

Влияние расстояния от клапана дымоудаления до двери помещения с очагом пожара на температуру удаляемых из коридора продуктов горения

В. М. Есин, доктор техн. наук, профессор, Академия государственной противопожарной службы МЧС РФ
С. П. Калмыков, канд. техн. наук, Академия государственной противопожарной службы МЧС РФ
М. Ю. Цыбульская, Академия государственной противопожарной службы МЧС РФ, zikovamargarita@bk.ru

Ключевые слова: противодымная защита, дымовой клапан, FDS, очаг пожара, механическая система дымоудаления, вентиляция, дым, продукты горения, средняя температура газовой среды, дымоудаление из коридора, конфигурация, моделирование

Исследование динамики распространения опасных факторов пожара и параметров газовой среды на этаже пожара является важной задачей для определения параметров и расположения элементов систем противодымной защиты. Авторами статьи произведены анализ и обработка результатов определения значений температуры продуктов горения, удаляемых через дымовой клапан из коридора на этаже пожара, полученных в ходе численного эксперимента. Полученные результаты позволят уточнить формулы для определения температуры продуктов горения, удаляемых из коридоров жилых и общественных зданий, существующих методических рекомендаций по расчету систем противодымной защиты с учетом этого расстояния.

Анализ статистических данных [1] о пожарах показал, что в большинстве случаев причинами гибели людей на пожарах являются дым и токсичные продукты горения, которые, быстро распространяясь по коридорам, лестничным клеткам, шахтам лифтов и другим вертикальным коммуникациям, блокируют эвакуационные пути и выходы, значительно снижают видимость, приводят к дезориентации человека в пространстве, что не позволяет ему выбраться из горящего здания и в конечном итоге приводит к удушью и смерти. Зачастую пожары в высотных зданиях принимают затяжной характер, требуют дополнительного привлечения сил и средств на их ликвидацию, а также на спасание людей. Эти факторы являются причиной более жестких требований к противопожарной защите таких зданий. Основные требования пожарной безопасности, предъявляемые к противодымной защите зданий, а в частности зданий повышенной этажности, приведены в [2–4]. В соответствии с [3] в жилых, общественных, административно-бытовых и многофункциональных зданиях высотой более 28 метров, которые по несколько условной классификации в России относят к зданиям повышенной этажности, необходимо предусматривать системы механического дымоудаления из коридоров и холлов.

Исследование динамики распространения опасных факторов пожара и параметров газовой среды на этаже пожара является важной задачей для выбора характеристик и расположения элементов противодымных систем, а также для обоснования нормативных требований к ним.

В соответствии с пунктом 7.4. СП 7.13130.2013 [3] расход продуктов горения, удаляемых вытяжной противодымной вентиляцией, следует рассчитывать в зависимости от различных факторов, в том числе и от температуры удаляемых продуктов горения. Фиксированные значения температуры удаляемых продуктов горения из коридоров или помещений без расчета не допускается.

В настоящее время для определения требуемых параметров механических систем вентиляции противодымной защиты используются методические рекомендации по расчету параметров систем противодымной защиты жилых и общественных зданий, разработанные ВНИИПО [5], а также методические рекомендации, разработанные НП «АВОК» [6].

В соответствии с [5] температуру продуктов горения $T_{пр}$, удаляемых из коридоров жилых и общественных зданий, определяют по формуле:

Поставки

Мицубиси Электрик (РУС) осуществляет поставку на следующих условиях:

- самовывоз из Италии,
- со склада в Москве,
- доставка до клиента в любом городе России.

