

МИНИСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДЕЛАМ
ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ И
ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ

Академия Государственной противопожарной службы
Институт заочного и дистанционного обучения

Кафедра: «Пожарная безопасность в строительстве»

Дисциплина: «Пожарная безопасность в строительстве»

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

Выполнил:

слушатель ____ курса ИЗИДО
группы _____
лейтенант внутренней службы
(инициалы, фамилия)
№ зачетной книжки

Проверил:

(уч. степень, уч. звание, должность, спец. звание преподавателя)
(инициалы, фамилия)

Москва 2018

Содержание

1. Классификация котельных установок. Требования пожарной безопасности к ним.	3
2. Требования пожарной безопасности при очистке воздуха от пыли.	7
3. Основные положения методики расчета требуемых параметров вентиляторов систем подпора воздуха в лестничные клетки.	8
Задачи по противодымной вентиляции	10
Задача 1	10
Задача 2	12
Задача 3	14
Задача 4	18
Задача 5	22
Литература	26

1. Классификация котельных установок. Требования пожарной безопасности к ним.

Котельные по целевому назначению в системе теплоснабжения подразделяют на:

- центральные - в системе централизованного теплоснабжения;
- децентрализованные (автономные) - в системе децентрализованного (автономного) теплоснабжения.

Котельные по назначению подразделяют на:

- отопительные - для обеспечения тепловой энергией систем отопления, вентиляции, кондиционирования и горячего водоснабжения;
- отопительно-производственные - для обеспечения тепловой энергией систем отопления, вентиляции, кондиционирования, горячего водоснабжения, технологического теплоснабжения промышленных объектов;
- производственные - для обеспечения тепловой энергией систем технологического теплоснабжения промышленных объектов.

Здания, помещения и сооружения котельных относятся по функциональной пожарной опасности к классу Ф5.1.

Категория зданий и помещений котельных по взрывопожарной и пожарной опасности устанавливается в соответствии со сводами правил по пожарной безопасности, обеспечивающими выполнение требований Федерального закона от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".

Ориентировочные (при типовых исходных данных) категории помещений в зданиях котельных по взрывопожарной и пожарной опасности, а также требуемая огнестойкость зданий (помещений) и сооружений котельных в соответствии с приложением Б СП 89.13330.2016 Котельные установки.

Отдельно стоящие здания котельных по степени огнестойкости, классу конструктивной пожарной опасности, высоте зданий и площади этажа в

пределах пожарного отсека принимаются в соответствии с требованиями для зданий производственного назначения.

Здания отдельно стоящих и блочно-модульных котельных следует выполнять степени огнестойкости I и II класса пожарной опасности CO, степени огнестойкости III классов пожарной опасности CO и C1. Здания отдельно стоящих котельных и относящиеся ко второй категории по надежности отпуска тепла потребителям, допускается также выполнять степени огнестойкости IV класса пожарной опасности CO* и C1.

При блокировке котельной с закрытым складом твердого топлива последний должен быть отделен противопожарной стеной 1-го типа, с пределом огнестойкости не менее REI 150. Допускается предусматривать установку резервуаров для жидкого топлива в помещениях, пристроенных к зданиям котельных. При этом общая вместимость топливных резервуаров должна быть не более 150 м³ для легкого нефтяного топлива.

Надбункерные галереи топливоподачи должны быть отделены от котельных залов (несгораемыми) противопожарными перегородками 2-го типа с пределом огнестойкости не менее EI 15. При размещении в перегородке дверного проема его следует использовать в качестве эвакуационного выхода через котельный зал. При этом сообщение между надбункерной галереей и котельным залом должно быть через тамбур-шлюз 2-го типа, заполнение проемов - 3-го типа.

При использовании топлива, способного образовывать газо-, пылевоздушные взрывоопасные смеси в помещениях топливоподачи следует предусматривать легкобрасываемые ограждающие конструкции, площадь которых определяется расчетом в соответствии с действующими нормативными документами; при отсутствии расчетных данных площадь легкобрасываемых конструкций должна составлять не менее 0,05 м² на м³ помещения категории А и не менее 0,03 - помещения категории Б.

Оконные стекла в зданиях и помещениях топливоподдачи следует предусматривать одинарными и располагать в одной плоскости с внутренней поверхностью стен.

При использовании твердого топлива в помещениях котельных, помещениях пылеприготовления площадь легкобрасываемых конструкций следует определять расчетом в соответствии с действующими нормативными документами.

При отсутствии расчетных данных площадь легкобрасываемых конструкций должна составлять не менее:

- 0,015 м на 1 м свободного объема - при свободном объеме котельного зала до 10000 м³;

- 0,006 м на 1 м свободного объема - при свободном объеме котельного зала более 10000 м³.

При использовании жидкого и газообразного топлива в помещении котельной следует предусматривать легкобрасываемые ограждающие конструкции, площадь которых следует определять расчетом в соответствии с действующими нормативными документами.

При отсутствии расчетных данных площадь легкобрасываемых конструкций должна составлять не менее 0,05 м на 1 м свободного объема помещения, в котором находятся котлы, топливоподающее оборудование и трубопроводы.

В качестве легкобрасываемых конструкций следует использовать остекление окон и фонарей. Применение для заполнения окон армированного стекла, стеклоблоков и стеклопрофилита не допускается.

При устройстве остекления, предусматриваемого в качестве легкобрасываемых конструкций, площадь и толщина отдельных листов стекла (в оконном переплете) определяются по СП 56.13330.

В помещениях топливоподдачи и пылеприготовления оконные переплеты должны быть металлическими.

