

Министерство образования и науки Российской Федерации

Томский государственный
архитектурно-строительный университет

**РАСЧЕТ ПРОТИВОДЫМНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ
В ЗДАНИЯХ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ
(ЧАСТЬ 1)**

Методические указания к практическим занятиям,
курсовому и дипломному проектированию

Составители В.С. Рекунов, М.В. Анисимов



Томск 2011

Расчет противодымной вентиляции в зданиях различного назначения (часть 1) / Сост. В.С. Рекунов, М.В. Анисимов. – Томск.: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2011. – 38 с.

Рецензент д.т.н. М.И. Шиляев
Редактор Е.Ю. Глотова

Методические указания к практическим занятиям по дисциплинам СД.Ф.7 «Теоретические основы создания микроклимата в помещении», «Кондиционирование воздуха и холодоснабжение» для студентов специальностей 270109 «Теплогазоснабжение и вентиляция» всех форм обучения и бакалавров.

Могут быть использованы для курсового и дипломного проектирования.

Печатаются по решению методического семинара кафедры отопления и вентиляции, протокол № 7 от 18.03.2011 г.

Утверждены и введены в действие проректором по учебной работе В.В. Дзюбо

с 15.03.2011
до 15.02.2016

Оригинал-макет подготовлен автором.

Подписано в печать
Формат 60×84. Бумага офсет. Гарнитура Таймс.
Уч-изд. л. 2. Тираж 75 экз. Заказ №

Изд-во ТГАСУ, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2.
Отпечатано с оригинал-макета в ООП ТГАСУ.
634003, г. Томск, ул. Партизанская, 15.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|-----------|
| Введение | 4 |
| 1. Общие положения... .. | 5 |
| 1.1. Основные понятия, термины и определения..... | 5 |
| 1.2. Основные нормативные требования в области проектирования систем дымоудаления..... | 6 |
| 2. Устройства противодымной вентиляции..... | 9 |
| 2.1. Классификация и область применения противопожарных клапанов..... | 9 |
| 2.2. Электрические приводы | 11 |
| 2.3. Вентиляторы дымоудаления | 13 |
| 3. Методика расчета противодымной вентиляции..... | 13 |
| 3.1. Расчет объемов вытяжного воздуха противодымной вентиляции..... | 14 |
| 3.2. Аэродинамический расчет противодымной вентиляции..... | 18 |
| 4. Примеры расчетов противодымной вентиляции..... | 22 |
| 5. Задание по расчету противодымной системы вентиляции..... | 29 |
| 6. Контрольные вопросы..... | 30 |
| Список использованной и рекомендуемой литературы... .. | 31 |

ВВЕДЕНИЕ

В России каждые пять минут в огне погибает человек, еще 20 получают ожоги и травмы. Ежегодно в мире регистрируется около 7 миллионов пожаров.

Согласно статистике, более половины из них происходят по причине неосторожного обращения с огнем. Зачастую из-за неумения совладать со стихией мелкий пожар приводит к разрушительным последствиям – человеческим жизням и колоссальным материальным убыткам.

Многие считают, что во время пожара люди в основном гибнут из-за высоких температур и открытого огня. Но на самом деле это не так – смерть чаще всего наступает от удушья ядовитыми дымовыми газами. Продукты горения, представляющие собой неустойчивую смесь газов, паров и твердых частиц, в массе своей значительно более ядовиты, чем в отдельности, и приводят к гибели гораздо быстрее. Поэтому в большинстве случаев именно дым и является главным фактором риска.

В этой связи необходимость обеспечения защиты людей от продуктов горения в зданиях различного назначения является, на сегодняшний день, актуальной инженерной задачей, требующей от инженера-проектировщика специальных знаний и умений.

Каждый человек прекрасно понимает, что легче предотвратить опасность, чем исправлять ее последствия. Для максимальной безопасности людей, находящихся в зданиях, все инженерные системы должны работать как единое целое – предупредительные меры, автоматика выявления возгораний, грамотные действия пожарных служб и надежная работа инженерного оборудования во время пожара, причем отвод дыма и избыточной теплоты становится первоочередным мероприятием.

В данном методическом указании представлены основные нормативные требования, устройства и методика расчета противодымной вентиляции.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Основные понятия, термины и определения

Дымовой клапан – клапан с нормируемым пределом огнестойкости, открывающийся при пожаре.

Дымоприемное устройство – отверстие в воздуховоде (канале, шахте) с установленным на нем или на воздуховоде дымовым клапаном, открывающимся при пожаре.

Дымовая зона – часть помещения общей площадью не более 3000 м², из которой в начальной стадии пожара удаляется дымовая смесь расходом, обеспечивающим эвакуацию людей из горящего помещения.

Дымоудаление – это система безопасности, обеспечивающая эвакуацию людей при пожаре.

Огнестойкий воздуховод – плотный воздуховод со стенками, имеющими нормируемый предел огнестойкости.

Пожароопасная смесь – смесь горючих газов, паров, пыли, волокон с воздухом, если при ее горении развивается давление, не превышающее 5 кПа. Пожароопасность смеси должна быть указана в задании на проектирование.

Резервуар дыма – дымовая зона, огражденная по периметру негорючими завесами, спускающимися с потолка (перекрытия) до уровня 2,5 м от пола и более.

Противодымная вентиляция – это аварийная система вентиляции, направленная на скорейшее удаление из помещения или здания продуктов горения, выделяющихся при пожаре.

Огнезадерживающий клапан – клапан, устанавливаемый внутри воздухопроводов (автоматически перекрываемый во время пожара) и служащий для препятствия распространению пламени по системе вентиляции.

Система дымоудаления с естественным побуждением – система дымоудаления, действующая за счет разницы температур вытяжного и приточного воздуха.

Система дымоудаления механическая – система, где продукты горения удаляются за счет действия вентилятора дымоудаления (радиального, «крышного», осевого).

1.2. Основные нормативные требования в области проектирования систем дымоудаления

Противодымная защита представляет собой комплекс объемно-планировочных и инженерно-технических решений, направленных на предотвращение задымления при пожаре путей эвакуации из помещений и зданий и уменьшение их задымления. Эти мероприятия имеют целью обеспечение безопасности людей при пожаре, сокращение материальных потерь от пожара, создание безопасных условий работы подразделений Государственной противопожарной службы по спасению людей, обнаружению и ликвидации очага пожара.

Требования, регламентирующие проектирование, эксплуатацию и ремонт систем противодымной защиты зданий и сооружений, содержатся в системе нормативных и методических документов. Номенклатура помещений и зданий, подлежащих оборудованию системами противодымной защиты, и состав этой системы приводятся в отраслевых нормативных документах и СНиП 21-01-97* «Пожарная безопасность зданий и сооружений». Требования к исполнению систем противодымной защиты и отдельных ее элементов изложены в СНиП «Отопление, вентиляция и кондиционирование» [1, 2]. Система противодымной защиты в зависимости от объемно-планировочного решения и этажности здания может включать в себя систему дымоудаления из помещений и (или) коридоров при пожаре, систему удаления дыма и газов после пожара, системы обеспечения незадымляемости лестничных клеток, систему подпора воздуха в шахты лифтов, лестнично-лифтовые, лестничные и лифтовые холлы.

Необходимо производить дымоудаление из помещений без естественного освещения через дымовые проемы в наружных ограждениях, а также из помещений с естественным освещением с массовым пребыванием людей, не имеющих открывающихся при пожаре проемов с достаточной для удаления дыма площадью. Систему дымоудаления из помещения при пожаре можно не предусматривать, если время опускания слоя дыма до высоты рабочей зоны (2,5 м от пола помещения) превышает расчетное время эвакуации, т. е. если люди успевают покинуть помещение до момента опускания слоя дыма до опасной для них высоты.

Система удаления дыма и газов после пожара устраивается в помещениях, оборудованных установками автоматического газового пожаротушения, и предназначена для проветривания помещения после завершения тушения пожара.

