассчитывают по 5.5 и суммируются с потерями на всасывании для определения общих потерь давления в сети:

$$P_{\text{сум}} = P_{\text{в}} + P_{\text{вых}}. \quad (21)$$

5.19 Естественное давление газов $P_{\text{ес}}$, Па, определяют по формуле

$$P_{\text{ес}} = H_{\text{ш}} \cdot [\gamma_{\text{н}} - (\rho_{\text{сум}} + \rho_{\text{д}})4,95] + H_{\text{вых}} \cdot (\gamma_{\text{н}} - \rho_{\text{сум}} \cdot 9,81), \quad (22)$$

где $H_{\text{ш}}$ — высота шахты, м;

$H_{\text{вых}}$ — высота выхлопной трубы, м;

$\rho_{\text{д}}$ — плотность дымовых газов; при удалении из коридоров следует принимать 0,61 кг/м³;

$\rho_{\text{сум}}$ — плотность дымовых газов, удаляемых из здания, кг/м³;

$\gamma_{\text{н}}$ — удельный вес наружного воздуха, Н/м³, в теплый период года по параметрам Б (СНБ 4.02.01);

$t_{\text{н}}$ — температура наружного воздуха, °С.

Удельный вес наружного воздуха $\gamma_{\text{н}}$, Н/м³, в теплый период года по параметрам Б рассчитывают по формуле

$$\gamma_{\text{н}} = 3463/(273 + t_{\text{н}}). \quad (23)$$

5.20 Потери давления в сети дымоудаления с учетом естественного давления газов $P_{\text{вен}}$, Па, определяют по формуле

$$P_{\text{вен}} = P_{\text{сум}} - P_{\text{ес}}, \quad (24)$$

где $P_{\text{сум}}$ — см. 5.18;

$P_{\text{ес}}$ — см. 5.19.

5.21 Вентилятор для удаления газов выбирают по условным потерям давления $P_{\text{ус}}$, Па, приведенным к плотности стандартного воздуха, и по суммарному расходу дымовых газов $L_{\text{в}}$, м³/ч, на выходе из вентилятора. $P_{\text{ус}}$ и $L_{\text{в}}$ определяют по формулам:

$$P_{\text{ус}} = 1,2P_{\text{вен}}/\rho_{\text{сум}}; \quad (25)$$

$$L_{\text{в}} = 3600G_{\text{сум}}/\rho_{\text{сум}}. \quad (26)$$

По окончании расчета следует уточнить требуемое давление вентилятора для удаления дыма при возникновении пожара на верхнем этаже здания без учета естественного давления.

5.22 Для производственных, общественных, жилых, административных и бытовых зданий дымовые шахты и воздухопроводы следует, как правило, выполнять, согласно разделу 9, из негорючих материалов класса П и снабжать, при необходимости, компенсаторами линейного удлинения при нагревании.

5.23 Для удаления дыма следует предусматривать установку радиальных и осевых вентиляторов, включая радиальные крышные вентиляторы. Требования к выбросу дыма в атмосферу приведены в 6.13, перечисление д).

5.24 Требования к вентиляторам и их расположению, а также к другим элементам сети приведены в 6.13, перечисления а) – е).

Примеры расчета к разделу 5 приведены в приложении А.

6 Противоподымная защита помещений

6.1 Системы приточно-вытяжной противоподымной вентиляции зданий следует предусматривать для блокирования и (или) ограничения распространения продуктов горения в помещения зон безопасности, по путям эвакуации людей (населения и персонала зданий) и путям следования пожарных подразделений при выполнении работ по спасению людей, обнаружению и локализации очага пожара в здании. Системы противоподымной вентиляции должны быть автономными для каждого пожарного отсека.

Системы вытяжной противоподымной вентиляции для удаления продуктов горения при пожаре следует предусматривать:

а) из каждого производственного или складского помещения с постоянными рабочими местами без естественного освещения или с естественным освещением через окна и фонари, не имеющие механизированных (автоматически и дистанционно управляемых) приводов для открывания фрамуг в окнах, расположенных на уровне 2,2 м и выше от пола до низа фрамуг и проемов в фонарях (в обоих случаях площадью, достаточной для удаления дыма при пожаре), если помещения отнесены к категориям: А, Б и В1 – В3 — в зданиях I–VI степеней огнестойкости, а В4, Г1, Г2 или Д — в зданиях VII, VIII степеней огнестойкости;

б) из каждого помещения без естественного освещения (в том числе с естественным освещением в зданиях с незадымляемыми лестничными клетками):

- 1) торговых залов;
- 2) площадью 50 м² и более с постоянными рабочими местами, предназначенного для хранения или использования горючих веществ и материалов;
- 3) гардеробных площадью 200 м² и более;
- 4) автодорожных, кабельных, коммутационных с маслопроводами и технологических тоннелей, встроено-пристроенных и сообщающихся с подземными этажами зданий различного назначения;

в) из каждого помещения без естественного освещения или с естественным освещением через окна или фонари, не имеющих механизированных (автоматически и дистанционно управляемых) приводов для открывания фрамуг окон и проемов в фонарях, в обоих случаях с площадью, достаточной для удаления дыма при пожаре:

- 1) помещений площадью 50 м² и более (залы и фойе театров, кинотеатров, залы заседаний, совещаний, лекционные аудитории, рестораны, вестибюли, кассовые залы, производственные и др.) с постоянным или временным пребыванием людей (кроме аварийных ситуаций) числом более одного человека на 1 м² площади помещения, свободной от оборудования и предметов интерьера;
- 2) читальных залов и книгохранилищ библиотек;
- 3) выставочных залов, фондохранилищ и реставрационных мастерских музеев и выставочных комплексов;
- 4) архивов площадью более 24 м²;

г) из помещений для хранения автомобилей закрытых надземных и подземных автостоянок, а также из изолированных рамп этих автостоянок.

Допускается проектировать удаление продуктов горения через примыкающий коридор из помещений площадью до 200 м² производственного назначения категорий В1 – В3 или предназначенных для хранения или использования горючих веществ и материалов.

Для торговых залов магазинов без естественного освещения площадью не более 800 м² при расстоянии от наиболее удаленной части помещения до ближайшего эвакуационного выхода не более 25 м удаление продуктов горения допускается предусматривать через примыкающие коридоры, рекреации, атриумы.

Требования настоящего пункта не распространяются на:

1) помещения, время заполнения которых дымом больше времени, необходимого для безопасной эвакуации людей из помещения (кроме помещений категорий А и Б) в соответствии с расчетами по действующим ТНПА;

2) помещения площадью менее 200 м², оборудованные установками автоматического пожаротушения водой или пеной низкой и средней кратности, кроме помещений категорий А и Б и закрытых автостоянок;

3) помещения, оборудованные установками автоматического газового, аэрозольного или порошкового пожаротушения (кроме автостоянок);

4) лабораторные помещения категорий В1 – В3 площадью 36 м² и менее.

Если на площади основного помещения, для которого предусмотрено удаление продуктов горения, размещены другие помещения площадью каждое 50 м² и менее, то отдельное удаление продуктов горения из этих помещений допускается не предусматривать при условии расчета расхода дыма с учетом суммарной площади этих помещений.

6.2 Расход продуктов горения, удаляемых вытяжной противодымной вентиляцией непосредственно из помещений

6.2.1 Расход продуктов горения G , кг/ч, по периметру очага пожара для помещений площадью до 3000 м² или резервуара дыма для помещений большей площади (6.3) следует определять по формуле

$$G = 676,8P_f Y^{1,5} K_s, \quad (27)$$

где P_f — периметр очага пожара в начальной стадии, м; принимают равным большему из периметров открытых или негерметично закрытых емкостей горючих веществ или мест складирования горючих или негорючих материалов (деталей) в горючей упаковке,

A — площадь помещения или резервуара дыма, м²;

Y — расстояние от нижней границы задымленной зоны до пола, м, принимаемое для помещений 2,5 м, или от нижнего края завесы, образующей резервуар дыма, до пола;

K_s — коэффициент, равный 1,0, а для систем с естественным побуждением при одновременном тушении пожара спринклерными системами — 1,2.

Для помещений, оборудованных спринклерными системами, принимают $P_f = 12$ м. Если периметр очага пожара невозможно определить, то его допускается определять по формуле

$$4 \leq P_f = 0,38A^{0,5} \leq 12. \quad (28)$$

Примечание — При периметре очага пожара $P_f > 12$ м или расстоянии $Y > 4$ м расход дыма следует определять в соответствии с 6.2.2.

Для помещений, для которых расход дыма G , кг/с, определен по 6.2.2, периметр очага пожара не ограничивается; его определяют по формулам:

— при $Y = 2,5$ м

$$P_n = 1,34G; \quad (29)$$

— при $Y > 2,5$ м

$$P_n = 5,3Y^{-1,5}G. \quad (30)$$

6.2.2 Расход продуктов горения G_1 , кг/ч, удаляемых из помещений (из условия защиты дверей эвакуационных выходов), следует определять для холодного периода года (параметры Б) и проверять для теплого периода года, если скорость ветра в теплый период больше, чем в холодный, по формуле

$$G_1 = 3584A_d \cdot (h_0 \cdot (\gamma_{in} - \gamma) \cdot \rho_{in} + 0,7v^2 \rho_{in}^2)^{0,5} \cdot K_s, \quad (31)$$

где A_d — эквивалентная (расходу) суммарная площадь дверей эвакуационных выходов, м²;

h_0 — расчетная высота от нижней границы задымленной зоны до середины двери, м;

γ_{in} — удельный вес наружного воздуха, Н/м³;

γ — средний удельный вес дыма, Н/м³; принимают в соответствии с 6.5 и 6.6;

ρ_{in} — плотность наружного воздуха, кг/м³;

v — скорость ветра, м/с;

при $v = 1,0$ м/с следует принимать $v = 0$; при $v > 1,0$ м/с — параметры Б, но не более 5 м/с;

K_s — см. формулу (27).

Примечания

1 При определении расхода дыма в соответствии с 6.2.2 скорость ветра следует принимать 5 м/с.

2 Для изолированных помещений, для которых в соответствии с 6.1, перечисление б), допускается удаление дыма через коридор, за расчетный принимают больший расход дыма, определяемый в соответствии с требованиями 5.3 или 6.2.

Расчетную высоту h_0 , м, от нижней границы задымленной зоны до середины двери вычисляют по формуле

$$h_0 = 0,5H_d + 0,2, \quad (32)$$

где H_d — высота наиболее высоких дверей эвакуационных выходов, м.

Примечание — В застроенной территории допускается принимать скорость ветра по данным местной метеорологической станции, но не более 5 м/с.

Эквивалентную площадь дверей A_d , м², эвакуационных выходов рассчитывают по формуле

$$A_d = \left[\sum A_1 + K_1 \sum A_2 + K_2 \sum A_3 \right] \cdot K_3, \quad (33)$$

где $\sum A_1$ — суммарная площадь одинарных дверей, м², открывающихся наружу;

$\sum A_2$ — суммарная площадь первых дверей для выхода из помещения, м², при которых требуется открывать наружу вторые двери суммарной площадью $\sum A_2'$ (например, двери тамбура);

$\sum A_3$ — суммарная площадь первых дверей для выхода из помещения, м², при которых требуется открывать наружу вторые и третьи двери суммарной площадью соответственно $\sum A_3'$ и $\sum A_3''$;

K_1, K_2 — коэффициенты для определения эквивалентной площади последовательно расположенных дверей; определяют по формулам:

$$K_1 = \left(1 + \frac{1}{n^2} \right)^{-0,5}, \quad (34)$$

$$K_2 = \left(1 + \frac{1}{n_1^2} + \frac{1}{m^2} \right)^{-0,5}, \quad (35)$$

$$\text{здесь } n = \sum A_2' / \sum A_2; \quad n_1 = \sum A_3' / \sum A_3; \quad m = \sum A_3'' / \sum A_3; \quad (36)$$

K_3 — коэффициент относительной продолжительности открывания дверей во время эвакуации людей из помещения.

Коэффициент относительной продолжительности открывания дверей во время эвакуации людей из помещения определяют по формулам:

— для одинарных дверей

$$K_3 = 0,03N \leq 1; \quad (37)$$

— для двойных дверей или при выходе через тамбур-шлюз

$$K_3 = 0,05N \leq 1, \quad (38)$$

где N — среднее число людей, выходящих из горящего помещения через каждую дверь помещения.

K_3 следует принимать не менее:

0,8 — при одной двери в помещении;

0,7 — при двух дверях в помещении;

0,6 — при трех дверях в помещении;

0,5 — при четырех дверях в помещении;

0,4 — при пяти и большем числе дверей в помещении.

Эквивалентную площадь дверей A_d , м², эвакуационных выходов из помещения определяют для местностей с расчетной скоростью ветра:

а) до 1 м/с включ. — суммарно для всех выходов;

б) св. 1 м/с — отдельно для выходов из дверей со стороны фасада (наибольшей эквивалентной площадью, которая рассматривается как площадь выходов на наветренный фасад) и суммарно для всех остальных выходов.

6.3 Помещения площадью более 3000 м² необходимо делить на дымовые зоны, учитывая возможность возникновения пожара в одной из них. Каждую дымовую зону следует, как правило, ограждать плотными вертикальными завесами из негорючих материалов, спускающимися с потолка (перекрытия) к полу, но не ниже 2,5 м от пола, образуя под потолком (перекрытием) резервуары дыма.

Дымовые зоны, огражденные или не огражденные завесами, следует предусматривать с учетом возникновения возможных очагов пожара.

Площадь дымовой зоны не должна превышать 3000 м².

6.4 Время t , с, заполнения дымом помещения или резервуара дыма следует определять по формуле

$$t = \frac{6,39A \cdot (Y^{-0,5} - H^{-0,5})}{P_f}, \quad (39)$$

где A — площадь помещения или резервуара дыма, м², (при площади помещения более 3000 м²);

Y — расстояние от нижней границы задымленной зоны до пола, м, принимаемое для помещений 2,5 м, или от нижнего края завесы, образующей резервуар дыма, до пола;

H — высота помещения, м;

P_f — периметр очага пожара, м; определяют по расчету или по 6.2.

6.5 Скорость движения дыма V , м/с, в клапанах, шахтах и воздуховодах следует принимать по расчету.

Средний удельный вес γ , Н/м³, и температуру дыма t , °С, при удалении его из помещения объемом 10 тыс. м³ и менее следует принимать:

$\gamma = 4$, $t = 600$ — при горении жидкости и газов;

$\gamma = 5$, $t = 450$ — при горении твердых тел;

$\gamma = 6$, $t = 300$ — при горении волокнистых веществ и при удалении дыма из коридоров и холлов.

Средний удельный вес дыма γ_m , Н/м³, при удалении его из помещения объемом более 10 тыс. м³ следует определять по формуле

$$\gamma_m = \gamma + 0,05 \cdot (V_p - 10), \quad (40)$$

где V_p — объем помещения, тыс. м³.

Средний удельный вес дыма $\gamma_{рез}$, Н/м³, удаляемого из резервуара дыма в помещении объемом более 10 тыс. м³ рекомендуется определять по формуле

$$\gamma_{рез} = [\gamma H_{рез} + \gamma_m \cdot (H_n - H_{рез} - 2,5)] / (H_n - 2,5), \quad (41)$$

где γ и γ_m — см. 6.5;

$H_{рез}$ — расстояние от потолка до нижнего края завесы, м, образующей резервуар дыма; рассматривается как глубина резервуара дыма;

H_n — высота помещения, м.

Пример:

При $\gamma = 5$ Н/м³, $\gamma_m = 9$ Н/м³, высоте завесы от потолка 4 м и высоте помещения 10 м получим:
 $\gamma_{рез} = [5 \cdot 4 + 9 \cdot (10 - 4 - 2,5)] / (10 - 2,5) = 6,87$ Н/м³.

6.6 Удаление продуктов горения непосредственно из помещений одноэтажных зданий, как правило, следует предусматривать вытяжными системами с естественным побуждением через дымовые шахты с дымовыми клапанами или открываемые незадуваемые фонари, дымовые люки.

Из примыкающей к окнам зоны шириной $l \leq 15$ м допускается удаление продуктов горения через оконные фрамуги (створки), низ которых находится на уровне не менее 2,2 м от пола и фрамуги защищены от задувания установленными ветрозащитными щитами или расчетная скорость ветра не превышает 1 м/с.

Конструкции дымовых люков, клапанов, фонарей и фрамуг должны обеспечивать условия не примерзания створок, незадуваемости, фиксации в открытом положении при срабатывании, иметь площадь проходного сечения, соответствующую расчетным режимам действия вытяжной противодымной вентиляции с естественным побуждением.

В многоэтажных зданиях следует предусматривать вытяжные системы противодымной вентиляции с механическим побуждением.

6.7 Площадь поперечного сечения дымовых шахт или площадь открывающихся фрамуг, окон и фонарей $A_{\text{ш}}$, м^2 , определяют по формуле

$$A_{\text{ш}} = G/G_{\text{ш}}, \quad (42)$$

где G — расчетный расход дыма, кг/ч , для помещений, резервуаров дыма и дымовых зон площадью 3000 м^2 и менее; рассчитывают по 6.2 или 6.3;

$G_{\text{ш}}$ — расход дыма на 1 м^2 площади поперечного сечения дымовой шахты или полной площади фрамуг (створок) фонарей или окон, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$; см. 6.8.

6.8 Удельный расход $G_{\text{ш}}$, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, продуктов горения на 1 м^2 площади поперечного сечения дымовых шахт с дефлекторами для любых населенных пунктов и площади открывающихся фрамуг, створок светоаэрационных и других незадуваемых фонарей и окон в наружных стенах зданий для пунктов с расчетной скоростью ветра $V_v \leq 1 \text{ м/с}$ следует определять по таблице 4 или по формуле

$$G_{\text{ш}} = K_{\text{ш}} \cdot (\Delta P_{\text{ш}} \rho)^{0,5}, \quad (43)$$

где $K_{\text{ш}}$ — коэффициент, равный:

4175	— для дымовой шахты с дефлектором;
1730	— для верхнеподвесных фрамуг в одинарном остеклении с ленточным открыванием на 30° ;
2340	— то же, с открыванием на 45° ;
2850	— то же, с открыванием на 60° ;
2290	— для квадратных и прямоугольных фрамуг со сторонами $1/1,5$ с отдельным открыванием на 30° ;
2850	— то же, с открыванием на 45° ;
3210	— то же, с открыванием на 60° ;

$\Delta P_{\text{ш}}$ — расчетное давление, создаваемое за счет разности удельных весов наружного воздуха и дыма, при расчетной высоте $H_{\text{ш}}$, м (рисунок 1); вычисляют по формуле

$$\Delta P_{\text{ш}} = (\rho_{\text{н}} - \rho) \cdot H_{\text{ш}}, \quad (44)$$

здесь $H_{\text{ш}}$ — расчетная высота шахты, м ;

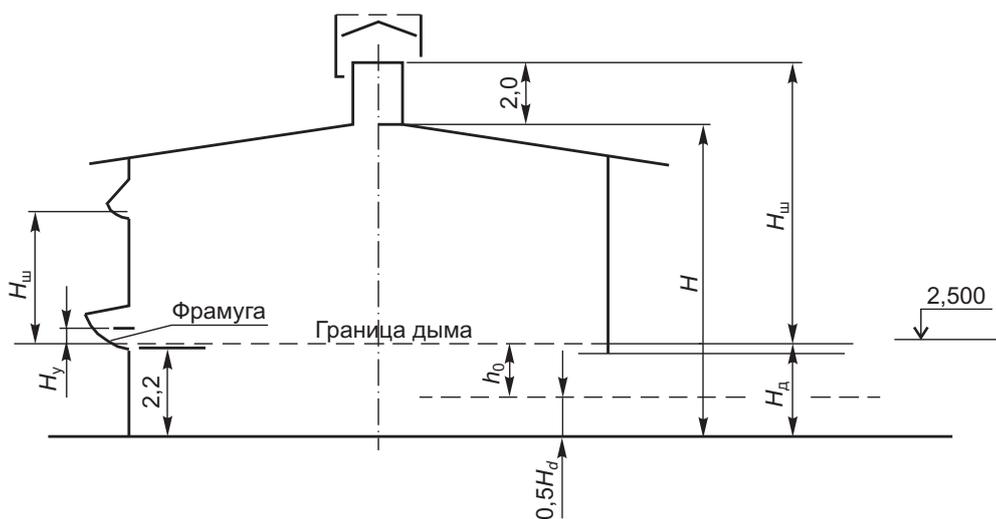
ρ — плотность дыма, кг/м^3 ; определяют по формуле

$$\rho = \gamma/9,81, \quad (45)$$

γ — см. 6.5.

Таблица 4 — Удельный расход дыма $G_{ш}$, тыс. кг/ч, на 1 м^2 поперечного сечения дымовой шахты, а при введении коэффициента $K_{ф}$ — на 1 м^2 площади верхнеподвесной фрамуги незадуваемого фонаря или окна, устраиваемые, как показано на рисунке 1

Температура наружного воздуха, °С	Высота устья шахты или низа фрамуги, м																	
	4		6		8		10		12		14		16		18		20	
	Удельный вес дыма, Н/м ³																	
	4	9	4	9	4	9	4	9	4	9	4	9	4	9	4	9	4	9
–5	16,0	15,9	19,6	19,4	22,6	22,4	25,2	25,1	27,7	27,4	29,9	29,5	31,9	31,7	33,9	33,6	35,7	35,4
–10	16,2	16,2	19,8	19,9	22,9	22,9	25,6	25,7	28,0	28,1	30,3	30,4	32,4	32,5	34,3	34,4	36,2	36,3
–11	16,2	16,5	19,9	20,1	22,9	23,3	25,7	26,0	28,1	28,5	30,4	30,8	32,5	32,9	34,4	34,9	36,3	36,8
–16	16,5	19,0	20,1	20,7	23,3	23,9	26,0	26,7	28,5	29,3	30,8	31,7	32,9	33,9	34,9	35,9	36,8	37,9
–17	16,5	17,1	20,2	20,9	23,3	24,1	26,1	27,0	28,6	29,5	30,9	31,9	33,0	34,1	35,0	36,2	36,9	38,1
–26	16,9	17,9	20,7	22,0	23,9	25,4	26,8	28,4	29,3	31,1	31,7	33,6	33,8	35,9	35,9	38,1	37,8	40,1
–27	17,0	18,1	20,8	22,1	24,0	25,5	28,0	28,5	29,4	31,3	31,8	33,8	33,9	36,1	36,0	38,3	37,9	40,4
–36	17,4	19,0	21,3	23,2	24,6	26,8	27,5	30,0	30,2	32,9	32,6	35,5	34,8	37,9	36,9	40,2	38,9	42,4
–37	17,5	19,1	21,4	23,4	24,7	27,0	27,6	30,2	30,2	33,0	32,7	35,7	34,9	38,1	37,0	40,5	39,0	42,6
–43	17,8	19,7	21,8	24,2	25,1	27,9	28,1	31,2	30,8	34,2	33,3	36,9	35,6	39,4	37,7	41,8	39,8	44,1
–44	17,8	19,8	21,8	24,3	25,2	28,0	28,2	31,3	30,9	34,3	33,4	37,1	35,7	39,6	37,8	42,0	39,9	44,3
–50	18,2	20,5	22,2	25,0	25,7	28,9	29,7	32,4	31,4	35,5	33,9	38,3	36,3	40,9	38,5	43,4	40,6	45,8
30	14,6	12,5	17,8	15,3	20,6	17,6	23,0	19,7	25,4	21,7	27,3	23,4	29,1	25,0	30,9	26,5	32,6	27,9
	Значения коэффициента $K_{ф}$ при открывании фрамуги																	
	ленточном на угол									индивидуальном на угол								
	30°			45°			60°			30°			45°			60°		
	0,41			0,55			0,67			0,55			0,68			0,77		
<i>Примечание</i> — Шахты, имеющие ствол длиной более 2 м, подлежат расчету по 5.5 – 5.8.																		



Размеры в метрах

h_0 — расчетное расстояние границы дыма от оси двери эвакуационного выхода, м;
 H_d — высота двери, м; H — высота здания, м; 2,2 — минимальная высота нижнего края фрамуги

Рисунок 1 — Схема для расчета расхода дыма и дымовой шахты

6.9 Дымоприемные отверстия или дымоприемные устройства следует размещать более равномерно по площади помещения, дымовой зоны или резервуара дыма. Площадь, обслуживаемую одним дымоприемным устройством, следует принимать не более 1000 м², расстояние от оси дымоприемного устройства до ближайшей стены помещения или края дымовой зоны не должно превышать 20 м. При конструктивной необходимости из дымоприемных устройств должен быть предусмотрен отвод атмосферных осадков и конденсирующейся влаги.

Минимальное количество дымоприемных устройств в зависимости от глубины резервуара дыма h , м, и расстояния нижней кромки резервуара дыма от пола Y , м, при площади резервуара дыма не более 3000 м² рекомендуется принимать в соответствии с таблицей 5.

Таблица 5

Расстояние Y , м, от пола до среднего уровня стояния дыма	Количество дымоприемных устройств при глубине резервуара дыма h , м			
	1	1,5	2	более 2 м
2,5	5	2	1	1
3,0	6	2	1	1
3,5	8	3	2	1
4,0	9	4	2	1

Примечание — Глубину резервуара дыма h , м, вычисляют по формуле

$$h = H_n - Y,$$
 где H_n — высота помещения.

6.10 Дымовые клапаны, фрамуги (створки) и другие открывающиеся устройства шахт, фонарей и окон, предназначенные или используемые для противодымной защиты, должны иметь автоматическое, дистанционное и ручное управление (в месте их установки), обеспечивающие запуск систем, причем пускатель дистанционного управления (кнопка, ключ и др.) следует размещать при выходе из каждого помещения (внутри или снаружи) в соответствии с требованиями ТКП 45-2.02-190 (раздел 14). Аппаратуру управления указанным оборудованием следует предусматривать в соответствии с СТБ 11.14.01 и другими действующими ТНПА.

6.11 Удаление продуктов горения из кабельных сооружений после пожара обеспечивается системами вентиляции, проектируемыми в соответствии с требованиями [11].

6.12 В многоэтажных зданиях, как правило, следует предусматривать вытяжные устройства с искусственным побуждением. Допускается предусматривать отдельные для каждого изолированного помещения дымовые шахты с естественным побуждением, а также для помещений последнего этажа — через открывающие фрамуги в окнах (на уровне 2,2 м и выше от пола до низа фрамуг) и проемы в фонарях, дымовые люки или открываемые незадуваемые фонари (в обоих случаях площадью, достаточной для удаления продуктов горения при пожаре).

В библиотеках, книгохранилищах, архивах, складах бумаги следует предусматривать вытяжные устройства с искусственным побуждением, принимая средний удельный вес газов 7 Н/м^3 и температуру $220 \text{ }^\circ\text{C}$.

При искусственном побуждении к вертикальному коллектору следует присоединять ответвления не более чем от четырех помещений или четырех дымовых зон на каждом этаже.

Дымовые клапаны следует размещать на дымовых шахтах под плоскостью подшивного потолка, при отсутствии подшивного (подвесного) потолка — под плоскостью потолка.

Примечание — Допускается установка дымового клапана за подвесным потолком при обеспечении возможности забора расчетного количества воздуха в нормируемой зоне и доступа для обслуживания клапана.

6.13 Для систем вытяжной противодымной вентиляции следует предусматривать:

а) вентиляторы (в том числе радиальные крышные) с огнестойкостью $0,5 \text{ ч/}200 \text{ }^\circ\text{C}$, $0,5 \text{ ч/}300 \text{ }^\circ\text{C}$, $1,0 \text{ ч/}300 \text{ }^\circ\text{C}$, $2,0 \text{ ч/}400 \text{ }^\circ\text{C}$, $1,0 \text{ ч/}600 \text{ }^\circ\text{C}$, $1,5 \text{ ч/}600 \text{ }^\circ\text{C}$ в зависимости от расчетной температуры перемещаемых газов и в исполнении, соответствующем категории обслуживаемых помещений, без мягких вставок — при удалении дыма во время пожара. Допускается присоединение мягких вставок из негорючих материалов. При этом удельные потери или подсосы газа на 1 м^2 развернутой площади мягких вставок не должны превышать 70 кг/ч при давлении (разряжении) 1000 Па и расчетной температуре перемещаемых вентилятором (газов).