При невозможности обеспечения требуемой площади остекления допускается в качестве легкобрасываемых конструкций использовать ограждающие конструкции верхнего перекрытия из стальных, алюминиевых и хризотилоцементных листов и эффективного утеплителя или предусматривать взрывные клапаны с наружным выбросом.

Предел огнестойкости ограждающих конструкций помещений, в которых располагается электрооборудование с количеством масла в единице оборудования 60 кг и более, должен быть не менее REI 45.

Полы с электротехническим оборудованием в помещениях должны быть непылящими.

Оснащение помещений котельной первичными средствами пожаротушения должно соответствовать требованиям, приведенным в своде правил по пожарной безопасности, обеспечивающим выполнение требований Федерального закона от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".

Необходимость оснащения помещений котельной автоматической установкой пожарной сигнализации или автоматической установкой пожаротушения определяется согласно требованиям, приведенным в своде правил по пожарной безопасности, обеспечивающим выполнение требований Федерального закона от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".

Стены внутри производственных зданий котельной должны быть гладкими и окрашиваться водостойкой краской в светлых тонах; пол помещения котельной должен быть из негорючих и легкосмываемых материалов.

2. Требования пожарной безопасности при очистке воздуха от пыли.

Очистка воздуха от пыли в системах механической вентиляции и кондиционирования должна обеспечивать содержание пыли в подаваемом воздухе не более:

а) ПДК в атмосферном воздухе населенных пунктов - при подаче его в помещения жилых и общественных зданий;

б) 30% ПДК в воздухе рабочей зоны - при подаче его в помещения производственных и административно-бытовых зданий;

в) 30% ПДК в воздухе рабочей зоны для частиц пыли размером не более 10 мкм - при подаче его в кабины крановщиков, пульты управления, зону дыхания работающих, а также при воздушном душировании;

г) допустимых концентраций по техническим условиям на вентиляционное оборудование и воздуховоды.

3. Основные положения методики расчета требуемых параметров вентиляторов систем подпора воздуха в лестничные клетки.

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

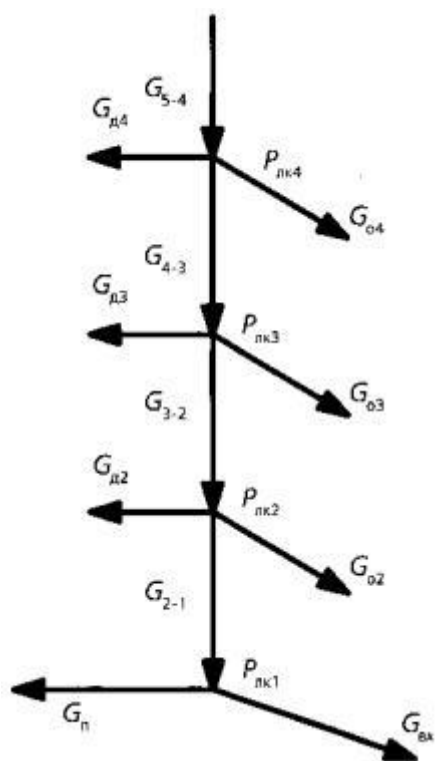


Рисунок 1 – Схема расчета параметров вентилятора подпора в незадымляемую лестничную клетку типа Н2:

$G_{п}$ – массовый расход воздуха из лестничной клетки в коридор этажа пожара, кг/с; $G_{вх}$ – массовый расход воздуха из лестничной клетки наружу через входную дверь здания, кг/с; $P_{лкi}$ – давление в лестничной клетке на

уровне i -го этажа, Па; $G_{i,i-1}$ -массовый расход воздуха в лестничной клетке с i -го этажа на $i-1$ -й, кг/с; G_{di} – массовый расход воздуха, фильтрующегося через щели закрытых дверей на уровне i -го этажа, кг/с; G_{oj} – массовый расход воздуха, фильтрующегося через щели окон на уровне i -го этажа, кг/с клетки типа Н2 и шахты лифтов должна быть больше этого количества на величину утечек воздуха через щели и неплотности дверей и окон.

Расчет вентилятора подпора в незадымляемую лестничную клетку типа Н2 начинается с определения давления на 1-м этаже лестничной клетки. В соответствии с требованиями нормативных документов избыточное по отношению к наветренному фасаду давление на 1-м этаже лестничной клетки $R_{л1}$, Па, должно быть не менее 20 Па, т.е. Массовый расход воздуха, который необходимо подавать из лестничной клетки в коридор этажа пожара для предотвращения выхода продуктов горения через открытый дверной проем

Определяют Массовый расход воздуха, удаляемого из лестничной клетки наружу через открытую входную дверь здания,

В соответствии с СП7.13130.2009 «Отопление, вентиляция и кондиционирование. Противопожарные требования» расчеты следует проводить при открытых дверях на путях эвакуации из коридоров, холлов или непосредственно из помещений на этаже пожара в лестничную клетку и закрытых остальных дверях здания или при открытых дверях из здания наружу и закрытых дверях из коридоров и холлов на всех этажах. При расчете по первому варианту расход воздуха $G_{п}$ определяют по формуле), а расход воздуха $G_{вх}$ принимают равным нулю. При расчете по второму варианту расход воздуха $G_{вх}$ определяют по формуле, а расход воздуха $G_{п}$ принимают равным нулю.

