

Основы проектирования систем дымоудаления

C. E. Magdanz, менеджер по разработке проектов компании «Alvin and Associates», Омаха, штат Небраска, США

Время эвакуации людей из горящего здания профессионалы-пожарники исчисляют секундами. Огонь разгорается быстро, а дым – также очень серьезная опасность – распространяется быстрее огня. Естественная реакция на пожар – спасаться бегством. Однако трудно быстро убежать из больших или высотных зданий, тоннелей и подземных сооружений. Бегство от пожара невозможно для физически беспомощных людей, некоторых пациентов больниц (тяжело больных или подвергающихся операции), заключенных. Для таких случаев системы дымоудаления обеспечивают необходимую защиту.

В настоящей статье даются основы технологии борьбы с задымлением со списком типовых подготовительных действий к проектированию указанных систем и списком обычных задач проектирования.

Терминология

Термин «**дымоудаление**» применяется здесь в широком смысле, т. к. этот процесс подразумевает использование физических свойств материалов и конструкций, оборудования и различных методов (отдельно или в сочетании друг с другом) для управления распространением дыма и для его удаления. Физические параметры – это пассивные характеристики, такие как, например, дымопроницаемость конструкций. Оборудование – вентиляторы, открываемые окна и детекторы дыма. Методы – проектные решения, такие как изоляция помещений, дымоудаляющая аэрация, система механического дымоудаления. Изоляция помещений основана на использовании физических свойств конструкций, рассчитанных на предотвращение распространения дыма путем изоляции очага возгорания. В системе дымоудаляющей аэрации используются отдельные устройства, не связанные с системой воздуховодов, рассчитанные на удаление дыма за счет естественного перепада давлений внутри и снаружи здания. Система механического дымоудаления использует оборудование (вентиляторы, воздуховоды, клапаны, детекторы) для управления перемещением дыма путем создания необходимых перепадов давлений механическими средствами. Нормальная работа систем механического дымоудаления зависит от физических свойств строительных конструкций.

Тесно связанной с дымоудалением является задача пожаротушения, для которой используются физические свойства конструкций (огнестойкие ограждения), оборудование (спринклеры) и методы (изоляция помещений). Размещение огнестойких перегородок и спринклерных систем регламентируется различными нормативными документами, причем для этих документов не требуется взаимное согласование. Таким образом, огнезащитные и дымо непроницаемые перегородки часто бывают не согласованы с зонированием спринклерной системы. Примером объекта с согласованием систем пожаротушения и дымоудаления является проект здания с атриумом, в котором сигналом для включения системы механического дымоудаления является течение воды в трубах спринклерной системы.

Назначение систем дымоудаления

Назначение систем дымоудаления состоит в следующем:

- Предотвращение распространения дыма от источника возгорания.
- Предотвращение поступления дыма на пути эвакуации (обеспечение допустимых условий для эвакуируемых из здания людей).
- Обеспечение микроклимата вне очага возгорания, позволяющего нормально работать

персоналу пожаротушения.

- Защита жизни людей.

- Защита имущества от повреждения.

Этот список не включает создание нормальных условий в помещении, где находится очаг возгорания, а также здесь не указано условие, определяющее, что пути и средства эвакуации должны быть четко определены и надежно отделены от других помещений здания.

Разработка систем борьбы с задымлением

Концепция дымоудаления является достаточно древней. Как только человек впервые построил очаг в своем жилище, он сразу осознал необходимость наличия отверстия для выпуска дыма.

Современная практика борьбы с задымлением берет начало из 1940-х годов, когда стало очевидным, что по воздуховодам систем вентиляции дым распространяется далеко за пределы очага пожара. Это предопределило появление огнезащитных клапанов и статических систем дымозащиты.

Дымозащитные клапаны и динамические системы дымоудаления стали появляться в 1970-х годах, когда стало ясно, что перекрытие путей распространения дыма в статической системе борьбы с задымлением входит в противоречие с необходимостью подачи свежего воздуха в операционные больницы. В операционных подача чистого воздуха на пациента является первым средством защиты от инфекции. Когда идет операция, недопустимо перекрывать подачу чистого воздуха, тем более при задымлении соседних помещений. По этой причине многие кондиционеры для операционных были рассчитаны на подачу 100 % наружного воздуха (предполагается, что наружный воздух не задымляется).

Первые серьезные рекомендации по проектированию систем дымоудаления были опубликованы в середине 1980-х годов.

При наличии определенных стандартов изготовители оборудования смогут указывать в спецификациях производительность вентиляторов как при нормальной, так и при повышенной температуре. Это позволит проектировщикам подбирать вентиляторы с учетом их характеристик как при нормальной эксплуатации, так и в режиме дымоудаления.