Контакты

ООО «Мицубиси Электрик (РУС)»

Москва, ул. Летниковская,
д. 2, стр. 1

aircon@mer.mee.com

Москва: +7 (495) 721-31-64

Санкт-Петербург: +7 (812) 633-34-93

Екатеринбург: +7 (343) 379-90-49

Уфа: +7 (347) 246-10-47

Краснодар: +7 (926) 369-16-55

Новосибирск: +7 (983) 510-26-45

Казань: +7 (917) 221-25-44



JAPAN

Реклама

CLIMAVENETA
SUSTAINABLE COMFORT

A Group Company of

**MITSUBISHI
ELECTRIC**

aircon@mer.mee.com

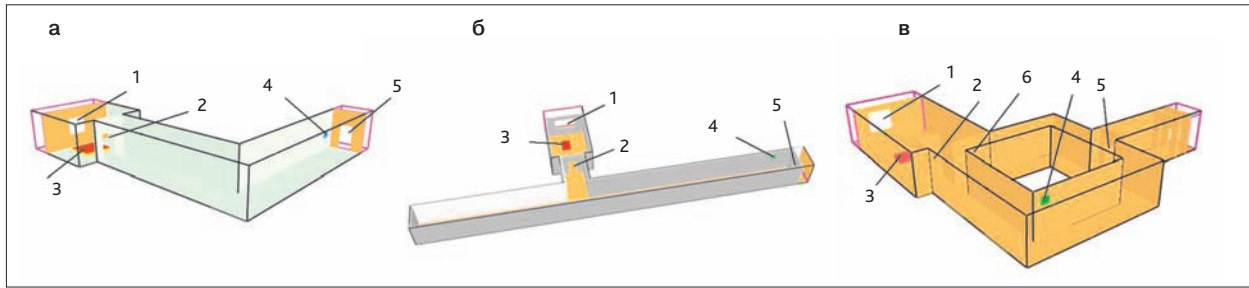


Рис. 1. Схема моделируемых сценариев пожара в помещении, сообщаемом с коридором угловой (а), прямой (б) и кольцевой (в) конфигураций: 1 – оконный проем; 2 – дверной проем; 3 – очаг пожара; 4, 6 – дымовой клапан; 5 – дверной проем в лестничную клетку

$$T_{\text{пр}} = T_{\text{в}} + \frac{1,22(T_0 - T_{\text{в}}) \left(2h_{\text{д}} + \frac{F_{\text{кор}}}{l_{\text{кор}}} \right)}{l_{\text{кор}}} \left(1 - \exp \left(\frac{-0,58 l_{\text{кор}}}{2h_{\text{д}} + \frac{F_{\text{кор}}}{l_{\text{кор}}}} \right) \right), \quad (1)$$

где

- $T_{\text{в}}$ – температура внутреннего воздуха, К;
- T_0 – температура газов, поступающих из горящего помещения в коридор, К;
- $h_{\text{д}}$ – предельная толщина дымового слоя, м;
- $F_{\text{кор}}$ – площадь коридора, м²;
- $l_{\text{кор}}$ – длина коридора, м.

Температура продуктов горения, как и их плотность, является важным критерием для определения расхода продуктов горения, удаляемых из коридора этажа пожара, который, в свою очередь, влияет на значение производительности вентиляционного оборудования механических систем дымоудаления.

Разумно предполагать, что при расположении противодымного клапана вблизи двери помещения с очагом пожара часть горячей струи дыма и токсичных

продуктов горения, выходящих из этого помещения, попадает непосредственно в сечение дымового клапана вытяжной системы дымоудаления, поэтому температура удаляемых через него дыма и токсичных продуктов горения будет очень высокой, а следовательно, и объемный расход удаляемых продуктов горения исходя из расчетов будет максимальным. Далее, распространяясь по всей длине коридора, дым перемешивается с окружающим воздухом, который значительно холоднее его, часть тепла уходит строительным конструкциям. То есть чем дальше располагается дымовой клапан от двери помещения с очагом пожара, тем меньшей температуры дым будет удаляться через него. Таким образом, производя расчет по формуле (1), указанной ранее, для определения некоторой средней температуры дыма по всей длине коридора можно получить значения, существенно отличающиеся от реальных значений температуры дыма, проходящего через клапан, и выбрать оборудование с недостаточными характеристиками, не обеспечивающими эффективное дымоудаление из коридора этажа пожара. Поэтому при проведении практических расчетов систем дымоудаления, необходимо учитывать разницу $F(x)$ между температурой