Задачи по противодымной вентиляции

Задача 1

Номер варианта задачи	H, м	Z, м	Q _p , кДж/кг	Ψ, кг/(м ² ·с)	F _{гор} , м ²	F _{пом} , м ²	P _{ок} , м	t, °С
11	4,5	2,2	15000	0,018	9,0	1000	145	32

Определить площадь проема дымоудаления из одноэтажного здания высотой 4,5 м. Требуемая высота незадымленной зоны 2,2 м от пола помещения. Горючая нагрузка – древесина (теплота сгорания 15000 кДж/кг, удельная скорость выгорания 1,08 кг/(м²·мин) или 0,018 кг/(м²·с), площадь очага пожара 9 м², площадь помещения 1000 м², периметр ограждающих конструкций 145 м. Температура наружного воздуха равна 32°С. Доля тепловыделения пожара, отдаваемая ограждающим конструкциям φ = 0,4, коэффициент полноты сгорания η = 0,9.

Решение:

Определяем конвективную мощность очага пожара

$$Q_k = (1 - \varphi) \cdot \eta \cdot Q_p \cdot \psi_{yd} \cdot F_{гор} = (1 - 0,4) \cdot 0,9 \cdot 15000 \cdot 0,018 \cdot 9 = 1312 \text{ кВт}$$

Расход дыма, поступающего с конвективной колонкой в подпотолочный слой помещения определяем по формуле

$$G_k = 0,032 \cdot Q_k^{3/5} \cdot Z = 0,032 \cdot 1312^{3/5} \cdot 2,2 = 5,23 \text{ кг / с}$$

Температура продуктов горения:

$$T_{nz} = \frac{Q_k}{c_p \cdot G_k + \alpha \cdot [F_{пом} + P_{ок} \cdot (H - Z)]} + t_n + 273 =$$

$$T_{nz} = \frac{1312}{1,09 \cdot 5,23 + 0,012 \cdot [1000 + 145 \cdot (4 - 2,2)]} + 32 + 273 = 368 \text{ К}$$

Плотности продуктов горения и наружного воздуха определяем по формулам:

$$\rho_n = \frac{353}{t_n + 273} = \frac{353}{32 + 273} = 1,16 \text{ кг} / \text{м}^3$$

$$\rho_{n2} = \frac{353}{T_{n2}} = \frac{353}{368} = 0,96 \text{ кг} / \text{м}^3$$

Располагаемый перепад давления в дымоудаляющем устройстве:

$$\Delta P_{расч} = g \cdot (H - Z) \cdot (\rho_n - \rho_{n2}) = 9,81 \cdot (4,5 - 2,2) \cdot (1,16 - 0,96) = 4,51 \text{ Па}$$

Требуемая площадь проема дымоудаления:

$$F_y = \frac{G_k}{\mu \cdot (2 \cdot \rho_{n2} \cdot \Delta P_{расч})^{0,5}} = \frac{5,23}{0,64 \cdot (2 \cdot 0,96 \cdot 4,51)^{0,5}} = 2,8 \text{ м}^2$$

Объемный часовой расход удаляемого дыма

$$L = \frac{3600 \cdot G_k}{\rho_{n2}} = \frac{3600 \cdot 5,23}{0,96} = 19612 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Задача 2

Номер варианта задачи 2	H, м	Z, м	F _{пом} , м ²	P _{ок} , м	N, МВт	t, °С
11	3,5	2,2	900	145	5,0	8

Определить расход продуктов горения из одноэтажной стоянки автомобилей высотой 3,5 м, при горении одного автомобиля. Хранение автомобилей одноярусное. Требуемая высота незадымленной зоны 2,2 м, от пола помещения, площадь помещения 900 м², периметр ограждающих конструкций 145 м. Мощность очага пожара 5 МВт. Температура наружного воздуха 8 °С.

Доля тепла, отдаваемая очагом горения, ограждающим конструкциям помещения равна $\varphi = 0,4$.

Решение:

Определяем расход продуктов горения при горении одного автомобиля.

Конвективная составляющая мощности очага пожара определяется по формуле:

$$Q_k = (1 - \varphi) \cdot Q_n = (1 - 0,4) \cdot 5 = 3 \text{ Мвт} = 3000 \text{ Квт}$$

Расход дыма, поступающего с конвективной колонкой в подпотолочный слой, определяем по формуле:

$$G_k = 0,032 \cdot Q_k^{3/5} \cdot Z = 0,032 \cdot 3000^{3/5} \cdot 2,2 = 8,59 \text{ кг / с}$$

Температура продуктов горения:

$$T_{ng} = \frac{Q_k}{c_p \cdot G_k + \alpha \cdot [F_{пом} + P_{ок} \cdot (H - Z)]} + t_n + 273 =$$

$$T_{ng} = \frac{3000}{1,09 \cdot 8,59 + 0,012 \cdot [900 + 145 \cdot (3,5 - 2,2)]} + 8 + 273 = 415 \text{ К}$$

Плотности продуктов горения и наружного воздуха:

$$\rho_n = \frac{353}{t_n + 273} = \frac{353}{8 + 273} = 1,26 \text{ кг / м}^3$$

$$\rho_{n2} = \frac{353}{T_{n2}} = \frac{353}{415} = 0,85 \text{ кг / м}^3$$

Располагаемый перепад давления:

$$\Delta P_{расп} = g \cdot (H - Z) \cdot (\rho_n - \rho_{n2}) = 9,81 \cdot (3,5 - 2,2) \cdot (1,26 - 0,85) = 5,2 \text{ Па}$$

Требуемая площадь отверстий дымоудаления:

$$F_y = \frac{G_k}{\mu \cdot (2 \cdot \rho_{n2} \cdot \Delta P_{расп})^{0,5}} = \frac{8,59}{0,64 \cdot (2 \cdot 0,85 \cdot 5,2)^{0,5}} = 4,5 \text{ м}^2$$

Объемный часовой расход удаляемого дыма

$$L = \frac{3600 \cdot G_k}{\rho_{n2}} = \frac{3600 \cdot 8,59}{0,85} = 36381 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Для обеспечения эффективного удаления продуктов горения из помещения для хранения автомобилей принимаем вытяжную систему противодымной вентиляции с механическим побуждением.