В соответствии с действующими нормативными документами при проектировании жилых зданий и встроенно-пристроенных нежилых помещений (в том числе гаражей-стоянок легковых автомобилей) проектные объемно-планировочные и технические решения должны предусматривать при возникновении пожара безопасную и быструю эвакуацию людей, безопасную работу пожарных, нераспространение дыма из горящего помещения в другие помещения и на другие этажи, сохранение материальных ценностей.

Согласно [1] незадымляемые лестничные клетки бывают следующих типов:

а) Н1 – с выходом в лестничную клетку с этажа через наружную, воздушную зону по открытым переходам, при этом должна быть обеспечена незадымляемость перехода через воздушную зону;

б) Н2 – с подпором воздуха в лестничную клетку при пожаре;

в) Н3 – со входом в лестничную клетку с этажа через тамбур-шлюз с подпором воздуха (постоянным или при пожаре).

Наиболее важную роль в обеспечении пожарной безопасности зданий и находящихся в них людей выполняют системы противодымной защиты, обеспечивающие эвакуацию людей из помещений здания в начальной стадии пожара.

В жилых зданиях проектируются следующие системы противодымной защиты в соответствии с [2]:

а) дымоудаление из коридоров и холлов для зданий высотой 28 м и более, системы приточной противодымной защиты (подпора воздуха) в лестничные клетки типа Н2, в шахты лифтов, в тамбуры-шлюзы лестничных клеток типа Н3;

б) дымоудаление из глухих коридоров и холлов встроенно-пристроенных помещений, из помещений категории «В» и глухих коридоров подвалов;

в) дымоудаление из подземных стоянок автомобилей, приточная противодымная вентиляция (подпор воздуха) в тамбуры-шлюзы.

Количество выделяемого при каждом пожаре дыма различно и изменяется на разных стадиях горения. Общее количество выделяющегося дыма зависит от размеров пожара и здания, в котором происходит пожар. Влияют на количество выделяющегося дыма количества и свойства горящих материалов и изделий.

Скорость выделения дыма зависит от размеров (периметра) очага пожара. Выделяющийся при пожаре дым разнообразен по составу и свойствам, различен по цвету – от светлого до черного.

Важными характеристиками дыма являются плотность и токсичность некоторых веществ, выделяющихся при пожаре. При горении различных материалов в здании могут выделяться токсичные газы или пары: углекислый газ, угарный газ, оксиды азота, цианистый водород, альдегиды, бензол и др.

Расчет систем дымозащиты (дымоудаления из коридора и холла и подпора воздуха в лестничные клетки и в шахты лифтов) жилого здания со встроенно-пристроенными нежилыми по-

мещениями (административными, офисными, бытовыми и т. п.) производится в соответствии с [1–5].

Приведение в действие систем противодымной защиты должно осуществляться автоматически (от пожарных датчиков) или дистанционно, от кнопок ручного пуска, устанавливаемых на лестничных площадках на этажах, в лифтовых холлах и тамбур-шлюзах.

2. УСТРОЙСТВА ПРОТИВОДЫМНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

2.1. Классификация и область применения противопожарных клапанов

Основными нормативными документами, устанавливающими классификацию и область применения противопожарных клапанов систем вентиляции, в настоящее время являются [1–4]. В соответствии с [3] для систем вентиляции и противодымной защиты предусматриваются следующие виды противопожарных клапанов:

- противопожарные нормально открытые клапаны (огнезадерживающие клапаны);

- дымовые клапаны;

- противопожарные нормально закрытые клапаны;

- противопожарные клапаны двойного действия.

В соответствии с [3] следует предусматривать:

- противопожарные нормально открытые клапаны («огнезадерживающие клапаны» по [5]) устанавливаются на воздуховодах общеобменной вентиляции, кондиционирования и воздушного отопления в целях предотвращения проникания в помещения продуктов горения (дыма) во время пожара, а также в приточных и вытяжных системах помещений, защищаемых установками газового или порошкового пожаротушения;

- дымовые клапаны в системах вытяжной противодымной вентиляции;

– противопожарные нормально закрытые клапаны в системах приточной противодымной вентиляции и системах для удаления дыма и газа после пожара из помещений, защищаемых установками газового или порошкового пожаротушения;

– противопожарные клапаны двойного действия в системах основной вентиляции, используемых для удаления газов и дыма после пожара из помещений, защищаемых установками газового или порошкового пожаротушения.

Противопожарные нормально открытые клапаны в нормальных условиях открыты, а при пожаре закрываются, выполняя в соответствии с [1] роль заполнения проемов в противопожарных преградах (противопожарных стенах, перегородках и перекрытиях с нормированным пределом огнестойкости). Дымовые и противопожарные нормально закрытые клапаны в нормальных условиях закрыты, а при пожаре открываются, а огнезадерживающие клапаны имеют противоположный принцип работы, рис. 1. На сегодняшний день применение противопожарных клапанов без электрического открывания не допускается.

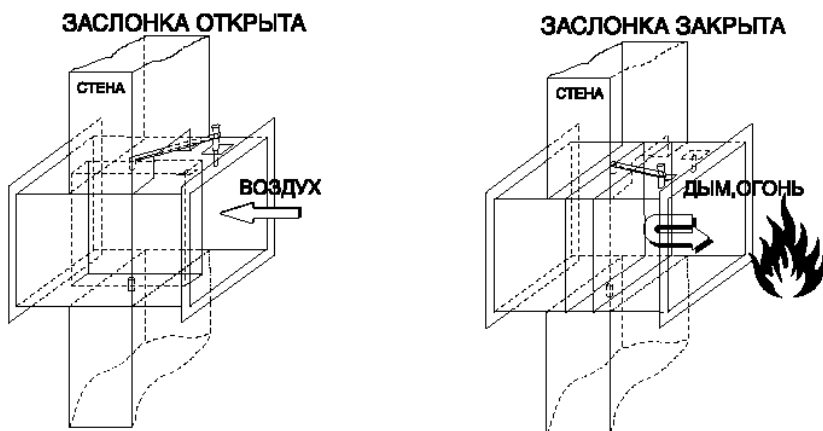


Рис. 1. Принцип работы огнезадерживающего клапана

Противопожарные клапаны двойного действия при пожаре выполняют функцию нормально открытого клапана, а после пожара – функцию нормально закрытого клапана, предназначенного, в отличие от клапана приточной противодымной вентиляции, для удаления дыма и газа после пожара из помещения с газовым или порошковым пожаротушением. Обозначение предела огнестойкости противопожарных клапанов включает буквы, соответствующие нормируемым предельным состояниям, и цифру, представляющую собой время (мин) достижения одного из нормируемых предельных состояний (например, EI 120, EI 30).

Конструктивные размеры клапанов дымоудаления КДМ-2 представлены в прил. П.1. Клапан состоит из корпуса (1), теплоизолированной створки (2), изготовленных из оцинкованной тонколистовой стали, приводного устройства электромагнитного типа (5), концевого выключателя для контроля закрытого или открытого положения створки, клеммной колодки, кнопочного выключателя для автономной проверки работоспособности клапана, декоративной решетки, защищающей токоведущие и движущиеся части клапана от посторонних лиц. Герметичность клапана в закрытом положении обеспечивается термостойким уплотнителем, размещенным по периметру опорного контура створки клапана.

Принцип работы клапана КДМ-2 следующий. Открытие клапана осуществляется подачей напряжения на электромагнитное устройство (5), при срабатывании которого скоба (6), закрепленная на створке, освобождается от замка привода (7), и под действием рычажной системы (4) с пружинами створка (2) поворачивается на осях (3), открывая проходное сечение клапана. Значения коэффициентов местного сопротивления на входе в сеть дымоудаления (для «стеновых» клапанов) представлены в табл. П.2.

Клапаны выпускаются «стенового» типа с одним присоединительным фланцем и внутренним размещением привода, а

также «канального» типа с двумя присоединительными фланцами с наружным и внутренним размещением привода. Клапаны могут устанавливаться в вертикальных и горизонтальных проемах приточно-вытяжных каналов противодымной вентиляции, в перекрытиях, подвесных потолках и на ответвлениях воздуховодов.