Полезным инструментом, используемым при проектировании систем дымоудаления, является компьютерное моделирование аэродинамики. Сущность метода численного моделирования состоит в том, что объем помещения представляется в виде некоторого (конечного) количества «тонких» зон. Источник возгорания занимает сравнительно небольшое число таких зон. Компьютер используется для решения системы уравнений аэродинамики, описывающих струйное течение в масштабе времени, – таким образом моделируется распространение дыма. Корректность моделирования проверялась в ходе полномасштабных натурных исследований. Проверка подтвердила высокую точность компьютерного моделирования, была признана его полезность и возможность применения. Однако, поскольку компьютерное моделирование достаточно сложно, для его проведения требуется соответствующая квалификация. Наиболее подходящей областью применения компьютерных моделей являются нестандартные здания сложной конфигурации.

Исследования проводятся и в смежных областях. Так, например, определяется оптимальное размещение датчиков задымления в помещениях и воздухопроводах, изучается явление «перемычки» при задымлении атриумов (когда при определенном размещении вытяжных отверстий чистый воздух протекает сквозь слой дыма), исследуется надежность защиты от задымления лестничных клеток путем создания избыточного давления.

Касаясь перспектив дальнейших исследований, можно указать проблему сохранения работоспособности системы. Например, сейчас не предусматривается никакой защиты средствами дымоудаления мест прокладки коммуникаций. Другая проблема – прочность и надежность дымозащитных конструкций (см. врезку «Дымозащитные конструкции»).

Методы дымоудаления

Системы защиты от дыма и его удаления могут быть как статическими, так и динамическими.

При наличии задымления здания статический способ предусматривает остановку всех вентиляторов, в результате этого распространение дыма замедляется из-за изоляции помещений при прекращении воздухообмена (базовый метод борьбы с задымлением).

В динамической системе при возникновении задымления все или какие-то определенные вентиляторы продолжают работать в нормальном или специальном режиме, создавая области избыточного давления в соответствии со сценарием управления распространением дыма. Вентиляторы в динамических системах могут быть отдельными для удаления дыма и подачи чистого воздуха для создания избыточного давления либо выполнять обе эти функции в определенной последовательности.



Рисунок 1.
Удаление дыма из атриума

Динамические системы дымоудаления могут применяться отдельно или в сочетании с дымозащитными барьерами. Примером отдельной динамической системы дымоудаления может служить воздушная завеса, создающая воздушный поток как преграду для распространения дыма. Более распространенными являются системы дымоудаления, эффективность которых зависит от надежности дымозащитных конструкций. В качестве примера можно привести атриум с вытяжкой (рис. 1), лестничную клетку с избыточным давлением (см. врезку «Создание избыточного давления в лестничных клетках»), создание избыточного давления в лифтовых шахтах и убежищах, создание избыточного давления по зонам «сэндвич» (рис. 2). В типичных системах «сэндвич» этаж с очагом возгорания находится в зоне вытяжки, а один или два этажа сверху и один этаж снизу – в зоне избыточного давления. Зонирующие системы дымоудаления с единой приточной установкой для всех зон очень сложны. Для упрощения монтажа, наладки и долговременной эксплуатации проектировщики должны предусматривать отдельную вентустановку для каждой зоны.

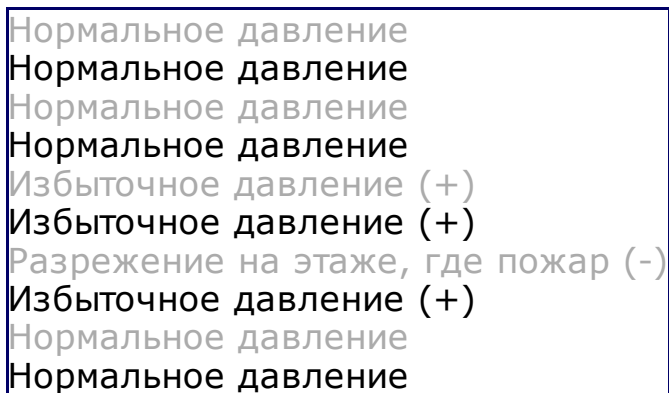


Рисунок 2.
Система дымоудаления типа «сэндвич»

Все системы дымоудаления взаимодействуют с другим инженерным оборудованием здания, наибольшее значение при этом имеют электросеть и система пожарной безопасности.

Поскольку дымозащитные клапаны закрываются по сигналу о пожаре, разрешается не устанавливать эти клапаны в воздуховодах системы дымоудаления, т. к. эта система во время пожара должна работать. Однако это исключение не касается огнезадерживающих клапанов, которые должны устанавливаться в воздуховодах системы дымоудаления в местах прохождения сквозь огнестойкие перегородки.

При этом надо отметить, что много элементов, относящихся к дымозащите, не контролируется инженером ОВК.