Задача 3

Номер варианта задачи	$H, \text{ м}$	$t_{\text{н}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{пр}}, ^\circ\text{C}$	$U_{\text{в}}, \text{ м/с}$
11	5	24	375	3,5

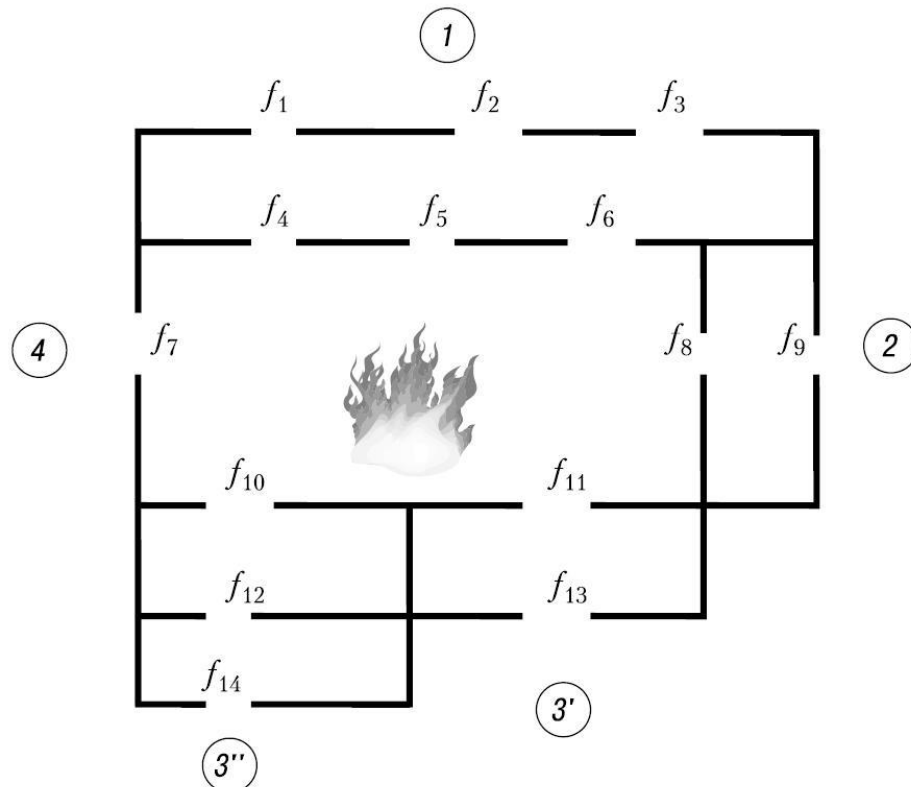


Рис. 1. К расчету системы дымоудаления, обеспечивающей незадымляемость путей эвакуации из здания и помещений, смежных с горящим (план)

Определить площадь устройства дымоудаления из помещения для обеспечения незадымления путей эвакуации и помещений, смежных с горящим. Планировка здания показана на рисунке 1. Высота помещения 5 м, температура наружного воздуха 24°C , температура продуктов горения 375°C , скорость ветра 3,5 м/с. Размеры проемов дверей и ворот: $f_1 = f_2 = f_3 = f_7 = f_9 = f_{13} = 2,5 \times 2,5 = 6,25 \text{ м}^2$; $f_4 = f_5 = f_6 = f_8 = f_{10} = f_{11} = f_{12} = f_{14} = 1 \times 2 = 2 \text{ м}^2$. Коэффициенты расходов проемов дверей и ворот $\mu_{\text{п}} = 0,64$, коэффициент расхода проема дымоудаления $\mu_{\text{у}} = 0,8$, аэродинамический коэффициент устройства дымоудаления $K_{\text{у}} = 0$.

Решение

Расчет системы дымоудаления начинается с определения неблагоприятного для работы системы направления ветра. Неблагоприятным направлением считается такое направление, при котором площадь устройств дымоудаления или расход удаляемого дыма максимальны из четырех возможных.

Для схемы, приведенной на рис. 1:

1) Фасад 1

$$F_1 = f_4 + f_5 + f_6 = 2 + 2 + 2 = 6 \text{ м}^2;$$

$$F_2 = f_1 + f_2 + f_3 = 6,25 + 6,25 + 6,25 = 18,75 \text{ м}^2;$$

$$O_1 = F_1/F_2 = 6/18,75 = 0,32;$$

$$F_{\text{экв1}} = 1/(1/F_1^2 + 1/F_2^2)^{0,5} = 1/(1/6^2 + 1/18,75^2)^{0,5} = 5,71 \text{ м}^2.$$

2) Фасад 2

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

$$O_2 = F_1/F_2 = 2/6,25 = 0,32;$$

$$F_{\text{экв2}} = 1/(1/F_1^2 + 1/F_2^2)^{0,5} = 1/(1/2^2 + 1/6,25^2)^{0,5} = 1,9 \text{ м}^2;$$

3) Часть фасада 3'

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

$$O_{3'} = F_1/F_2 = 2/6,25 = 0,32;$$

$$F_{\text{экв3}'} = 1/(1/F_1^2 + 1/F_2^2)^{0,5} = 1/(1/2^2 + 1/6,25^2)^{0,5} = 1,9 \text{ м}^2$$