Значения температуры газовой среды следует принимать по СТБ 11.05.03, а именно:

$400 \text{ }^\circ\text{C}$ — для вентиляторов систем, обслуживающих помещения на путях эвакуации из зданий и сооружений, смежные с горящим (коридоры, холлы и другие);

$600 \text{ }^\circ\text{C}$ — для вентиляторов систем, обслуживающих непосредственно горящее помещение на путях эвакуации из зданий и сооружений.

Производительность вентилятора $L = G/\rho$, $\text{м}^3/\text{ч}$, следует принимать по расчетному расходу смеси дыма и воздуха (газов) и их плотности, где G — расход, кг/ч ; ρ — плотность газов, кг/м^3 .

Давление, которое должен обеспечить вентилятор, $\Delta P_{\text{вен}}$, Па, используемое для расчета секундного расхода энергии (мощности), потребляемой вентилятором, определяют по формуле

$$\Delta P_{\text{вен}} = \Delta P_{\text{р}} - \Delta P_{\text{ес}}, \quad (46)$$

где $\Delta P_{\text{р}}$ — расчетное давление сети, Па;

$\Delta P_{\text{ес}}$ — естественное давление, создаваемое горячими газами, Па.

Затем находят условное давление $\Delta P_{\text{вен.ус}}$, кг/м^3 , используемое для определения скорости вращения вентилятора, по формуле

$$\Delta P_{\text{вен.ус}} = \rho_{\text{ст}} \Delta P_{\text{вен}} / \rho_{\text{р}}, \quad (47)$$

где $\rho_{\text{ст}}$ — плотность стандартного воздуха, кг/м^3 ; принимают равным $1,2 \text{ кг/м}^3$;

$\rho_{\text{р}}$ — плотность при реальных условиях пожара, кг/м^3 ;

б) воздуховоды и каналы согласно разделу 9 из негорючих материалов класса П. При необходимости их следует снабжать компенсаторами линейного удлинения при нагревании;

в) нормально закрытые противопожарные клапаны с термоизолированными створками с пределом огнестойкости не менее:

EI 60 — для закрытых автостоянок;

EI 45 — при удалении продуктов горения непосредственно из обслуживаемых помещений;

EI 30 — для коридоров и холлов при установке клапанов на ответвлениях воздуховодов от дымовых вытяжных шахт;

EI 30 — для коридоров и холлов при установке дымовых клапанов непосредственно в проемах шахт;

EI 15 — при удалении газов после пожара.

Исполнительные механизмы противопожарных клапанов должны сохранять заданное положение створки клапана при отключении электропитания привода клапана.

Допускается применять дымовые клапаны с ненормируемым пределом огнестойкости для систем, обслуживающих одно помещение (кроме помещений категорий А, Б, В1 – В3) в пределах пожарной секции;

г) установку обратных клапанов у вентилятора. Если в обслуживаемом производственном помещении имеются избытки теплоты более 23 Вт/м^3 (при переходных условиях), установку обратных клапанов допускается не предусматривать;

д) выброс продуктов горения над покрытиями зданий и сооружений на расстоянии не менее 5 м от воздухозаборных устройств систем приточной противодымной вентиляции. Выброс в атмосферу следует предусматривать на высоте не менее 2 м от кровли из горючих материалов. Допускается выброс продуктов горения на меньшей высоте при защите кровли негорючими материалами на расстоянии не менее 2 м от края выбросного отверстия. При естественном побуждении воздуха над шахтами следует предусматривать установку дефлекторов. Выброс дыма в системах с искусственным побуждением следует предусматривать через трубы без зонтов.

Выброс продуктов горения допускается:

— через дымовые люки, клапаны и фонари в проемах покрытий зданий и дымовые фрамуги в ограждениях зданий, оснащенные управляемыми приводами, обеспечивающими их открытие при пожаре с учетом собственного веса и при эквивалентном ветровом давлении и снеговой нагрузке по данным нормативных документов, но не менее:

60 кг/м^2 — для снеговой нагрузки;
 15 кг/м^2 — для ветрового давления;

— через решетки на наружной стене (или через шахты у наружной стены) на фасаде без оконных проемов или на фасаде с окнами на расстоянии не менее 5 м по горизонтали и по вертикали от окон и не менее 2 м по высоте от уровня земли или при меньшем расстоянии от окон при обеспечении скорости выброса продуктов горения не менее 20 м/с;

— через отдельные шахты на расстоянии не менее 15 м от наружных стен с окнами или от воздухозаборных устройств систем приточной общеобменной вентиляции других примыкающих зданий или систем приточной противодымной вентиляции данного здания;

е) выброс продуктов горения из шахт, отводящих дым из нижележащих этажей и подвалов, допускается предусматривать в аэрируемые пролеты плавильных, литейных, прокатных и других горячих цехов. При этом устье шахт следует размещать на уровне не менее 6 м от пола аэрируемого пролета (на расстоянии не менее 3 м по вертикали и 1 м по горизонтали от строительных конструкций зданий) или на уровне не менее 3 м от пола при устройстве дренчерного орошения устья дымовых шахт. Дымовые клапаны на этих шахтах устанавливать не следует.

Допускается применение противодымных экранов в сочетании с дренчерными завесами взамен тамбур-шлюзов или противопожарных ворот с воздушными завесами для защиты этажных проемов изолированных рампы закрытых надземных и подземных автостоянок. При этом опускание выдвижной шторы противодымного экрана должно быть предусмотрено на половину высоты защищаемого проема.

6.14 С учетом полученных расчетных значений расхода G и температуры T продуктов горения для помещений, защищаемых вытяжной противодымной вентиляцией, согласно принятым исходным данным определяют необходимое количество дымоприемных устройств и их размещение. В соответствии со структурной схемой систем намечают трассировку этажных вытяжных каналов и вертикальных коллекторов. Предусматривают места установки вентиляторов с фиксированным наружным выбросом продуктов горения.

Предварительный выбор размеров проходных сечений сборных элементов вытяжных каналов и оборудования (решеток, клапанов) производят исходя из условия обеспечения максимальной скорости течения газов не более 11 м/с (предпочтительно в диапазоне от 9 до 11 м/с). Если указанное условие является невыполнимым ввиду ограниченной возможности прокладки конструкций вытяжных каналов с соответствующими размерами на всем протяжении или локально, выбирают иной типоразмер сечений, обеспечивающий возможно меньшее увеличение скорости течения газов.

6.15 Вентиляторы для удаления продуктов горения следует размещать в отдельных помещениях с ограждающими строительными конструкциями, имеющими пределы огнестойкости не менее требуемых для пересекающих их воздухопроводов, или непосредственно в защищаемых помещениях при специальном исполнении вентиляторов. Вентиляторы противодымных вытяжных систем допускается размещать на кровле и снаружи здания на стенах с ограждениями для защиты от доступа посторонних лиц. Допускается установка вентиляторов непосредственно в каналах при условии обеспечения соответствующих пределов огнестойкости вентиляторов и каналов.

6.16 Для противодымной защиты допускается использовать системы приточно-вытяжной общеобменной вентиляции при соблюдении требований 6.1 – 6.15. Расчетное определение требуемых параметров систем противодымной вентиляции или совмещенных с ними систем общеобменной вентиляции следует производить в соответствии с положениями настоящего технического кодекса. Выполнение расчетов может быть произведено на основе иных методических пособий, не противоречащих указанным требованиям.

6.17 Удаление газов и продуктов горения после пожара из помещений, защищаемых установками газового, аэрозольного или порошкового пожаротушения, следует предусматривать системами с механическим побуждением из нижней и верхней зон помещений. Расход следует рассчитывать по данным технологов, а при отсутствии их — принимать $30 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 м^2 пола при удалении углекислотных составов и $15 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 м^2 — при удалении хладона, причем кратностью воздухообмена не менее четырех крат, с компенсацией удаляемого объема газов и продуктов горения приточным воздухом. Для удаления газов и продуктов горения после действия автоматических установок газового, аэрозольного или порошкового пожаротушения допускается использовать также системы основной и аварийной вентиляции или переносные (передвижные) установки. Для удаления остаточной порошковой массы после пожара из помещений, защищаемых установками порошкового пожаротушения, следует предусматривать применение пылесосов или систем вакуумной пылеуборки.

В местах пересечения воздуховодами (кроме транзитных) ограждений помещения, защищаемого установками газового, аэрозольного или порошкового пожаротушения, следует предусматривать противопожарные клапаны с пределом огнестойкости не менее EI 15:

- а) нормально открытые — в приточных и вытяжных системах защищаемого помещения;
- б) нормально закрытые — в системах для удаления дыма и газа после пожара;
- в) двойного действия — в системах основной вентиляции защищаемого помещения, используемых для удаления газов и дыма после пожара.

Исполнительные механизмы противопожарных клапанов должны сохранять заданное положение створки клапана при отключении электропитания привода клапана.

6.18 Системы приточной противодымной вентиляции предназначены для создания избыточного давления воздуха в защищаемых лестнично-лифтовых узлах и тамбур-шлюзах, а также для компенсирующей подачи воздуха в горящие помещения, защищенные вытяжной противодымной вентиляцией. Принцип действия таких систем каждого вида существенно различается, поэтому и определение их параметров имеет особенности.

Системы приточной противодымной вентиляции следует применять только в необходимом сочетании с системами вытяжной противодымной вентиляции. Обособленное применение систем приточной противодымной вентиляции без устройства соответствующих систем вытяжной противодымной вентиляции не допускается.

При совместном действии систем приточной и вытяжной противодымной вентиляции отрицательный дисбаланс в защищаемом помещении (расход приточного воздуха меньше расхода удаляемого расхода продуктов горения) должен составлять не более 30 %. При этом перепад давления на закрытых дверях эвакуационных выходов не должен превышать 150 Па.

7 Противодымная защита лифтовых шахт, лестничных клеток, тамбур-шлюзов и отделений лифтов

7.1 Для защиты людей от дыма при пожаре следует проектировать подачу наружного воздуха:

- а) в лифтовые шахты (при отсутствии у выхода из них тамбур-шлюзов с подпором воздуха при пожаре) в зданиях с незадымляемыми лестничными клетками всех типов;
- б) в шахты лифтов, имеющих режим «перевозка пожарных подразделений»;
- в) на незадымляемые лестничные клетки типа Н2;
- г) в тамбур-шлюзы при незадымляемых лестничных клетках типа Н3;
- д) в тамбур-шлюзы, парно-последовательно расположенные при выходах из лифтов в помещения хранения автомобилей подземных автостоянок;
- е) в тамбур-шлюзы при лестницах 2-го типа, ведущих в помещения первого этажа из подвального (или цокольного) этажа, в помещениях которого применяются или хранятся горючие вещества и материалы. В плавильных, литейных, прокатных и других горячих цехах в тамбур-шлюзы допускается подавать воздух, забираемый из аэрируемых пролетов здания;
- ж) в тамбур-шлюзы на входах в атриумы и пассажи с ровней подвальных и цокольных этажей;

к) в тамбур-шлюзы при незадымляемых лестничных клетках типа Н2 в высотных многофункциональных зданиях и комплексах;

л) в нижние части атриумов, пассажей и других помещений, защищаемых системами вытяжной противодымной вентиляции, для возмещения объемов удаляемых из них продуктов горения;

м) в тамбур-шлюзы, отделяющие помещения хранения автомобилей закрытых надземных и подземных автостоянок от помещений иного назначения;

н) в тамбур-шлюзы, отделяющие помещения хранения автомобилей от изолированных рампы подземных автостоянок, или в сопловые аппараты воздушных завес, устанавливаемые над воротами изолированных рампы со стороны помещений хранения автомобилей подземных автостоянок (как равнозначные по технической эффективности варианты защиты);

п) в тамбур-шлюзы при выходах с незадымляемых лестничных клеток типа Н2 в вестибюли зданий различного назначения;

р) в тамбур-шлюзы (лифтовые холлы) при выходах из лифтов в цокольные, подземные этажи зданий различного назначения;

с) в тамбур-шлюзы в противопожарной стене 1-го типа;

т) в помещения зон безопасности;

у) в машинные помещения лифтов в зданиях категорий А и Б, кроме лифтовых шахт, в которых при пожаре поддерживается избыточное давление воздуха.

Допускается предусматривать подачу наружного воздуха для создания избыточного давления в общих коридорах помещений, из которых непосредственно удаляются продукты горения, а также в коридорах, сообщающихся с рекреациями, другими коридорами, холлами, атриумами, защищаемыми системами вытяжной противодымной вентиляции.

Противодымную вентиляцию для удаления продуктов горения при пожаре следует предусматривать с лестничных клеток с открываемыми автоматически при пожаре фонарями зданий стационаров лечебных учреждений.

7.2 Расход наружного воздуха для приточной противодымной вентиляции следует рассчитывать на обеспечение избыточного давления не менее 20 Па:

а) в лифтовых шахтах при закрытых дверях на всех этажах (кроме основного посадочного этажа);

б) на незадымляемых лестничных клетках типа Н2 при открытых дверях на пути эвакуации из коридоров и холлов или непосредственно из помещений на этаже пожара на лестничную клетку или при открытых дверях из здания наружу и закрытых дверях из коридоров и холлов на всех этажах;

в) в тамбур-шлюзах на этаже пожара.

Расход воздуха, подаваемого в общие коридоры помещений, из которых непосредственно удаляются продукты горения, следует определять расчетом по условию обеспечения массового баланса с максимальным расходом подлежащих удалению продуктов горения (из одного помещения) при учете утечек воздуха через закрытые двери (всех помещений, кроме одного — горящего). Подача воздуха в помещения зон безопасности должна осуществляться из расчета необходимости обеспечения скорости истечения воздуха через одну открытую дверь защищаемого помещения не менее 1,5 м/с. Для лифтовых холлов цокольных и подземных этажей расчетные значения расхода подаваемого воздуха следует определять по утечкам через закрытые двери этих холлов и закрытые двери лифтовых шахт (при отсутствии избыточного давления воздуха в последних). Сопловые аппараты воздушных завес требуют подачи в них воздуха с расходом, соответствующим минимальной скорости истечения воздушной струи 10 м/с, с начальной толщиной 0,03 м и шириной, равной горизонтальному размеру защищаемого проема (ворот рампы).

Расход воздуха, подаваемого в тамбур-шлюзы с одной открытой дверью, расположенные при выходах на незадымляемые лестничные клетки типа Н2 или Н3, на внутренние открытые лестницы 2-го типа, на входах в атриумы и пассажи с уровней подвальных и цокольных этажей, перед лифтовыми холлами подземных автостоянок следует определять расчетом по условию обеспечения средней скорости истечения воздуха через открытый дверной проем не менее 1,3 м/с и с учетом совместного действия вытяжной противодымной вентиляции. Расход воздуха, подаваемого в тамбур-шлюзы при закрытых дверях, необходимо рассчитывать с учетом утечки воздуха через неплотности дверных притворов.

Избыточное давление следует определять относительно помещений, смежных с защищаемым помещением.

Расход наружного воздуха, подаваемого в тамбур-шлюз лестничной клетки 3-го типа на этаже пожара, следует определять из расчета подачи 4700 м³/ч или 5640 кг/ч на 1 м² площади открытой створки двери тамбур-шлюза.

Расход наружного воздуха G , кг/ч, подаваемого в тамбур-шлюзы с закрытыми дверями остальных этажей, следует рассчитывать по формуле

$$G = 3157A_{\text{щ}} \cdot (20 + 0,7V^2\rho)^{0,5} \cdot (N - 1), \quad (48)$$

- где $A_{\text{щ}}$ — площадь неплотностей и щелей в притворах дверей тамбур-шлюзов, м²;
 V — скорость ветра, м/с, наружного воздуха в холодный период года при параметрах Б, но не более 5 м/с;
 ρ — плотность наружного воздуха, кг/м³, в холодный период года при параметрах Б;
 N — число этажей лестничной клетки.

7.3 При расчете параметров приточной противодымной вентиляции следует принимать:

- температуру наружного воздуха и скорость ветра для холодного периода года (параметры Б);
- избыточное давление воздуха не менее 20 Па и не более 150 Па — в шахтах лифтов, на незадымляемых лестничных клетках типа Н2, в тамбур-шлюзах при поэтажных входах незадымляемых лестничных клеток типа Н2 или Н3, в тамбур-шлюзах на входах в атриумы и пассажи с уровнем подвальных и цокольных этажей относительно смежных помещений (коридоров, холлов);
- площадь одной большей створки двухстворчатых дверей, м²;
- кабины лифтов остановленными на основном посадочном этаже, двери в лифтовую шахту на этом этаже открытыми.

Избыточное давление на закрытых дверях эвакуационных выходов при совместном действии приточно-вытяжной противодымной вентиляции в расчетных режимах не должна превышать 150 Па. При превышении расчетного давления на лестничной клетке максимально допустимого давления 150 Па требуется зонирование ее объема посредством рассечек — сплошных противопожарных перегородок 1-го типа, разделяющих объем лестничной клетки с устройством обособленных выходов в уровне такого раздела (через примыкающее помещение или коридор этажа здания). В каждую зону такой лестничной клетки должна быть обеспечена подача наружного воздуха от отдельных систем или от одной системы через вертикальный воздухоприточный коллектор. При распределенной подаче наружного воздуха в объем лестничной клетки и обеспечении условия непревышения указанного максимально допустимого давления установка рассечек не требуется.

7.4 Для систем приточной противодымной защиты следует предусматривать:

- установку вентиляторов в отдельных помещениях от вентиляторов другого назначения, с ограждающими строительными конструкциями, имеющими пределы огнестойкости не менее требуемых для конструкций пересекающих их воздухопроводов, или непосредственно в защищаемых помещениях при специальном исполнении вентиляторов. В пределах одного пожарного отсека вентиляторы систем приточной противодымной вентиляции допускается размещать в помещении для оборудования приточных систем (кроме систем, обслуживающих помещения и склады категорий А и Б) при условии установки противопожарных нормально открытых клапанов перед клапанами наружного воздуха приточных установок систем общеобменной вентиляции, а также непосредственно в защищаемых объемах лестничных клеток, коридоров и тамбур-шлюзов. Допускается размещать вентиляторы на кровле и снаружи зданий с ограждениями для защиты от доступа посторонних лиц;
- воздуховоды и каналы согласно разделу 9 из негорючих материалов класса П;
- установку обратного клапана у вентилятора;
- приемные отверстия для наружного воздуха, размещаемые на расстоянии не менее 5 м от выбросов продуктов горения систем противодымной вытяжной вентиляции;
- противопожарные нормально закрытые клапаны с термоизолированными створками в каналах подачи воздуха в тамбур-шлюзы с пределами огнестойкости:
 - Е1 120 — для систем по 7.1, перечисление б);
 - Е1 60 — для систем по 7.1, перечисления г), д), к);
 - Е1 30 — для систем по 7.1, перечисления е), ж).

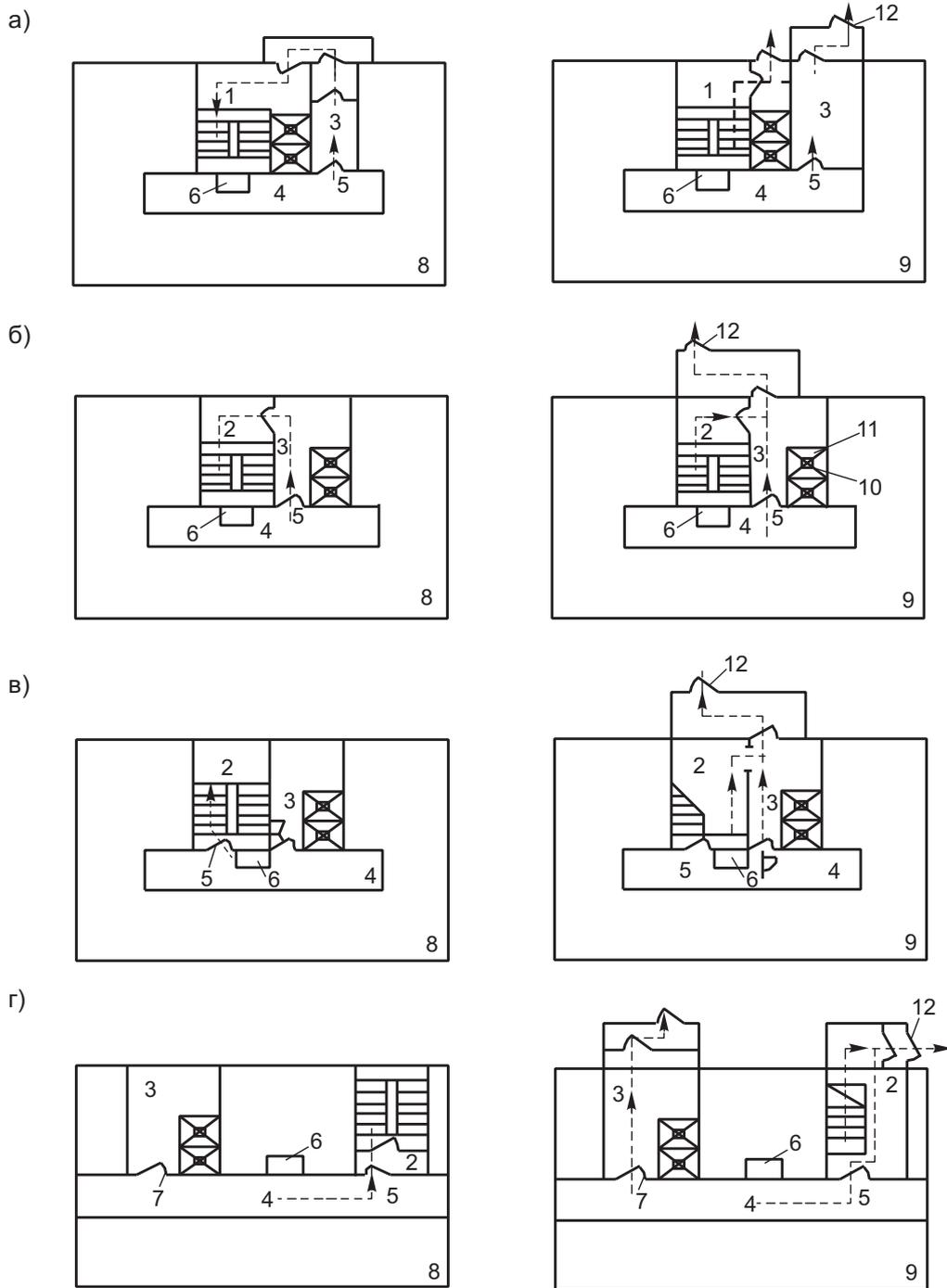
Исполнительные механизмы противопожарных клапанов должны сохранять заданное положение створки клапана при отключении электропитания привода клапана.

Противопожарные клапаны не следует устанавливать для систем, обслуживающих один тамбур-шлюз.

Противопожарные клапаны не следует устанавливать в плавильных, литейных, прокатных и других горячих цехах.

7.5 Приточная противодымная вентиляция лестнично-лифтового узла А

Приточная противодымная вентиляция узла А (рисунок 2) проектируется для лифтовой шахты согласно 7.1, перечисление а).



- 1 — лестница на незадымляемой лестничной клетке 1-го типа с переходом через наружную зону;
 2 — лестница на незадымляемой лестничной клетке 2-го типа; 3 — лифтовой холл; 4 — коридор;
 5 — принимаемая в расчет открытая дверь на этаже пожара; 6 — шахта дымоудаления;
 7 — дверь, закрытая при пожаре; 8 — типовой этаж; 9 — первый этаж; 10 — лифтовая шахта;
 11 — лифт; 12 — дверь для выхода из здания

Рисунок 2 — Планировки лестнично-лифтовых узлов:

- а** — планировка А;
б — планировка Б;
в — планировка В;
г — планировка Г

Люди эвакуируются из здания по лестничной клетке 1-го типа через наружную зону. Наружный воздух подается только в лифтовую шахту.

7.5.1 Давление воздуха в лифтовой шахте на первом этаже $P_{ш1}$, Па, следует определять по формуле

$$P_{ш1} = P_{век} = P_{к1} = 0,7V^2\rho + 20, \quad (49)$$

где $P_{век} = P_{к1}$ — дано для других планировок;

V — расчетная скорость ветра, м/с, для холодного периода года (параметры Б);

ρ — плотность наружного воздуха, кг/м³, при расчетной температуре наружного воздуха (параметры Б).

7.5.2 Расход наружного воздуха $G_{ш}$, кг/ч, подаваемого в лифтовую шахту, следует определять по формуле

$$G_{ш} = G_{ш1} + [G_{ср} - 5 \cdot (t_n + 25)] \cdot (N - 1), \quad (50)$$

где $G_{ш1}$ — расход наружного воздуха, кг/ч, при открытых дверях лифтовых шахт на первом этаже и открытой двери на выходе из здания при Z-образном тамбуре на входных дверях здания при ширине створки 0,6 м;

t_n — температура наружного воздуха, °С;

$G_{ср}$ — средний расход воздуха, кг/ч, поступающий в здание из лифтовых шахт на каждом этаже со второго по верхний; определяют по формуле

$$G_{ср} = 1050 + 5,2P_{ш1}^{0,5} + 20 \cdot (N - 1) + 30 \cdot (n - 4), \quad (51)$$

здесь $P_{ш1}$ — давление воздуха в шахте лифта на первом этаже, Па, см. формулу (49);

N — число этажей в здании;

n — среднее число дверей на одном этаже для выхода в коридор.

При ширине створки двери B более 0,6 м расход воздуха следует умножить на 1,67.

Расход наружного воздуха $G_{ш1}$, кг/ч, при Z-образном тамбуре при двух лифтах:

$$G_{ш1} = 2950 + 10^3 \cdot (8,8P_{ш1} - 12)^{0,5}. \quad (52)$$

Расход наружного воздуха $G_{ш1}$, кг/ч, при Z-образном тамбуре при трех лифтах:

$$G_{ш1} = 4350 + 10^3 \cdot (12,95P_{ш1} - 11,5)^{0,5}. \quad (53)$$

При прямом тамбуре и ширине створки дверей 0,6 м:

— при двух лифтах

$$G_{ш1} = 1930 + 10^3 \cdot (11P_{ш1} - 10)^{0,5}; \quad (54)$$

— при трех лифтах

$$G_{ш1} = 3230 + 10^3 \cdot (18,5P_{ш1} - 12)^{0,5}. \quad (55)$$

7.5.3 Давление, создаваемое вентилятором, подающим воздух в лифтовую шахту, $P_{вен,ш}$, Па, определяют по формуле

$$P_{вен,ш} = \Delta P_c + P_{ш1} + Nh \cdot (\gamma_n - \gamma_{ш}), \quad (56)$$

где ΔP_c — потери давления в системе вентиляции от точки приема наружного воздуха до входа воздуха в лифтовую шахту, Па;

h — высота этажа в здании, м;

$\gamma_n - \gamma_{ш}$ — разность удельных весов наружного воздуха и воздуха в лифтовой шахте, Н/м³; принимают в зависимости от температуры наружного воздуха t_n по таблице 6.

Таблица 6 — Разность удельных весов воздуха, Н/м³, для лестничных клеток и лифтовых шахт

$t_n, ^\circ\text{C}$	−45	−35	−25	−15	−10	−5
$\gamma_n - \gamma_{ш}$	1,7	1,5	1,1	0,85	0,7	0,56
$t_{ш}, ^\circ\text{C}$	−16	−7,5	−4	−2,5	4	8
<i>Примечание</i> — $t_{ш}$ — температура воздуха на лестничной клетке и в лифтовой шахте.						

Пример расчета к подразделу 7.5 приведен в приложении В.

7.6 Приточная противодымная вентиляция лестнично-лифтового узла Б

Приточную противодымную вентиляцию узла Б следует проектировать с подачей общего расхода наружного воздуха на лестничную клетку и в лифтовую шахту.