Площадь проходного сечения «стеновых» клапанов КДМ-2 рассчитывается по формуле

$$F_{\text{кл}} = ((A-30)(B-50))/106, \text{ м}^2,$$

где A, B – установочные размеры клапана (см. рис. П.1, П.2), мм.

Клапаны КДМ-2 не подлежат установке в помещениях категорий А и Б по взрывопожароопасности.

2.2. Электрические приводы

Электрические приводы (рис. 2) используются в системах (устройствах) дымоудаления для открывания внутрь окон или фрамуг (рис. 3) с целью удаления дыма и продуктов горения при пожаре (рис. 4) или для проветривания. Включение может производиться автоматически (от систем противопожарной безопасности) или вручную.



Рис. 2. Электрический привод



Рис. 3. Оконный проем с электрическим приводом



Рис. 4. Удаление дыма с помощью электрического привода

Такие устройства, используемые в системах дымоудаления с естественной тягой, в настоящее время получили широкое распространение ввиду низкой стоимости этих систем по отношению к механическим системам дымоудаления. Электрические устройства могут устанавливаться на существующие оконные рамы.

2.3. Вентиляторы дымоудаления

На сегодняшний день существует широкий спектр вентиляционного оборудования, используемого в системах дымоудаления. В зависимости от технических условий и требований

СНиП, возможна установка радиальных, осевых или «крышных» вентиляторов, рис. 5.

а) радиальный



б) осевой



в) «крышный»



г) «крышный» (другой тип)



Рис. 5. Различные виды вентиляторов дымоудаления

Каждый из представленных типов вентиляторов обладает своими достоинствами и недостатками, поэтому использование какого-либо типа вентиляторов требует технико-экономического обоснования.

Стоит отметить, что дымоудаление с искусственным побуждением следует проектировать тогда, когда по каким-либо причинам (например, требование СНиП) применение вентиляции с естественным побуждением невозможно.

В настоящее время стали широко использоваться «крышные» вентиляторы, которые устанавливаются либо на устье шахты дымоудаления, либо на кровле, но такое техническое решение требует дополнительных мероприятий по укреплению основания под вентилятор.

3. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРОТИВОДЫМНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

3.1. Расчет объемов вытяжного воздуха противодымной вентиляции

При возникновении очага пожара над ним образуется восходящий поток, называемый конвективной струей или конвективной колонкой. Поднимающиеся в конвективной колонке газы достигают потолка, растекаются по нему и образуют подпотолочный слой продуктов горения. Если площадь очага пожара F_T ограничена, то через определенный промежуток времени величина расхода дыма, G_k , поступающего в подпотолочный слой с конвективной колонкой, стабилизируется во времени. Для того чтобы высота незадымляемой зоны Z оставалась постоянной, необходимо соблюдение равенства массовых расходов дыма, удаляемого из помещения, G_y , и дыма, поступающего в подпотолочный слой из конвективной колонки, G_k . Задачей расчета является определение такой площади устройства дымоудаления, при которой соблюдается условие $G_y = G_k$ при заданной высоте незадымляемой зоны Z .

Рассмотрим систему дымоудаления с естественным побуждением тяги в помещении при небольшом очаге пожара. На рис. 6 приведена схема работы такой системы дымоудаления. Используются следующие обозначения: F_T – площадь очага пожара, m^2 ; Z – высота незадымляемой зоны, м; H – высота помещения от пола до места выброса дыма, м; h_c – толщина слоя ды-

ма, м; F_y – площадь проема дымоудаления, м^2 ; G_k – массовый расход дыма, поступающего в подпотолочный слой из конвективной колонки, кг/с ; G_y – массовый расход удаляемого дыма, кг/с ; $P_{\text{нар}}$ – полное давление снаружи помещения, Па; $P_{\text{в}}$ – давление внутри помещения, Па; $\Delta P_{\text{расп}}$ – располагаемый перепад давления (разность давлений внутри помещения и вне его на уровне проема дымоудаления), Па.

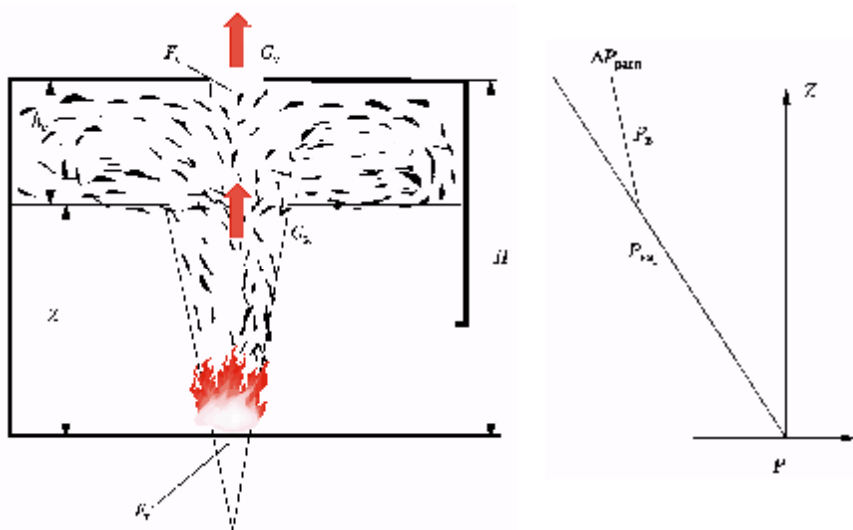


Рис. 6. К расчету параметров системы дымоудаления, обеспечивающей незадымленную зону в нижней части помещения

Расход дыма, поступающего с конвективной колонкой в подпотолочный слой, можно определить по формуле [4]

$$G_k = 0,188 \cdot P_f \cdot Z^{3/2} \quad (1)$$

или по формуле

$$G_k = 0,032 \cdot Q^{3/5} \cdot Z, \quad (2)$$

где Q – конвективная составляющая мощности очага пожара (часть тепловыделения пожара, идущая на нагрев продуктов го-

рения), кВт; P_f – периметр источника задымления (принимается как периметр очага возгорания), м.

Зная величину расхода удаляемого дыма, можно вычислить требуемую площадь отверстий дымоудаления:

$$F = \left[\frac{G_k}{\left[\mu (\rho_{п.г} \cdot \Delta P_{расп})^{0,5} \right]} \right], \quad (3)$$

где μ – коэффициент расхода устройства дымоудаления (в расчетах обычно принимается равным 0,64); $\rho_{п.г}$ – плотность продуктов горения, кг/м³.

Если устройства дымоудаления размещены в покрытии помещения, располагаемый перепад давления определяется по формуле

$$\Delta P_{расп} = g(H - Z) \cdot (\rho_n - \rho_{п.г.}), \quad (4)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с²; ρ_n – плотность наружного воздуха, кг/м³.

Плотности воздуха и продуктов горения вычисляются по их температурам:

$$\rho_n = \frac{353}{t_n + 273}; \quad \rho_{п.г} = \frac{353}{t_{п.г} + 273}. \quad (5)$$

Температура наружного воздуха при расчете систем с естественным побуждением тяги берется для теплого периода года из [1, 2] (параметры Б). Температура продуктов горения может быть найдена из уравнения теплового баланса:

$$t_{п.г} = \frac{Q}{c_p \cdot G_k} + t_n. \quad (6)$$

Конвективная составляющая мощности пожара Q определяется по формуле

$$Q = (1 - \phi) Q_n = (1 - \phi) \eta \cdot Q_p \cdot \Psi_{уд} \cdot F_r, \quad (7)$$

где Q_n – тепловая мощность очага пожара, кВт; ϕ – доля тепла, отдаваемого очагом горения ограждающим конструкциям ($\phi = 0,25-0,5$); η – коэффициент полноты сгорания ($\eta = 0,85-0,9$);

Q_p – теплота сгорания, кДж/кг; $\psi_{уд}$ – удельная скорость выгорания, (кг/с·м²); c_p – удельная изобарная теплоемкость дымовых газов, при температуре горения различных веществ, кДж/(кг·К); F_g – площадь горения, м².