4) Часть фасада 3''

$$F_1 = f_{10} = 2 \text{ м}^2; F_2 = 1/(1/f_{12}^2 + 1/f_{14}^2)^{0,5} = 1/(1/2^2 + 1/2^2)^{0,5} = 1,41 \text{ м}^2 ;$$

$$O_{3''} = F_1/F_2 = 2/1,41 = 1,4;$$

$F_{\text{экв3}''} = 1/(1/F_1^2 + 1/F_2^2)^{0,5} = 1/(1/2^2 + 1/1,41^2)^{0,5} = 1,15 \text{ м}^2$. Эквивалентная площадь проемов для фасада 3 в целом будет равна

$$F_{\text{экв3}} = F_{\text{экв3}'} + F_{\text{экв3}''} = 1,9 + 1,15 = 3,05 \text{ м}^2.$$

5) Фасад 4

$$F_1 = f_7 = 6,25 \text{ м}^2; F_2 \rightarrow \infty;$$

$$O_{4''} = F_1/F_2 = 0;$$

$$F_{\text{экв4}} = 1/(1/F_1^2 + 1/F_2^2)^{0,5} = f_7 = 6,25 \text{ м}^2.$$

В качестве заветренного (подветренного) фасада для расчета выбираем тот, у которого отношение O_i наибольшее. Наибольшее отношение $O_i = 1,4$ у

части фасада 3". В качестве заветренного (подветренного) выбираем фасад 3, а в качестве наветренного выбираем противоположный фасад, т.е. фасад 1.

Вычисляем ветровое давление, давления на наветренном, заветренном и боковых фасадах

$$P_e = \frac{\rho_n \cdot V_e^2}{2} = \frac{1,19 \cdot 3,5^2}{2} = 7,3 \text{ Па}$$

$$P_{нз} = -0,4 \cdot P_e = -2,9 \text{ Па}$$

$$P_{нб} = 0 \text{ Па}$$

$$P_{ни} = 0,6 \cdot P_e = 4,4 \text{ Па}$$

Плотности продуктов горения и наружного воздуха

$$\rho_n = \frac{353}{t_n + 273} = \frac{353}{24 + 273} = 1,19 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_{нз} = \frac{353}{t_{нз} + 273} = \frac{353}{375 + 273} = 0,54 \text{ кг/м}^3$$

$$\Delta\rho = \rho_n - \rho_{нз} = 1,19 - 0,54 = 0,65 \text{ кг/м}^3$$

Определяем давление на уровне пола горящего помещения, при котором предотвращается выход дыма через проемы в смежные помещения и на пути эвакуации

$$P_{e0} = P_{нз} - h \cdot g \cdot \Delta\rho \cdot \left[1 + 0,5 \cdot \left(\frac{F_1}{F_2} \right)^2 \right] =$$

$$P_{e0} = -2,9 - 2 \cdot 9,81 \cdot 0,65 \cdot \left[1 + 0,5 \cdot (1,4)^2 \right] = -28,1 \text{ Па}$$

Эквивалентная площадь боковых фасадов

$$F_{б,эКВ} = F_{эКВ2} + F_{эКВ4} = 1,9 + 6,25 = 8,15 \text{ м}^2.$$

Определяем расходы воздуха, поступающего в горящее помещение через открытые проемы со стороны заветренного, боковых и наветренного фасадов

$$G_z = \mu \cdot F_{з,эКВ} \cdot \left[2 \cdot \rho_n \cdot (P_{нз} - P_{ов} - 0,5 \cdot h \cdot g \cdot \Delta\rho) \right]^{0,5} =$$

$$G_z = 0,64 \cdot 3,05 \cdot \left[2 \cdot 1,19 \cdot (-2,9 + 28,1 - 0,5 \cdot 2 \cdot 9,81 \cdot 0,65) \right]^{0,5} = 13,06 \text{ кг/с}$$

$$G_{\bar{b}} = \mu \cdot F_{\bar{b}.экв} \cdot [2 \cdot \rho_n \cdot (P_{н\bar{b}} - P_{ов} - 0,5 \cdot h \cdot g \cdot \Delta\rho)]^{0,5} =$$

$$G_{\bar{b}} = 0,64 \cdot 8,15 \cdot [2 \cdot 1,19 \cdot (0 + 28,1 - 0,5 \cdot 2 \cdot 9,81 \cdot 0,65)]^{0,5} = 57,87 \text{ кг/с}$$

$$G_n = \mu \cdot F_{n.экв} \cdot [2 \cdot \rho_n \cdot (P_{нн} - P_{ов} - 0,5 \cdot h \cdot g \cdot \Delta\rho)]^{0,5} =$$

$$G_n = 0,64 \cdot 5,71 \cdot [2 \cdot 1,19 \cdot (4,4 + 28,1 - 0,5 \cdot 2 \cdot 9,81 \cdot 0,65)]^{0,5} = 44,46 \text{ кг/с}$$

Располагаемый перепад давления вычисляется по формуле:

$$\Delta P_{расп} = P_{e0} - K_y \cdot P_e + H \cdot g \cdot \Delta\rho$$

где K_y - аэродинамический коэффициент устройства дымоудаления;

$\Delta\rho$ - разность плотностей наружного воздуха и продуктов горения, кг/м^3 .