7.6.1 Общий расход воздуха $G_{об}$, кг/ч, подаваемый на незадымляемую лестничную клетку 2-го типа G_k и в лифтовую шахту $G_{ш}$, следует определять по формуле

$$G_{об} = G_k + G_{ш} = G_{ср} \cdot (N - 1) + G_{дв} + G_d, \quad (57)$$

где $G_{ср}$ — средний расход наружного воздуха, кг/ч, выходящего через неплотности лифтовой шахты со второго по верхний этаж включительно; определяют по рисунку 3 в зависимости от давления в лифтовой шахте на первом этаже, температуры наружного воздуха и этажности здания;

$G_{дв}$ — расход воздуха, выходящего через открытую входную дверь из здания, кг/ч; определяют по формулам:

— при прямом тамбуре

$$G_{дв} = 2875AP_{вес}^{0,5}, \quad (58)$$

— при Z-образном тамбуре

$$G_{дв} = 2075AP_{вес}^{0,5}, \quad (59)$$

здесь A — площадь входных дверей в здание, м²;

$P_{вес}$ — давление воздуха в вестибюле, Па; находят по формуле (49);

G_d — расход дыма, кг/ч, удаляемого вытяжной противодымной вентиляцией с этажа пожара; определяют согласно разделам 5 и 6.

7.6.2 Разность давлений на лестничной клетке и в лифтовой шахте $\Delta P_{к.ш.} = P_k - P_{ш}$ на уровне верхнего этажа зависит от принятого способа подачи воздуха на лестничную клетку и в лифтовую шахту:

а) при подаче общего расхода воздуха на лестничную клетку, с отводом части его в лифтовую шахту (рисунок 4 б)), разность давлений рекомендуют принимать от 60 до 150 Па (В.2 (приложение В));

б) при независимой подаче воздуха на лестничную клетку и в лифтовую шахту (рисунок 4 в)) разность давлений $\Delta P_{к.ш.}$ рекомендуют принимать от 90 до минус 20 Па (В.3 (приложение В)).

7.6.3 Давление воздуха в лифтовой шахте на уровне первого этажа $P_{ш1}$, Па, для однозонной лестничной клетки следует определять по формулам:

— при двух лифтах

$$P_{ш1} = 2P_{вес} - 0,1\Delta P_{к.ш.}; \quad (60)$$

— при трех лифтах

$$P_{ш1} = 1,56P_{вес} - 0,067\Delta P_{к.ш.}; \quad (61)$$

— при четырех лифтах

$$P_{ш1} = 1,4P_{вес} - 0,053\Delta P_{к.ш.} \quad (62)$$

7.6.4 Расход воздуха, необходимый для создания подпора на лестничной клетке, G_k , кг/ч, определяют по рисунку 5.

7.6.5 Расход воздуха для лифтовой шахты $G_{ш}$, кг/ч, определяют по разности между общим расходом и расходом на лестничную клетку:

$$G_{ш} = G_{об} - G_k. \quad (63)$$

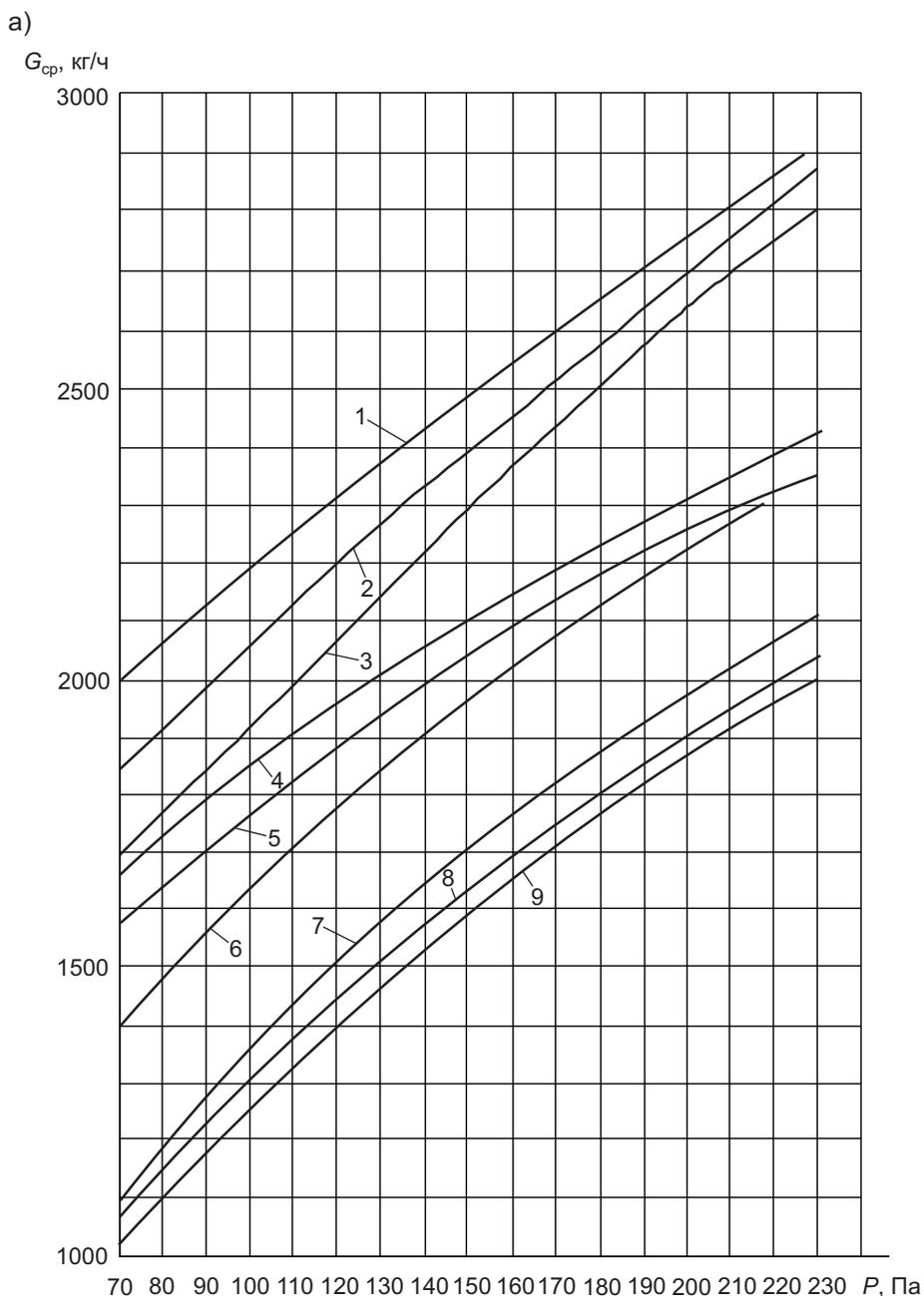
7.6.6 Давление воздуха, создаваемое вентилятором, подающим воздух на лестничную клетку 2-го типа, $P_{вен.к}$, Па, следует определять по формуле

$$P_{вен.к} = P_{вен.ш} + \Delta P_{к.ш.}, \quad (64)$$

где $P_{вен.ш}$ — см. формулу (56);

$\Delta P_{к.ш.}$ — см. 7.6.2.

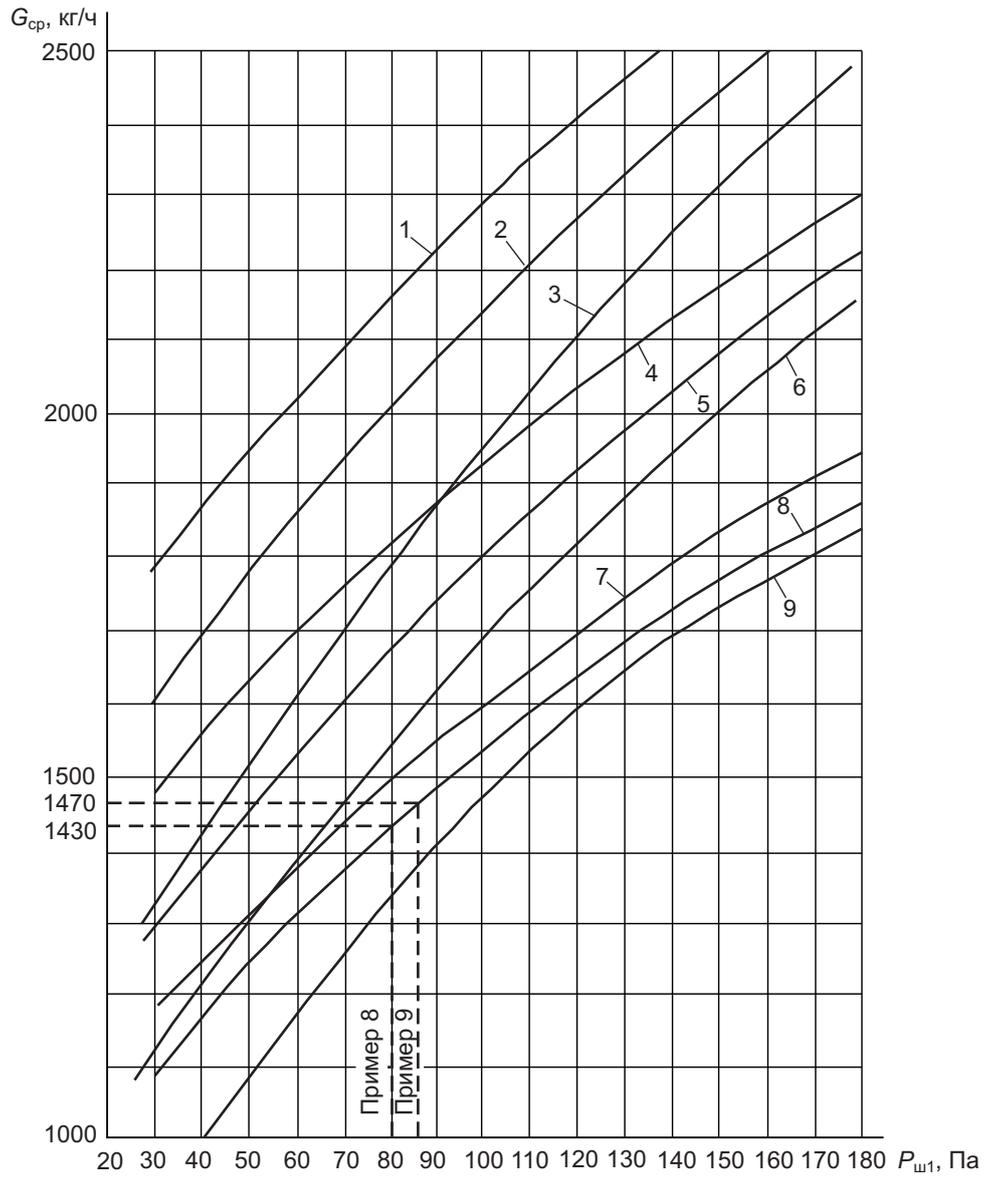
Примеры расчетов к 7.6 приведены в В.2 и В.3 приложения В.



Номер кривой	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Для рисунков 3 а) и 3 б)
Число дверей	16			8			4			
Температура, °С	-45	-25	-5	-45	-25	-5	-45	-25	-5	
Номер кривой	10	11	12	13	14	15	Для рисунка 3 в)			
Число дверей	8			4						
Температура, °С	-45	-25	-5	-45	-25	-5				

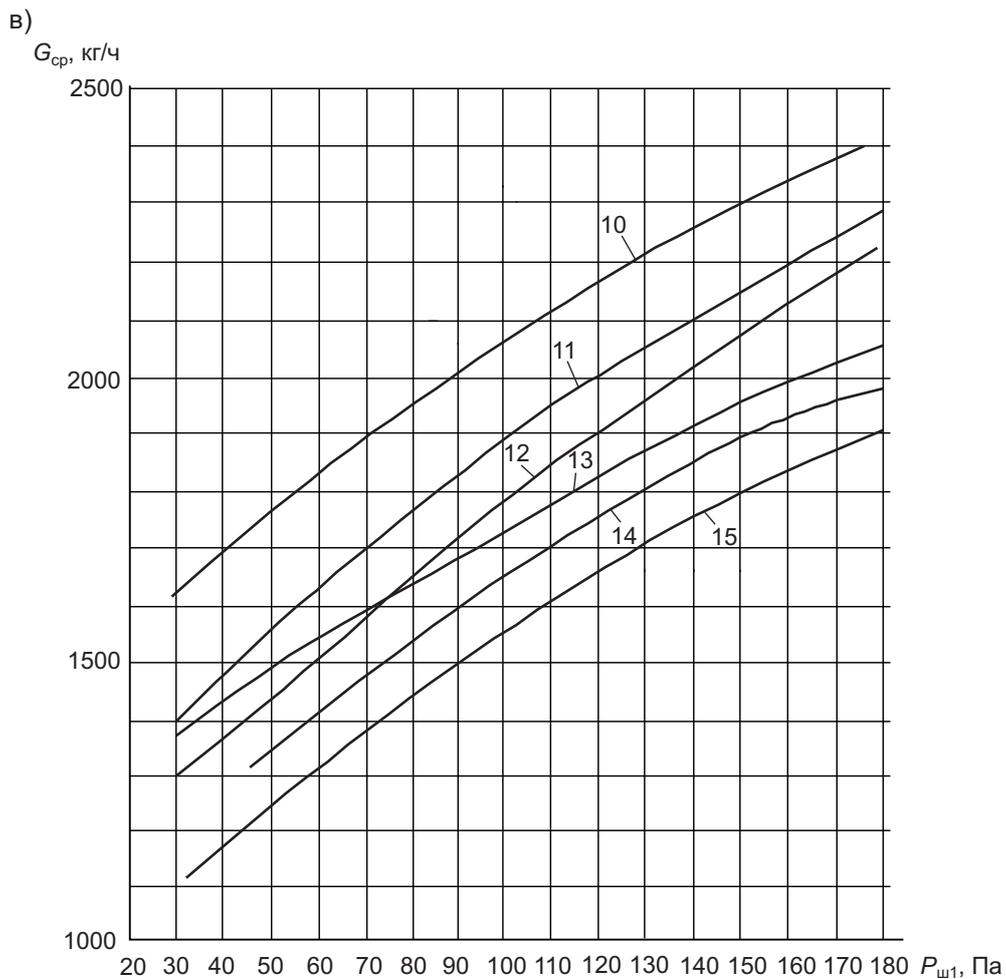
Рисунок 3, лист 1 — Средний расход воздуха G_{cp} , кг/ч, на каждый этаж со второго по верхний в зависимости от давления воздуха в лифтовой шахте на первом этаже $P_{ш1}$, Па, числа дверей на этаже и температуры наружного воздуха в холодный период года (параметры Б) для:
а — 1–14-этажного здания;
б — 15–20-этажного здания;
в — 21–27-этажного здания

б)



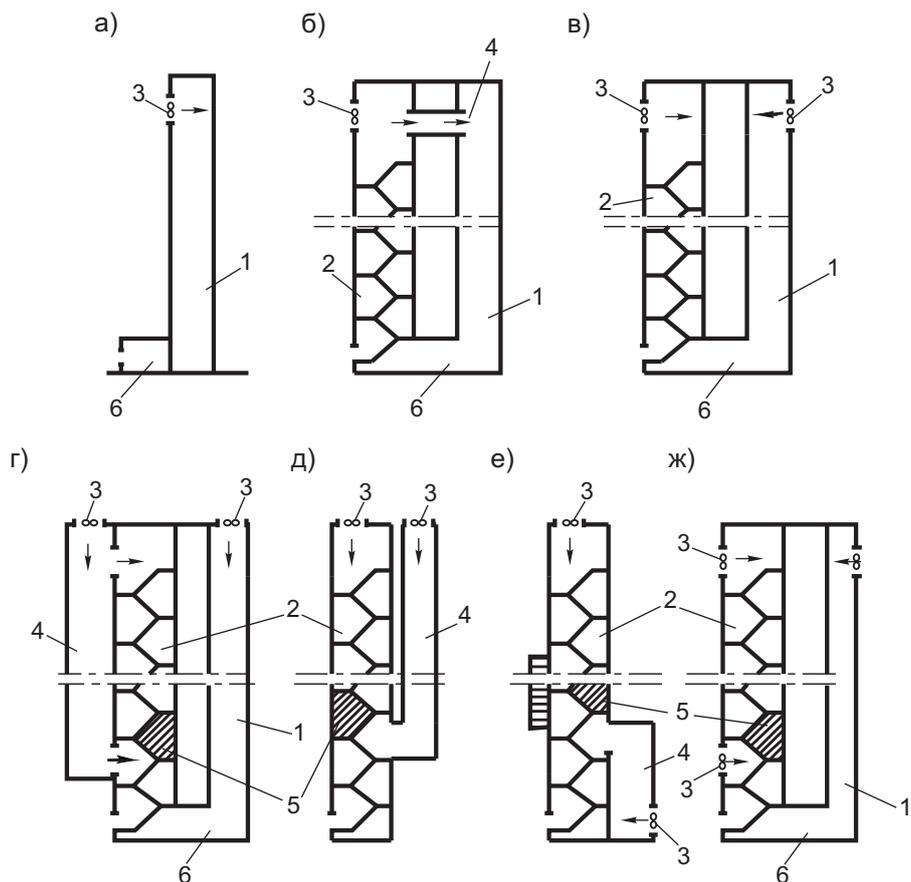
Номер кривой	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Для рисунков 3 а) и 3 б)
Число дверей	16			8			4			
Температура, °С	-45	-25	-5	-45	-25	-5	-45	-25	-5	
Номер кривой	10		11	12		13	14		15	Для рисунка 3 в)
Число дверей	8				4					
Температура, °С	-45		-25	-5		-45		-25	-5	

Рисунок 3, лист 2



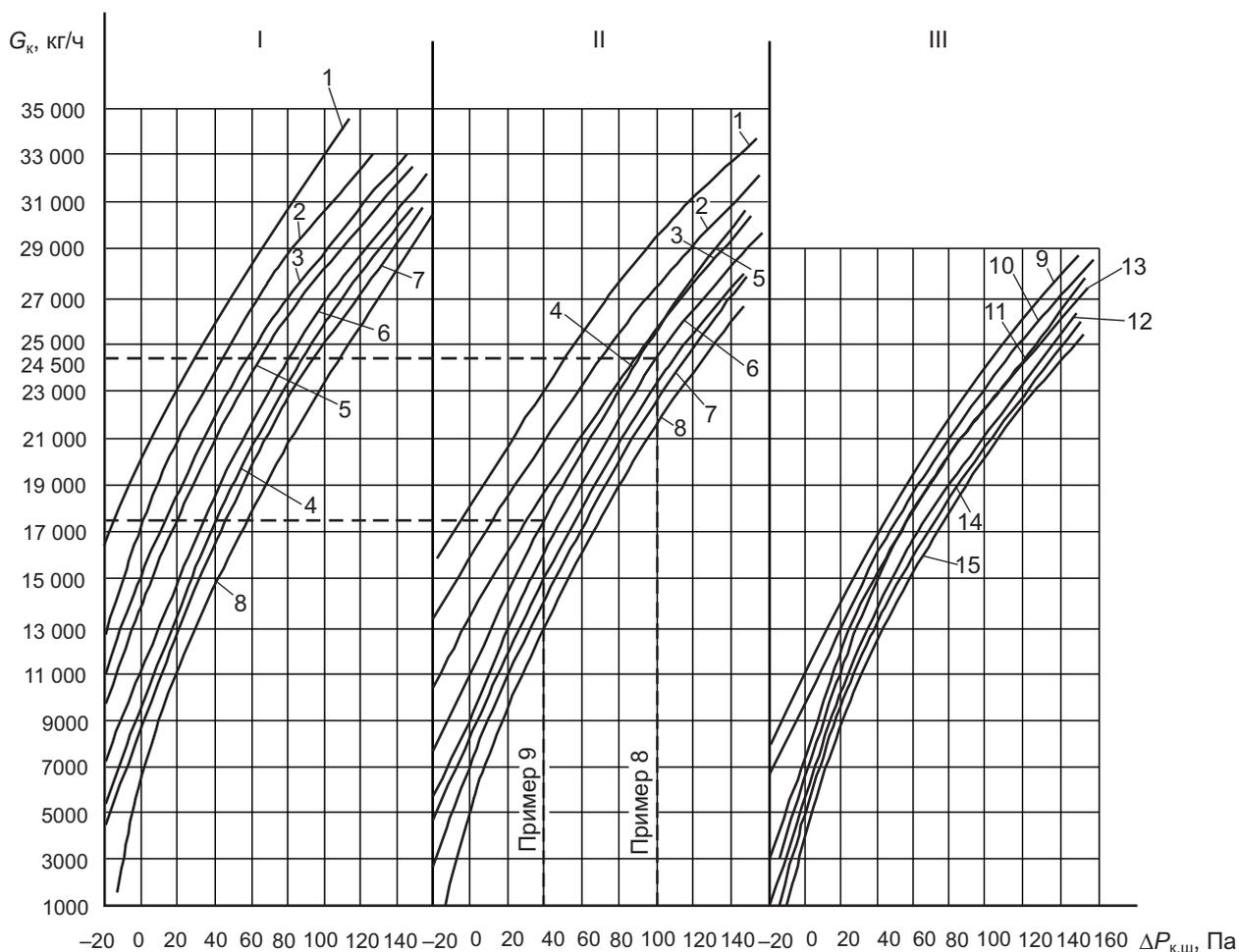
Номер кривой	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Для рисунков 3 а) и 3 б)	
Число дверей	16			8			4				
Температура, °С	-45	-25	-5	-45	-25	-5	-45	-25	-5		
Номер кривой	10	11	12	13	14	15	Для рисунка 3 в)				
Число дверей	8				4						
Температура, °С	-45	-25	-5	-45	-25	-5					

Рисунок 3, лист 3



1 — лифтовая шахта; 2 — лестничная клетка; 3 — вентилятор;
 4 — вентиляционный канал; 5 — рассечка; 6 — вестибюль

Рисунок 4 — Принципиальные схемы подачи наружного воздуха в незадымляемые лестничные клетки 2-го типа и лифтовые шахты:
 а — в лифтовую шахту при незадымляемой лестничной клетке 1-го типа;
 б — в незадымляемую лестничную клетку 2-го типа с пропуском части воздуха в лифтовую шахту;
 в — в незадымляемую лестничную клетку и лифтовую шахту отдельными системами;
 г, д, е, ж — в незадымляемые лестничные клетки 2-го типа с рассечками



Число		Номер кривой, соответствующий давлению в лифтовой шахте на первом этаже $P_{ш1}$, Па														
этажей	лифтов	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
10–14 для рисунка 5 а)	2	240	180	120	60											
	3					180	130	80	30							
15–20 для рисунка 5 б)	2	240	180	120	60											
	3					180	130	80	30							
21–27 для рисунка 5 в)	3									190	140	90	40			
	4													140	80	20

Рисунок 5 — Планировка Б. Расход воздуха G_k , кг/ч, для незадымляемой лестничной клетки 2-го типа в зависимости от разности давлений между лестничной клеткой и лифтовой шахтой $\Delta P_{к,ш}$, Па, на верхнем этаже и от давления в лифтовой шахте на первом этаже $P_{ш1}$, Па

7.7 Приточная противодымная вентиляция лестнично-лифтового узла В

Приточную противодымную вентиляцию узла В с отдельными выходами из коридора на лестничную клетку и в лифтовой холл проектируют с отдельной подачей наружного воздуха на лестничную клетку и в лифтовую шахту.

7.7.1 Давление воздуха $P_{ш1}$, Па, в лифтовой шахте на первом этаже в зданиях высотой 11 этажей и более определяют по формулам:

— при двух лифтах

$$P_{ш1} = 25 + 1,9P_{вес} - 0,22\Delta P_{к.ш}; \quad (65)$$

— при трех лифтах

$$P_{ш1} = 15 + 1,7P_{вес} - 0,2\Delta P_{к.ш}; \quad (66)$$

— при четырех лифтах

$$P_{ш1} = 5 + 1,4P_{вес} - 0,18\Delta P_{к.ш}; \quad (67)$$

где $P_{вес}$ — давление в вестибюле, Па; см. формулу (49);

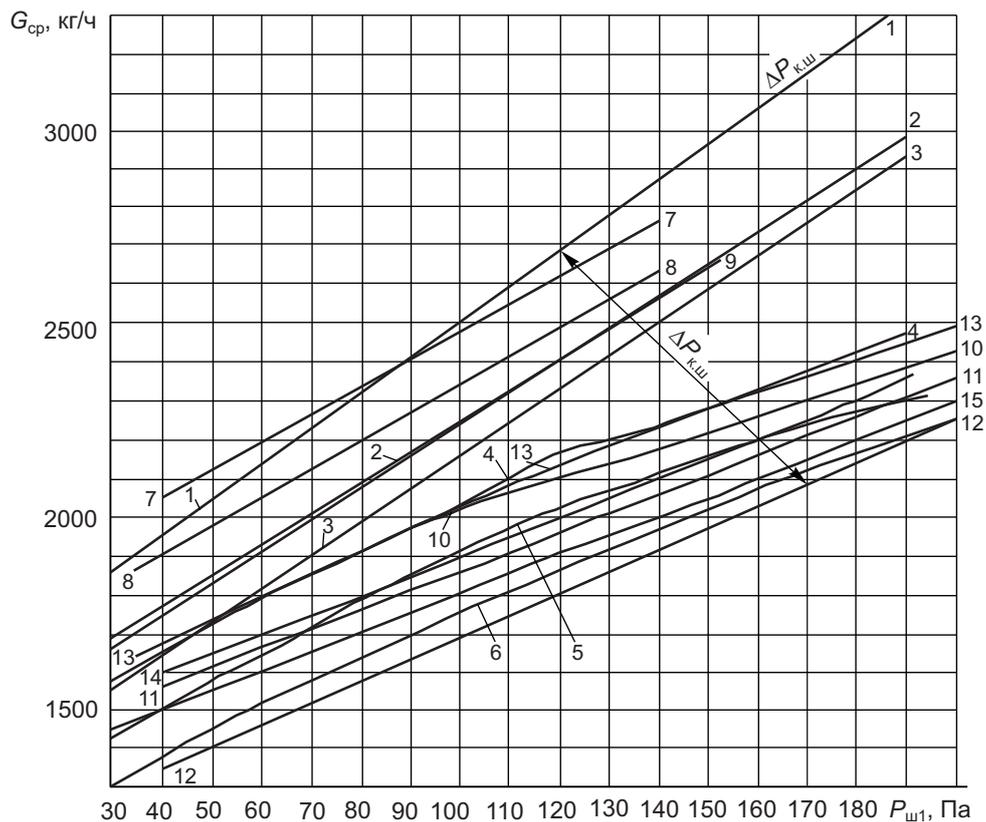
$\Delta P_{к.ш} = P_{к} - P_{ш}$ — при соблюдении максимальной разности давлений, указанной в таблице 7, Па.