В некоторых случаях известна тепловая мощность очага пожара. При горении одного легкового автомобиля, например, Q_n составляет 4,5–5 МВт. Тогда конвективная составляющая мощности пожара будет определяться по формуле

$$Q = (1 - \varphi)Q_n. \quad (8)$$

Если исходных данных для расчета $t_{п.г}$ недостаточно, то для помещений объемом не более 10 тыс. м³ температуру продуктов горения можно принять равной 220 °С для библиотек, книгохранилищ и складов бумаги, 300 °С при горении волокнистых веществ, 450 °С при горении твердых материалов и 600 °С при горении жидкостей и газов. Физические свойства дымовых газов при различных температурах принять по табл. 1.

Таблица 1

Физические свойства дымовых газов

| $t_{п.г}$, °С | c_p , кДж/(кг·К) | $\rho_{п.г}$, кг/м ³ | $\nu \times 10^6$, м ² /с | $t_{п.г}$, °С | c_p , кДж/(кг·К) | $\rho_{п.г}$, г/м ³ | $\nu \times 10^6$, м ² /с |
|-------------------|-----------------------|-------------------------------------|--|-------------------|-----------------------|------------------------------------|--|
| 200 | 1,097 | 0,748 | 32,80 | 450 | 1,168 | 0,491 | 53,10 |
| 300 | 1,122 | 0,617 | 45,81 | 600 | 1,214 | 1,214 | 93,61 |

Для помещений объемом более 10 тыс. м³ средняя плотность газов $\rho_{п.г > 10}$ определяется по формуле

$$\rho_{п.г > 10} = \rho_{п.г} + 0,005(V_{п.г} - 10), \quad (9)$$

где $\rho_{п.г}$ – плотность продуктов горения при горении соответствующего материала для помещения объемом менее 10 тыс. м³; $V_{п.г}$ – объем помещения, тыс. м³.

Объемный часовой расход удаляемого дыма L , м³/ч, определяется из выражения

$$L = \frac{3600 \cdot G_k}{\rho_{п.г}}. \quad (10)$$

Расчет системы дымоудаления (с естественной тягой воздуха) считается окончательным тогда, когда определяется площадь дымовых люков в перекрытии либо площадь оконных проемов, открываемых при задымлении (например, с помощью электроприводов), либо площадь противопожарных клапанов, устанавливаемых на каналы дымоудаления. Указанные площади дымоприемных устройств определяются по формуле (3).

В случае, когда использование вентиляции с естественным побуждением невозможно (к примеру, требование СНиП), расчет проводится аналогично расчету вентиляции с естественной тягой, но в результате таких расчетов определяются характеристики вентилятора дымоудаления (расход воздуха L и потеря давления в воздуховодах ΔP). Расход воздуха L можно рассчитать, применяя зависимость (10), а потери давления в системе противодымной вентиляции ΔP определяются при проведении аэродинамического расчета (как и в случае обычной механической вентиляции). В результате аэродинамического расчета подбирается и сечение воздуховодов механической системы дымоудаления.

В следующей главе рассматриваются основные принципы проведения аэродинамического расчета.

3.2. Аэродинамический расчет противодымной вентиляции

Цель аэродинамического расчета заключается в определении размеров поперечного сечения воздуховодов системы дымоудаления при максимально допустимой скорости перемещения в них газов до 15 м/с (на практике принимают скорость дымоудаления 8–12 м/с).

Расчетный расход L_p , м³/ч, удаляемой смеси определяется из выражения

$$L_p = (1,1 \div 1,15)L_{\text{сети}} \quad , \quad (11)$$

где $L_{\text{сети}}$ – сетевой расход удаляемых газов, м³/ч.

Расчетные потери давления ΔP_p , Па, определяются из выражения

$$\Delta P_p = (1,1 \div 1,15) \Delta P_{\text{сети}}, \quad (12)$$

где $\Delta P_{\text{сети}}$ – сетевые потери давления, Па.

Сетевые потери давления рассчитываются как

$$\Delta P_{\text{сети}} = \Delta P_{\text{тр}} + \Delta P_{\text{м.с}}, \quad (13)$$

где $\Delta P_{\text{тр}}$ – потери давления по длине воздуховода, Па; $\Delta P_{\text{м.с}}$ – потери давления в местных сопротивлениях (отводы, тройники, крестовины и т. д.), Па.

Потери давления на трение определяются как

$$\Delta P_{\text{тр.}} = \lambda \frac{l}{d_3} \frac{\rho_{\text{п.г}} \cdot v^2}{2}, \quad (14)$$

где l – длина участка воздуховода, м; d_3 – эквивалентный диаметр воздуховода на участке, м; v – скорость воздуха на участке, м/с; ρ – плотность дымовых удаляемых газов, кг/м³; λ – коэффициент трения, зависящий от диаметра воздуховода, скорости и шероховатости воздуховода.

Коэффициент сопротивления трения λ рассчитывается из выражения [10]

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{k_3}{d_3} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25}, \quad (15)$$

где k_3 – абсолютная эквивалентная шероховатость поверхности воздуховода; Re – критерий Рейнольдса

$$\text{Re} = v \cdot d / \nu_{\text{п.г}}, \quad (16)$$

где $\nu_{\text{п.г}}$ – кинематическая вязкость дымовых газов, м²/с.

Потери давления в местных сопротивлениях, Па,

$$\Delta P_{\text{м.с}} = \Sigma \xi \cdot \rho \cdot v^2 / 2, \quad (17)$$

где $\Sigma \xi$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений на участке, коэффициенты местных сопротивлений на границе двух участков относят к участку с меньшим расходом.

Задавшись скоростью движения воздуха в канале (воздуховоде), м/с, и расходом воздуха на участке, м³/ч, можно определить предварительную площадь поперечного сечения канала $F_{пр}$ (воздуховода), м²,

$$F_{пр} = \frac{L}{v \cdot 3600}, \quad (18)$$

где L – расход воздуха, м³/ч (принимается по расчетам дымоудаления); v – скорость воздуха и дымовых газов, м².

СНиП «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» [2] регламентирует размеры каналов и воздуховодов стандартными (типовыми) размерами и их толщину стенки. В табл. П.1 представлены типовые размеры сторон воздуховодов и соответствующие толщины стенок.

После определения окончательных геометрических размеров воздуховода (по табл. П.5) необходимо выполнить пересчет скорости в воздуховоде на фактическую

$$v = \frac{L}{F_{ф} \cdot 3600},$$

где $F_{ф}$ – фактическая площадь поперечного сечения или диаметр воздуховода, м.

Рассчитанная скорость движения воздуха в канале подставляется в формулы (14) и (17).

В случае, когда канал имеет прямоугольное сечение, значение d в зависимости (3) определяется по формуле

$$d = 2ab/(a+b), \quad (19)$$

где a и b – геометрические размеры канала (воздуховода), м.

При аэродинамических расчетах используют справочную литературу [6, 10].

Стоит отметить, что плотность дымовых газов в формулах (14 и 17) существенно отличается в меньшую сторону от плотности воздуха при комнатной температуре, что существенно влияет на расчеты потерь давления и требует обязательного учета.

Для воздуховодов из других материалов необходимо вводить поправочный коэффициент n , который зависит от абсолютной эквивалентной шероховатости воздуховодов k_3 и скорости движения воздуха (табл. 2).

Таблица 2

Абсолютная шероховатость стенок воздуховодов k_3 , мм, изготовленных из различных материалов

| | |
|---|------------|
| Материал стенок воздуховодов | k_3 , мм |
| Листовая сталь | 0,1 |
| Шлакобетонные плиты | 1,5 |
| Кирпичная кладка (каналы в стенах) | 5,0 – 10,0 |
| Кирпичная кладка со штукатуркой и протиркой поверхности | 3,0 – 6,0 |

Следует иметь в виду, что расход воздуха в круглом и прямоугольном воздуховоде с эквивалентным диаметром при равенстве скоростей не совпадают.