При нулевом аэродинамическом коэффициенте устройства дымоудаления располагаемый перепад давления:

$$\Delta P_{расп} = -28,1 + 5 \cdot 9,81 \cdot 0,65 = 3,78 \text{ Па}$$

При коэффициенте расхода устройства дымоудаления равном 0,8 площадь проемов равна:

$$F_y = 1,1 \cdot \frac{G_z + G_{\bar{b}} + G_n}{\mu \cdot (2 \cdot \rho_{нз} \cdot \Delta P_{расп})^{0,5}} = \frac{13 + 58 + 45}{0,8 \cdot (2 \cdot 0,54 \cdot 3,78)^{0,5}} = 71,78 \text{ м}^2$$

где μ_y - коэффициент расхода устройства дымоудаления.

Задача 4

Номер варианта задачи	Этажность здания	Тип здания	$h_{эт}$, м	$b \times h$, м	$t_{н}$, °C	$t_{д}$, °C	U , м/с
11	3	Жилое	2,7	0,85x2,0	-40	230	5

Определить расход и давление на оголовке шахты системы дымоудаления из коридоров многоэтажного здания. Этажность здания 3, высота этажа здания 2,7 м, тип здания - Жилое, температура наружного воздуха для холодного периода года -40°C , температура продуктов горения в коридоре 230°C , скорость ветра 5 м/с, размеры дверей из лестничной клетки в коридор 0,85x2,0 м, шахта дымоудаления – кирпичная неоштукатуренная, размеры шахты дымоудаления 0,8x0,6 м, установочные размеры клапана дымоудаления 0,8x0,6 м; уровень расположения выбросного отверстия системы дымоудаления 14 м.

Решение

Плотность наружного воздуха:

$$\rho_n = \frac{353}{t_n + 273} = \frac{353}{233} = 1,51 \text{ кг / м}^3$$

Плотность воздуха в здании:

$$\rho_в = \frac{353}{t_в + 273} = \frac{353}{289} = 1,22 \text{ кг / м}^3$$

Плотность продуктов горения:

$$\rho_{пг} = \frac{353}{t_{пг} + 273} = \frac{353}{503} = 0,7 \text{ кг / м}^3$$

Наружное давление на наветренном фасаде:

$$P_{ниi} = 0,4 \cdot \rho_n \cdot V_в^2 - g \cdot h_i \cdot (i-1) \cdot (\rho_n - \rho_в)$$

$$P_{ни1} = 0,4 \cdot 1,51 \cdot 5^2 - 9,81 \cdot 2,7 \cdot (1-1) \cdot (1,51 - 1,22) = 6$$

$$P_{ни2} = 0,4 \cdot 1,51 \cdot 5^2 - 9,81 \cdot 2,7 \cdot (2-1) \cdot (1,51 - 1,22) = -1,7$$

$$P_{ни3} = 0,4 \cdot 1,51 \cdot 5^2 - 9,81 \cdot 2,7 \cdot (3-1) \cdot (1,51 - 1,22) = -9,4$$

Наружное давление на заветренном фасаде:

$$P_{нзi} = -0,3 \cdot \rho_n \cdot V_6^2 - g \cdot h_i \cdot (i-1) \cdot (\rho_n - \rho_6)$$

$$P_{нз1} = -0,3 \cdot 1,51 \cdot 5^2 - 9,81 \cdot 2,7 \cdot (1-1) \cdot (1,51 - 1,22) = -11,3$$

$$P_{нз2} = -0,3 \cdot 1,51 \cdot 5^2 - 9,81 \cdot 2,7 \cdot (2-1) \cdot (1,51 - 1,22) = -19$$

$$P_{нз3} = -0,3 \cdot 1,51 \cdot 5^2 - 9,81 \cdot 2,7 \cdot (3-1) \cdot (1,51 - 1,22) = -26,7$$

Давление внутри здания:

$$P_{в,i} = (P_{нн,i} + P_{нз,i})/2.$$

Давление выброса:

$$P_{выб} = 0,4 \cdot 1,51 \cdot 5^2 - 9,81 \cdot 14 \cdot (1,51 - 1,22) = -33,8$$

Результаты расчетов заносим в таблицу

№ этажа	$P_{нн,I}$ Па	$P_{нз,I}$ Па	$P_{в,I}$ Па	$P_{ш,I}$ Па
1	6	-11,3	-2,6	-79
2	-1,7	-19	-10,3	-85
3	-9,4	-26,7	-18	-92
Выброс	-33,8			

Расход удаляемого дыма:

$$G_\delta = 0,96 \cdot b_\delta \cdot h_\delta^{3/2} = 0,96 \cdot 0,85 \cdot 2^{3/2} = 2,31$$

Площадь проходного сечения клапана дымоудаления:

$$F_{кл} = (a_{кл} - 0,03) \cdot (b_{кл} - 0,05) = (0,8 - 0,03) \cdot (0,6 - 0,05) = 0,424 \text{ м}^2$$

Скорость дыма в клапане:

$$V_\delta = \frac{G_\delta}{F_{кл} \cdot \rho_{пг}} = \frac{2,31}{0,424 \cdot 0,7} = 7,78 \text{ м/с}$$

Потери давления в открытом клапане дымоудаления на этаже пожара:

$$\Delta P_{кл} = \frac{\xi_{кл} \cdot \rho_{пг} \cdot V_{кл}^2}{2} = \frac{4 \cdot 0,7 \cdot 7,78^2}{2} = 84,7 \text{ Па}$$

Давление в шахте дымоудаления на уровне первого этажа:

$$P_{ш1} = P_{к1} - \Delta P_{кл} = 6 - 84,7 = -79 \text{ Па}$$

Скорость дыма в шахте дымоудаления между первым и вторым этажами

$$V_{u1-2} = \frac{G_{\delta}}{a_{uu} \cdot b_{uu} \cdot \rho_{n2}} = \frac{2,31}{0,8 \cdot 0,6 \cdot 0,7} = 6,87 \text{ м/с}$$