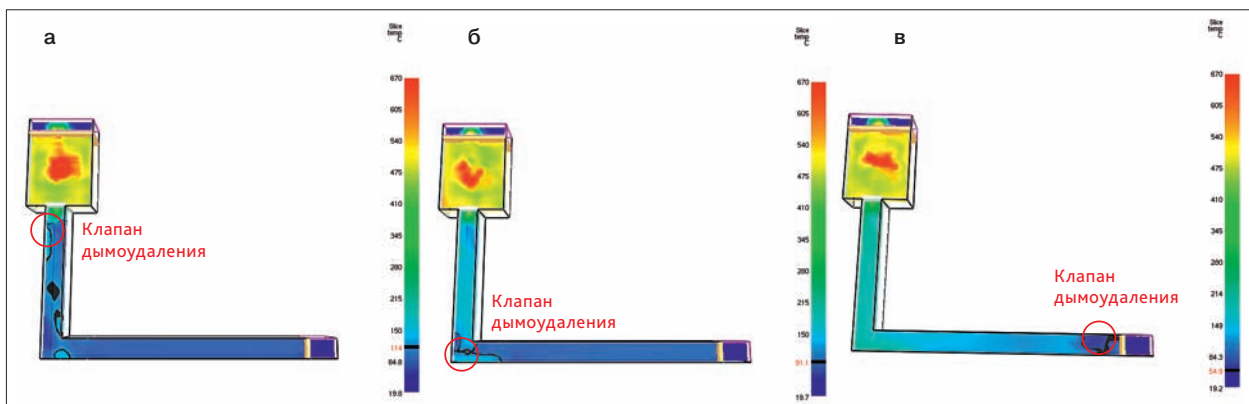


Рис. 2. Поля температуры $F(x)$ на 10-й минуте пожара в угловом коридоре при расположении дымового клапана: на близком расстоянии от очага пожара – 1,5 м (а), на среднем расстоянии – 15 м (б), на дальнем расстоянии – 30 м (в)

дыма, удаляемой из коридора через дымовой клапан, и средней температурой продуктов горения, получаемой по зависимости (1). В работе [7] показано, что при небольшом расстоянии от дымового клапана до двери помещения с очагом пожара температура продуктов горения, удаляемых через клапан, может превышать среднюю температуру, определяемую по формуле (1) на $150 \div 200$ °С.

Для получения количественной зависимости температуры продуктов горения, удаляемых из коридора этажа пожара, от расстояния от клапана до двери помещения с очагом пожара был проведен ряд численных экспериментов с помощью программного комплекса FDS [8]. Помещение очага пожара моделировалось площадью 30 м^2 и высотой 3 м. Оно было оснащено оконным проемом размером $1,5 \times 1,5$ м. С помещением через дверной проем размером $1,0 \times 2,0$ м сообщался коридор шириной 1,5 м и высотой 3,0 м. Длина коридора принималась в зависимости от его конфигурации: для кольцевой – 20 м, для угловой – 30 м, для прямолинейной – 45 м.

В коридоре располагался один дымовой клапан размером $0,6 \times 0,6$ м. Массовый расход и скорость продуктов горения в клапане $V_{\text{кл}}$, м/с, определялись в соответствии с методиками [5, 6]. В ходе численного эксперимента рассмотрены три расстояния от дымового клапана до двери помещения с очагом пожара: близкое расстояние до двери помещения очага пожара (1,5 м) – для всех конфигураций коридоров; среднее расстояние (15 м) – для угловой и прямолинейной конфигураций и 10 м – для кольцевой; дальнее расстояние (30 – угловая, 45 – прямолинейная, 20 – кольцевая).

Расчетные схемы моделируемых сценариев пожара в помещении представлены на рис. 1.

В ходе численного эксперимента определялось и фиксировалось среднее значение температуры по сечению дымового клапана. Результаты моделирования в виде полей температур на высоте 2 м от пола коридора угловой конфигурации при пожаре показаны на рис. 2, 3.

Далее проводились численные эксперименты и обработка результатов для прямолинейной и кольцевой конфигураций коридора аналогично угловому коридору (рис. 4, 5).