Таблица 3

Аэродинамический расчет системы вентиляции

| № | L , м ³ /час | a , мм | b , мм | $d_{экр}$, мм | F , м ² | V , м/с | l , м | $P_{дин}$, Па | R , Па/м | Rl , Па | Z , Па | $Rl+Z$, Па |
|---|---------------------------|----------|----------|----------------|----------------------|-----------|---------|----------------|------------|-----------|----------|-------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 14 |
| | | | | | | | | | | | | |

При расчете желательно, чтобы скорости движения воздуха на участках возрастали по мере приближения к вентилятору. Кроме того, аэродинамический расчет систем вентиляции можно проводить по справочным таблицам [8]. Полученные расчетные значения заносят в табл. 3.

4. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ ПРОТИВОДЫМНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

Пример 1. Требуется определить площадь проема дымоудаления из одноэтажного здания высотой 6 м. Заданная высота незадымляемой зоны 2,5 м от пола помещения. Горючая нагрузка – древесина (теплота сгорания 13850 кДж/кг, удельная скорость выгорания 0,9 кг/(м²·мин) или 0,015 кг/(м²·с)), площадь очага пожара 9 м². Температура наружного воздуха равна 20 °С.

Решение

Принимаем $\phi = 0,4$ и $\eta = 0,9$. Конвективная мощность очага пожара по формуле (7)

$$Q = (1 - 0,4)0,9 \cdot 13850 \cdot 0,015 \cdot 9 = 1010 \text{ кВт.}$$

Расход дыма, поступающего с конвективной колонкой в подпотолочный слой, определяем по формуле (2)

$$G_k = 0,032 \cdot 1010^{3/2} \cdot 2,5 = 5,08 \text{ кг/с.}$$

Температура продуктов горения

$$t_{п.г} = \frac{1010}{(1,09 \cdot 5,08) + 20} = 202 \text{ °С или } t_{п.г} = 475 \text{ К.}$$

Плотности продуктов горения и наружного воздуха вычисляем по формуле (5)

$$\rho_n = \frac{353}{20 + 273} = 1,2 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{п.г} = \frac{353}{202 + 273} = 0,746 \text{ кг/м}^3.$$

Располагаемый перепад давления найдем по формуле (4)

$$\Delta P_{расп} = 9,81(6 - 2,5) \cdot (1,2 - 0,746) = 15,6 \text{ Па.}$$

Требуемая площадь проема дымоудаления по формуле (3)

$$F_y = \left[\frac{5,08}{0,64(0,746 \cdot 15,6)^{0,5}} \right] = 0,68 \text{ м}^2.$$

Объемный часовой расход удаляемого дыма найдем по формуле (9)

$$L = \frac{3600 \cdot 5,08}{0,746} = 28000 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Пример 2. Требуется определить площадь устройства дымоудаления с одноэтажной стоянки автомобилей высотой 3 м при горении одного автомобиля. Заданная высота незадымленной зоны 2,0 м от пола помещения. Мощность очага пожара 4,5 МВт. Температура наружного воздуха равна 20 °С.

Решение

Принимаем $\phi = 0,4$. Конвективная мощность очага пожара

$$Q = (1 - 0,4)4,5 = 2,7 \text{ МВт}.$$

Расход дыма, поступающего с конвективной колонкой в подпотолочный слой, определяем по формуле (2)

$$G_k = 0,032 \cdot 2700^{3/5} \cdot 2 = 7,33 \text{ кг/с}.$$

Температура продуктов горения по формуле (6)

$$t_{п.г} = \frac{2700}{(1,09 + 7,33) + 20} = 358 \text{ °С}.$$

Плотности продуктов горения и наружного воздуха определим по формуле (5)

$$\rho_n = \frac{353}{20 + 273} = 1,2 \text{ кг/м}^3; \rho_{п.г} = \frac{353}{358 + 273} = 0,56 \text{ кг/м}^3.$$

Располагаемый перепад давления найдем по формуле (6)

$$\Delta P_{расп} = 9,81(3 - 2)(1,2 - 0,56) = 6,28 \text{ Па}.$$

Требуемая площадь отверстий дымоудаления по (3) составит

$$F_y = \left[\frac{7,33}{0,64(0,56 \cdot 6,28)^{0,5}} \right] = 6,1 \text{ м}^2.$$

Площадь устройства дымоудаления близка к площади проекции на плоскость пола легкового автомобиля, устройство дымоудаления с естественным побуждением тяги с автостоянки

представляется нецелесообразным. Для дымоудаления следует использовать систему с механическим побуждением тяги.

Объемный часовой расход удаляемого дыма по (9)

$$L = \frac{3600 \cdot 7,33}{0,56} = 47121 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Если же размеры очага пожара не ограничены, то для обеспечения незадымленной зоны требуются неприемлемо высокие параметры системы дымоудаления, и единственной задачей, которую может решить система, становится обеспечение нераспространения дыма за пределы горящего помещения.

После проведения расчета расхода удаляемого воздуха в системе механической вентиляции дымоудаления, необходимо вычертить схему с указанием всех длин участков и провести аэродинамический расчет данной вентиляции. По результатам проведенных расчетов получаем:

1. Схему воздуховодов проектируемой системе дымоудаления.
2. Определение геометрических размеров воздуховодов в системе.
3. Выбор вентиляционного оборудования для нужд дымоудаления (противопожарных клапанов, вентиляторов и т. д.).

Пример 3. Рассчитать противодымную защиту коридоров 17-этажного жилого дома в г. Иванове. 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 (рис. 7).

Решение

1. Определяем расход дыма через клапан по формуле (1)

$$G_{\text{д}} = 0,95 \cdot 0,9 \cdot 2,2^{1,5} = 2,79 \text{ кг/с} = 10044 \text{ кг/ч}.$$

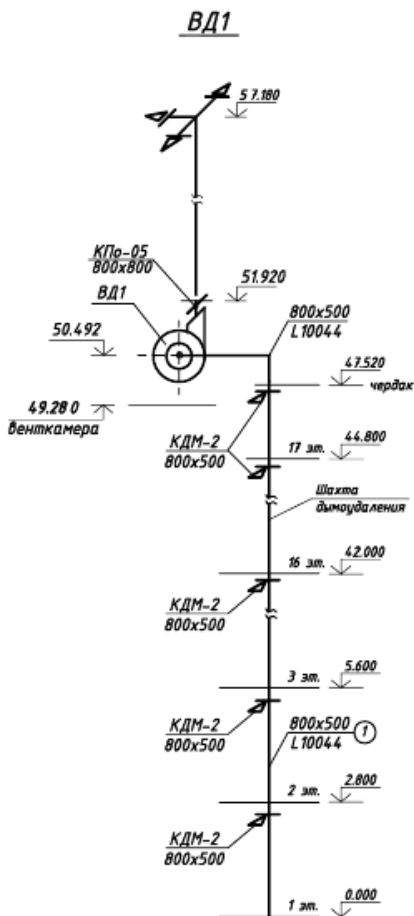


Рис. 7. Противодымная вентиляция коридоров 17-этажного здания

2. Принимаем дымовой клапан КДМ-2 (прил. 1) размером 800×500 мм с проходным сечением 0,35 м² и шахту размером 800×500 мм. Массовая скорость дыма в клапане на 1-м участке (клапан открыт) $V_p = 2,79/0,35 = 8,0$ кг/(с·м²) и в шахте $V_p = 2,79/0,4 = 6,98$ кг/(с·м²).

3. Определяем потери давления в дымовом клапане на 1-м этаже по формуле (3) при плотности дыма $\rho_{п.г} = 0,61 \text{ кг/м}^3$ и сумме коэффициентов сопротивления $\xi_1 + \xi_2 = 2,2+0,3 = 2,5$

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

4. Потери давления на трение на 1-м участке шахты, выполненной из бетона, при $K_c = 1,7$ и скоростном давлении $h_{д1} = 6,98^2 / (2 \cdot 0,61) = 40 \text{ Па}$, рассчитаны по табл. 1 и формуле (4)

$$P_2 = 10,8 \cdot 0,1 \cdot 1,7 \cdot 2,8 = 5,2 \text{ Па,}$$

где $\Sigma \xi = 0$.