Эквивалентный диаметр проходного сечения шахты дымоудаления:

$$d_{\text{экв}} = \frac{4 \cdot a_{uu} \cdot b_{uu}}{2 \cdot (a_{uu} + b_{uu})} = \frac{4 \cdot 0,8 \cdot 0,6}{2 \cdot (0,8 + 0,6)} = 0,685 \text{ м}$$

Давление в шахте дымоудаления на уровне второго этажа:

$$P_{u2} = P_{u1} - \lambda \cdot \left(\frac{h_{\text{эм}}}{d_{\text{экв}}} \right) \cdot \left(\frac{\rho_{1-2} \cdot V_{u1-2}^2}{2} \right) =$$

$$P_{u2} = -79 - 0,1 \cdot \left(\frac{2,7}{0,685} \right) \cdot \left(\frac{0,7 \cdot 6,87^2}{2} \right) = -85 \text{ Па}$$

Характеристика сопротивления дымогазопроницанию шахты и клапана дымоудаления

$$S_{\text{кл}} = S_{\text{уд}} / (F_{\text{кл}})^2 = 1600 / (0,424)^2 = 8900 \text{ 1/(кг} \cdot \text{м)}.$$

Расход воздуха, фильтрующегося через щели и неплотности шахты и закрытого клапана дымоудаления на втором этаже:

$$G_{\phi 2} = \left(\frac{P_{\phi 2} - P_{u2}}{S_{uu}} \right)^{1/2} = \left(\frac{-10,3 + 85}{8900} \right)^{1/2} = 0,091 \text{ кг/с}$$

Температура дыма между вторым и третьим этажами:

$$T_{2-3} = \frac{G_{\delta} \cdot T_{\delta} + G_{\phi 2} \cdot T_{\phi}}{G_{\delta} + G_{\phi 2}} = \frac{2,31 \cdot 503 + 0,091 \cdot 289}{2,31 + 0,091} = 495 \text{ К}$$

Плотность дыма между вторым и третьим этажами

$$\rho_{2-3} = \frac{353}{T_{2-3}} = \frac{353}{495} = 0,71 \text{ кг/м}^3$$

Скорость дыма в шахте дымоудаления между вторым и третьим этажами

$$V_{u2-3} = \frac{G_{\delta} + G_{\phi 2}}{a_{uu} \cdot b_{uu} \cdot \rho_{2-3}} = \frac{2,31 + 0,091}{0,8 \cdot 0,6 \cdot 0,71} = 7 \text{ м/с}$$

Давление в шахте дымоудаления на уровне третьего этажа

$$P_{u3} = P_{u2} - \lambda \cdot \left(\frac{h_{\text{эм}}}{d_{\text{экв}}} \right) \cdot \left(\frac{\rho_{2-3} \cdot V_{u2-3}^2}{2} \right) =$$

$$P_{и3} = -85 - 0,1 \cdot \left(\frac{2,7}{0,685} \right) \cdot \left(\frac{0,71 \cdot 7^2}{2} \right) = -92 \text{ Па}$$

Расход воздуха, фильтрующегося через щели и неплотности шахты и закрытого клапана дымоудаления на третьем этаже:

$$G_{\phi3} = \left(\frac{P_{\phi3} - P_{и3}}{S_{и3}} \right)^{1/2} = \left(\frac{-18 + 92}{8900} \right)^{1/2} = 0,091 \text{ кг / с}$$

Температура дыма выше третьего этажа

$$T_{2-3} = \frac{G_{\delta} \cdot T_{\delta} + G_{\phi2} \cdot T_{\phi} + G_{\phi3} \cdot T_{\phi}}{G_{\delta} + G_{\phi2} + G_{\phi3}} = \frac{2,31 \cdot 503 + 0,091 \cdot 289 + 0,091 \cdot 289}{2,31 + 0,091 + 0,091} = 487 \text{ К}$$

Плотность дыма выше третьего этажа:

$$\rho_3 = \frac{353}{T_3} = \frac{353}{487} = 0,72 \text{ кг / м}^3$$

Производительность вентилятора

$$Q_{\phi} = \frac{3600 \cdot (G_{\delta} + G_{\phi2} + G_{\phi3})}{\rho_3} = \frac{3600 \cdot (2,31 + 0,091 + 0,091)}{0,72} = 12460 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Давление на оголовке шахты дымоудаления:

$$P_{\phi} = P_{и3} + P_{выбр} = -92 - 33,8 = -125,8$$

Задача 5

Номер варианта задачи	Этажность здания	Дверь коридора на этаже пожара*	Входная дверь здания *	Тип здания	hэт, м	bхh, м	tн, °С	U, м/с
11	4	3	О	Жилое	2,7	1,0х2,0	-40	5

*Примечание: * О –открыта, З -закрыта*

Определить параметры вентилятора подпора воздуха в незадымляемую лестничную клетку типа Н2. Здание жилое, трехэтажное, лестничная клетка без естественного освещения через остекленные проемы наружных ограждениях; температура наружного воздуха для зимнего периода года - 40°С, скорость ветра 5, м/с; высота этажа 2,7 эт, м; уровень расположения воздухозаборного отверстия системы подпора в лестничную клетку 12 м; размеры одностворчатых дверей из коридора в лестничную клетку 1,0х2,0 м. Выход из здания через одинарный тамбур (две последовательные одностворчатые двери), размеры дверей 1,2х2,1 м, площадь лестничной клетки 20 м². Удельная характеристика дымогазопроницания закрытых дверей лестничной клетки 4420 м³/кг. Удельная характеристика воздухопроницания закрытых дверей лестничной клетки 2500 л/кг. Закрыта дверь из коридора в лестничную клетку, входная дверь здания и двери лестничной клетки на остальных этажах открыты.