Для проектировщика механической системы дымоудаления очень важно координировать свою работу с другими специалистами, чтобы убедиться в надежности и правильном размещении защитных перегородок, проверить электропитание оборудования, связь с пожарной сигнализацией и системой пожаротушения. Корректное функционирование газовой системы пожаротушения может быть нарушено работой системы дымоудаления, т. к. перемещение воздуха, необходимое для дымоудаления, может привести к снижению концентрации газа до уровня, недостаточного для тушения огня.

Оборудование систем дымоудаления

Оборудование систем дымоудаления может быть как специального, так и общего назначения. Специальное оборудование используется только при наличии задымления. Оборудование общего назначения обычно используется для других нужд ОВК и, кроме того, служит для удаления дыма в случае пожара.

Специальное оборудование дымоудаления, как правило, не заменяется в течение срока службы здания, оно эксплуатируется всегда одинаково, в соответствии с назначением. Управлять специальным оборудованием сравнительно просто, т. к. оно служит единственной цели. Однако для такого оборудования требуется особое место и регулярное техобслуживание, т. к. от этого зависит его надежность. Примерами специального оборудования являются вентиляторы для создания избыточного давления в лестничных клетках и для вытяжки дыма из атриумов.

Регулярность технического обслуживания оборудования общего назначения обусловлена его повседневным использованием; в здании не требуется занимать лишнее место, т. к. одно и то же оборудование используется для разных целей. При этом имеется и ряд недостатков – усложнение регулирования из-за многофункциональности, возможность случайного ущерба для системы дымоудаления при реконструкции или обновлении систем ОВК. Пример использования оборудования ОВК для систем дымоудаления – приточный вентилятор кондиционера для создания избыточного давления по зонам в системе «сэндвич».

Сооружения, в которых обычно применяются системы дымоудаления, – высотные здания, тюрьмы, больницы, крытые рынки, подземные сооружения, транзитные тоннели. Помещения внутри зданий с необходимостью установки указанных систем – атриумы, лестницы для эвакуации, лифтовые шахты, убежища, театральные сцены, курительные комнаты.

Подготовка к проектированию

1. Ознакомьтесь с требованиями нормативных документов и пожеланиями заказчика, в которых определяется необходимость устройства систем дымоудаления. В нормативах даются минимально необходимые требования. Заказчики иногда предъявляют требования сверх необходимого минимума, особенно если дело касается защиты имущества.

2. Если предполагается, что система дымоудаления потребуется в данном сооружении, сверьте это с нормативами. (Если вы полагаете, что возможно альтернативное решение, будьте готовы к обсуждению этого вопроса.) Нормативы обычно допускают различные подходы к проектированию. После того как установлена необходимость устройства системы дымоудаления, выберите подходящие опции и варианты.

3. После выбора принципа проектирования сверьте его с нормативными документами и обсудите порядок приемочных испытаний. Иногда метод приемочных испытаний может оказать влияние на выбор проектного решения.

4. Проектируя систему, стремитесь к ее возможному упрощению. В дальнейшем заказчику

придется ее обслуживать как жизненно важную для здания.

5. Помните, что тестирование системы и учебные пожарные тревоги будут первой нагрузкой на систему. Продумывая сценарии учебной тревоги, принимайте во внимание погодные условия. Если теплообменник замерзнет во время настоящего пожара – это не страшно, но во время учебной тревоги это недопустимо.

6. Не забывайте, что назначение нормативных документов – защита людей, а у проектировщика задача более широкая. В проекте требуется разработать экономичную систему, которая отвечает как условиям заказчика, так и нормативным требованиям. Для проектировщика это может стать задачей поиска компромисса.

7. Ведите протоколы всех обсуждений и принимаемых решений. Пользуясь всей проектной документацией, составьте схему взаимодействия системы дымоудаления с другими системами ОВК.

Проблемы проектирования

Поскольку размещение огнестойких перегородок оказывает существенное влияние на разводку воздуховодов, их размещают перед составлением детализированной схемы вентиляции. Изменение расположения указанных перегородок позднее может стать очень большой проблемой для проектировщика системы дымоудаления. Примером служит ситуация с системой типа «сэндвич», когда огнестойкая перегородка разделяет помещения на одном этаже. Перемещение перегородок может повлечь за собой переделку разводки воздуха, в особенности, если для каждой зоны задымления используется отдельная приточная установка.

Единственно надежным способом натуральных испытаний системы дымоудаления является создание источника горячего дыма. Поскольку это практически невозможно, обычно в испытаниях используется холодный дым. Таким образом, настоящая проверка эффективности системы дымоудаления откладывается до случая возникновения пожара, что, к счастью, бывает редко. А из-за редкой возможности натуральных испытаний совершенствование систем дымоудаления, подкрепленное серьезными доводами в пользу новой технологии, отстает от систем ОВК повседневного использования (отопления и охлаждения).