Таблица 7 — Максимальная разность давлений $\Delta P_{к.ш}$ для планировки В

Число этажей в здании	Число лифтов	Число дверей на этаже	Давление воздуха в вестибюле $P_{вес}$, Па					
			20	40	60	80	100	120
10–14	2	8	152	133	110	95	75	57
	2	16	128	100	70	40	12	-17
15–20	2	8	140	125	110	95	68	40
	3	16	105	90	70	50	30	10
21–27	4	8	123	110	98	85	72	59

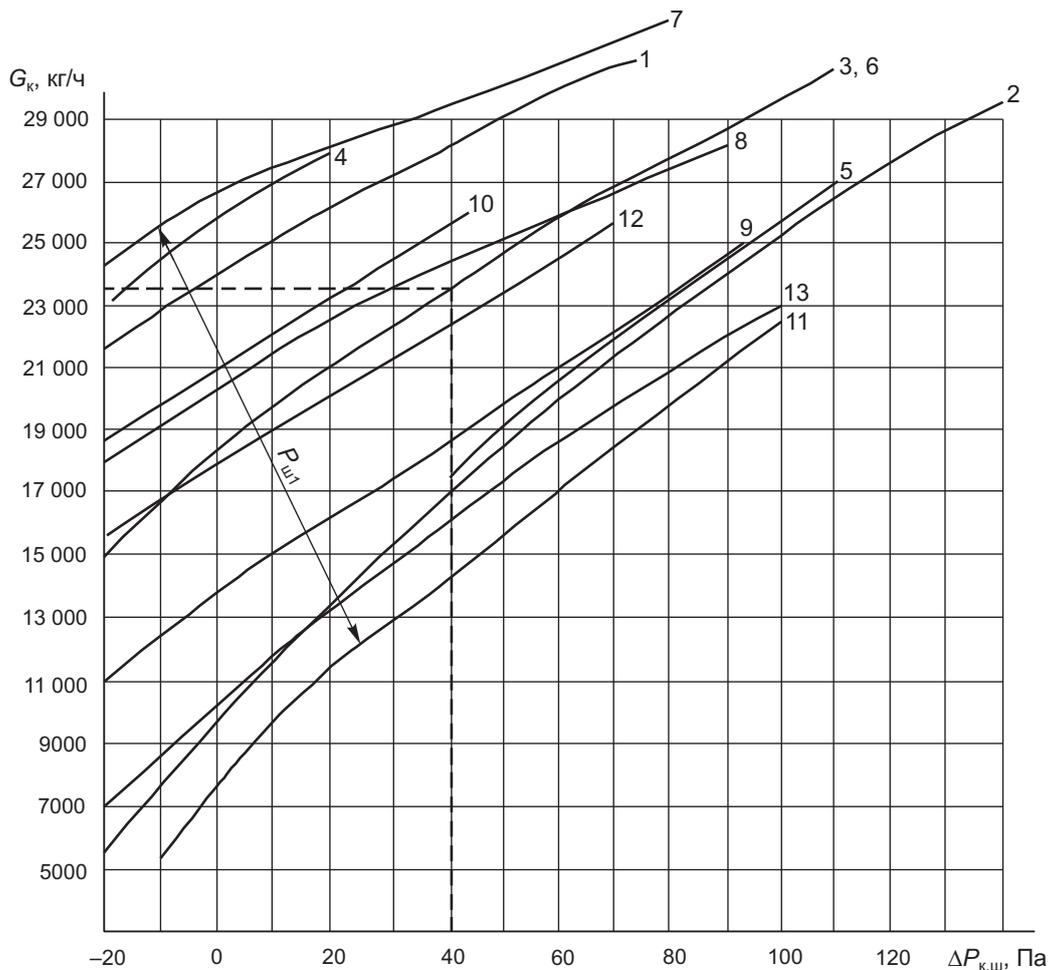
Полное давление вентилятора, подающего воздух в лифтовые шахты, определяют по формуле (56), вентилятора, подающего воздух на лестничную клетку, — по формуле (64). Общий расход воздуха $G_{об}$, кг/ч, подаваемый на незадымляемую лестничную клетку 2-го типа и в лифтовые шахты, определяют по формуле (57). Средний расход воздуха $G_{ср}$, кг/ч, определяют по рисунку 6 в зависимости от давления в лифтовой шахте на первом этаже $P_{ш1}$. При этом расход воздуха для подачи на лестничную клетку определяют по рисунку 7, в лифтовую шахту — по разности между общим расходом $G_{об}$ и расходом на лестничную клетку $G_{л}$:

$$G_{ш} = G_{об} - G_{л}. \quad (68)$$



Число		Кривые разности давлений $\Delta P_{к.ш}$ в зависимости от давления в лифтовой шахте на первом этаже $P_{вес}$, Па														
этажей	дверей	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
10–14	16	150	40	-20												
	8				150	40	-20	<i>Пример:</i> $P_{ш1} = 70$ Па, $G = 2000$ кг/ч; $\Delta P_{к.ш} = 40$ Па								
15–20	16							150	40	-20						
	8										150	40	-20			
21–25	16–8													150	40	-20

Рисунок 6 — Планировка В. Средний расход воздуха $G_{ср}$, кг/ч, на каждый этаж со второго по верхний в зависимости от $\Delta P_{к.ш}$, Па, и $P_{ш1}$, Па



Число			Номер кривой, соответствующий давлению в лифтовой шахте на первом этаже P _{ш1} , Па												
этажей	лифтов	дверей	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
10–14	2	8	190	30	110										
	2	16				190	30	110							
15–20	2	8							250	150	60				
	3	16										160	20		
21–27	2	8												164	24

Рисунок 7 — Планировка В. Расход воздуха G_к, кг/ч, на лестничную клетку 2-го типа в зависимости от разности давлений ΔP_{к,ш}, Па, на уровне верхнего этажа и давления в лифтовой шахте на первом этаже P_{ш1}, Па

7.7.2 В том случае, когда лестничная клетка разделена на две зоны с внутренним переходом между зонами, расчет подпора на лестничную клетку и в лифтовую шахту рекомендуется выполнять следующим методом. Давление в лифтовой шахте на первом этаже P_{ш1}, Па, определяют по формуле

$$P_{ш1} = A + BP_{вес} - C\Delta P_{к,ш}, \tag{69}$$

где A, B, C — коэффициенты, принимаемые по таблице 8;

P_{вес} — давление воздуха в вестибюле, Па; см. формулу (49);

ΔP_{к,ш} — разность давлений между лестничной клеткой и лифтовой шахтой на уровне верхнего этажа лестничной клетки или рассечки (рисунок 4 г) – ж), Па; вычисляют по формуле

$$\Delta P_{к,ш} = P_{к.нз.в} - P_{ш.нз.в} \tag{70}$$

При числе этажей в нижней зоне лестничной клетки более 10 разность давлений $\Delta P_{к.ш}$, Па, не должна превышать предельные значения, указанные в таблице 7.

Таблица 8 — Коэффициенты для определения давления $P_{ш}$, Па, при планировке В

Число этажей в зоне	Коэффициенты А, В, С при числе лифтов								
	2			3			4		
	А	В	С	А	В	С	А	В	С
5	10,0	1,6	0,6	7,5	1,52	0,65	5	1,44	0,7
7	12,5	1,72	0,47	8,5	1,58	0,5	5	1,44	0,52
9	15,0	1,84	0,33	10,0	1,64	0,35	5	1,44	0,35
11 и более	25,0	1,9	0,22	15,0	1,7	0,2	5	1,44	0,18

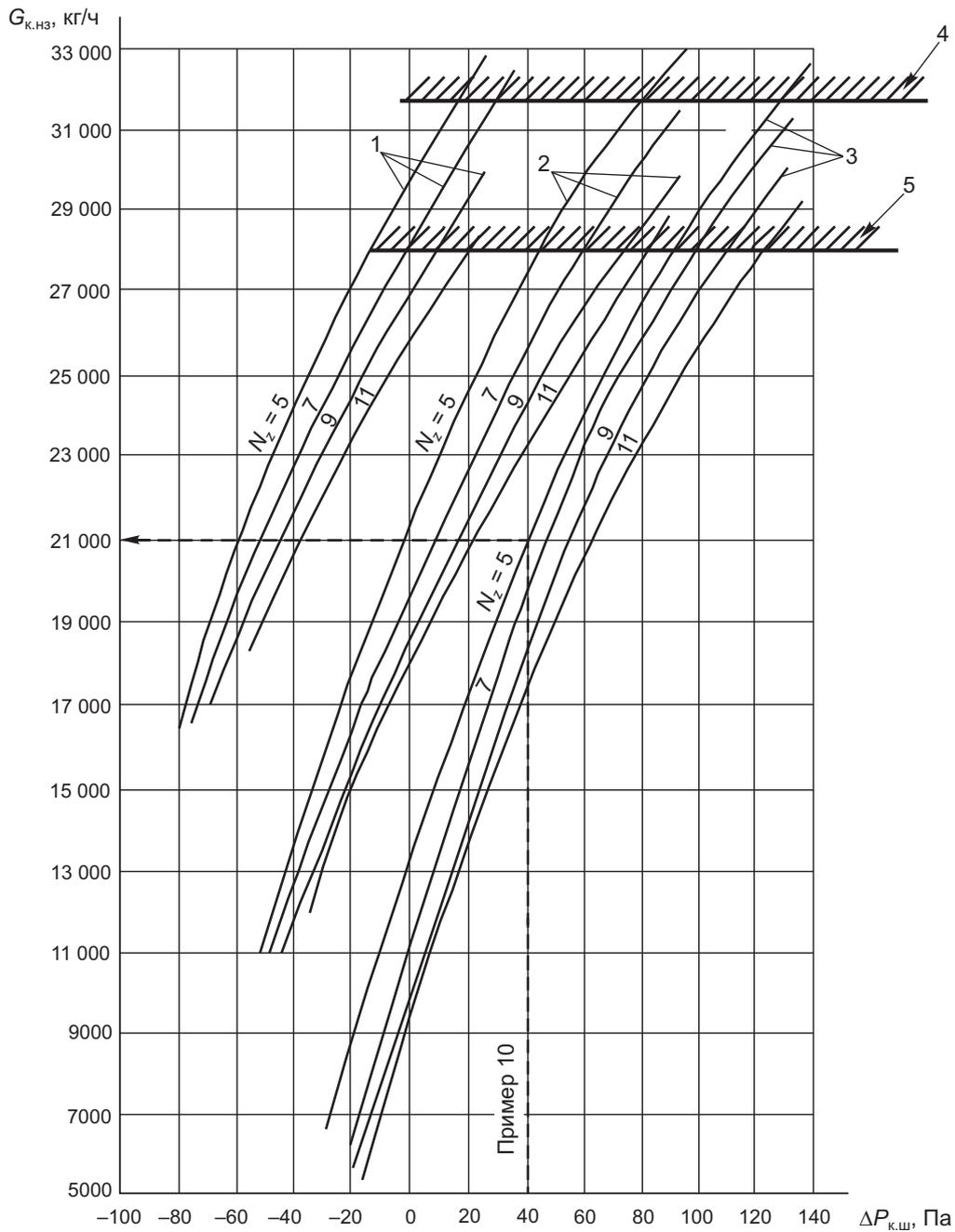
Общий расход воздуха, поступающий на лестничную клетку и в лифтовую шахту нижней зоны здания, определяют по формуле (57).

Средний расход воздуха $G_{ср}$, кг/ч, на каждом этаже со второго по верхний для нижней зоны здания определяют по таблице 9.

Таблица 9 — Средний расход воздуха на каждый этаж нижней зоны здания со второго по верхний $G_{ср}$, кг/ч, при планировке В

$\Delta P_{к.ш}$, Па, на уровне рассечки	Значение $G_{ср}$, кг/ч, при $P_{ш1}$, Па					
	30	60	90	120	150	180
150	1910	2165	2400	2640	2900	3140
45	1890	2100	2330	2580	2720	2920
25	1820	2070	2300	2560	2700	2900
-20	1560	1800	2070	2320	2570	1860

Расход воздуха для подачи в нижнюю зону лестничной клетки $G_{к.нз}$, кг/ч, определяют по рисунку 8.



- 1 — $P_{ш1} = 190$ Па; 2 — $P_{ш1} = 110$ Па; 3 — $P_{ш1} = 30$ Па;
 4 — предельный расход воздуха при семи этажах в зоне;
 5 — предельный расход воздуха при 11 этажах в зоне с внутренним переходом между зонами;
 7 — число этажей

Рисунок 8 — Планировка В. Расход наружного воздуха $G_{к.н3}$, кг/ч, в нижнюю зону лестничной клетки второго типа

Подачу воздуха в лифтовую шахту $G_{ш.н3}$, кг/ч, определяют по формуле

$$G_{ш.н3} = G_{об} - G_{к.н3} \quad (71)$$

Давление воздуха в верхней части нижней зоны лестничной клетки (уровень рассечки) $P_{к.нз.в}$, Па, определяют по формуле

$$P_{к.нз.в} = P_{ш1} + \Delta P_{к.ш} - N_3 h \cdot (\gamma_n - \gamma_{ш}), \quad (72)$$

- где $P_{ш1}$ — см. формулу (69);
 $\Delta P_{к.ш}$ — см. 7.7.2;
 $N_3 h$ — число этажей в зоне;
 h — высота этажа, м;
 $\gamma_n - \gamma_{ш}$ — разность удельных весов наружного и внутреннего воздуха, Н/м³.

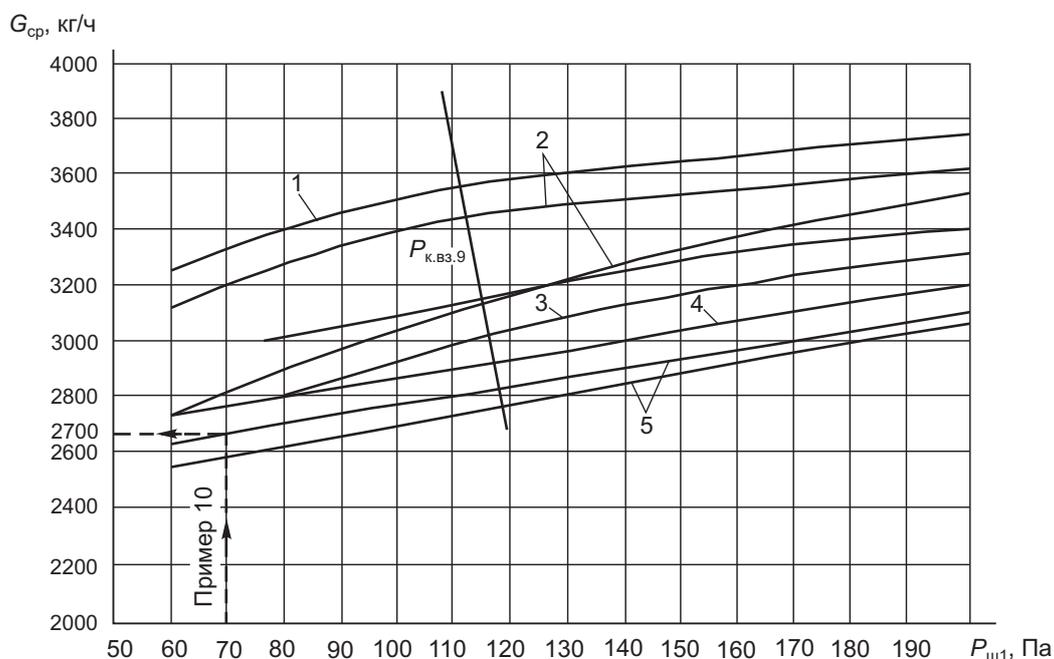
Давление воздуха в верхней части верхней зоны лестничной клетки $P_{к.вз.в}$, Па, определяют по формуле

$$P_{к.вз.в} = P_{к.нз.в} - 0,03P_{ш1} + 1 \cdot (N_3 - 5). \quad (73)$$

По давлению $P_{к.вз.в}$ и давлению в лифтовой шахте $P_{ш1}$, рассчитанному по формуле (53), определяют расход воздуха для верхней зоны лестничной клетки $G_{к.вз}$, кг/ч, по формуле

$$G_{к.вз} = 11\,500 + 44/P_{к.вз.в} - 21 \cdot (P_{ш1} - 235) + 1060 \cdot (N_3 - 5). \quad (74)$$

По рисунку 9 определяют средний расход воздуха $G_{ср.вз}$, кг/ч, на каждый этаж верхней зоны здания.



- 1 — $P_{к.вз.в} = 220$ Па; 2 — $P_{к.вз.в} = 180$ Па; 3 — $P_{к.вз.в} = 150$ Па;
 4 — $P_{к.вз.в} = 90$ Па; 5 — $P_{к.вз.в} = 60$ Па

Рисунок 9 — Планировка В. Средний расход наружного воздуха $G_{ср}$, кг/ч, для верхней зоны здания из пяти или 13 этажей с внутренним переходом в нижнюю зону в зависимости от давления воздуха в лифтовой шахте на первом этаже $P_{ш1}$ и давления в верхней зоне на верхнем этаже $P_{к.вз.в}$

Расход воздуха для верхней зоны лифтовой шахты $G_{ш.вз}$, кг/ч, определяют по формуле

$$G_{ш.вз} = G_{ср.вз} N_3 + G_d - G_{к.вз}. \quad (75)$$

Общий расход воздуха, подаваемый в лифтовые шахты, $G_{ш}$, кг/ч, определяют по формуле

$$G_{ш} = G_{ш.нз} + G_{ш.вз}. \quad (76)$$

Общий расход воздуха, подаваемого на лестничную клетку, G_k , кг/ч, определяют по формуле

$$G_k = G_{к.нз} + G_{к.вз}. \quad (77)$$

Полное давление вентилятора $P_{\text{вен}}$, Па, определяют по формулам:

а) для шахт лифтов

$$P_{\text{вен}} = \Delta P_c + P_{\text{ш1}} + Nh \cdot (\gamma_n - \gamma_{\text{ш}}); \quad (78)$$

б) для верхней зоны лестничной клетки

$$P_{\text{вен}} = \Delta P_c + P_{\text{к.вз}} + Nh_2 \cdot (\gamma_n - \gamma_{\text{ш}}); \quad (79)$$

в) для нижней зоны лестничной клетки

$$P_{\text{вен}} = \Delta P_c + P_{\text{к.нз}} + N_3 h_2 \cdot (\gamma_n - \gamma_{\text{ш}}). \quad (80)$$

В формулах (78) – (80) ΔP_c — потери в сети воздуховодов обвязки вентилятора, Па;

$P_{\text{ш1}}$ — давление воздуха в лифтовой шахте на первом этаже, Па;

N — число этажей в здании;

h — высота этажа, м;

$\gamma_n - \gamma_{\text{ш}}$ — разность удельных весов наружного и внутреннего воздуха, Н/м³;

N_3 — число этажей в нижней зоне здания.

Расчет приточной противодымной вентиляции лестнично-лифтового узла Г аналогичен расчету узла В.

Пример расчета к 7.7 приведен в В.4 приложения В.

7.8.3 Расход наружного воздуха G , кг/ч, в тамбур-шлюзы закрытыми дверями остальных этажей следует рассчитывать по формуле

$$G = 3157A_{\text{щ}} \cdot (20 + 0,7V^2\rho)^{0,5} \cdot (N - 1), \quad (81)$$

где $A_{\text{щ}}$ — площадь неплотностей и щелей в притворах дверей тамбур-шлюзов, м²;

V — скорость ветра, м/с, наружного воздуха в холодный период года при параметрах Б, но не более 5 м/с;

ρ — плотность наружного воздуха, кг/м³, в холодный период года при параметрах Б;

N — число этажей лестничной клетки.

7.8.4 Следует рассчитать расход воздуха через неплотности закрытых клапанов на всех этажах здания, кроме этажа пожара, по формуле (6), при среднем избыточном давлении в подающем воздуховоде и через неплотности воздуховодов определяют по таблице 2. Если расход воздуха через неплотности закрытых клапанов меньше требуемого для тамбур-шлюзов по формуле (81), то его следует обеспечить неполным закрытием клапанов при наладке системы.

Подачу наружного воздуха во время пожара в тамбур-шлюзы перед незадымляемыми лестничными клетками типа НЗ допускается предусматривать от специального вентилятора, нагнетающего воздух в вертикальную шахту с установленными на каждом этаже дымовыми клапанами, открываемыми по сигналу автоматической пожарной сигнализации. Производительность приточной системы лестничной клетки типа НЗ определяется как сумма расхода воздуха, подаваемого в тамбур-шлюз на этаже пожара, расхода воздуха в остальные тамбур-шлюзы с закрытыми клапанами по формуле (77) и утечки воздуха через неплотности воздуховодов.

7.8.5 Приток наружного воздуха в тамбур-шлюз перед лестницей в подвальном помещении категории В следует рассчитывать при одной открытой двери из тамбур-шлюза в подвальный этаж при расходе воздуха 4700 м³/ч на 1 м² площади двери.

7.8.6 Расход наружного воздуха в тамбур-шлюз перед лифтовой шахтой в подвальных этажах следует рассчитывать при закрытых дверях по формуле (81).

7.8.7 Расход воздуха, подаваемого в тамбуры-шлюзы перед дверью в противопожарной стене 1-го типа, работающие при пожаре с одной открытой дверью, следует определять расчетом на обеспечение давления воздуха не менее 20 Па для противодымной защиты или рассчитывать по скорости 1,3 м/с в проеме двери.

Пример расчета к 7.8 приведен в В.5 приложения В.

7.9 Компенсирующая подача воздуха

Возмещение объемов удаляемых из помещений продуктов горения при пожаре обеспечивается посредством подачи наружного воздуха в нижнюю часть таких помещений. Расход подаваемого воздуха G_a , кг/с, определяется соотношением

$$G_a = G / (1 - n), \quad (82)$$

где G — массовый расход удаляемых продуктов горения, кг/с;

n — коэффициент дисбаланса; допускается в пределах $-0,3 \leq n \leq 0,3$.

Для определения требуемого объемного расхода подаваемого воздуха L_a , м³/с или м³/ч, применяют зависимость

$$L_a = G_a / \rho_a, \quad (83)$$

где ρ_a — плотность подаваемого воздуха, кг/м³, определяемая при абсолютной температуре подаваемого воздуха T_a , К.

Способы подачи воздуха могут быть различными, но в основном подразделяются на использование принудительной и естественной вентиляции. Естественная вентиляция может быть предусмотрена с применением дверей наружных выходов помещения или специально выполненных воздухоприточных каналов. Требуемые размеры проходных сечений таких дверей и каналов определяют с учетом их фактического гидравлического сопротивления, соотносимого с установленным статическим давлением вытяжной противодымной вентиляции.

8 Противодымная защита в гаражах-стоянках

8.1 В надземных гаражах-стоянках открытого типа системы дымоудаления и вентиляции не предусматривают.

8.2 Системы вытяжной противодымной защиты следует предусматривать для удаления продуктов горения в гаражах-стоянках закрытого типа из помещений для хранения автомобилей надземных и подземных автостоянок, а также из изолированных рамп этих автостоянок.

8.3 Удаление дыма в многоэтажных гаражах-стоянках закрытого типа предусматривается, как правило, через дымовые шахты с искусственным побуждением тяги, плотность их должна быть не ниже класса Н (нормальные).

Конструкция дымовых шахт должна исключать возможность проникновения дыма с одного этажа на другой за счет устройства дымовых клапанов. Количество шахт следует принимать из расчета удаления дыма с площади помещения, учитывая, что край зоны, обслуживаемой шахтой, удален не более чем на 30 м от каждой шахты. Площадь, обслуживаемую одним дымоприемным устройством, следует принимать не более 1000 м².

8.4 В гаражах-стоянках, за исключением указанных в 8.5, естественное дымоудаление допускается предусматривать через фонари и окна, оборудованные механизированными приводами открывания створок фонарей и фрамуг, расположенных в верхней части окон (на уровне 2,2 м и выше от пола до низа фрамуг). При этом общая площадь открываемых проемов, определяемая расчетом, должна быть достаточной для удаления дыма при пожаре, а расстояние от окон до наиболее удаленной точки помещения не должно превышать 15 м.

8.5 В гаражах-стоянках, встроенных (пристроенных) в здания класса функциональной пожарной опасности Ф1.4, а также в одно- и двухэтажных гаражах-стоянках с непосредственным выездом наружу из каждого бокса устройство системы противодымной защиты допускается не предусматривать.

8.6 На лестничных клетках и в шахтах лифтов гаражей-стоянок следует предусматривать подпор воздуха при пожаре или устройство на всех этажах тамбур-шлюзов 1-го типа с подпором воздуха при пожаре в следующих случаях:

— в тамбур-шлюзы, парно-последовательно расположенные при выходах из лифтов в помещения хранения автомобилей подземных автостоянок;

— в тамбур-шлюзы, отделяющие помещения хранения автомобилей закрытых надземных и подземных автостоянок от помещений иного назначения;

— в тамбур-шлюзы, отделяющие помещения хранения автомобилей от изолированных рамп подземных автостоянок, или в сопловые аппараты воздушных завес, устанавливаемые над воротами изолированных рамп со стороны помещений хранения автомобилей подземных автостоянок (как равнозначные по технической эффективности варианты защиты).

8.7 Дымоудаление из рампы в надземных этажах гаражей-стоянок может осуществляться через открывающиеся фрамуги в окнах (на уровне 2,2 м и выше от пола до низа фрамуг), проемы в фонарях, дымовые люки. Расчет площади проемов осуществляют в соответствии с 6.8. В гаражах-стоянках, встроенных в здания другого назначения, устройство дымоудаления через проемы не допускается.

8.8 В гаражах-стоянках с изолированными рампами дымовые шахты на каждом этаже следует оборудовать дымовыми клапанами.

8.9 При пожаре должно быть предусмотрено отключение общеобменной вентиляции. Порядок (последовательность) включения систем противодымной защиты должен предусматривать опережение запуска вытяжной вентиляции перед приточной на время, определяемое технологическими требованиями.

8.10 Управление системой противодымной защиты должно осуществляться:

- автоматически — в соответствии с требованиями СНБ 4.02.01;
- дистанционно — из помещения дежурного персонала (при его наличии);
- от кнопок ручного пуска, устанавливаемых у каждого поэтажного выхода и выезда, на лестничных площадках (в шкафах пожарных кранов).

8.11 Для обеспечения дымоудаления число дымовых шахт, дымовых клапанов и других элементов системы противодымной вентиляции следует определять расчетом в соответствии с разделом 6. При определении основных параметров приточно-вытяжной противодымной вентиляции необходимо учитывать следующие исходные данные:

- возникновение пожара (возгорание автомобиля или загорание в одном из помещений, указанных в ТКП 45-3.02-25, в надземном гараже-стоянке — на нижнем этаже, в подземном — на верхнем и нижнем этажах);
- геометрические характеристики этажа — эксплуатируемую площадь, площадь проемов и ограждающих конструкций;
- удельную пожарную нагрузку;
- положение проемов эвакуационных выходов (открытые с этажа пожара до наружных выходов);
- параметры наружного воздуха.

8.12 Стоянки легковых автомобилей принимают категории В при выполнении мероприятий, указанных в ТКП 45-3.02-25; принимают средний удельный вес дыма при пожаре $\gamma = 5 \text{ Н/м}^3$ и плотность $\rho = 0,51 \text{ кг/м}^3$.

8.13 При высоте помещения 2,5 м вертикальные завесы, ограждающие дымовые зоны, не должны спускаться ниже 2,0 м от пола. Глубина резервуаров дыма при этом будет зависеть от высоты конструкций перекрытия стоянки и, как правило, будет не более 0,5 м.

8.14 Расход дыма G , кг/ч, удаляемого из резервуара дыма над загоревшимся автомобилем, следует определять по периметру очага пожара, за который принимается периметр большего из размещаемых автомобилей, но не более 12 м. Расход дыма рекомендуется рассчитывать по формуле (27).

Пример — Максимальный расход дыма, для стоянок легковых автомобилей при $K_s = 1,0 \text{ кг/ч}$ составляет: $G = 676,8 \cdot 12 \cdot 2^{1,5} \cdot 1 = 22\,970 \text{ кг/ч}$ или $6,38 \text{ кг/с}$.

8.15 В подземные стоянки легковых автомобилей и стоянки, лестничные клетки которых связывают подземную и надземную части стоянок или подземную стоянку с надземными этажами здания другого назначения, приточный наружный воздух для создания избыточного давления следует подавать:

а) в лифтовые и коммуникационные шахты.

Подачу воздуха в коммуникационные шахты предусматривают после получения данных о наличии в них неплотностей с указанием их мест и площади, м^2 ;

б) на незадымляемые лестничные клетки типа Н2;

в) в тамбур-шлюзы при незадымляемых лестничных клетках типа Н3;

г) в пандусы, соединяющие этаж пожара с наружным пространством при открытых воротах для выезда автомобилей;

д) в тамбур-шлюзы при пандусах для автомобилей и другие тамбур-шлюзы, предусмотренных строительным проектом.

8.16 Расход наружного воздуха для противодымной защиты следует рассчитывать на обеспечение давления воздуха по 8.18 по отношению к давлению наружного воздуха или давлению в помещениях, в которые ведут двери или проемы из защищаемых сооружений или помещений, в том числе давления:

а) в верхней части лифтовых шахт при закрытых дверях этих шахт на всех этажах, кроме верхнего (давление воздуха внутри лифтовых шахт практически постоянно, в связи с малой скоростью движения воздуха в них);

б) в верхней части незадымляемых лестничных клеток 2-го типа при открытых дверях на этаже пожара и закрытых дверях на всех других этажах лестничной клетки. Двери с лестничных клеток наружу при этом открыты;

в) в тамбур-шлюзах перед дверями незадымляемой лестничной клетки 3-го типа. На этаже пожара одна дверь тамбур-шлюза открыта, другая закрыта. На всех остальных этажах обе двери тамбур-шлюза закрыты.