Из рисунков 2–5 можно сделать вывод о том, что с увеличением расстояния от дымового клапана до двери помещения с очагом пожара, разница $F(x)$ между реальной температурой удаляемого дыма через этот клапан и средней температурой, получаемой по расчету из зависимости (1) снижается.

Наихудшая ситуация в коридорах угловой, прямолинейной и кольцевой конфигураций

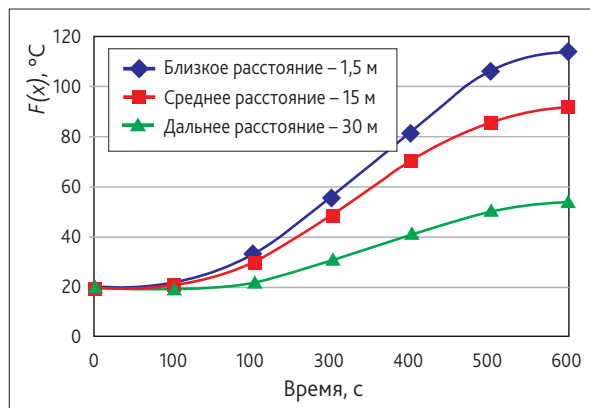


Рис. 3. Динамика роста $F(x)$ в коридоре угловой конфигурации при расположении дымового клапана на близком, среднем и дальнем расстоянии от очага пожара

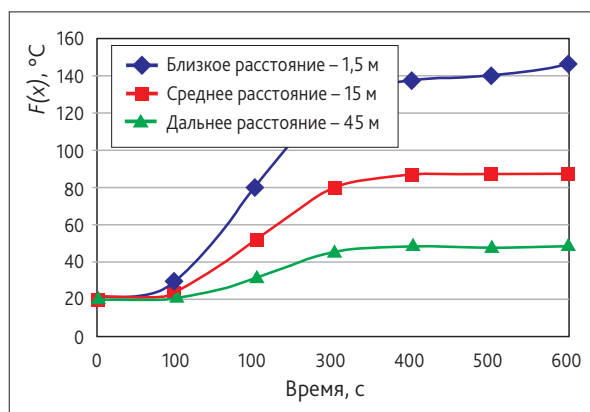


Рис. 4. Динамика роста $F(x)$ в коридоре прямолинейной конфигурации при расположении дымового клапана на близком, среднем и дальнем расстоянии от очага пожара

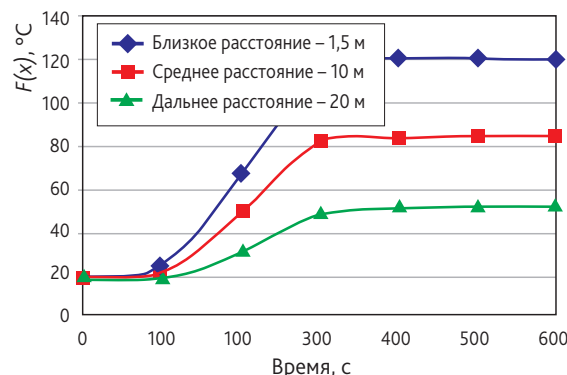


Рис. 5. Динамика роста $F(x)$ в коридоре кольцевой конфигурации при расположении дымового клапана на близком, среднем и дальнем расстоянии от очага пожара

Таблица 1

Результаты расчетов

Конфигурация коридора	Положение клапана относительно очага пожара	Температура дыма в сечении дымового клапана, К	
		в численных экспериментах	по расчету по методике ВНИИПО [5]
Угловая	Близкое (1,5 м)	387	311
	Среднее (15 м)	365	
	Дальнее (30 м)	327	
Прямолинейная	Близкое (1,5 м)	416	302
	Среднее (20 м)	358	
	Дальнее (45 м)	321	
Кольцевая	Близкое (1,5 м)	396	314
	Среднее (10 м)	360	
	Дальнее (20 м)	327	

Таблица 2

Полиномиальные регрессионные зависимости

Конфигурация коридора	Коэффициент детерминации	Вид регрессии
Угловая	$R^2 = 1$	$F_y(x) = -0,0488x^2 - 0,8243x + 77,346$
Прямолинейная	$R^2 = 1$	$F_n(x) = 0,0368x^2 - 3,9259x + 119,81$
Кольцевая	$R^2 = 1$	$F_k(x) = 0,0067x^2 - 4,3122x + 88,453$

складывается при расположении вблизи помещения очага пожара, так как при этом $F(x)$ максимальна по сравнению со средним и дальним его расположением. Результаты расчетов по рассматриваемым вариантам представлены в табл. 1.