Поскольку принципы проектирования систем дымоудаления могут быть различными, а возможность их реальных испытаний возникает не часто, просвещение в этой области чиновников, ответственных за стандарты, проектировщиков, архитекторов и владельцев зданий представляет собой серьезную задачу, которую нелегко решить. А так как ведущими разработчиками систем дымоудаления являются инженеры ОВК, они же должны стать лидерами и в процессе обучения других специалистов.

Дымонепроницаемые конструкции

Целостность дымонепроницаемых конструкций может не обеспечиваться в следующих сложных ситуациях:

1. Строительные нормы часто не указывают прямо, когда надо делать дымонепроницаемые перекрытия (дымовые барьеры). Есть только косвенные указания на это – наличие требования установки дымозащитных клапанов.
2. Если в нормативах есть указание на установку дымовых барьеров, это чаще всего совпадает с требованием установки огнестойких перегородок (огневых барьеров). Однако находящееся в стадии развития производство устройств защиты от проникновения пламени с независимыми испытательными лабораториями обычно дает сертификацию только по огнестойкости и температуре. Даже если кто-то из изготовителей в своей лаборатории тестирует эти устройства на герметичность, строительные нормы в настоящее время не требуют и не признают сертификацию дымовых барьеров по этому показателю.
3. При проходе воздуховодов сквозь огнестойкие перегородки обычно требуется установка огнезащитных клапанов (хотя существует ряд исключений). Однако, если этот огневой барьер должен быть также дымонепроницаемым, мало кто из изготовителей может предоставить комплексные огне/дымозащитные клапаны, в которых имеется периметральное уплотнение, сертифицированное на герметичность. Фактически во многих спецификациях на клапаны

отсутствует указание об уплотнении по периметру, т. к. уплотнение может стать помехой температурному расширению клапанов. Тем не менее многие местные надзорные органы требуют от подрядчиков ставить на клапаны уплотнение, несмотря на расхождение со спецификацией.

4. Устройства защиты от проникновения пламени тестируются в лабораторных условиях, которые часто не соответствуют реальным. Например, для некоторых трубопроводных систем характерно существенное температурное удлинение (смещение), и все трубопроводы подвергаются смещению при сейсмической нагрузке. В испытаниях независимыми испытательными лабораториями трубопроводы жестко прикрепляются к огневым барьерам; это означает, что и в реальных условиях трубопроводы должны быть жестко прикреплены к каждой пересекаемой огнестойкой перегородке. Когда изготовителя клапанов спрашивают, эластично ли уплотнение, он отвечает «да». На вопрос, насколько оно эластично, он отвечает «более 25 %». На вопрос о том, какова толщина слоя уплотнителя, он отвечает «1 см». Таким образом, физическая величина допустимого смещения в пределах эластичности уплотнения составляет 3 мм, это меньше нормального удлинения паропровода не очень большой протяженности. При отсутствии жесткого крепления каждого паропровода или конденсатопровода к каждой огнестойкой перегородке при первом же использовании системы произойдет повреждение либо теплоизоляции трубы, либо устройства защиты от проникновения пламени. В некоторых специальных отраслях промышленности (например, производство компьютерных микросхем) используют свои идеи, например резиновые прокладки (такого же типа, которые ставятся на рычагах коробки передач переднеприводных автомобилей), для защиты от проникновения дыма сквозь огнестойкие перегородки.

Создание избыточного давления в лестничных клетках

Хотя подробное разъяснение методики создания избыточного давления в лестничных клетках в настоящей статье не предусмотрено, все же необходимо указать, что для многоэтажных зданий с множеством дверей, выходящих на лестницу, создание избыточного давления является проблемой.

Избыточное давление 12 Па дает нагрузку на дверь размером 0,9 x 2 м около 2 кг. Во время пожара и задымления положение дверей, выходящих на лестничную клетку, отличается от обычного. В хорошем проекте должно быть определено, какое давление надо поддерживать для защиты от дыма отдельно для ситуаций «большинство дверей закрыто» и «большинство дверей открыто» и каким образом отразится избыточное давление на усилиях, необходимых для открывания дверей. Если предположить, что автоматика регулирования работает нормально, равномерное избыточное давление в высокой лестничной клетке может быть обеспечено при подаче воздуха в нескольких местах. Не забудьте предусмотреть место для разводки воздуховодов к множеству приточных устройств.

Некоторыми местными нормами допускается вместо создания избыточного давления в лестничных клетках применять более простые решения. К их числу относится естественная вентиляция или защищенные от дыма вентилируемые убежища.

Перепечатано с сокращениями из журнала ASHRAE.

Перевод с английского О. П. Булычевой.