Примечание — В 8.17, 8.18 представлен расчетный вариант положения дверей. Фактически все двери лестничной клетки будут кратковременно открываться.

8.17 При расчете противодымной защиты следует принимать:

а) температуру наружного воздуха и скорость ветра для холодного и теплого периодов года (параметры Б); скорость ветра — не более 5 м/с;

б) направление ветра со стороны, противоположной главному эвакуационному выходу людей из здания;

в) избыточное давление воздуха на незадымляемых лестничных клетках 2-го типа, в шахтах лифтов и тамбур-шлюзах с дверями или воротами, ведущими наружу, по отношению к давлению наружного воздуха на наветренной стороне здания — не менее 20 Па;

г) давление на закрытые двери на путях эвакуации — не более 50 Па (регулируется клапаном избыточного давления);

д) при двухстворчатых дверях в расчет следует принимать большую створку; ворота для автомобилей на этаже пожара должны быть открыты полностью;

е) кабины лифтов при пожаре должны находиться на основном посадочном этаже, двери в лифтовую шахту должны быть открыты.

8.18 Расход наружного воздуха, подаваемого на лестничные клетки, в пандусы, лифтовые шахты, тамбур-шлюзы, вестибюль или другие защищаемые давлением воздуха помещения, расположенные перед въездными воротами или входными дверями стоянки, рассчитывают на противодавление наружного воздуха P , Па, определяемого по формуле

$$P = 0,7 - V^2 \rho + 20, \quad (84)$$

где V — скорость ветра, м/с, в холодный период года (параметры Б), но не более 5 м/с;

ρ — плотность воздуха, кг/м³, в холодный период года (параметры Б).

При определении давления воздуха при расчете вентилятора ρ и V следует принимать для теплого периода года (параметры Б).

Расход воздуха для открытых ворот и входных дверей G_v , кг/ч, не имеющих Z-образных тамбуров, определяют по формуле

$$G_v = 2875 A_E P^{0,5} K, \quad (85)$$

при наличии Z-образного тамбура для входных дверей

$$G_d = 2075 A_d P^{0,5} K, \quad (86)$$

где A_E, A_d — площадь соответственно ворот и дверей, м²;

P — см. формулу (84).

При наличии двух последовательно расположенных дверей или ворот одинаковой площади расчет по формулам (85) и (86) производят с коэффициентом $K = 0,707$, а трех и более — с коэффициентом $K = 0,58$.

8.19 Удельный расход воздуха на 1 м длины притвора закрытой двери или ворот при давлении нагнетаемого воздуха 1 Па (для обеспечения прижима к притвору) $G_y = 8$ кг/(м·ч), а если давление воздуха отжимает их от притвора, то расход удваивается, т. е. $G_y = 16$ кг/(м·ч).

При этих расчетах в первом случае принята щель шириной 1,8 мм, во втором — 3,6 мм. Принят коэффициент запаса 1,2 (качество изготовления и износ дверей и ворот).

Расход воздуха через неплотности закрытых дверей и ворот $G_{дв}$, кг/ч, рассчитывается по формуле

$$G_{дв} = G_y L_{дв} \Delta P^{0,5}, \quad (87)$$

где $L_{дв}$ — длина притвора дверей или ворот, м;

ΔP — разность давлений воздуха по обе стороны закрытых дверей или ворот, Па.

8.20 Расход наружного воздуха $G_{л.о}$, кг/ч, компенсирующий утечки через неплотности между краями кабин лифтов и проемами в лифтовой шахте, а также через вентиляционные решетки кабин лифтов, следует определять по формуле

$$G_{л.о} = (34L + A) \cdot \Delta P_{ш}^{0,5}, \quad (88)$$

где L — длина неплотности между краями кабины лифта и краями проема в лифтовой шахте, м;

A — площадь живого сечения вентиляционной решетки в кабине лифта; принимают равной $0,1 \text{ м}^2$;

$\Delta P_{ш}$ — разность давлений в верхней части лифтовой шахты и вне ее, Па; определяют по формуле

$$\Delta P_{ш} = P + 20, \quad (89)$$

здесь P — см. формулу (84).

8.21 Расход наружного воздуха через неплотности $G_{ш}$, кг/ч, рассчитывают по формуле

$$G_{ш} = 16L_d \Delta P_{ш}^{0,5}, \quad (90)$$

где L_d — длина притвора двери лифтовой шахты, м;

$\Delta P_{ш}$ — разность давлений воздуха в лифтовой шахте; см. формулу (89).

8.22 Расход воздуха через закрытую дверь машинного отделения лифта $G_{з.л}$, кг/ч, рассчитывают по формуле

$$G_{з.л} = 16L_3 \Delta P_{ш}^{0,5}, \quad (91)$$

где L_3 — длина притвора двери, м;

$\Delta P_{ш}$ — см. формулу (89).

8.23 Расход воздуха через открытую дверь лестничной клетки на этаже пожара $G_{к.о}$, кг/ч, рассчитывают по формуле

$$G_{к.о} = 2875A_k P_k^{0,5} K, \quad (92)$$

где A_k — площадь большей створки двери, м^2 ;

$$P_k = P + 2,1H_k/2 + 20, \quad (93)$$

здесь H_k — высота лестничной клетки, м;

P — см. формулу (84);

K — коэффициент, равный 0,707 — при двух последовательно расположенных дверях тамбур-шлюза, 0,58 — при трех последовательно расположенных дверях одного и того же размера.

8.24 Расход через закрытую дверь лестничной клетки $G_{к.з}$, кг/ч, рассчитывают по формуле

$$G_{к.з} = 16L_3 P_k^{0,5}, \quad (94)$$

где L_3 — длина притвора двери, м;

P_k — см. формулу (93).

8.25 Дымовые клапаны устанавливают на всех вытяжных и всех приточных отверстиях систем дымоудаления.

Неплотности притворов дымового клапана определяют расходом воздуха, просасываемого через закрытый клапан, G_k , кг/ч; неплотности следует принимать по данным завода-изготовителя, но расход воздуха не должен превышать нормативного значения по СНБ 4.02.01:

$$G_k = 40,3 \cdot (A_k \Delta P_3)^{0,5}, \quad (95)$$

где A_k — площадь полотна дымового клапана, m^2 ;

ΔP_3 — разность давлений газов по обе стороны дымового клапана, Па.

8.26 Пуск в действие систем противодымной защиты и отключение всех вытяжных вентиляционных систем необходимо осуществлять автоматически, дистанционно и от кнопок ручного пуска, устанавливаемых на въезде на каждый этаж автостоянки, на лестничных площадках на этажах, в лифтовых холлах, тамбур-шлюзах и на центральном пульте.

8.27 Приточный воздух при пожаре выпускается в защищаемые сооружения (лифтовые шахты и др.) через автоматически открывающиеся дымовые клапаны.

8.28 Воздуховоды систем противодымной защиты следует монтировать из воздуховодов класса П (плотные) и при нагревании — снабжать, при необходимости, компенсаторами линейного удлинения.

8.29 Расчет системы дымоудаления начинают с определения сопротивления ΔP_1 , Па, дымового клапана и воздуховодов, по которым дым подводится к клапану, по формуле

$$\Delta P_1 = K_T \cdot \sum \zeta (v_p)^2 / 2\rho + K_{тр} H K_c L, \quad (96)$$

где K_T — поправочный коэффициент для коэффициентов местных сопротивлений ζ ; определяется отношением плотности газа (дыма) к плотности стандартного воздуха, в данном случае равный $0,51/1,2 = 0,425$; для дыма при пожаре принимают дополнительную поправку на загрязненность дыма — 1,3, тогда $K_T = 0,425 \cdot 1,3 = 0,55$;

$\sum \zeta$ — сумма коэффициентов местных сопротивлений на участке сети от первого резервуара дыма до соединения с ответвлением ко второму резервуару дыма с закрытым дымовым клапаном (допускается непосредственно до вентилятора); местное сопротивление открытого дымового клапана на прямом участке допускается принимать 0,4;

v_p — массовая скорость дыма в открытом сечении дымового клапана, $кг/(с \cdot m^2)$; принимают не более $10 кг/(с \cdot m^2)$;

ρ — плотность дыма; принимают равной $0,51 кг/м^3$;

$K_{тр}$ — для дыма с температурой $450^\circ C$, с учетом перевода давлений в Па, принимать 8,0;

H — потери давления на трение, $кг/м^2$; принимают по [1] по соответствующей величине скоростного давления в воздуховоде, $кг/м^2$, или по таблице 2, при скоростном давлении, Па;

K_c — коэффициент для воздуховодов из строительных материалов: 1,7 — для бетона; 2,1 — для кирпича; 2,7 — для шахт, оштукатуренных по стальной сетке; для других материалов — по [1];

L — длина участков воздуховода, м, до соединения с ответвлением ко второму резервуару дыма (или до вентилятора).

8.30 Расход воздуха, подсасываемый через неплотности закрытого дымового клапана, G_b , кг/с определяют по формуле

$$G_b = 0,005 \cdot (П \Delta P_1)^{0,5}, \quad (97)$$

где $П$ — периметр притвора дымовых клапанов, м;

ΔP_1 — потери давления на участке от первого резервуара дыма до ответвления ко второму резервуару или до вентилятора, Па.

8.31 Плотность смеси газов ρ , $кг/м^3$, определяют по формуле

$$\rho = (G_{д1} + G_b) / (G_{д1} \cdot 1/0,51 + G_b/1,2), \quad (98)$$

где $G_{д1}$ и G_b — расход дыма и расход воздуха соответственно, кг/с.

8.32 По общему расходу дыма и воздуха $G_o = G_{д1} + G_b$, кг/ч, по формуле (96) определяют потери давления на общем участке от обоих резервуаров и находят разрежение перед вентилятором ΔP_1 , Па.

8.33 На основании разрежения перед вентилятором ΔP_0 определяется подсос воздуха через неплотности всей сети воздухопроводов от дымовых клапанов до вентилятора:

$$G_{в1} = G_{п.с} \cdot \sum(n,l), \quad (99)$$

где $G_{п.с}$ — удельный подсос воздуха через неплотности воздухопроводов по таблице 3, класс П;

$\sum(n,l)$ — развернутая площадь всех всасывающих воздухопроводов, m^2 , как произведение периметра каждого участка системы на его длину, кроме участков, находящихся внутри резервуаров дыма.

8.34 Общий расход газов перед вентилятором $G_{сум}$, кг/с, определяют по формуле

$$G_{сум} = G_{д1} + G_{в} + G_{в1} \quad (100)$$

и их плотность $\rho_{сум}$, kg/m^3 , — по формуле

$$\rho_{сум} = G_{сум} / [G_{д1}/0,51 + (G_{в} + G_{в1})/1,2]. \quad (101)$$

По сравнению с ранее рассчитанным расход газов возрос в $K = G_{сум}/G_{д1}$ раз, следовательно, потери давления возрастут и будут равны

$$\Delta P_{сум} = \Delta P_1 \cdot (1 + K^2)/2 + \Delta P_c, \quad (102)$$

где ΔP_1 — см. формулу (96);

ΔP_c — потери давления при выбросе газов наружу, рассчитываемые по аналогии с формулой (96), при плотности газов, рассчитанной по формуле (101).

8.35 Естественное давление за счет разности удельных весов наружного воздуха и газов $\Delta P_{ес}$, Па, определяют для теплого периода года (параметры Б) по следующей формуле и учитывают со знаком минус:

$$\Delta P_{ес} = h \cdot (j_n - j_c) + h_b \cdot (j_n - j_r), \quad (103)$$

где h — высота от оси открытого дымового клапана на первом этаже до оси вентилятора, м;

h_b — расстояние по вертикали от оси вентилятора до выпуска газов в атмосферу, м;

j_n — удельный вес наружного воздуха, N/m^3 ;

j_c — средний удельный вес газов до вентилятора, N/m^3 ;

j_r — удельный вес газов до вентилятора, N/m^3 .

Удельный вес наружного воздуха j_n , N/m^3 , вычисляют по формуле

$$j_n = 3463 / (273 + t_n), \quad (104)$$

где t_n — температура наружного воздуха в теплый период года (параметры Б), °С.

Средний удельный вес газов до вентилятора j_c , N/m^3 , вычисляют по формуле

$$j_c = 4,9 \cdot (\rho_b + 0,51). \quad (105)$$

Удельный вес газов до вентилятора j_r , N/m^3 , вычисляют по формуле

$$j_r = 9,81 \rho_{сум}. \quad (106)$$

8.36 Потери давления ΔP_b , Па, на которые должна быть рассчитана мощность, потребляемая вентилятором, вычисляют по формуле

$$\Delta P_b = \Delta P_{сум} - \Delta P_{ес}, \quad (107)$$

где $\Delta P_{сум}$ и $\Delta P_{ес}$ — см. формулы (102) и (103) соответственно.

8.37 Выбор вентилятора по производительности L_b , $m^3/ч$, и скорости его вращения определяется расходом по формуле

$$L_b = 3600 G_{сум} / \rho_{сум} \quad (108)$$

и по условиям потери давления ΔP_{yc} , Па, приведенным к плотности стандартного воздуха, по формуле

$$\Delta P_{yc} = 1,2 \Delta P_b / \rho_b. \quad (109)$$

8.38 Удаление дыма необходимо производить радиальными вентиляторами, пригодными для работы в течение времени, необходимого для эвакуации людей, но не менее 1 ч. Следует предусматривать жесткое соединение вентиляторов с воздуховодами или заказывать мягкое соединение из негорячего материала и предусматривать, при необходимости, компенсаторы линейного удлинения при нагревании.

8.39 На этаже пожара вытяжная система продолжает работать, приточная автоматически или дистанционно отключается.

На этажах, выше и ниже расположенных этажа пожара, работают только приточные системы, а вытяжные системы автоматически или дистанционно отключаются.

Примеры расчетов к разделу 8 приведены в Г.1 – Г.3 приложения Г.

9 Воздуховоды систем противодымной защиты

9.1 Для предотвращения распространения пожара за пределы помещения системы противодымной вентиляции должны обладать определенной огнестойкостью, так как продукты горения могут поступать внутрь воздуховодов через воздухораспределительные устройства и неплотности в их конструкции. Воздуховоды с нормируемыми пределами огнестойкости (в том числе теплозащитные и огнезащитные покрытия) следует проектировать из негорючих материалов в соответствии с [12] и с подтвержденными данными протоколами испытаний, должны иметь заключение о соответствии государственным санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам (гигиенический сертификат). При этом толщина листовой стали для конструкций воздуховодов должна быть не менее 1,0 мм. Проектировать огнестойкие воздуховоды следует таким образом, чтобы был обеспечен доступ и возможность выполнить ремонт в тех местах, где произошло нарушение конструкции огнестойкого покрытия.

9.2 В зданиях и сооружениях воздуховоды в пространстве с ограниченной высотой конструктивно выполняются в виде сборок, открыто прокладываемых вдоль стен и потолка, а также скрыто в специальных шахтах. Прокладки сборок могут выполняться между перекрытием и подвесным потолком.

Для уплотнения разъемных соединений воздуховодов систем противодымной защиты (в том числе фланцевых) допускается применение материалов группы горючести не ниже Г2.

9.3 Конструкции воздуховодов с нормируемыми пределами огнестойкости при температуре перемещаемого воздуха более 100 °С следует предусматривать с компенсаторами линейных тепловых расширений, а элементы креплений (подвески) таких воздуховодов — с пределами огнестойкости не менее нормируемых для воздуховодов.

9.4 Несгораемые конструкции зданий с пределом огнестойкости, равным или более нормируемого для воздуховодов, допускается использовать для транспортирования воздуха, не содержащего легкоконденсирующиеся пары. При этом недопустимо строителем исполнение вентиляционных каналов систем противодымной вентиляции без применения внутренних сборных или облицовочных стальных конструкций.

9.5 Воздуховоды систем противодымной вентиляции следует предусматривать класса П (плотные).

Общие потери и подсосы L , м³/ч, через неплотности воздуховодов каждой системы не должны превышать расхода воздуха, рассчитанного по аппроксимационным зависимостям следующего вида:

$$L = \rho \sum A_i, \quad (110)$$

$$\rho = \frac{a + c\rho^d}{b + \rho^d}, \quad (111)$$

где ρ — удельные потери или подсосы на 1 м² развернутой площади воздуховодов, м³/ч;
 $\sum A_i$ — общая развернутая площадь всех воздуховодов одной системы вентиляции, м²;
 a, b, c, d — числовые коэффициенты для воздуховодов класса П;
 $a = -3,30 \cdot 10^6$, $b = -3,61 \cdot 10^9$, $c = -1,27 \cdot 10^9$, $d = 0,73$.
 P — избыточное статическое давление, Па.

9.6 Места прохода транзитных воздуховодов через стены, перегородки и перекрытия зданий (в том числе в кожухах и шахтах) следует уплотнять негорючими материалами, обеспечивая нормируемый предел огнестойкости пересекаемой конструкции.

Воздуховоды систем противодымной защиты в пределах подполья и чердака следует предусматривать с пределом огнестойкости согласно 9.8, но не менее EI 30.

9.7 Предел огнестойкости воздуховодов и коллекторов, прокладываемых в помещениях для вентиляционного оборудования и снаружи зданий, не нормируется, кроме транзитных воздуховодов и коллекторов, прокладываемых через помещения для вентиляционного оборудования.

9.8 Для противодымной защиты следует предусматривать воздуховоды и шахты из негорючих материалов и, при необходимости, компенсаторы линейного удлинения при нагревании с пределом огнестойкости не менее:

- EI 150 — для транзитных воздуховодов и шахт за пределами обслуживаемого пожарного отсека; при этом на транзитных участках воздуховодов и шахт, пересекающих противопожарные преграды пожарных отсеков, не следует устанавливать противопожарные нормально открытые клапаны;
- EI 60 — для воздуховодов и шахт в пределах обслуживаемого пожарного отсека при удалении продуктов горения из закрытых автостоянок;
- EI 45 — для вертикальных воздуховодов и шахт в пределах обслуживаемого пожарного отсека при удалении продуктов горения непосредственно из обслуживаемых помещений;
- EI 30 — при удалении продуктов горения из коридоров или холлов в пределах обслуживаемого пожарного отсека;
- EI 15 — при удалении газов после пожара;
- EI 150 — для систем приточной противодымной защиты при прокладке воздухозаборных шахт и приточных каналов за пределами обслуживаемого пожарного отсека;
- EI 120 — при прокладке каналов приточных систем, защищающих шахты лифтов с режимом «перевозка пожарных подразделений»;
- EI 60 — при прокладке каналов подачи воздуха в тамбур-шлюзы на поэтажных входах на незадымляемые лестничные клетки типа Н2 или Н3, а также в помещениях закрытых автостоянок;
- EI 30 — при прокладке воздухозаборных шахт и приточных каналов в пределах обслуживаемого пожарного отсека.

10 Регулирование систем дымоудаления

10.1 Системы дымоудаления рассчитываются на параметры Б наружного воздуха для холодного периода года.

10.2 Вытяжные системы рассчитываются на перемещение смеси дыма с окружающим воздухом, сначала имеющей температуру от 15 °С до 25 °С, а затем температуру, приближающуюся к наружной. Соответственно, переменными будут расход и давление, развиваемое вентилятором.

Поэтому вытяжные вентиляторы должны быть проверены на работу только на наружном воздухе с температурой для холодного и теплого периодов года. На полученный максимальный расход энергии должен быть выбран электродвигатель.

10.3 Приточные системы, подающие наружный воздух в верхнюю часть лифтовых шахт и лестничных клеток в холодный период года, испытывают максимальное противодействие наружного воздуха, которое в теплый период года существенно уменьшается и даже может принимать отрицательные значения. Следовательно, в теплый период года производительность вентилятора может значительно увеличиться, что повлечет за собой увеличение расхода энергии и возрастание давления на двери эвакуационных выходов и может затруднить или полностью заблокировать возможность открывания дверей при эвакуации. Поэтому приточные системы должны оснащаться регуляторами давления воздуха на верхнем этаже лестничной клетки или на верхних этажах ее частей, разделенных расечкой. Датчик этого регулятора должен контролировать разность давлений на двери коридора верхнего этажа, примыкающего к лестничной клетке, которая должна быть не выше 150 Па. Датчик должен воздействовать на клапан сброса части приточного воздуха в атмосферу или клапан, дросселирующий производительность вентилятора, что менее желательно.

10.4 Управление исполнительными элементами оборудования противодымной вентиляции должно осуществляться в автоматическом (от автоматической пожарной сигнализации или автоматических установок пожаротушения) и дистанционном (с пульта дежурной смены диспетчерского персонала и от кнопок, установленных у эвакуационных выходов с этажей или в пожарных шкафах) режимах и в соответствии с требованиями ТКП 45-2.02-190 (раздел 14). Управляемое совместное действие систем должно быть приемлемым для различных пожароопасных ситуаций, определяемых местом возникновения пожара в здании — расположением горящего помещения на любом из его этажей, в одном из пожарных отсеков (в случае разделения на пожарные отсеки строительной части

здания). Заданная последовательность и перечень совместно действующих систем должны обеспечивать опережающее включение вытяжной противодымной вентиляции от 20 до 30 с относительно момента запуска приточной противодымной вентиляции в соответствии с [13].

В границах отсека, в котором возник пожар, подлежат отключению все системы общеобменной вентиляции и кондиционирования, кроме функционально совмещенных с системами противодымной вентиляции. В остальных пожарных отсеках системы общеобменной вентиляции и кондиционирования могут оставаться включенными (в том числе с использованием систем, совмещенных с противодымными).

Указанные особенности обуславливают возможность определения в общем перечне максимального количества систем противодымной вентиляции единовременного действия. Отношение такого количества систем к их общему числу при известной установочной мощности каждой в конечном счете соответствует коэффициенту эффективного использования вентиляционного оборудования.

10.5 Электроснабжение электроприемников систем противодымной вентиляции должно осуществляться по первой категории надежности в соответствии с [11].

Приложение А (справочное)

Примеры расчетов к разделу 5

А.1 Пример 1

Необходимо рассчитать противодымную защиту коридоров 17-этажного жилого дома.

Исходные данные

Температура наружного воздуха в теплый период года 27 °С (параметры Б). Дверь для выхода на лестничную клетку имеет ширину 0,9 м, высоту 2,2 м. Высота этажа 2,8 м, шахта дымоудаления выполнена из бетона. Данные приняты по [14] (пример 1).

Решение

1 Определяем расход дыма по формуле (1):

$$G_d = 0,95 \cdot 0,9 \cdot 2,2^{1,5} = 2,79 \text{ кг/с} = 10\,044 \text{ кг/ч.}$$

2 Принимаем дымовой клапан КДМ-2 размерами 800×500 мм с проходным сечением 0,35 м² и шахту размерами 800×500 мм. Массовая скорость дыма в клапане на первом участке (клапан открыт) —

$$V_p = 2,79/0,35 = 8,0 \text{ кг/(с·м}^2\text{)},$$

в шахте —

$$V_p = 2,79/0,4 = 6,98 \text{ кг/(с·м}^2\text{)}.$$

3 Определяем потери давления в дымовом клапане на первом этаже по формуле (3):

$$P_1 = 2,5 \cdot 8,0^2 / (2 \cdot 0,61) = 131 \text{ Па,}$$

где $\xi_1 + \xi_1 = 2,5$.

4 Потери давления на трение на первом участке шахты из бетона при $K_c = 1,7$ и скоростном давлении $h_{d1} = 6,98^2 / (2 \cdot 0,61) = 40$ Па рассчитываем с помощью таблицы 2 и по формуле (5):

$$P_2 = 9,81 \cdot 1,1 \cdot 0,1 \cdot 1,7 \cdot 2,8 = 5,2 \text{ Па,}$$

где $\sum \xi = 0$.

5 Определяем подсос воздуха через неплотности закрытого дымового клапана на втором этаже здания по формуле (6) при отрицательном давлении $P_1 + P_2 = 131 + 5,2 = 136,2$ Па:

$$G_{к1} = 0,0112 \cdot (0,35 \cdot 136,2)^{0,5} = 0,077 \text{ кг/с.}$$

6 Количество газов в устье дымовой шахты определяем по расходу дыма при равномерном подсосе воздуха через 16 закрытых дымовых клапанов в первом приближении по формуле (7):

$$G_{y1} = 2,79 + 0,077 \cdot 16 = 4,02 \text{ кг/с.}$$

7 Потери давления в дымовой шахте P_{y1} , Па, при расходе газов в устье шахты определяем при среднем скоростном давлении в шахте по формуле (8):

$$P_{y1} = 9,81 \cdot 1,1 \cdot 0,13 \cdot 1,7 \cdot 2,8 \cdot 16 + 0,1 \cdot 16 \cdot 55 + 131 + 5,2 = 330 \text{ Па,}$$

где $R_{тр} = 0,13$ кгс/м² по таблице 2 при скоростном давлении 55 Па;

$$K_c = 1,7 \text{ по 5.5;}$$

$$h_{д,ср} = (h_{д1} + h_{д,у}) \cdot 0,5 = (40 + 70) \cdot 0,5 = 55 \text{ Па;}$$

$$h_{д1} = (2,79/0,4)^2 / (2 \cdot 0,61) = 40 \text{ Па — на первом участке;}$$

$$h_{д,у} = (4,02/0,4)^2 / (2 \cdot 0,72) = (10,05)^2 / (2 \cdot 0,72) = 70 \text{ Па — в устье шахты;}$$

$$\rho_y = 4,02 / [2,79/0,61 + (4,02 - 2,79)/1,2] = 0,72 \text{ кг/м}^3;$$

$$P_1 = 131 \text{ Па;}$$

$$P_2 = 5,2 \text{ Па.}$$

8 Подсос воздуха через закрытый дымовой клапан на 17-м этаже при $P_{y1} = 330$ Па определяем по формуле (13):

$$G_{к2} = 0,0112 \cdot (0,35 \cdot 330)^{0,5} = 0,12 \text{ кг/с.}$$

9 Подсос воздуха в шахту через 16 закрытых клапанов и дыма через открытый клапан на первом этаже ($G_d = 2,79$ кг/с) определяем по формуле (9) (второе приближение принимается за окончательный результат):

$$G_{y2} = (0,077 + 0,12) \cdot 0,5 \cdot 16 + 2,79 = 4,37 \text{ кг/с.}$$

10 Для присоединения шахты к вентилятору принимаем воздуховод сечением 600×600 мм, длиной 7 м, с двумя отводами. При этом потери давления составляют:

$$P_{вс} = 10,8 \cdot 0,25 \cdot 7 + 0,5 \cdot 2 \cdot 102 = 121 \text{ Па}$$

при скоростном давлении в воздуховоде $(4,37/0,36)^2 / (2 \cdot 0,72) = 102$ Па и $R_{тр} = 0,25$ кгс/м².

11 Определяем потери давления системы на всасывании по формуле (15):

$$P_{y2} = 330 + 121 = 451 \text{ Па.}$$

12 Определяем подсосы воздуха через неплотности всасывающей части сети при разрежении перед вентилятором, равном 451 Па, по формуле (16):

$$G_n = 1,1 \cdot (0,0021 \cdot 2,6 \cdot 2,8 \cdot 16 + 0,00065 \cdot 2,4 \cdot 7) = 0,282 \text{ кг/с,}$$

где 0,0021 кгс/м² — по таблице 2 для шахты из бетона;
0,00065 кгс/м² — по таблице 2 для стального воздуховода.