Обработка данных, полученных из расчета, проводилась в программе EXCEL. Результаты аппроксимации расчетных данных представлены на рис. 4–6.

Из анализа значений коэффициента детерминации ($R^2 = 1$) для рассматриваемых уравнений линии регрессии был сделан вывод, что зависимость $F(x)$ в коридорах угловой, прямолинейной и кольцевой конфигураций при различном расстоянии от очага пожара до дымового клапана, хорошо будут аппроксимированы полиномиальной функцией регрессии второго порядка, имеющей вид:

$$F(x) = ax^2 + bx + c, \quad (2)$$

где

a, b, c – расчетные коэффициенты;

x – расстояние от помещения с очагом пожара до дымового клапана.

Используя данные зависимости, можно получить формулы для расчета температуры дыма, удаляемого из коридоров различной конфигурации, учитывая расстояние до противоподымного клапана.

Для коридора **угловой** конфигурации формула имеет вид:

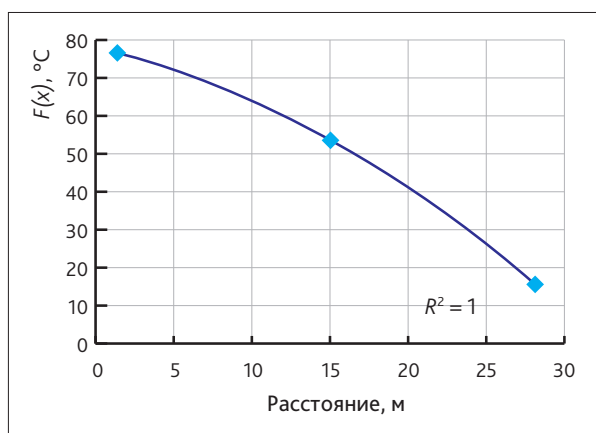
$$T_{\text{пр}} = F_y(x) + T_{\text{в}} + \frac{1,22(T_0 - T_{\text{в}}) \left(2h_{\text{д}} + \frac{F_{\text{кор}}}{l_{\text{кор}}} \right)}{l_{\text{кор}}} \left(1 - \exp \left(\frac{-0,58 l_{\text{кор}}}{2h_{\text{д}} + \frac{F_{\text{кор}}}{l_{\text{кор}}}} \right) \right), \quad (3)$$

для коридора **прямолинейной** конфигурации:

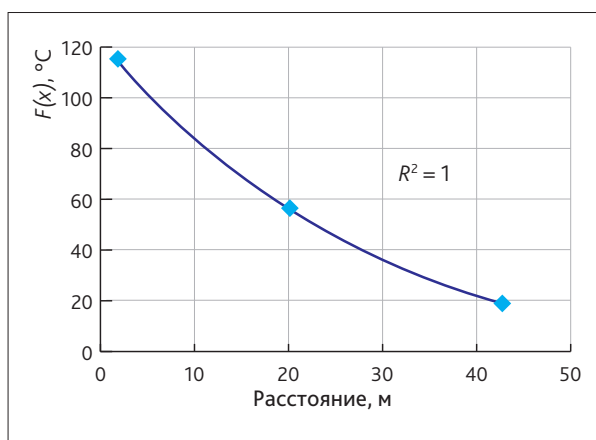
$$T_{\text{пр}} = F_n(x) + T_{\text{в}} + \frac{1,22(T_0 - T_{\text{в}}) \left(2h_{\text{д}} + \frac{F_{\text{кор}}}{l_{\text{кор}}} \right)}{l_{\text{кор}}} \left(1 - \exp \left(\frac{-0,58 l_{\text{кор}}}{2h_{\text{д}} + \frac{F_{\text{кор}}}{l_{\text{кор}}}} \right) \right), \quad (4)$$