5. Определяем подсос воздуха через неплотности закрытого дымового клапана на 2-м этаже здания по формуле (5) при отрицательном давлении и сопротивлении первого участка системы $P_1 + P_2 = 131 + 5,2 = 136,2 \text{ Па}$

$$G_{k1} = 0,0112 (0,35 \cdot 136,2)^{0,5} = 0,077 \text{ кг/с.}$$

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

$$G_{y1} = 2,79 + 0,077(17 - 1) = 4,02 \text{ кг/с.}$$

7. Потери давления в дымовой шахте, Па, при расходе газов в устье шахты $G_{y1} \text{ кг/с}$, определяем при среднем скоростном давлении в шахте по формуле (7)

$P_{y1} = 10,8 \cdot 0,13 \cdot 1,7 \cdot 2,8 \cdot (17 - 1) + 0,1 \cdot (17 - 1) \cdot 55 + 131 + 5,2 = 330 \text{ Па}$, где $R_{гр} = 0,13 \text{ кгс/м}^2$ [4, табл. 1] при скоростном давлении 55 Па;

$K_c = 1,7$ для шахт выполненных из бетона [4];

$$h_{д.ср} = (h_{д.1} + h_{д.у}) / 2 = (40 + 70) / 2 = 55 \text{ Па;}$$

$$h_{д.1} = (2,79 / 0,4)^2 / (2 \cdot 0,61) = 40 \text{ Па на 1-м участке;}$$

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

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

$$P_1 = 131 \text{ Па; } P_2 = 5,2 \text{ Па.}$$

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

$$G_{k2} = 0,0112 (0,35 \cdot 330)^{0,5} = 0,12 \text{ кг/с.}$$

9. Подсос воздуха в шахту через 16 закрытых клапанов и дыма через открытый клапан на 1-м этаже ($G_d = 2,79$ кг/с) определяем по формуле (9) (второе приближение принимается за окончательный результат)

$$G_{y2} = (0,077+0,12) 0,5 \cdot (17 - 1) + 2,79 = 4,37 \text{ кг/с.}$$

10. Для присоединения шахты к вентилятору принят воздухопровод сечением 800×500 мм, длиной 4 м с одним отводом. При этом потери давления по формуле (4) составляют:

$$P_{вс} = 10,8 \cdot 0,06 \cdot 1,7 \cdot 4 + 0,5 \cdot 2 \cdot 19 = 23 \text{ Па}$$

при скоростном давлении в воздуховоде, определенном по формуле $h = (G_{y2} / F_{возд})^2 / (2 \cdot \rho_y)$. Значит, $h_d = (4,37/0,84)^2 / (2 \cdot 0,72) = 19$ Па и $R_{тр} = 0,06 \text{ кгс/м}^2$.

11. Определяем потери давления системы на всасывании по формуле (10)

$$P_{y2} = 330 + 23 = 353 \text{ Па.}$$

12. Определяем подсосы воздуха через неплотности всасывающей части сети при разрежении перед вентилятором 353 Па по формуле (11)

$$G_{п} = 1,1(0,00051 \cdot 2,6 \cdot 2,8 \cdot 16 + 0,00055 \cdot 3,2 \cdot 4) = 0,073 \text{ кг/с,}$$

где $G_1 = 0,51/1000 = 0,00051 \text{ кг/(с} \cdot \text{м}^2)$ – [4, табл. 2] для шахты из бетона при $P_{y1} = 330$ Па и $G_2 = 0,55/1000 = 0,00055 \text{ кг/(с} \cdot \text{м}^2)$ – [5, табл. 2] для стального воздуховода при $P_{y2} = 353$ Па.

13. Общий расход смеси воздуха и дыма перед вентилятором по формуле (12)

$$G_{сум} = 4,37 + 0,073 = 4,44 \text{ кг/с.}$$

14. Потери давления на всасывании с учетом подсоса воздуха через неплотности воздухопроводов определяем по формуле (13)

$$P_{в} = 353 \cdot [1 + (4,44/4,02)^2] \cdot 0,5 = 392 \text{ Па.}$$

15. Плотность газов перед вентилятором рассчитываем по формуле (14)

$$\rho_{сум} = 4,44 / [2,79/0,61 + (4,44 - 2,79)/1,2] = 0,74 \text{ кг/м}^3.$$

Температура газов перед вентилятором по формуле (14) равна

$$T = (353 - 273 \cdot 0,74) / 0,74 = 204 \text{ }^\circ\text{C}.$$

16. Для удаления газов наружу принимается радиальный вентилятор с положением кожуха 0° , соединенный диффузором с дымовой трубой длиной 5 м, диаметром 710 мм (сечением $0,43 \text{ м}^2$). Массовая скорость выхлопа газов через дымовую трубу $V_p = 4,44 / 0,43 = 10,3 \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ и скоростное давление составит $10,3^2 / (2 \cdot 0,72) = 74 \text{ Па}$.

Потери давления на выхлопе по формуле (4) равны

$$P_{\text{вых}} = 10,8 \cdot 0,18 \cdot 5 + 2,0 \cdot 74 = 155 \text{ Па}.$$

17. Суммарные потери давления в сети по формуле (15) равны

$$P_{\text{сум}} = 392 + 155 = 547 \text{ Па}.$$

18. Естественное давление газов при высоте дымовой шахты 45 м и трубы 5 м при удельном весе наружного воздуха в теплый период года $\gamma_n = 3463 / (273 + 27) = 11,54 \text{ Н}/\text{м}^3$ и плотности удаляемого газа $0,76 \text{ кг}/\text{м}^3$ определяем по формуле (16)

$$P_{\text{ес}} = 45 \cdot [11,54 - (0,74 + 0,61) \cdot 4,95] + 5 \cdot (11,54 - 0,74 \cdot 9,81) = 240 \text{ Па}.$$

19. Потери давления в системе с учетом естественного давления газов определяем по формуле (17)

$$P_{\text{всн}} = 547 - 240 = 307 \text{ Па}.$$

20. Напор вентилятора по условным потерям давления определяем по формуле (18)

$$P_{\text{усл}} = 1,2 \cdot 307 / 0,74 = 498 \text{ Па}.$$

21. Производительность вентилятора определим по формуле (19)

$$L_v = 3600 \cdot 4,44 / 0,74 = 21600 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

5. ЗАДАНИЕ ПО РАСЧЕТУ ПРОТИВОДЫМНОЙ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ

Рассчитать, пользуясь п. 3 данных методических указаний, систему дымоудаления в здании. Исходные данные принять по номеру в журнале старосты группы из табл. 4.

В задании необходимо:

- ознакомиться с категорией помещения здания, из которого необходимо произвести дымоудаление;
- получить у преподавателя план здания с расстановкой оборудования;
- выполнить принципиальную схему системы дымоудаления;
- произвести расчет противодымной вентиляции;
- осуществить подбор необходимого вентиляционного оборудования.