13 Общий расход смеси воздуха и дыма перед вентилятором определяем по формуле (17):

$$G_{сум} = 4,37 + 0,282 = 4,65 \text{ кг/с.}$$

14 Потери давления на всасывание с учетом подсоса воздуха через неплотности воздуховодов определяем по формуле (18):

$$P_v = 451 \cdot [1 + (4,65/4,02)^2] \cdot 0,5 = 527 \text{ Па.}$$

15 Плотность газов перед вентилятором рассчитываем по формуле (19):

$$\rho_{сум} = 4,65 / [2,79/0,61 + (4,65 - 2,79)/1,2] = 0,76 \text{ кг/м}^3.$$

Температура газов перед вентилятором по формуле (20) равна:

$$T = (353 - 273 \cdot 0,76) / 0,76 = 192 \text{ }^\circ\text{C.}$$

16 Для удаления газов наружу принимается радиальный вентилятор с положением кожуха 270°, соединенный диффузором с дымовой трубой длиной 5 м, диаметром 710 мм (сечением 0,4 м²). Массовая скорость выхлопа газов через дымовую трубу $V_p = 4,65/0,4 = 11,68$ кг/(с·м²) и скоростное давление составит: $11,68^2 / (2 \cdot 0,76) = 89$ Па.

Потери давления на выхлопе по формуле (5) равны:

$$P_{вых} = 10,8 \cdot 0,18 \cdot 5 + 2,0 \cdot 89 = 188 \text{ Па.}$$

17 Суммарные потери давления в сети по формуле (21) равны:

$$P_{сум} = 527 + 188 = 715 \text{ Па.}$$

18 Естественное давление газов при высоте дымовой шахты 45 м и трубы длиной 5 м, удельном весе наружного воздуха в теплый период года $\gamma_n = 3463 / (273 + 27) = 11,54$ Н/м³ и плотности удаляемого газа 0,76 кг/м³ определяем по формуле (22):

$$P_{ес} = 45 \cdot [11,54 - (0,76 + 0,61) \cdot 4,95] + 5 \cdot (11,54 - 0,76 \cdot 9,81) = 234 \text{ Па.}$$

19 Потери давления в системе с учетом естественного давления газов определяем по формуле (24):

$$P_{вен} = 715 - 234 = 481 \text{ Па.}$$

20 Напор вентилятора по условным потерям давления определяем по формуле (25):

$$P_{усл} = 1,2 \cdot 481 / 0,76 = 760 \text{ Па.}$$

21 Производительность вентилятора по формуле (26) равна:

$$L_b = 3600 \cdot 4,65 / 0,76 = 22\,026 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

А.2 Пример 2

Необходимо рассчитать противодымную защиту коридоров 20-этажного общественного здания.

Исходные данные

Коридор длиной 30 м с двумя входами на лестничные клетки через двери высотой 2,2 м и шириной 0,9 м. Высота этажа 3,6 м. Расчетная температура наружного воздуха в теплый период года 28,5 °С (параметры Б). Данные приняты по [14] (пример 2).

Решение

1 Определяем расход дыма при пожаре по формуле (2) при одной открытой двери на лестничную клетку, считая, что выход из второй двери невозможен по условиям пожара. Коэффициент $K_d = 1,0$.

$$G_d = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 2,2^{1,5} \cdot 1,0 = 3,52 \text{ кг/с.}$$

2 К установке на каждом этаже коридора под потолком принимаем дымовой клапан КПК-1 размерами 800×500 мм с проходным сечением 0,4 м² и дымовую шахту из листовой стали размерами 800×600 мм ($d_{\text{экр}} = 685$ мм).

Массовая скорость дыма в клапане на первом участке (клапан открыт) —

$$V_p = 3,52/0,4 = 8,8 \text{ кг/(с·м}^2\text{)},$$

в шахте —

$$V_p = 3,52/0,48 = 7,33 \text{ кг/(с·м}^2\text{)}.$$

3 Определяем потери давления в дымовом клапане на первом этаже по формуле (3):

$$P_1 = 2,5 \cdot 8,8^2 / (2 \cdot 0,61) = 158,7 \text{ Па,}$$

где $\xi_1 + \xi_2 = 2,5$.

4 Потери на трение на первом участке шахты из листовой стали при $K_c = 1,0$ и скоростном давлении $h_{d1} = 7,33^2 / (2 \cdot 0,61) = 44$ Па рассчитываем с помощью таблицы 2 и по формуле (5):

$$P_2 = 10,8 \cdot 0,1 \cdot 1,0 \cdot 3,6 = 3,9 \text{ Па,}$$

где $\Sigma \xi = 0$.

5 Определяем подсос воздуха через неплотности закрытого дымового клапана на втором этаже здания по формуле (6) при отрицательном давлении $P_1 + P_2 = 158,7 + 3,9 = 162,6$ Па:

$$G_{к1} = 0,0112 \cdot (0,4 \cdot 162,6)^{0,5} = 0,091 \text{ кг/с.}$$

6 Расход газов в устье дымовой шахты в первом приближении определяем по расходу дыма и при равномерном подсосе воздуха через 19 закрытых дымовых клапанов по формуле (7):

$$G_{y1} = 3,52 + 0,091 \cdot (20 - 1) = 5,25 \text{ кг/с.}$$

7 Потери давления в дымовой шахте P_{y1} , Па, при расходе газов в устье шахты определяем при среднем скоростном давлении в шахте по формуле (8):

$$P_{y1} = 10,8 \cdot 0,15 \cdot 1,0 \cdot 3,6 \cdot 19 + 0,1 \cdot 19 \cdot 63 + 162,6 = 393 \text{ Па,}$$

где $R_{\text{тр}} = 0,15$ кгс/м² по таблице 2 при скоростном давлении 63 Па;

$$K_c = 1,0 \text{ по 5.5;}$$

$$h_{\text{д.ср}} = (h_{\text{д1}} - h_{\text{д.у}}) \cdot 0,5 = (44 + 82) \cdot 0,5 = 63 \text{ Па;}$$

$$h_{\text{д1}} = 44 \text{ Па;}$$

$$h_{\text{д.у}} = (5,25/0,48)^2 / (2 \cdot \rho_y) = 10,94^2 / (2 \cdot 0,73) = 82 \text{ Па;}$$

$$\rho_y = 5,25 / [3,52/0,61 + (5,25 - 3,52)/1,2] = 0,73 \text{ кг/м}^3\text{;}$$

$$P_1 + P_2 = 162,6 \text{ Па.}$$

8 Подсос воздуха через закрытый дымовой клапан на 20-м этаже при $P_{y1} = 393$ Па определяем по формуле (13):

$$G_{к2} = 0,0112 \cdot (0,4 \cdot 393)^{0,5} = 0,14 \text{ кг/с.}$$

9 Подсос воздуха в шахту через 19 закрытых клапанов и дыма через открытый клапан на первом этаже $G_d = 3,52$ кг/с определяем по формуле (14):

$$G_{y2} = (0,091 + 0,14) \cdot 0,5 \cdot (20 - 1) + 3,52 = 5,71 \text{ кг/с.}$$

10 Для присоединения шахты к вентилятору принят воздуховод диаметром 800 мм, длиной 5 м, с одним отводом под углом 90° . При этом потери давления по формуле (5) составят:

$$P_{вс} = 10,8 \cdot 0,15 \cdot 5 + 0,35 \cdot 89 = 39 \text{ Па.}$$

При скоростном давлении в воздуховоде $(5,71/0,5)^2 / (2 \cdot 0,73) = 89$ Па и $R_{тр} = 0,15$ кгс/м².

11 Определяем потери давления системы на всасывании по формуле (15):

$$P_{y2} = 393 + 39 = 432 \text{ Па.}$$

12 Определяем подсосы воздуха через неплотности всасывающей сети при разрежении перед вентилятором, равном 432 Па, по формуле (16):

$$G_n = 1,1 \cdot (0,0006 \cdot 2,8 \cdot 3,6 \cdot 19) + 0,0006 \cdot 2,5 \cdot 5 = 0,134 \text{ кг/с,}$$

где $0,0006$ кгс/м² — по таблице 2 для стального воздуховода.

13 Общий расход смеси воздуха и дыма перед вентилятором по формуле (17) равен:

$$G_{сум} = 5,71 + 0,134 = 5,84 \text{ кг/с.}$$

14 Потери давления на всасывании с учетом подсоса воздуха через неплотности воздуховодов по формуле (13) равны:

$$P_v = 432 \cdot [1 + (5,84/5,25)^2] \cdot 0,5 = 483 \text{ Па.}$$

15 Плотность газов перед вентилятором по формуле (19) равна:

$$\rho_{сум} = 5,84 / [3,52/0,61 + (5,84 - 3,52)/1,2] = 0,76 \text{ кг/м}^3.$$

Температура газов перед вентилятором по 5.16 равна:

$$T = (353 - 273 \cdot 0,76) / 0,76 = 191 \text{ }^\circ\text{C.}$$

16 Для удаления газов наружу принимается радиальный вентилятор с положением кожуха 270° , соединенный диффузором с дымовой трубой диаметром 800 мм, длиной 5 м. Массовая скорость выброса газов через дымовую трубу $V_p = 5,84/0,5 = 11,68$ кгс/м² и скоростное давление составит: $11,68^2 / (2 \cdot 0,76) = 90$ Па.

Потери давления на выхлопе по формуле (5) равны:

$$P_{вых} = 10,8 \cdot 0,15 \cdot 5 + 2,0 \cdot 90 = 188 \text{ Па.}$$

17 Суммарные потери давления в сети по формуле (21) равны:

$$P_{сум} = 483 + 188 = 671 \text{ Па.}$$

18 Естественное давление газов при высоте дымовой шахты 70 м и выхлопной трубы длиной 5 м, удельном весе наружного воздуха в теплый период года $\gamma_n = 3463 / (273 + 28,5) = 11,49$ Н/м³ и плотности удаляемого газа $0,76$ кг/м³ определяем по формуле (22):

$$P_{ес} = 70 \cdot [11,49 - (0,76 + 0,61) \cdot 4,95] + 5 \cdot (11,49 - 0,76 \cdot 9,81) = 350 \text{ Па.}$$

19 Потери давления в системе с учетом естественного давления газов определяем по формуле (24):

$$P_{вен} = 671 - 350 = 321 \text{ Па.}$$

20 Напор вентилятора по формуле (25) равен:

$$P_{yc} = 1,2 \cdot 321 / 0,76 = 507 \text{ Па.}$$

21 Производительность вентилятора по формуле (26) равна:

$$L_b = 3600 \cdot 5,84 / 0,76 = 27\,663 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

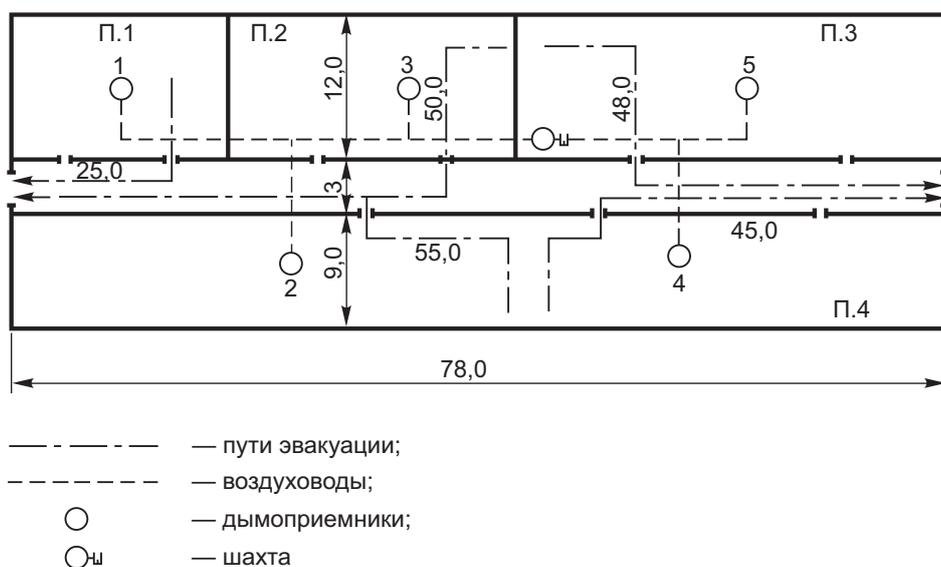
Приложение Б
(справочное)

Примеры расчетов к разделу 6

Б.1 Пример 3

Необходимо установить необходимость противодымной защиты производственных помещений П.1 – П.6 категории В1, характеристика которых представлена в таблице Б.3, и, если дымозащита необходима, рассчитать систему дымоудаления.

На втором этаже здания расположены помещения П.1 – П.4; план-схема представлена на рисунке Б.1. Помещения П.5 и П.6 расположены на четвертом этаже, аналогично помещениям П.2 и П.3. В здании пять этажей. Высота этажа — 3,6 м. Данные приняты по [15] (пример 4).



Размеры в метрах

1–5 — дымоприемные устройства; П.1 – П.4 — производственные помещения (таблица Б.1)

Рисунок Б.1 — План первого этажа с расположением помещения, схема путей эвакуации и размещения дымоприемников

Время заполнения помещения дымом до 2,5 м от пола рассчитано по формуле (29). Для помещения П.1: $6,39 \cdot 216 \cdot (0,532 - 0,527)/6 = 24$ с. Расход дыма по формуле (20): $G = 676,8 \cdot 6 \cdot 2,5^{1,5}/3600 = 4,46$ кг/с. Результаты аналогичного расчета для других помещений приведены в таблице Б.1.

Таблица Б.1

Показатели	Помещения					
	П.1	П.2	П.3	П.4	П.5	П.6
Площадь, м ²	216	288	432	702	288	432
Периметр очага пожара	6	6	8	12	6	8
Время, с, заполнения помещения дымом при Y = 2,5 м и высоте помещения, м:						
3,6	24	32	36	39	32	36
4,2	33	44	50	65	44	50
4,8	40	54	61	79	54	61

Окончание таблицы Б.1

Показатели	Помещения					
	П.1	П.2	П.3	П.4	П.5	П.6
Длина пути эвакуации, м	25	50	48	55	50	48
Время эвакуации при скорости 1 м/с	25	50	48	55	50	48
Расход дыма, кг/с	4,46	4,46	5,94	8,92	4,76	5,94
Число рабочих, чел.	40	58	86	140	58	86
Число дымовых клапанов	2	2	3	4	2	3
Горючие материалы	Горючие жидкости			Дерево	Жидкости	

Время эвакуации людей из помещений рассчитано по ГОСТ 12.1.004 с учетом требований ТКП 45-3.02-230, ТКП 45-2.02-242 на основании расстояния наиболее удаленного рабочего места в каждом помещении от выхода в коридор и по коридору до ближайшей лестничной клетки. Скорость движения рабочих по помещению и коридору принята $v = 60$ м/мин. Расчетное время эвакуации $\tau_э = 1/v$ — зависит от плотности потока людей $D = NA_{ц}/A_k$ (где N — число людей, выходящих при пожаре в коридор второго этажа; $N = 324$ чел.; $A_{ц}$ — площадь, занимаемая одним человеком, принята равной $0,125$ м²; A_k — необходимая площадь коридора, м², равная произведению его длины на ширину).

Скорости потока людей, равной 60 м/м, соответствует плотность $D = 0,2$ м²/м². Коридор имеет два выхода на лестничные клетки. Необходимая площадь коридора для выхода половины общего числа людей $324 \cdot 0,5 \cdot 0,125/0,2 = 101$ м² при длине коридора 73 м, потребная ширина $101/87 = 1,3$ м. По производственным условиям ширина коридора равна 3 м.

Время эвакуации людей до выхода на лестничную клетку приведено в таблице Б.1.

Из сопоставления времени эвакуации $\tau_э$ с временем допустимого задымления $\tau_{доп}$ для помещения высотой 3,6 м в третьей строке видно, что $\tau_э > \tau_{доп}$, что определяет необходимость проектирования дымозащиты всех помещений.

При высоте рассматриваемых помещений 4,2 м (в помещениях П.1, П.3, П.4, П.6), где $\tau_э < \tau_{доп}$, проектировать дымозащиту не требуется; при высоте помещений 4,8 м дымозащита не нужна ни в одном из помещений.

В соответствии с основным заданием при высоте помещений 3,6 м приводятся расчеты системы дымоудаления при пожаре в помещении П.4. Горят деревянные ящики: плотность газов — $0,61$ кг/м³, температура — 300 °С, расход газов по таблице Б.1 — $8,92$ кг/с или на каждое из двух ответвлений воздуховода (рисунок Б.2) — по $4,46$ кг/с. Массовая скорость газов в принятых к установке двух дымовых клапанов КПДШГ-25 с площадью прохода $0,25$ м² — $4,46/0,5 = 8,92$ кг/с, скоростное давление — $65,2$ Па. Сопروتвление клапанов по формуле (5) равно: $0,66 \cdot (2,2 + 0,3) \cdot 65,2 = 108$ Па.

В системе установлено 16 дымовых клапанов, из которых при пожаре в помещении П.4 будут открыты четыре и закрыты 12 дымовых клапанов. Через неплотности 12 закрытых клапанов, предварительно приняв разность давлений 108 Па, по формуле (3) в систему поступит воздуха $0,0112 \cdot (0,25 \times 12 \cdot 108)^{0,5} = 0,2$ кг/с и расход газов станет $8,92 + 0,2 = 9,12$ кг/с, плотность $9,12/(8,92/0,61 + 0,2/1,2) = 0,617$ кг/м³. Массовая скорость газов в воздуховоде диаметром $0,8$ м будет $4,56/0,5 = 9,12$ кг/(с·м²), а в сборном вертикальном участке диаметром 1 м соответственно $9,12/0,707 = 12,9$ кг/(с·м²). Скоростные давления будут $67,4$ и 135 Па. Сопротвление всасывающей части сети в этих условиях составит:

$$\Delta P = 9,6 \cdot 0,17 \cdot 28 + 0,5 \cdot 67,4 + 9,6 \cdot 0,22 \cdot 1 \cdot 15,2 + 1,9 \cdot 135 = 367,8 \text{ Па.}$$

Среднее давление в сети будет $(108 + 367,8)/2 = 237,9$ Па. Подсосы через закрытые дымовые клапаны при этом увеличатся на

$$0,0112 \cdot (0,25 \cdot 12 \cdot 237,9)^{0,5} - 0,2 = 0,099 \text{ кг/с.}$$

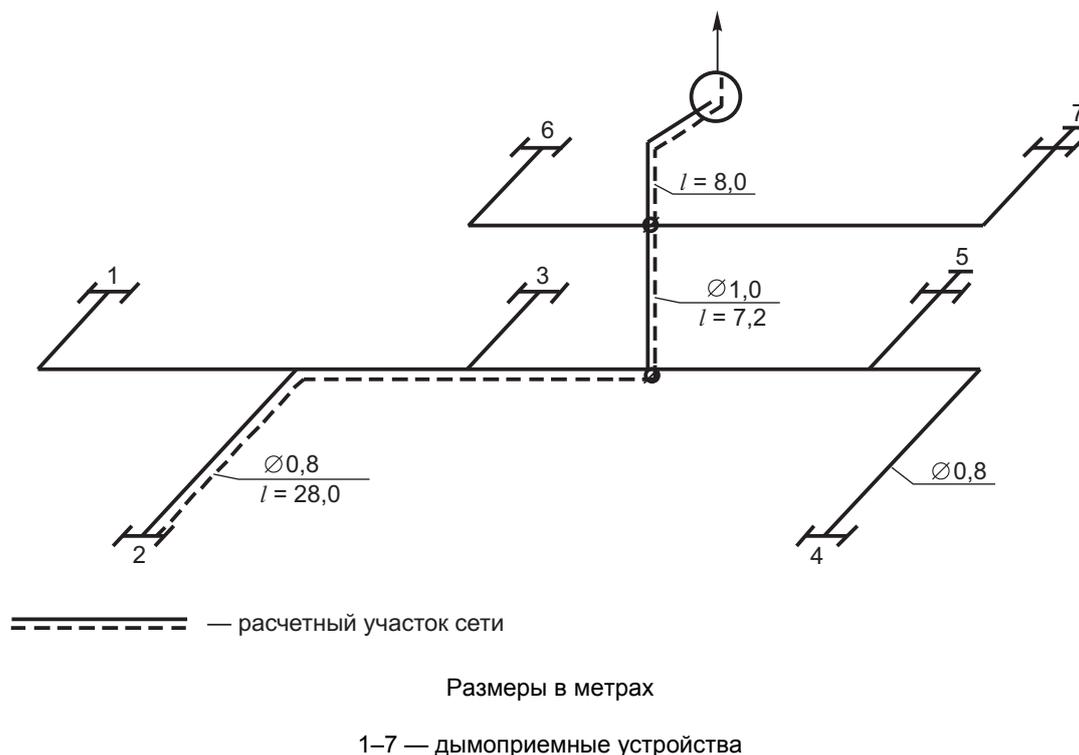


Рисунок Б.2 — Схема воздуховодов системы дымоудаления

Подсосы воздуха через неплотности сети из стальных плотных воздуховодов при разрежении перед вентилятором, равном 367,8 Па, и развернутой площади воздуховодов, равной 304 м², с учетом подсосов составят:

$$304 \cdot 0,000575 + 1,1 \cdot (0,2 + 0,099) = 0,504 \text{ кг/с.}$$

$$\text{Расход газов составит: } 8,92 + 0,504 = 9,424 \text{ кг/с,}$$

$$\text{плотность — } 9,424 / (8,92 / 0,61 + 0,504 / 1,2) = 0,63 \text{ кг/м}^3,$$

$$\text{температура — } (353 - 273 \cdot 0,63) / 0,63 = 287 \text{ }^\circ\text{C.}$$

Естественное давление газов при температуре наружного воздуха в теплый период года 30 °С и вертикальной высоте системы 14,8 м составит:

$$\Delta P_{\text{ec}} = 14,8 \cdot (1,165 - 0,63) = 8 \text{ Па.}$$

Суммарные потери давления в системе для расчета мощности, расходуемой вентилятором, с учетом потерь на выхлоп газов в атмосферу 150 Па составят:

$$[(1 + (9,424/9,12)^2)/2] \cdot 367,8 + 150 - 8 = 522 \text{ Па.}$$

Вентилятор по производительности должен быть выбран на расход $3600 \cdot 9,424 / 0,63 = 53\,850 \text{ м}^3/\text{ч}$ при условном давлении $P_{\text{yc}} = 1,2 \cdot 522 / 0,63 = 995 \text{ Па}$.

По схеме приведенных расчетов система должна быть просчитана на условия пожара в других помещениях при плотности газов 0,41 кг/м³, соответствующей пожару горючих жидкостей.

Б.2 Пример 4

Следует установить необходимость противодымной защиты помещения при следующих данных.

В цехе пластмасс категории В1 площадью $120 \cdot 144 = 17\,280 \text{ м}^2$, высотой 4,8 и объемом $82\,944 \text{ м}^3$, примыкающем к наружной стене с окнами (рисунок Б.1), работает 360 чел. Для эвакуации людей при пожаре имеются два эвакуационных прохода по цеху шириной 2 м каждый и четыре одинарные двери площадью по $2,2 \cdot 0,98 = 2,16 \text{ м}^2$ каждая. Общая площадь дверей: $4 \cdot 2,16 = 8,64 \text{ м}^2$.

Для выхода из здания люди должны открыть последовательно не менее трех дверей (рисунки Б.1 и Б.2) по две первых двери в северном и западном направлениях А₃, одну вторую А₁ и одну третью А₂.

Расчетная температура наружного воздуха — 26 °С; скорость ветра в холодный период — 5,7 м/с; удельный вес наружного воздуха составляет: $3463/(273 - 26) = 14,0 \text{ Н/м}^3$, плотность $\rho = 1,43 \text{ кг/м}^3$. Скорость ветра в теплый период года — 3,3 м/с. Данные приняты по [15] (пример 5).

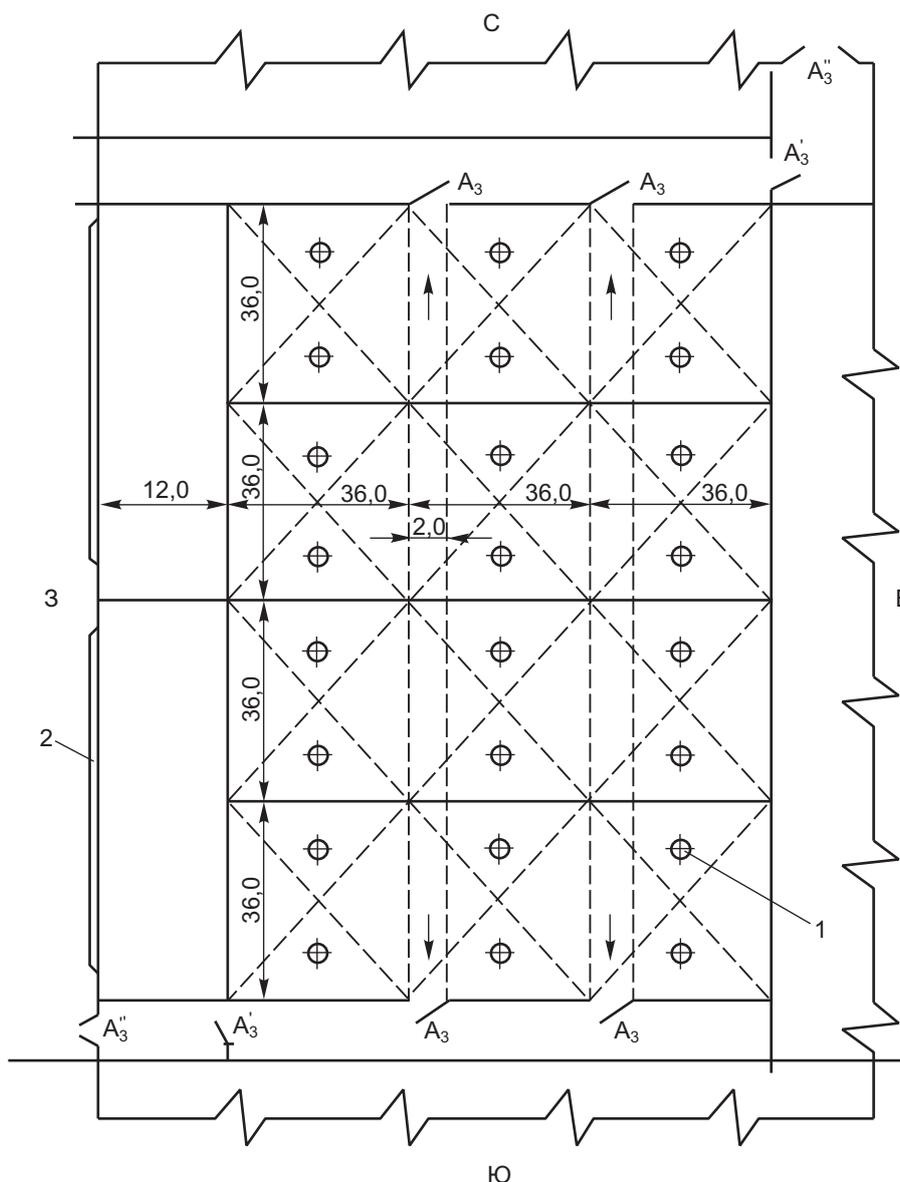
Решение

При горении пластмасс удельный вес дыма принимаем 6 Н/м^3 , а с поправкой на объем цеха $j_{10} = 6 + 0,05 \cdot (82,9 - 10) = 9,6 \text{ Н/м}^3$.

Общий расход дыма определяем по формуле (31):

$$G_1 = 3584 \cdot 1,24 \cdot [1,4 \cdot (14 - 9,6) \cdot 1,43 + 0,7 \cdot 5^2 \cdot 1,43^{2,0,5}] \cdot 1 = 29\,680 \text{ кг/ч.}$$

По 6.2 и формуле (34) определяем суммарные расчетные площади дверей эвакуационных выходов в северном и западном направлении при $n = 2/3$ и $m = 1/3$: $K_2 = [1 + (3/2)^2 + 3^2]^{-0,5} = 0,286$ или на каждый фасад — по $K_2 \sum A_3 = 2,16 \cdot 2 \cdot 0,286 = 1,24 \text{ м}^2$.