для коридора **кольцевой** конфигурации:

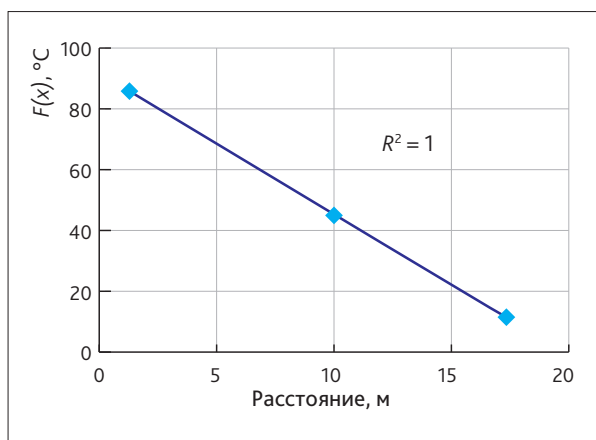
$$T_{\text{пр}} = F_k(x) + T_{\text{в}} + \frac{1,22(T_0 - T_{\text{в}}) \left(2h_{\text{д}} + \frac{F_{\text{кор}}}{l_{\text{кор}}} \right)}{l_{\text{кор}}} \left(1 - \exp \left(\frac{-0,58 l_{\text{кор}}}{2h_{\text{д}} + \frac{F_{\text{кор}}}{l_{\text{кор}}}} \right) \right), \quad (5)$$



■ Рис. 6. Зависимость $F(x)$ от расстояния до противоподымного клапана от очага пожара в угловом коридоре



■ Рис. 7. Зависимость $F(x)$ от расстояния до клапана дымоудаления от очага пожара в прямоугольном коридоре



■ Рис. 8. Зависимость $F(x)$ от расстояния до дымового клапана от очага пожара в кольцевом коридоре

Выводы

1. Численные эксперименты подтверждают предположение о существенном влиянии расстояния от дымового клапана до двери помещения с очагом пожара на температуру удаляемого через него дыма.

2. Получены зависимости температуры удаляемого из коридора этажа пожара дыма от расстояния от дымового клапана до двери помещения с очагом пожара для различных конфигураций коридоров.

3. При проведении практических расчетов, используя формулу для температуры продуктов горения $T_{\text{пр}}$, удаляемых из коридоров жилых и общественных зданий, следует учитывать расстояние от дверного проема помещения очага пожара до дымового клапана.

Литература

1. Пожары и пожарная безопасность в 2007–2015 году [текст]: статист. сб. / Под общ. ред. Н.П. Копылова. М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2008–2015.
2. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [электронный ресурс] // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2016.
3. СП 7.13130.2013 «Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности» [электронный ресурс]: свод правил (утв. Приказом МЧС РФ 21 февраля 2013 года № 116) // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. М., 2016.
4. СП 60. 13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41–01–2003» [электронный ресурс]: свод правил (утв. Приказом МЧС РФ 21 февраля 2013 года № 116) // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. М., 2016.
5. Расчетное определение основных параметров противодымной вентиляции зданий: метод. реком. к СП 13130.2013. М.: ВНИИПО, 2013.
6. Рекомендации АВОК «Расчет параметров систем противодымной защиты жилых и общественных зданий». М.: ООО ИИП «АВОК-ПРЕСС», 2015.
7. Есин В. М., Калмыков С. П. К вопросу расчета температуры продуктов горения, удаляемых из коридоров зданий // Пожаровзрывобезопасность. – 2016. – Т. 25. – № 1. – С. 47–53.
8. Кэвин М., Клейн Б., Хостикка С., Флорид Д. Руководство пользователя «Программа FDS–версия 5» [текст]. Гейтерсберг: Нац. институт стандартов и технологии США, 2007. ■