Таблица 4

Исходные данные

| № варианта | Категория помещения | Высота этажа, H , м | Этажность |
|------------|---|-----------------------|-----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Торговый зал ($S = 500 \text{ м}^2$) | 5 | 2 |
| 2 | Архив документов ($S = 300 \text{ м}^2$) | 3 | 1 |
| 3 | Гардеробная ($S = 300 \text{ м}^2$) | 3 | 1 |
| 4 | Автостоянка в цокольном этаже (на 30 автомобилей), встроенная в жилой дом | 5 | 7 |
| 5 | Производственный цех ($S = 1500 \text{ м}^2$) | 8 | 3 |
| 6 | Склад горючих жидкостей ($S = 1500 \text{ м}^2$) | 7 | 2 |
| 7 | Коридор в 12-этажном доме | 2,8 | 12 |
| 8 | Автостоянка 2-этажная ($S = 500 \text{ м}^2$) | 4 | 2 |
| 9 | Торговый зал ($S = 500 \text{ м}^2$) | 5 | 2 |
| 10 | Архив документов ($S = 450 \text{ м}^2$) | 3 | 2 |
| 11 | Гардеробная ($S = 200 \text{ м}^2$) | 3 | 1 |
| 12 | Автостоянка в цокольном этаже (на 20 автомобилей), встроенная в жилой дом | 3 | 8 |
| 13 | Производственный цех ($S = 1500 \text{ м}^2$) | 8 | 1 |
| 14 | Склад горючих жидкостей ($S = 1500 \text{ м}^2$) | 7 | 2 |
| 15 | Коридор в 15-этажном доме | 2,8 | 15 |
| 16 | Автостоянка 2-этажная ($S = 500 \text{ м}^2$) | 3 | 2 |

Окончание табл. 4

| | | | |
|----|---|-----|----|
| 17 | Торговый зал ($S = 500 \text{ м}^2$) | 4 | 3 |
| 18 | Архив документов ($S = 350 \text{ м}^2$) | 3 | 2 |
| 19 | Гардеробная ($S = 100 \text{ м}^2$) | 3 | 1 |
| 20 | Автостоянка в цокольном этаже (на 20 автомобилей), встроенная в жилой дом | 3 | 9 |
| 21 | Производственный цех ($S = 1500 \text{ м}^2$) | 8 | 1 |
| 22 | Склад горючих жидкостей ($S = 1500 \text{ м}^2$) | 5 | 1 |
| 23 | Коридор в 12-этажном доме | 2,8 | 12 |
| 24 | Автостоянка 3-этажная ($S = 800 \text{ м}^2$) | 4 | 3 |
| 25 | Торговый зал ($S = 500 \text{ м}^2$) | 4 | 3 |
| 26 | Архив документов ($S = 300 \text{ м}^2$) | 3 | 1 |
| 27 | Гардеробная ($S = 150 \text{ м}^2$) | 3 | 1 |
| 28 | Автостоянка в цокольном этаже (на 20 автомобилей) встроенная в жилой дом | 3 | 9 |
| 29 | Производственный цех ($S = 1500 \text{ м}^2$) | 4 | 2 |
| 30 | Склад горючих жидкостей ($S = 1500 \text{ м}^2$) | 3 | 4 |

При проведении расчетов по вариантам необходимо провести обзор соответствующих требований СНиП [1, 2], касающихся проектирования противодымной защиты при пожаре.

Все дополнительные данные, касающиеся расчетов дымоудаления по выданным заданиям, следует получить у преподавателя и из соответствующей литературы [5–8].

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ И ВОПРОСЫ

1. Какие существуют основные термины противодымной вентиляции различных помещений? Перечислите их.
2. С какой целью проектируют противодымную вентиляцию зданий?
3. Что такое дымоудаление с естественной тягой воздуха?
4. Что такое дымоудаление с механическим побуждением?
5. В чем разница противодымного и огнезадерживающего клапана?
6. Какими достоинствами обладает система естественной противодымной вентиляции? Перечислите их.
7. Какими недостатками обладает система естественной противодымной вентиляции? Перечислите их.
8. Назовите основные элементы механической противодымной системы вентиляции.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП 41-01–2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование». – Взамен СНиП 2.04.05–91*. – Введ. 01.01.2004. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 54 с. (отказано в госрегистрации).

2. СНиП 2.04.05–91* «Отопление, вентиляция и кондиционирование». – Введ. 28.11.91. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 119 с.

3. СНиП 21-01–97* «Пожарная безопасность зданий и сооружений». – Взамен СНиП 2.01.02–85*. – Введ. 01.01.1998, постановлением Минстроя России от 13.02.97 г. № 18-7.

4. «Рекомендации по расчету вентиляционных систем противодымной защиты общественных зданий» / М.: – ООО «Веза», 2008.

5. МДС 41-1.99 «Рекомендации по противодымной защите при пожаре».

6. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: жилые здания со встроено-пристроенными помещениями общественного назначения и стоянками автомобилей. Коттеджи: справочное пособие. – М.: Пантори, 2003. – 308 с.

7. НПБ 241-97 «Клапаны противопожарные вентиляционных систем. Метод испытания на огнестойкость».

8. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование / под ред. проф. Б. М. Хрусталева. – М.: Изд-во АСВ, 2005. – 576 с.

9. Сибикин, Ю.Д. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: учеб. пособие для сред. проф. образования / Ю.Д. Сибикин. – М., Академия, 2008. – 304 с.

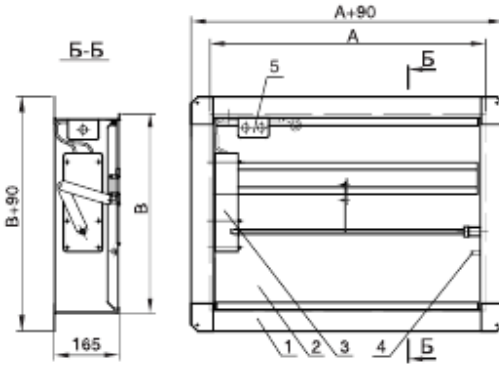
ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

10. Справочник проектировщика. Ч. 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн. 2 / под ред. Н.Н. Павлова и Ю.И. Шиллера. – М., 1992. – 416 с.

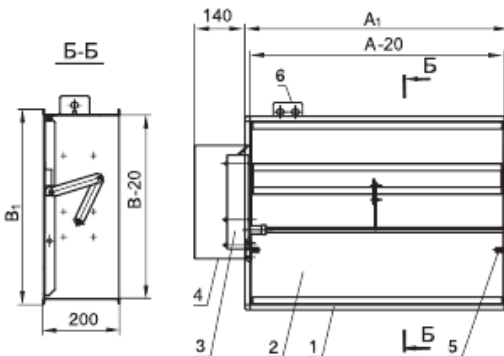
Приложение 1

КЛАПАН ДЫМОВОЙ КДМ-2

Схемы конструкций клапанов дымоудаления стенового и канального типа КДМ-2 с приводом *Belimo* представлены на рис. 1–2 соответственно.



A, B – установочные размеры клапана



A, B – размеры внутреннего сечения воздуховода. (При A и $B < 600$ мм $A_1 = A + 40$ мм, $B_1 = B + 40$ мм. При A или $B \geq 600$ мм $A_1 = A + 60$ мм, $B_1 = B + 60$ мм).

Рис. П.1. Схема конструкции КДМ-2 с приводом *Belimo*:

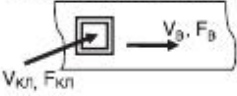
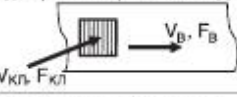
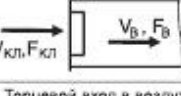
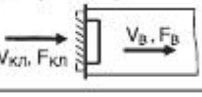
- 1 – корпус клапана;
- 2 – заслонка;
- 3 – электромеханический или реверсивный привод;
- 4 – ось поворота заслонки;
- 5 – коробка соединительная

Рис. П.2. Схема конструкции КДМ-2 с приводом *Belimo*:

- 1 – корпус клапана;
- 2 – заслонка;
- 3 – электромеханический привод;
- 4 – защитный кожух;
- 5 – ось поворота заслонки;
- 6 – коробка соединительная