1 — дымовая шахта; 2 — открывающиеся фрамуги в окнах;
 A_3, A_3', A_3'' — эвакуационные выходы из помещения — индексы по схеме на рисунке Б.4

Рисунок Б.3 — План помещения с размещением шахт, фрамуг и дверей эвакуационных выходов

Коэффициент относительной продолжительности открытия одинарных дверей помещения по формуле (38):

$$K_3 = 0,03 \cdot 360/4 = 2,7 > 1, \text{ принимаем } 1,0.$$

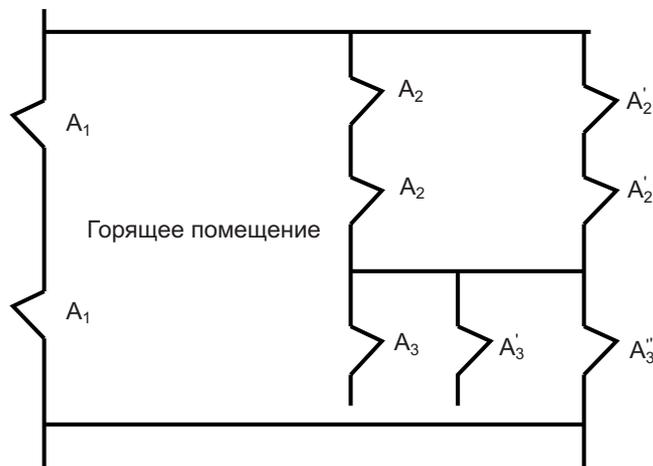


Рисунок Б.4 — Схема нумерации эвакуационных выходов из здания

Суммарные расчетные площади на обоих фасадах одинаковы. За наветренный принимаем северный фасад. Скорость ветра в теплый период года 3,3 м/с, что меньше, чем в холодный период, поэтому расчеты ведем по холодному периоду. По полученному секунднему расходу дыма $29\ 680/3600 = 8,24$ кг/с по формуле (29) рассчитываем периметр очага пожара: $P_n = 1,34 \cdot 8,24 = 11,04$ м. Из этого следует, что время допустимого задымления резервуара дыма или помещения, рассчитанного по формуле (39), $t = 6,39 \cdot 1296 \cdot (2,5^{-0,5} \cdot 4,8^{-0,5})/11,04 = 130$ с менее, чем необходимо на эвакуацию согласно таблице Б.2 ($3,52 \cdot 60 = 211$ с).

Таблица Б.2 — Расчет времени эвакуации людей из цеха

Номер участка пути	Число эвакуирующихся людей N , чел.	Длина участка или коридора l , м	Ширина участка или коридора δ , м	Плотность потока $D = \frac{0,112N}{1\delta}$	Скорость людей v , м/мин	Снижение скорости за счет дверей	Расчетная скорость v , м/мин	Время эвакуации τ , мин
1	26	30	1,0	0,129	74	Нет	74	0,41
2	78	72	1,0	0,121	76	0,91	70	1,03
3	102	72	2,0	0,079	88	Нет	88	0,82
4	180	77	2,0	0,13	74	0,91 ²	61	1,26
						Всего:		3,52

Из формулы (39) можно получить высоту помещения H , при которой время эвакуации и время допустимого задымления помещения будут равны между собой: $H = 12$ м. При помещении высотой $H > 12$ м в данном цехе дымоудаление проектировать и устраивать не нужно.

Оптимальное число дымовых зон определяется предельной площадью зоны $1600\ \text{м}^2$ и составляет: $17\ 280/1600 = 10,8$. По планировочным условиям делим помещение на 12 основных зон площадью по $36 \cdot 36 = 1296\ \text{м}^2$ каждая и две приоконных зоны площадью по $12 \cdot 72 = 864\ \text{м}^2$ каждая.

Для удаления дыма из основных дымовых зон проектируем дымовые шахты с дефлекторами; примем расчетную высоту шахты по рисунку 1 равной $4,8 - 2,5 + 2 = 4,3$ м. Расход дыма через $1\ \text{м}^2$ поперечного сечения шахты определяем по формуле (43) при удельном весе наружного воздуха $14\ \text{Н/м}^3$ и дыма $9,6\ \text{Н/м}^3$:

$$G_{\text{ш}} = 4175 \cdot [(14 - 9,6) \cdot 4,3 \cdot 0,96]^{0,5} = 17\ 793\ \text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч}).$$

При этом площадь поперечного сечения шахт в каждой основной дымовой зоне составит $29\,680/17793 = 1,7 \text{ м}^2$. Проектируем устройство двух шахт площадью по $1 \cdot 0,85 = 0,85 \text{ м}^2$. Общее поперечное сечение всех дымовых шахт $1,7 \cdot 12 \cdot 100/(1296 \cdot 12) = 0,13 \%$ от обслуживаемой части цеха. Площадь дымовых клапанов принимаем на 10 % больше площади шахт и для каждой шахты устанавливаем по шесть клапанов КПДШГ с площадью проходного сечения $0,3 \text{ м}^2$.

Из приоконной зоны, в которой произошел пожар, должно быть предусмотрено удаление $29\,680 \text{ кг/ч}$ дыма через открывающиеся фрамуги окон. Удельный расход дыма на 1 м^2 верхнеподвесной фрамуги, низ которой расположен на уровне $2,6 \text{ м}$ от пола, при открывании на 45° равен $2850 \cdot [(14 - 9,6) \times (2,6 - 1,4) \cdot 0,979]^{0,5} = 6480 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{ч)}$, или потребная площадь фрамуг в каждой зоне $29\,680/6480 = 4,6 \text{ м}^2$. Проектируем в каждой зоне по четыре открывающиеся фрамуги площадью по $1 \cdot 1,2 = 1,2 \text{ м}^2$ каждая. Это составляет $100 \cdot 4,8/864 = 0,56 \%$ от обслуживаемой площади.

Б.3 Пример 5

Необходимо определить расход дыма для помещения категории В1 высотой 6 м и площадью 170 м^2 и возможность удаления его через примыкающий коридор. Коридор имеет выходы на две лестничные клетки через две двухстворчатые двери высотой $2,2 \text{ м}$ и шириной каждой створки двери $0,9 \text{ м}$. Через каждую дверь коридора при пожаре эвакуируется более 30 человек. Периметр очага пожара в помещении по технологии производства установить нельзя. Данные приняты по [15] (пример 6).

Решение

Периметр очага пожара определяем по формуле (28):

$$P_n = 0,38 \cdot 170^{0,5} = 5,0 \text{ м},$$

чему соответствует расход дыма по формуле (27):

$$G = 676,8 \cdot 5,0 \cdot 2,5^{1,5} = 13370 \text{ кг/ч}.$$

Расход дыма, удаляемого из коридора, определяем по формуле (2) при $n = 0,62$:

$$G_1 = 4300 \cdot 0,9 \cdot 2 \cdot 0,62 \cdot 2,2^{1,5} = 15\,660 \text{ кг/ч}.$$

Б.4 Пример 6

Следует установить необходимость противодымной защиты помещения при следующих данных.

В малярном цехе категории А площадью $36 \cdot 48 = 1728 \text{ м}^2$ и высотой 6 м установлено пять окрасочных камер площадью по $6 \cdot 2 = 12 \text{ м}^2$, высотой $3,5 \text{ м}$, занимающих площадь $36 \cdot 24 \text{ м}$. Краску наносят автоматическими распылителями. Температура в холодный период года минус $40 \text{ }^\circ\text{C}$, удельный вес воздуха $14,86 \text{ Н/м}^3$. Данные приняты по [15] (пример 7).

Решение

1 Проектируем одну завесу из листового железа, перегораживающую верхнюю зону помещения на две части (каждая $24 \times 36 \text{ м}$). По технологическим условиям длину завесы принимаем 2 м ; расстояние от нижнего края до пола 4 м ; завеса образует два резервуара дыма с трех сторон, ограниченных стенами помещения и с одной стороны — завесой.

Помещение оборудовано спринклерной системой тушения пожара. Периметр очага пожара на начальной стадии принимаем по 6.2 – 12 м . Расход дыма по формуле (27) составит: $G = 676,8 \cdot 12 \cdot 4^{1,5} \times 1,2 = 77\,970 \text{ кг/ч}$.

Если завесу можно увеличить, опустив ее нижний край до 3 м от пола, то расход дыма составил бы $50\,600 \text{ кг/ч}$ или 65% от требуемого.

Проектируем дымовую шахту высотой 4 м , считая от нижнего края завесы. При удельном весе дыма 4 Н/м^3 площадь поперечного сечения шахты по формулам (42) и (43) составит:

$$A_{\text{ш}} = \frac{77\,970}{4175 \cdot [4 \cdot (14,86 - 4) \cdot 0,41]^{0,5}} = 4,43 \text{ м}^2$$

или $0,5 \%$ от площади зоны, где размещены окрасочные камеры.

В соседней части цеха, где производится подкраска деталей, проектируем такую же шахту.

Время заполнения резервуара дымом до 4 м от пола определяем по формуле (39):

$$t = 6,39 \cdot 864 \cdot (4^{-0,5} - 6^{-0,5})/12 = 42 \text{ с}.$$

В помещениях категории А дымозащита необходима независимо от соотношения времени допустимого заполнения помещения дымом и времени эвакуации людей.

Приложение В (справочное)

Примеры расчетов к разделу 7

В.1 Пример 7. Планировка А

Необходимо определить расход наружного воздуха, подаваемого в лифтовые шахты 16-этажного жилого дома (рисунки 2 и 4 а)).

В секции два лифта. На каждом этаже в коридор выходят восемь дверей. Расчетная температура воздуха минус 25 °С, скорость ветра 5 м/с, высота этажа 3 м, на выходе из здания расположен прямой тамбур, ширина створки дверей 0,7 м. Данные приняты по [14] (пример 3).

Решение

1 Определяем давление в лифтовой шахте на первом этаже по формуле (49):

$$P_{ш1} = 0,7 \cdot 5^2 \cdot 1,423 + 20 = 45,0 \text{ Па};$$

$$\rho = 353/(273 + t_n) = 353/(273 - 25) = 1,423 \text{ кг/м}^3.$$

2 Находим расход наружного воздуха, выходящего через открытые двери лифтов и здания, по формуле (54):

$$G_{ш1} = [1930 + 10^3 \cdot (11 \cdot 45 - 10)^{0,5}] \cdot 1,67 \cdot 0,7 = 28 \text{ 000 кг/ч.}$$

3 Определяем средний расход воздуха на каждом этаже по формуле (51):

$$G_{ср} = 1050 + 5,2 \cdot 45^{0,5} + 20 \cdot (16 - 1) + 30 \cdot (8 - 4) = 1505 \text{ кг/ч.}$$

4 Расход воздуха, подаваемого в лифтовые шахты, определяем по формуле (50):

$$G_{ш} = 28 \text{ 000} + [1505 - 5 \cdot (-30 + 25)] \cdot (16 - 1) = 50 \text{ 950 кг/ч} = 42 \text{ 458 м}^3/\text{ч.}$$

5 Определяем необходимое давление вентилятора для подачи наружного воздуха в лифтовые шахты по формуле (56):

$$P_{вен} = \Delta P_c + 45 + 16 \cdot 3 \cdot (1,5 + 1,1) \cdot 0,5 = \Delta P_c + 107,4 \text{ Па.}$$

В.2 Пример 8. Планировка Б

Необходимо запроектировать систему противодымной защиты для следующего варианта.

17-этажный жилой дом с незадымляемой лестничной клеткой 2-го типа. В секции дома два лифта и четыре квартиры на каждом этаже. Температура наружного воздуха минус 25 °С, скорость ветра в холодный период года 5 м/с (параметры Б). Воздух подается на лестничную клетку, и из нее часть воздуха отводится в лифтовую шахту (рисунки 2 и 4 б)). Данные приняты по [14] (пример 4).

Решение

1 Определяем давление воздуха в вестибюле по формуле (49):

$$P_{вес} = 0,7 \cdot 5^2 \cdot 1,423 + 20 = 45 \text{ Па.}$$

2 По 7.6.2 принимаем разность давлений на лестничной клетке и в лифтовой шахте: $\Delta P_{к.ш} = 100 \text{ Па.}$

3 По формуле (60) определяем давление воздуха на первом этаже в лифтовой шахте:

$$P_{ш1} = 2 \cdot 45 - 0,1 \cdot 100 = 80 \text{ Па.}$$

По рисунку 3 б) при $P_{ш1} = 80 \text{ Па}$, $t_n = -25 \text{ °С}$ и четырех квартирах на этаже находим средний расход воздуха через неплотности лифтовой шахты и закрытые двери лифтов: $G_{ср} = 1430 \text{ кг/ч.}$

4 По формуле (59) при Z-образном тамбуре с дверями площадью $A = 1 \cdot 2,2 = 2,2 \text{ м}^2$ определяем расход воздуха через открытую входную дверь здания:

$$G_{дв} = 2075 \cdot 2,2 \cdot 45^{0,5} = 30 \text{ 623 кг/ч.}$$

5 По формуле (57) находим общий расход воздуха, подаваемого на лестничную клетку:

$$G_{об} = 1430 \cdot (17 - 1) + 30 \text{ 623} + 10 \text{ 044} = 63 \text{ 547 кг/ч.}$$

Расход воздуха, компенсирующий расход дыма на этаже пожара, принимаем по разделу 5: $G_d = 10 \text{ 044 кг/ч.}$

6 По рисунку 5 б) при $P_{ш1} = 80$ Па и $\Delta P_{к.ш} = 100$ Па находим расход наружного воздуха, необходимый для создания подпора на лестничной клетке:

$$G_k = 24\,500 \text{ кг/ч} = 20\,417 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Расход воздуха, который необходимо пропустить с лестничной клетки в лифтовую шахту, определяем по разности полученных расходов:

$$G_{ш} = 63\,547 - 24\,500 = 39\,047 \text{ кг/ч} = 32\,539 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

7 Давление, создаваемое вентилятором для подачи воздуха на лестничную клетку, определяем по формуле (64) с учетом потери давления в воздуховодах ΔP_c :

$$P_{вен.к} = 80 + 17 \cdot 3,0 \cdot 1,1 + 100 + \Delta P_c = 236 + \Delta P_c.$$

Вентилятор следует выбирать по аэродинамической характеристике при стандартной температуре транспортируемого воздуха 20 °С и $\rho = 1,2$ кг/м³.

В.3 Пример 9. Планировка Б

Необходимо рассчитать приточную противодымную вентиляцию с независимой подачей наружного воздуха на лестничную клетку и в лифтовую шахту по условиям примера 8 (рисунок 2 и 4 в)). Данные приняты по [14] (пример 5).

Решение

1 При $P_{вес} = 45$ Па и принятой согласно 7.5.2 разности давлений $\Delta P_{к.ш} = 40$ Па по формуле (60) определяем:

$$P_{ш1} = 2 \cdot 45 - 0,1 \cdot 40 = 86 \text{ Па}.$$

2 По рисунку 3 б) при $t_n = -25$ °С и четырех дверях (квартирах) на каждом этаже находим $G_{оп} = 1470$ кг/ч.

3 Определяем суммарный расход воздуха по формуле (57):

$$G_{об} = 1470 \cdot (17 - 1) + 30\,623 + 10\,044 = 64\,187 \text{ кг/ч}.$$

4 По рисунку 5 б) при $P_{ш1} = 86$ Па и $\Delta P_{к.ш} = 40$ Па находим расход воздуха на лестничную клетку: $G_k = 17\,500$ кг/ч = $14\,583$ м³/ч.

5 Расход воздуха, который необходимо подать непосредственно в лифтовую шахту, равен:

$$G_{ш} = 64\,187 - 17\,500 = 46\,687 \text{ кг/ч} = 38\,906 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

6 Давление, создаваемое вентилятором, подающим воздух в лифтовую шахту, определяем по формулам (56) и (60):

$$P_{вен.ш} = 86 + 17 \cdot 3,0 \cdot 1,1 + P_c = 142 + P_c.$$

7 Полное давление вентилятора, подающего воздух на лестничную клетку, определяем по формуле (64):

$$P_{вен.к} = 142 + 40 + P_c = 182 + P_c.$$

В.4 Пример 10. Планировка В

Необходимо рассчитать подачу воздуха на лестничную клетку и в лифтовую шахту 18-этажного административного здания.

Лестничная клетка имеет рассечку между девятым и десятым этажами с внутренним переходом из одной зоны в другую, рисунки 4 г) – ж).

В здании три лифта, на этаже 16 дверей, высота этажа 3,3 м. Расход дыма, удаляемого из этажа пожара, $S_d = 10\,000$ кг/ч. Климатические характеристики местности: $t_n = -25$ °С, скорость ветра 5 м/с. Данные приняты по [14] (пример 6).

Решение

1 Находим давление в вестибюле по формуле (49):

$$P_{вес} = 0,7 \cdot 5^2 \cdot 1,423 + 20 = 45 \text{ Па}.$$

2 Расход воздуха через входную дверь площадью $2,2$ м² при Z-образном тамбуре определяем по формуле (59):

$$G_{дв} = 2075 \cdot 2,2 \cdot 45^{0,5} = 30\,623 \text{ кг/ч}.$$

3 Принимаем разность давлений между лестничной клеткой и лифтовой шахтой на уровне рассечки: $\Delta P_{к.ш} = 40$ Па; по формуле (69) и таблице 8 определяем давление в лифтовой шахте на первом этаже:

$$P_{ш1} = 10 + 1,64 \cdot 45 - 0,35 \cdot 40 = 70 \text{ Па.}$$

4 По давлению в лифтовой шахте на первом этаже $P_{ш1} = 70$ Па и разности давлений с лестничной клеткой на уровне рассечки $\Delta P_{к.ш} = 40$ Па по таблице 9 находим средний расход воздуха на каждый этаж нижней зоны здания со второго по девятый этаж: $G_{ср} = 2160$ кг/ч.

5 Общий расход воздуха для нижней зоны здания определяем по формуле (57):

$$G_{сум} = 2160 \cdot (9 - 1) + 30\,623 + 10\,000 = 57\,900 \text{ кг/ч.}$$

6 По рисунку 8 находим расход воздуха, который нужно подать в нижнюю часть лестничной клетки до рассечки; при разности давлений $\Delta P_{к.ш} = 40$ Па и давлении в шахте $P_{ш1} = 70$ Па путем интерполяции для $N_3 = 9$ находим:

$$G_{к.нз} = 21\,000 \text{ кг/ч.}$$

7 Давление воздуха в верхней части нижней зоны лестничной клетки «уровень рассечки» определяем по формуле (72):

$$P_{к.нз.в} = 70 + 40 - 9 \cdot 3,3 \cdot 1,1 = 77 \text{ Па.}$$

8 Расход воздуха, который должен поступить в здание через нижнюю часть лифтовой шахты, определяем по формуле (71):

$$G_{ш.нз} = G_{сум} - G_{к.нз} = 57\,900 - 21\,000 = 36\,900 \text{ кг/ч.}$$

9 Находим давление в верхней части верхней зоны лестничной клетки по формуле (73):

$$P_{к.вз.в} = 77 - 0,03 \cdot 70 + (9 - 5) = 80 \text{ Па.}$$

10 По формуле (74) находим расход воздуха в верхнюю зону лестничной клетки:

$$G_{к.вз} = 11\,500 + 44/80 - 21 \cdot (70 - 235) + 1060 \cdot (9 - 5) = 22\,725 \text{ кг/ч.}$$

11 По рисунку 9 находим средний расход воздуха на каждый этаж верхней зоны здания при давлении в лифтовой шахте $P_{ш1} = 70$ и давлении $P_{к.вз.в} = 80$ Па: $G_{ср} = 2700$ кг/ч.

12 По формуле (75) определяем расход воздуха для верхней зоны лифтовой шахты:

$$G_{ш.вз} = 2700 \cdot 9 + 10\,000 - 22\,725 = 11\,575 \text{ кг/ч.}$$

13 Общий расход воздуха, подаваемый в здание через лифтовые шахты, определяем по формуле (76):

$$G_{ш} = 36\,900 + 11 \cdot 575 = 48\,475 \text{ кг/ч} = 40\,396 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

14 Общий расход воздуха, подаваемого на лестничную клетку, находим по формуле (77):

$$G_{к} = 21\,000 + 22 \cdot 725 = 43\,725 \text{ кг/ч} = 36\,436 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

15 Полное давление воздуха, которое должен обеспечить вентилятор:

а) для шахты лифтов

$$P_{вен} = \Delta P_c + 70 + 18 \cdot 3,3 \cdot 1,1 = \Delta P_c + 135 \text{ Па;}$$

б) для верхней зоны лестничной клетки

$$P_{вен} = \Delta P_c + 80 + 18 \cdot 3,3 \cdot 2 \cdot 1,1 = \Delta P_c + 211 \text{ Па;}$$

в) для нижней зоны лестничной клетки

$$P_{вен} = \Delta P_c + 77 + 9 \cdot 3,3 \cdot 2 \cdot 1,1 = \Delta P_c + 142 \text{ Па.}$$

В.5 Пример 11

Необходимо определить расход воздуха для подачи в тамбур-шлюз (двери закрыты), расположенный перед лифтовой шахтой в подвальном этаже.

Тамбур-шлюз имеет на входе дверь размером $1 \cdot 2 = 2 \text{ м}^2$ и дверь в лифтовую шахту размером $0,8 \cdot 2 = 1,6 \text{ м}^2$. Притворы имеют щели шириной 2 мм, общей площадью $[(1 + 2) \cdot 2 + (0,8 + 2) \cdot 2] \times 0,002 = 0,0232 \text{ м}^2$. Расчетная температура воздуха минус 25 °С, плотность воздуха $353/273 - 25 = 1,423 \text{ кг/м}^3$. Скорость ветра 5 м/с. Данные приняты по [14] (пример 7).

Расход определяем по формуле (81):

$$G = 3157 \cdot 0,0232 \cdot (20 + 0,7 \cdot 5^2 \cdot 1,423)^{0,5} / 1,2 = 409 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Приложение Г (справочное)

Примеры расчетов к разделу 8

Г.1 Пример 12

Необходимо запроектировать противодымную защиту подземной пятиэтажной стоянки легковых автомобилей на 125 мест (рисунок Г.2). Площадь каждого этажа стоянки 1200 м^2 , высота от пола до пола 2,8 м, свободная высота 2,5 м. Имеется короткий пандус (№ 1) для въезда автомобилей на первый подземный этаж и два изолированных пандуса: для въезда на второй и третий этажи — пандус № 2, на четвертый и пятый этажи — пандус № 3; два пассажирских лифта и две лестничные клетки. Принято, что пожар произошел на самом нижнем — пятом этаже, где загорелся один автомобиль. Между третьим и четвертым этажами стоянка разделена огнестойким перекрытием. Данные приняты по [13] (пример 1).

При относительно малой плотности потока эвакуирующихся ($0,05 \text{ м}^2/\text{м}^2$) скорость движения людей по ГОСТ 12.1.004 равна $1,7 \text{ м/с}$. Нормативные 40 м расстояния до ближайшего эвакуационного выхода люди пройдут за $40/1,7 = 24 \text{ с}$. Максимальная площадь резервуара дыма A , м^2 , при высоте его бортов 0,5 м, свободной высоте помещения 2,5 м и максимальном расходе дыма по формулам (27) и (39) при $t = 24 \text{ с}$ и $P_n = 12 \text{ м}$ составит:

$$A = 24 - 12 / [(2 - 0,5 - 2,5 - 0,5) - 6,39] = 600 \text{ м}^2.$$

При балансе поступления и удаления дыма из резервуара, поддерживаемом средствами тушения пожара, распространение дыма по помещению относительно продолжительное время будет сдерживаться емкостью резервуара и работой вытяжной системы ВД1 или ВД2, что обеспечит благоприятные условия для тушения пожара и эвакуации людей и автомобилей.

В соответствии с 6.3 помещения площадью более 1600 м^2 необходимо разделять на дымовые зоны, учитывая возможность возникновения пожара в одной из них. Каждую дымовую зону в целях локализации пожара следует, как правило, ограждать плотными вертикальными завесами из негорючих материалов, спускающимися с потолка (перекрытия) к полу, но не ниже 2,5 м от него, образуя под потолком (перекрытием) резервуары дыма.

Этажи стоянок следует делить на дымовые зоны с устройством в каждой по два или несколько резервуаров дыма площадью не более 800 м^2 каждый.

Для эффективного использования емкости резервуара дыма рекомендуется в верхней части вытяжного воздуховода, прокладываемого внутри резервуара, предусматривать дымоприемные отверстия: по одному на каждые 100 м^2 площади резервуара, если глубина резервуара менее 15 м, и на каждые 200 м^2 — при большей глубине резервуара. Площадь отверстия определяется соответствующей частью расчетного расхода дыма и массовой скоростью всасывания не более $10 \text{ кг}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$. Расстояние любого дымоприемного отверстия от края резервуара не должно превышать 10 м.

В торце каждого резервуара дыма (рисунки Г.1, Г.2 и Г.3) на вытяжном воздуховоде следует предусмотреть дымовой клапан с проходным сечением, рассчитанным на расход дыма, определенный по формуле (27), при массовой скорости дыма не более $10 \text{ кг}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$. К одному вентилятору допускается присоединять не более четырех резервуаров дыма общей площадью не более 3000 м^2 на каждом этаже.

Рекомендуется автоматическое дистанционное и ручное управление противодымной вытяжной вентиляцией, сблокированной с автоматической пожарной сигнализацией. При загорании одного из автомобилей должен автоматически открываться дымовой клапан в резервуаре дыма, накрывающем данный автомобиль, и автоматически включаться дымовой вытяжной вентилятор системы этажа, на котором произошел пожар. При появлении дыма в другом резервуаре (или резервуарах) должны автоматически открываться соответствующие дымовые клапаны, присоединяя их к общей вытяжной системе этажа.

Системы дымоудаления обслуживают: ВД1 — первый, второй и третий этажи, ВД2 — четвертый и пятый этажи стоянки, они должны иметь огнестойкий вентилятор и систему огнестойких воздухопроводов (предел огнестойкости не менее EI 45) с ответвлениями к каждому резервуару дыма.

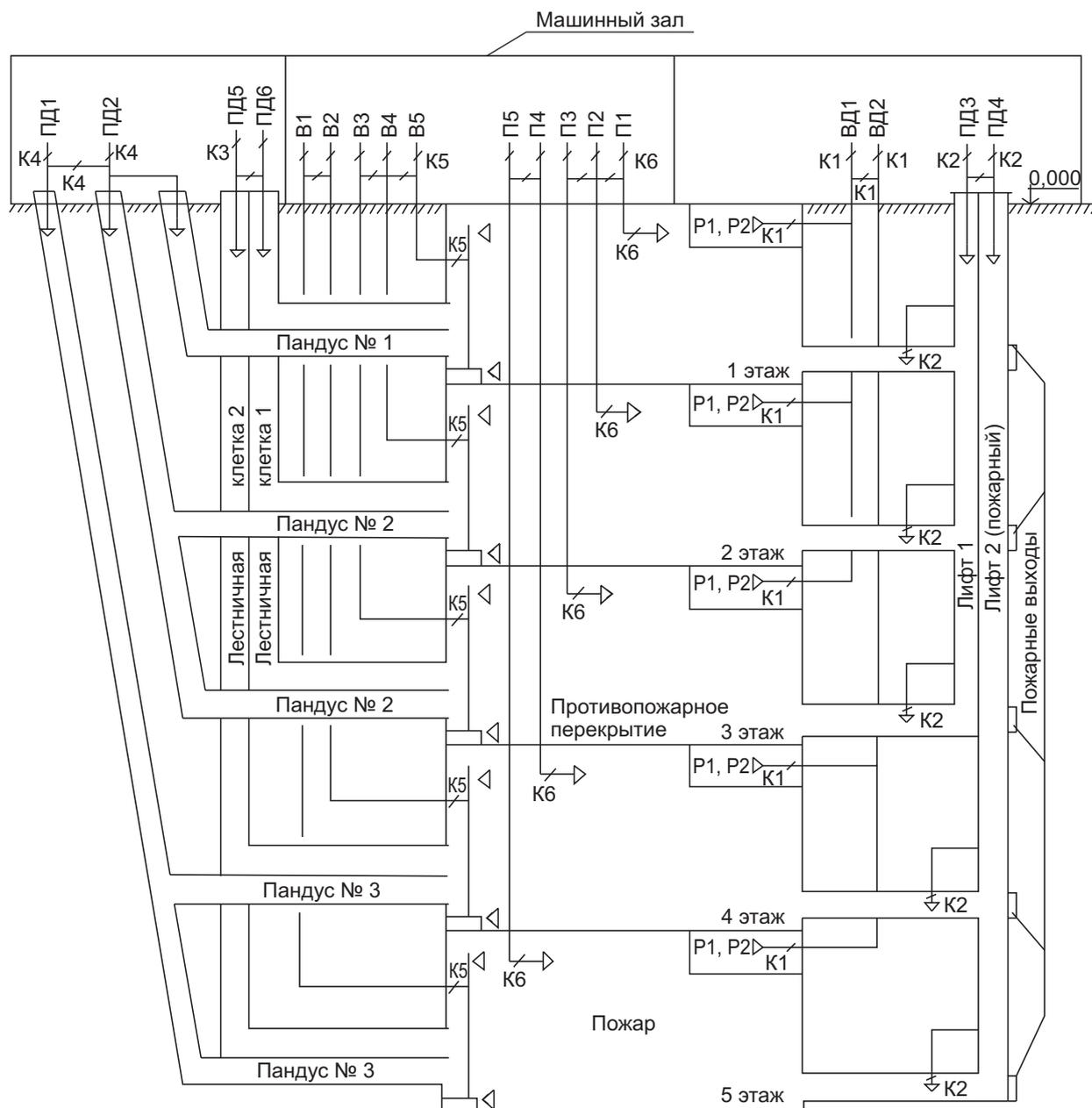
Вытяжные вентиляторы дыма стоянки рекомендуется разместить:

- а) для отдельно расположенной многоэтажной подземной стоянки — на верхнем ее этаже;
- б) для подземной стоянки, расположенной под зданием, — на верхнем этаже этого здания.