Приложение 2
Таблица П.2

Значения коэффициентов местного сопротивления на входе в сеть дымоудаления (для «стенowych» клапанов)

| Характеристика входного элемента сети дымоудаления | Значения коэффициентов местного сопротивления | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|--------------|------|------|------|------|------|-----|--------------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|
| <p>Боковой вход в воздуховод(шахту) через клапан КДМ-2 без декоративной решетки</p>  | <table border="1" style="margin: 0 auto;"> <tr> <td>$F_{Kл}/F_B$</td> <td>0,4</td> <td>0,5</td> <td>0,6</td> <td>0,7</td> <td>0,8</td> <td>0,9</td> <td>1,0</td> </tr> <tr> <td>ζ_B</td> <td>12,0</td> <td>7,68</td> <td>5,33</td> <td>3,92</td> <td>3,0</td> <td>2,37</td> <td>1,92</td> </tr> </table> <p>$\zeta_{Kл}=1,92$</p> | $F_{Kл}/F_B$ | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | ζ_B | 12,0 | 7,68 | 5,33 | 3,92 | 3,0 | 2,37 | 1,92 |
| $F_{Kл}/F_B$ | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | | | | | | | | | | |
| ζ_B | 12,0 | 7,68 | 5,33 | 3,92 | 3,0 | 2,37 | 1,92 | | | | | | | | | | |
| <p>Боковой вход в воздуховод(шахту) через клапан КДМ-2 с декоративной решеткой РКДМ</p>  | <table border="1" style="margin: 0 auto;"> <tr> <td>$F_{Kл}/F_B$</td> <td>0,4</td> <td>0,5</td> <td>0,6</td> <td>0,7</td> <td>0,8</td> <td>0,9</td> <td>1,0</td> </tr> <tr> <td>ζ_B</td> <td>24,7</td> <td>15,8</td> <td>11,0</td> <td>8,06</td> <td>6,17</td> <td>4,88</td> <td>3,95</td> </tr> </table> <p>$\zeta_{Kл}=3,95$</p> | $F_{Kл}/F_B$ | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | ζ_B | 24,7 | 15,8 | 11,0 | 8,06 | 6,17 | 4,88 | 3,95 |
| $F_{Kл}/F_B$ | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | | | | | | | | | | |
| ζ_B | 24,7 | 15,8 | 11,0 | 8,06 | 6,17 | 4,88 | 3,95 | | | | | | | | | | |
| <p>Торцевой вход в воздуховод через клапан КДМ-2 без декоративной решетки</p>  | <table border="1" style="margin: 0 auto;"> <tr> <td>$F_{Kл}/F_B$</td> <td>0,4</td> <td>0,5</td> <td>0,6</td> <td>0,7</td> <td>0,8</td> <td>0,9</td> </tr> <tr> <td>$\zeta_{Kл}$</td> <td>1,42</td> <td>1,31</td> <td>1,22</td> <td>1,15</td> <td>1,10</td> <td>1,07</td> </tr> </table> | $F_{Kл}/F_B$ | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | $\zeta_{Kл}$ | 1,42 | 1,31 | 1,22 | 1,15 | 1,10 | 1,07 | | |
| $F_{Kл}/F_B$ | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | | | | | | | | | | | |
| $\zeta_{Kл}$ | 1,42 | 1,31 | 1,22 | 1,15 | 1,10 | 1,07 | | | | | | | | | | | |
| <p>Торцевой вход в воздуховод через клапан КДМ-2 с декоративной решеткой РКДМ</p>  | <table border="1" style="margin: 0 auto;"> <tr> <td>$F_{Kл}/F_B$</td> <td>0,4</td> <td>0,5</td> <td>0,6</td> <td>0,7</td> <td>0,8</td> <td>0,9</td> </tr> <tr> <td>$\zeta_{Kл}$</td> <td>3,39</td> <td>3,28</td> <td>3,19</td> <td>3,12</td> <td>3,07</td> <td>3,04</td> </tr> </table> | $F_{Kл}/F_B$ | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | $\zeta_{Kл}$ | 3,39 | 3,28 | 3,19 | 3,12 | 3,07 | 3,04 | | |
| $F_{Kл}/F_B$ | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | | | | | | | | | | | |
| $\zeta_{Kл}$ | 3,39 | 3,28 | 3,19 | 3,12 | 3,07 | 3,04 | | | | | | | | | | | |

ζ_B – коэффициент местного сопротивления, относящийся к скорости в воздуховоде (шахте) V_B ;

$\zeta_{Kл}$ – коэффициент местного сопротивления, относящийся к скорости в проходном сечении клапана $V_{Kл}$;

F_B – площадь внутреннего сечения воздуховода (шахты), м²;

$F_{Kл}$ – площадь проходного сечения клапана, $F_{Kл} = ((A - 30) \times (B - 50))/106$, м²;

A, B – установочные размеры клапана, мм ($A \geq B$);

$\zeta_{Kл} = \zeta_B (F_{Kл}/F_B)^2$.

Приложение 3

КЛАПАН ДЫМОВОЙ КПК-1

Конструктивная схема клапана КПК-1

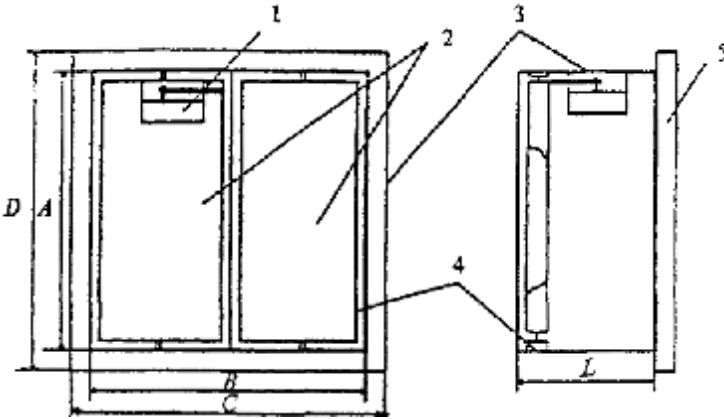


Рис. П.3. Стеновой дымовой клапан:

- 1 – механизм привода; 2 – заслонка; 3 – корпус;
4 – термовспучивающийся уплотнитель; 5 – решетка

Приложение 4

Таблица П.4

Типоразмерный ряд внутренних и установочных размеров поперечного сечения клапанов КПК-1

| № п.п. | Условное обозначение клапана КПК-1 | Типоразмерный ряд внутренних размеров поперечного сечения клапана ($A \times B \times L$), мм | Типоразмерный ряд условных установочных размеров клапана дымоудаления ($D \times C \times L$), мм |
|--------|------------------------------------|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | КПК-1.010.01 | 150×150×230 | 270×270×230 |
| 2 | КПК-1.010.02 | 200×200×230 | 320×320×230 |
| 3 | КПК-1.010.03 | 250×250×230 | 370×370×230 |
| 4 | КПК-1.010.04 | 300×300×230 | 420×420×230 |

Окончание табл. 4

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|--------------|---------------|---------------|
| 5 | КПК-1.010.05 | 400×400×230 | 520×520×230 |
| 6 | КПК-1.010.06 | 500×500×230 | 620×620×230 |
| 7 | КПК-1.010.07 | 600×600×230 | 720×720×230 |
| 8 | КПК-1.010.08 | 800×800×230 | 920×920×230 |
| 9 | КПК-1.010.09 | 1000×1000×230 | 1120×1120×230 |
| 10 | КПК-1.010.10 | 1200×1200×230 | 1320×1320×230 |
| 11 | КПК-1.010.11 | 1500×1500×230 | 1620×1620×230 |
| 12 | КПК-1.010.12 | 2000×2000×230 | 2120×2120×230 |
| 13 | КПК-1.010.13 | 500×700×230 | 620×820×230 |

Приложение 5

Типовые размеры сторон вентиляционных воздуховодов

| № | Поперечное сечение (диаметр, высота или ширина по наружному измерению) металлических воздуховодов, мм | Толщина листовой стали стенок воздуховодов, мм |
|---|---|--|
| 1 | 50 56 63 71 80 90 100 112 125 140 160 180 200 224 250 280 | 0,5 |
| 2 | 315 355 400 450 500 560 630 710 800 900 1000 | 0,7 |
| 3 | 1120 1250 1400 1600 1800 2000 | 0,9 |

Примечание: в системах, транспортирующих дымовые газы, должны использоваться воздуховоды класса «П», т. е. плотные. Толщина стенок таких воздуховодов должна быть не менее 1 мм. Кроме того, чтобы повысить огнестойкость воздуховодов, используются различные покрытия.