Воздуховоды системы дымоудаления для взаимозаменяемости соединяются коллектором перед вентилятором. Коллектор следует разделить дымовыми клапанами по схеме, приведенной на рисунке Г.3, для автоматического включения присоединенного вентилятора соседней системы при аварийной остановке основного.

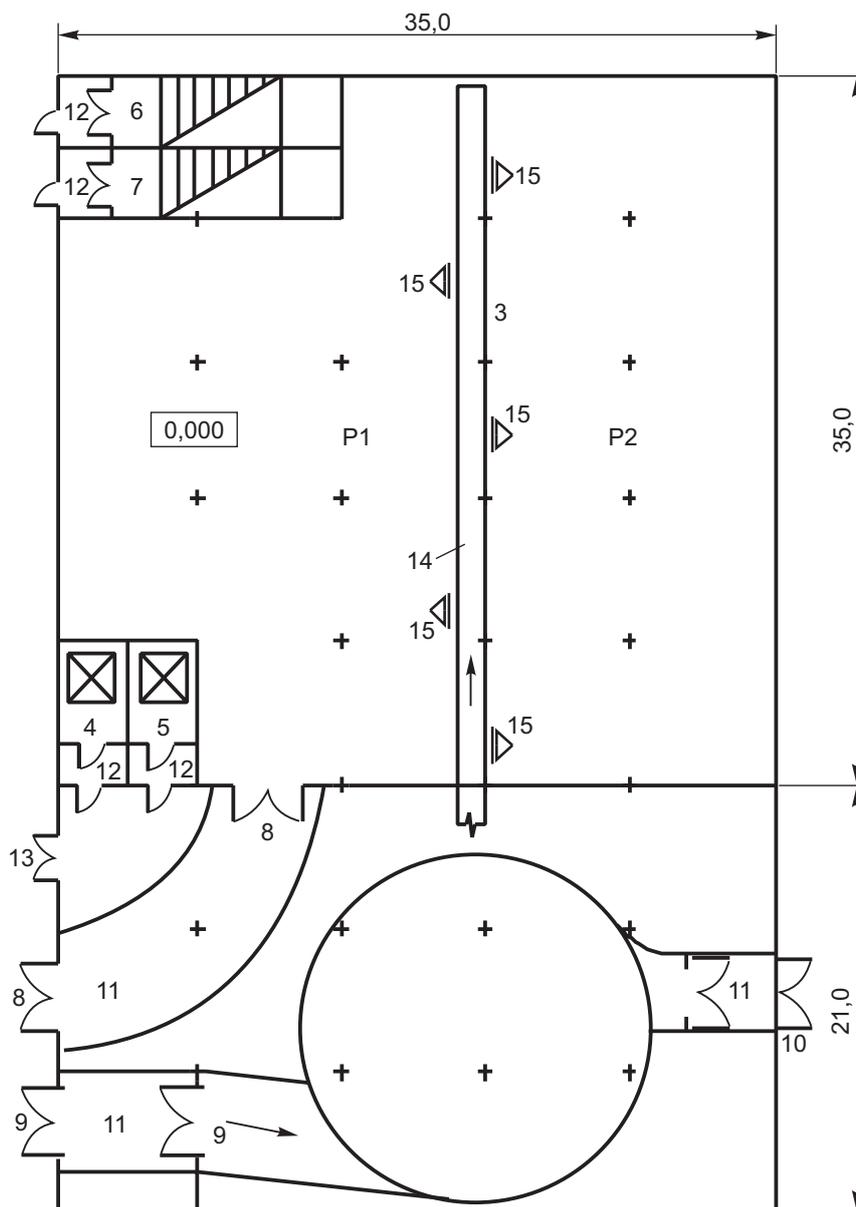
Для подземных стоянок рекомендуется установка резервного вентилятора.

Шахты для выброса дыма при пожаре, не совмещенные с выбросными шахтами постоянно действующей вытяжной вентиляции, следует размещать так, чтобы дым из них не попадал в окна жилой застройки. Высота таких шахт должна быть не менее 2 м от уровня земли, расстояние — не менее 5 м от жилой застройки.



- П1 – П5 — приточные системы общеобменной вентиляции;
- В1 – В5 — вытяжные системы общеобменной вентиляции;
- ПД1 – ПД6 — приточные системы противодымной вентиляции;
- ВД1 – ВД2 — вытяжные системы противодымной вентиляции;
- К1 – К6 — дымовые клапаны; P1, P2 — резервуары дыма

**Рисунок Г.1 — Подземная пятиэтажная стоянка легковых автомобилей.
Принципиальные схемы противодымной,
приточной и вытяжной вентиляции**

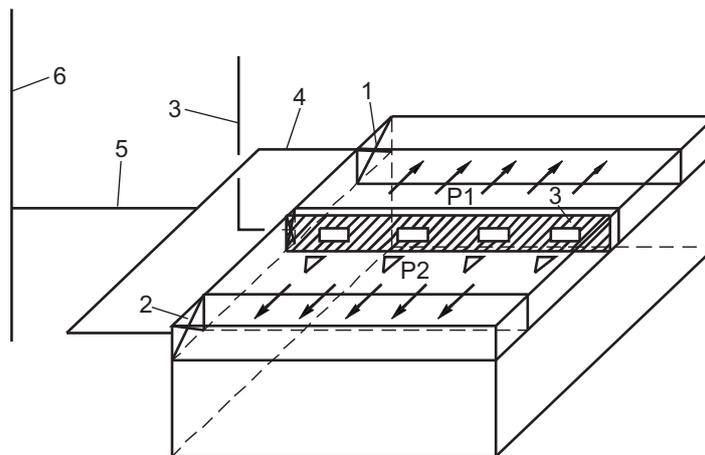


Размеры в метрах

- P1 и P2 — резервуары дыма; 3 — свесы с потолка; 4 и 5 — изолированные лифты;
 6 и 7 — изолированные лестничные клетки; 8 — выезд с первого этажа;
 9 — выезд со второго и третьего этажей; 10 — выезд с четвертого и пятого этажей;
 11 — тамбур-шлюзы на въезде; 12 — тамбур-шлюзы на входах; 13 — вход;
 14 — приточный воздуховод 0,5×0,5 м; 15 — выпуск воздуха в стороны рассеянными струями
 с отметки 2 м от пола этажа до низа воздухораспределителя

Примечание — Входы и входы на плане соответствуют отметке 0,000.

Рисунок Г.2 — План на отметке пола первого этажа



1, 2 — дымовые клапаны; P1, P2 — резервуары дыма;
3 — приточный воздуховод; 4, 5 и 6 — расчетные участки воздуховодов

Рисунок Г.3

Решение

1 Каждый этаж стоянки автомобилей (рисунок Г.3) делим на две дымовых зоны 600 м² и 500 м² (позиции P1 и P2) высотой 0,5 м, прокладываемым по колоннам на расстоянии 2,0 м от пола, образуя два резервуара дыма емкостью 300 м³ и 250 м³ соответственно.

2 Периметр очага пожара принимается по максимальным габаритам большего из автомобилей, в данном примере принимаем максимальный — 12 м. Соответствующая площадь должна обслуживаться одной группой сопел спринклерной системы пожаротушения. Расход дыма рассчитываем по формуле (27):

$$G_{д1} = 676,8 \cdot 12 \cdot 2^{1,5} = 22\,970 \text{ кг/ч.}$$

3 Время заполнения одного из двух резервуаров дымом рассчитываем по формуле (39):

$$t = 6,39 \cdot 600 \cdot (2^{-0,5} - 2,5^{-0,5}) / 12 = 24 \text{ с.}$$

За 24 с, согласно 9.15, люди могут пройти 40 м, что соответствует нормативному расстоянию до ближайшего эвакуационного выхода из зала стоянки автомобилей при свободном от дыма втором резервуаре. По данным огонь занимает всю площадь очага пожара не менее чем за 1 мин.

Примечание — Расход дыма зависит от размеров размещаемых автомобилей, для которых предназначена стоянка. Так для автомобилей длиной 3 м можно принять: периметр очага пожара (3 + 2) – 2 = 10 м и расход дыма:

$$G_{д1} = 676,8 \cdot 10 \cdot 2^{1,5} = 19\,142 \text{ кг/ч.}$$

При этом время заполнения резервуара дымом будет равно 50 с, а обоих резервуаров — 100 с при 3 м свободной высоты стоянки.

4 Дальнейшие расчеты дымоудаления с помощью вытяжной вентиляции связаны с расчетом системы вытяжных воздуховодов.

Для сведения баланса по вытяжной и приточной противодымной вентиляции приводим итоги по расходам дыма из примера 13:

а) расход дымовых газов (с учетом подсосов через неплотности), удаляемых из помещения, равен 6,633 кг/с или 23 879 кг/ч или по стандартному воздуху — 19 900 м³/ч;

б) воздухообмен по вытяжке при пожаре равен: $n = 19\,900 / (1200 - 2,5) = 6,6 \text{ 1/ч.}$

5 Приточная противодымная вентиляция на стоянке проектируется для создания избыточного давления воздуха, препятствующего распространению дыма по этажам, определяемого по формуле (84):

$$P = 0,7 - 4^2 - 1,429 + 20 = 36 \text{ Па.}$$

6 Принято, что ворота тамбур-шлюза (рисунок Г.2) для выезда из пятого этажа наружу площадью 3,3 · 2,4 = 7,92 м² открыты. В них подается приточный воздух по формуле (85):

$$G_b = 2875 \cdot 0,58 \cdot 7,92 \cdot 36^{0,5} = 79\,200 \text{ кг/ч.}$$

$K = 0,58$ в связи с наличием трех последовательно расположенных ворот или двух ворот и водяной завесы.

7 Расход воздуха через неплотности закрытых ворот в двух тамбур-шлюзах (рисунок Г.2) определяем по формуле (87) и 8.19:

$$G_{дв} = (8 \cdot 11,4 + 16 \cdot 11,4) \cdot 36^{0,5} \cdot 2 = 3283 \text{ кг/ч.}$$

Воздух в эти тамбур-шлюзы подается только при пожаре от системы ПД2, дросселируя ее производительность или используя полную производительность, создавая подпор в пандусах № 2 и № 3.

8 Расход приточного воздуха через неплотности лифтов, в том числе:

а) расход, компенсирующий утечки через неплотности по краям двух кабин, лифтов, определяем по формуле (88):

$$G_{п.о} = (34 \cdot 7,7 \cdot 2 + 0,1) \cdot (36 + 20)^{0,5} = 3920 \text{ кг/ч;}$$

б) расход приточного воздуха через восемь закрытых дверей лифтовых шахт по формуле (90):

$$G_{ш} = 16 \cdot 8 \cdot 8 \cdot (36 + 20)^{0,5} = 7660 \text{ кг/ч;}$$

в) через три наружных двери, закрытые во время пожара, —

$$G_{дв} = 16 \cdot 8 \cdot 3 \cdot 36^{0,5} = 2300 \text{ кг/ч;}$$

г) через одну открытую дверь на этаже пожара на 50 % времени:

$$G_{дв} = 2875 \cdot 1,6 \cdot 0,5 \cdot 56^{0,5} = 17\,200 \text{ кг/ч;}$$

д) через закрытую дверь машинного отделения лифтов по формуле (91):

$$G_{з.л} = 16 \cdot 5,6 \cdot 55^{0,5} = 670 \text{ кг/ч;}$$

е) через два тамбур-шлюза для прохода людей при пожаре:

$$250 \cdot 1,2 \cdot 2 = 600 \text{ кг/ч.}$$

9 Всего через лифтовые шахты гаража уходит наружу воздуха

$$G = 3920 + 7660 + 2300 + 17\,200 + 670 + 600 = 32\,350 \text{ кг/ч или } 27\,000 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

10 Расход приточного воздуха через открытую дверь лестничной клетки на этаже пожара определяем по формуле (92):

$$G_{к.о} = 2875 \cdot 1,6 \cdot (36 + 2,1 \cdot 15/2 + 20)^{0,5} = 38\,964 \text{ кг/ч,}$$

а с учетом второй открытой двери тамбур-шлюза

$$38\,964 \cdot 0,707 = 27\,547 \text{ кг/ч.}$$

11 Расход через четыре закрытые двери лестничной клетки при $L_3 = 5,6$ м определяем по формуле (94):

$$G_{к.з} = 16 \cdot 4 \cdot 5,6 \cdot (36 + 2,1 \cdot 15/2 + 20)^{0,5} = 3035 \text{ кг/ч.}$$

12 Всего в лестничный узел предусмотрено подать

$$G_{лх} = 27\,547 + 3035 + 600 = 31\,182 \text{ кг/ч или } 26\,000 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

В тамбур-шлюзы на входе на лестничные клетки от систем ПД5 или ПД6 подается 600 кг/ч.

13 Всего в пандус на этаже пожара предусмотрено подать 79 200 кг/ч или 66 000 м³/ч стандартного воздуха.

В два других тамбур-шлюза в пандусах предусмотрено подать 3283 кг/ч или 2135 м³/ч стандартного воздуха (системы ПД1 или ПД2), всего 79 200 + 3283 = 82 483 кг/ч.

14 Общий расход приточного воздуха во время пожара с учетом работы приточных систем на этажах, где нет пожара, по Г.3 составит:

$$G_{об} = (82\,483 + 31\,182 + 32\,350)/1,2 + 4 \cdot 6000 = 145\,680 \text{ м}^3/\text{ч,}$$

что по отношению к объему здания составит

$$145\,680/(5 \cdot 1200 \cdot 2,5) = 9,7 \text{ 1/ч.}$$

Вытяжная вентиляция при пожаре, с учетом работы одной вытяжной системы на этаже пожара, по Г.3 удаляет из здания

$$G_b = 19\,900 + 5000 = 25\,900 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Превышение притока над вытяжкой составляет:

$$145\,680 - 25\,900 = 119\,780 \text{ м}^3/\text{ч, или } 8,0 \text{ 1/ч по всему объему стоянки.}$$

Практически приточный воздух будет выдавливаться через пандусы и наружные двери здания.

15 Воздушный баланс на этаже пожара.

При работающей вытяжной вентиляции удаляется с этажа пожара $25\ 900\ \text{м}^3/\text{ч}$.

Приток поступает через открытую дверь лестничной клетки или через открытую дверь пожарного лифта; открыта одна или другая двери на 50 % времени, т. е. от своей полной производительности:

— через открытую дверь пожарного лифта — $17\ 200\ \text{кг}/\text{ч}$ или $14\ 300\ \text{м}^3/\text{ч}$;

— через открытую дверь лестничной клетки — $27\ 547 \cdot 0,5/1,2 = 11\ 480\ \text{м}^3/\text{ч}$.

Баланс: $C_6 = -19\ 900 - 6000 + 14\ 300 = -11\ 600\ \text{м}^3/\text{ч}$

или

$11\ 600/1200 \cdot 2,5 = -3,87\ \text{л}/\text{ч}$.

Разрежение в помещении этажа пожара можно регулировать открытием дверей лифтовой шахты или лестничной клетки.

16 Согласно приведенным расчетам для противодымной защиты стоянки легковых автомобилей следует предусмотреть:

а) системы ВД1 и ВД2 — вытяжные для удаления дыма из резервуаров дыма, сначала — под которым произошел пожар, а затем и из второго. Производительность каждой из систем: $23\ 879/0,524 = 45\ 570\ \text{м}^3/\text{ч}$. Температура дыма $400\ \text{°C}$;

б) системы ПД1 и ПД2 — приточные производительностью по $1,05 \cdot 66\ 000 = 69\ 300\ \text{м}^3/\text{ч}$, предназначены для подачи воздуха в пандус, сообщающийся с этажом пожара, и в тамбур-шлюзы в этом и двух других пандусах. Вентиляторы системы заблокированы между собой (см. рисунок Г.1), и при выходе из строя одного вентилятора автоматически включается второй, но, при необходимости, могут работать оба вентилятора одновременно;

в) системы ПД3 и ПД4 — для подачи воздуха в лифтовой узел $27\ 000 \cdot 1,05^* = 28\ 350\ \text{м}^3/\text{ч}$;

В пожарный лифт № 2 необходимо предусмотреть подачу воздуха

$G_1 = 17\ 200 + 0,5 \cdot 7\ 200 + 2300 \cdot 2/3 + 920/2 + 300 = 24\ 590\ \text{кг}/\text{ч}$ или $20\ 500\ \text{м}^3/\text{ч}$;

в лифт № 1 — $27\ 000 - 20\ 500 = 6500\ \text{м}^3/\text{ч}$;

г) системы ПД5 и ПД6 — для подачи воздуха на лестничные клетки, производительность каждой $1,05 \cdot 26\ 000 = 27\ 300\ \text{м}^3/\text{ч}$. Работает одна из двух систем. Системы заблокированы между собой для взаимозаменяемости.

Г.2 Пример 13

Необходимо рассчитать сети воздуховодов (рисунки Г.2 и Г.3) удаления дыма из стоянки легковых автомобилей при пожаре на первом этаже. Данные приняты из [13] (пример 2).

1 Расход дыма по примеру 12 равен $22\ 970\ \text{кг}/\text{ч}$ или $6,28\ \text{кг}/\text{с}$. Удаление дыма осуществляется из резервуара P_1 . К установке принято два дымовых клапана КДМ-2 с общей площадью свободного прохода $2 \cdot 0,33 = 0,66\ \text{м}^2$.

Массовая скорость дыма в клапане

$V_p = 5,38/0,66 = 9,87\ \text{кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$.

2 Дымоприемный воздуховод поперечным сечением $0,5 \times 1,4\ \text{м}$ прокладывается внутри резервуара дыма. В воздуховоде предусматривается пять отверстий размером $0,7/5 = 0,14\ \text{м}^2$ каждое. Массовая скорость дыма в приемных отверстиях и корне дымоприемного воздуховода:

$V_p = 6,38/0,7 = 9,1\ \text{кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$.

3 Сумма местных сопротивлений от крайнего дымоприемного отверстия до вентилятора складывается из следующих величин: вход в отверстие с поворотом — 2,28; клапан — 0,4; сужение и расширение при проходе клапана — 0,2; три отвода — 0,45; тройник — 0,15.

Всего с поправочным коэффициентом на дым:

$\sum \zeta = 0,55 \cdot (2,28 + 0,4 + 0,2 + 0,45 + 0,15) = 1,9$.

4 Общие потери на трение в сети до вентилятора рассчитываем по формуле (96) с поправкой на дым.

Длина воздуховода по рассчитываемому участку:

$L = 30 + 10 + 10,5 + 20 = 70,5\ \text{м}$.

* Потери воздуха в сетях показаны ориентировочно. Действительные потери следует учитывать по действующим нормативным документам.

Поперечное сечение постоянно и равно $0,7 \text{ м}^2$; массовая скорость равна $9,1 \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$; скоростное давление $P_{\text{ск}} = 81,2 \text{ Па}$. Удельные потери на трение:

$$\Delta P_y = 0,15 \cdot 1,1 = 0,165 \text{ кг}/\text{м}^2,$$

тогда

$$\Delta P_1 = 1,9 \cdot 81,2 + 8 \cdot 0,155 \cdot 1 \cdot 70,5 = 250 \text{ Па}.$$

5 Определяем подсос воздуха через два дымовых клапана, установленных на втором резервуаре, принимая разность давлений по его сторонам (с небольшим запасом) 250 Па . Тогда по формуле (97) расход воздуха составит:

$$G_{\text{в}} = 0,005 \cdot (2 \cdot 2,34 \cdot 250)^{0,5} = 0,17 \text{ кг}/\text{с} \text{ или } 612 \text{ кг}/\text{ч}.$$

6 По формуле (98) определяем плотность газов после смешения дыма с воздухом:

$$\rho = (6,38 + 0,17)/(6,33/0,51 + 0,17/1,2) = 0,52 \text{ кг}/\text{м}^3.$$

7 Общая развернутая площадь воздухопроводов до вентилятора при периметре $3,35 \text{ м}$ и длине (без воздухопроводов внутри резервуаров дыма) равна:

$$\Sigma(n, l) = (70,5 - 35 + 20,5) \cdot 3,35 = 134,3 \text{ м}^2.$$

Удельный подсос воздуха через неплотности воздухопроводов при разрежении в сети до вентилятора, равном 250 Па , принимаем:

$$G_{\text{п.с}} = 0,45/1000 = 0,00045 \text{ кгс}/\text{м}^2 \text{ или всего по формуле (99):}$$

$$G_{\text{в1}} = 0,00045 \cdot 184,8 = 0,083 \text{ кг}/\text{с}.$$

Общий расход газов по формуле (100):

$$G_{\text{сум}} = 6,38 + 0,17 + 0,083 = 6,633 \text{ кг}/\text{с} \text{ или } 23 \text{ 879 кг}/\text{ч}.$$

8 Расход газов увеличился по сравнению с ранее рассчитанным.

$K = 6,633/6,38 = 1,04$ раза; при этом по формуле (102) суммарное давление будет равно:

$$\Delta P_{\text{сум}} = 250 - (1 + 1,04^2)/2 + 40 - 0,15 - 1,1 - 8 + 87 - 1,1 - 0,55 = 366 \text{ Па},$$

где потери давления на выброс рассчитаны по формуле (96).

Плотность газов перед вентилятором рассчитываем по формуле (101):

$$\rho_{\text{сум}} = 6,633/(6,38/0,51 + 0,253/1,2) = 0,524 \text{ кг}/\text{м}^3.$$

9 Естественное давление при температуре наружного воздуха в теплый период года $28,5 \text{ }^\circ\text{C}$ и плотности воздуха

$$\rho = 353/(273 + 28,5) = 1,17 \text{ кг}/\text{м}^3$$

по формуле (103) после преобразования плотностей газов и воздуха в удельный вес составляет:

$$\Delta P_{\text{ес}} = 2 \cdot (11,48 - 5,1) + 40 \cdot (11,48 - 5,1) = 258 \text{ Па}.$$

10 Потери давления, на которые должна быть рассчитана мощность, потребляемая вентилятором, по формуле (107) равны:

$$\Delta P_{\text{в}} = 366 - 268 = 100 \text{ Па}.$$

11 Выбор вентилятора по производительности определяется расходом по формуле (108):

$$L_{\text{в}} = 3600 \cdot 6,633/0,524 = 45 \text{ 570 м}^3/\text{ч},$$

а также по условным потерям давления, приведенным к плотности стандартного воздуха по формуле (109):

$$\Delta P_{\text{yc}} = 1,2 - 100/0,524 = 230 \text{ Па}.$$

Установочную мощность электродвигателя необходимо принимать, ориентируясь на начало пожара, когда вентилятор захватывает и подает воздушную среду помещения.

Г.3 Пример 14

Необходимо рассчитать вентиляцию пятиэтажной подземной стоянки личных легковых автомобилей на 125 машин, данные о которой приведены в Г.1 и Г.2. Вентиляция рассчитывается на постоянно действующие приток и вытяжку. Данные приняты по [13] (пример 3).

1 По данным технологической части проекта на каждый этаж стоянки поступает в час $M = 120$ г окиси углерода.

ПДК для стоянки личных автомобилей принято 20 мг/м^3 .

2 Для ассимиляции окиси углерода приточного воздуха при отсутствии окиси углерода в наружном воздухе на каждый этаж, потребуется:

$$L_{\text{CO}} = 1000 \cdot 120/20 = 6000 \text{ м}^3/\text{ч},$$

что соответствует удельному расходу воздуха на один автомобиль:

$$6000/25 = 240 \text{ м}^3/\text{ч} > 150 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

3 Проектируем пять приточных систем, П1 – П5, производительностью по $1,05 \cdot 6000 = 6300 \text{ м}^3/\text{ч}$ приточного наружного воздуха каждая, с подачей в верхнюю зону помещения через воздухораспределители веерного типа струями, направленными вниз, с отметкой 2 м от пола. Приточный воздуховод размещается внутри резервуаров дыма, деля их на две части, как показано на рисунке Г.3. Приточные системы сблокированы между собой попарно.

4 Проектируем пять вытяжных систем, В1 – В5 полезной производительностью по $6000 \text{ м}^3/\text{ч}$ при проектной производительности, с учетом подсосов через неплотности, по $6000 \cdot 1,05 = 6300 \text{ м}^3/\text{ч}$ каждая. Системы сблокированы между собой по две. Кроме того, рекомендуется иметь в машинном зале вентиляции один запасной вентилятор с электродвигателем для замены вышедшего из строя.

5 Вытяжка осуществляется из верхней и нижней зон поровну, т. е. по $3000 \text{ м}^3/\text{ч}$, причем из нижней зоны — через колесоотбойные устройства или решетки в воздуховодах, проложенных под тротуарами. Вытяжные системы требуют тщательной регулировки.

Библиография

- [1] Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Часть 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Книга 2. — М.: Стройиздат, 1992.
- [2] NFPA 92B. Guide for Smoke Management Systems in Malls, Atria, and Large Areas (Национальная ассоциация пожарной безопасности. Куинси, 2000).
- [3] Lougheed G. D., Hadjisophocle — us G. V. Опасность задымления при пожаре в высоких помещениях. ASHRAE Transactions Volume 107. 2001.
- [4] Milke J. Оценка первых исследований опасности задымления при пожаре в помещениях большого размера. ASHRAE Transactions Volume 106(1). 2000.
- [5] Tewarson A. Генерация тепла и образование химических соединений в пламени. SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. Второе издание. Национальная ассоциация пожарной безопасности. Куинси, 1995.
- [6] CIBSE. TM19:1995 Relationships for smoke control calculations (Институт инженерного оборудования зданий. Лондон, 1995).
- [7] Б. В. Баркалов. Очаг пожара как основание для проектирования противодымной вытяжной вентиляции. Журнал «Водоснабжение и санитарная техника», № 2, 1991 г.
- [8] С. П. Смирнов, ВНИИПО МВД СССР Расчет аварийной приточной противодымной вентиляции. Журнал «Водоснабжение и санитарная техника» № 7, 1991 г.
- [9] Б. В. Баркалов. Основания норм проектирования аварийной противодымной вентиляции. Журнал «Водоснабжение и санитарная техника» № 9, 1990 г.
- [10] СП 7.13130.2013 Свод правил. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Противопожарные требования.
- [11] Правила устройства электроустановок (6-е издание).
- [12] Пособие 6.91 к СНиП 2.04.05-91 Огнестойкие воздуховоды.
- [13] Пособие 15.91 к СНиП 2.04.05-91 Противодымная защита при пожаре и вентиляция подземных стоянок легковых автомобилей.
- [14] Рекомендации по противодымной защите при пожаре (к СНиП 2.04.05-91*) МДС 41-1.99.
- [15] Пособие 4.91 к СНиП 2.04.05-91 Противодымная защита при пожаре. Изд. 1992 г. (вторая редакция).