Решение

Плотность наружного воздуха:

$$\rho_n = \frac{353}{t_n + 273} = \frac{353}{233} = 1,51 \text{ кг} / \text{м}^3$$

Плотность воздуха в здании:

$$\rho_e = \frac{353}{t_e + 273} = \frac{353}{289} = 1,22 \text{ кг} / \text{м}^3$$

Плотность продуктов горения:

$$\rho_{nz} = \frac{353}{t_{nz} + 273} = \frac{353}{503} = 0,7 \text{ кг} / \text{м}^3$$

Наружное давление на наветренном фасаде:

$$P_{ннi} = 0,4 \cdot \rho_n \cdot V_6^2 - g \cdot h_i \cdot (i-1) \cdot (\rho_n - \rho_6)$$

$$P_{нн1} = 0,4 \cdot 1,51 \cdot 5^2 - 9,81 \cdot 2,7 \cdot (1-1) \cdot (1,51 - 1,22) = 6$$

$$P_{нн2} = 0,4 \cdot 1,51 \cdot 5^2 - 9,81 \cdot 2,7 \cdot (2-1) \cdot (1,51 - 1,22) = -1,7$$

$$P_{нн3} = 0,4 \cdot 1,51 \cdot 5^2 - 9,81 \cdot 2,7 \cdot (3-1) \cdot (1,51 - 1,22) = -9,4$$

$$P_{нн4} = 0,4 \cdot 1,51 \cdot 5^2 - 9,81 \cdot 2,7 \cdot (4-1) \cdot (1,51 - 1,22) = -34,3$$

Наружное давление на заветренном фасаде:

$$P_{нзи} = -0,3 \cdot \rho_n \cdot V_6^2 - g \cdot h_i \cdot (i-1) \cdot (\rho_n - \rho_6)$$

$$P_{нз1} = -0,3 \cdot 1,51 \cdot 5^2 - 9,81 \cdot 2,7 \cdot (1-1) \cdot (1,51 - 1,22) = -11,3$$

$$P_{нз2} = -0,3 \cdot 1,51 \cdot 5^2 - 9,81 \cdot 2,7 \cdot (2-1) \cdot (1,51 - 1,22) = -19$$

$$P_{нз3} = -0,3 \cdot 1,51 \cdot 5^2 - 9,81 \cdot 2,7 \cdot (3-1) \cdot (1,51 - 1,22) = -26,7$$

$$P_{нз4} = -0,3 \cdot 1,51 \cdot 5^2 - 9,81 \cdot 2,7 \cdot (4-1) \cdot (1,51 - 1,22) = -34,3$$

Наружное давление на уровне воздухозабора

$$P_{нзв} = -0,3 \cdot 1,51 \cdot 5^2 - 9,81 \cdot 12 \cdot (1,51 - 1,22) = -45,4$$

$$P_{лк1} = P_{нн1} + 20,$$

Результаты расчетов заносим в № этажа	$P_{нн,i}$, Па	$P_{нз,i}$, Па	$P_{в,i}$, Па	$P_{лк,i}$, Па
1	6	-11,3	-2,6	26
2	-1,7	-19	-10,3	33
3	-9,4	-26,7	-18	41
4	-17	-34,3	-26,6	48
Забор воздуха		-45,4		

Эквивалентная площадь входных дверей здания

$$(\mu \cdot f)_{\text{вх}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{(\mu \cdot f)_1^2} + \frac{1}{(\mu \cdot f)_2^2} \right)^{1/2}} =$$

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

Расход воздуха из лестничной клетки в коридор этажа пожара равен нулю.

Расход воздуха через входную дверь здания:

$$G_{\text{ex}} = (\mu \cdot f)_{\text{ex}} \cdot [2 \cdot \rho_n \cdot (P_{\text{лк1}} - P_{\text{ex}})]^{1/2} = 1,14 \cdot [2 \cdot 1,51 \cdot (26 + 11,3)]^{1/2} = 12,09 \text{ кг/с}$$

Расход воздуха со второго этажа лестничной клетки на первый равен расходу через входную дверь здания.

Давление в лестничной клетке на уровне второго этажа определяем по формуле:

$$P_{\text{лк2}} = P_{\text{лк1}} + \frac{30 \cdot G_{\text{ex}}^2}{\rho_n \cdot f_{\text{лк}}^2} = 26 + \frac{30 \cdot 12,09^2}{1,51 \cdot 20^2} = 33,25 \text{ Па}$$

Характеристика воздухопроницаемости дверей лестничной клетки

$$S_{\text{дв}} = \frac{S_{\text{уд}}}{(H_n \cdot B_n)^2} = \frac{6000}{(2 \cdot 1)^2} = 1500 \text{ 1/(кг} \cdot \text{м)}$$

Расход воздуха, фильтрующегося через щели дверей из лестничной клетки в внутрь здания на втором этаже, определяем по формуле:

$$G_{\text{д2}} = \left[\frac{(P_{\text{лк2}} - P_{\text{д2}})}{S_{\text{дв}}} \right]^{1/2} = \left[\frac{(33,25 + 10,3)}{1500} \right]^{1/2} = 0,17 \text{ кг/с}$$

Расход воздуха в лестничной клетке с третьего этажа на второй равен сумме расходов воздуха со второго этажа на первый и расхода воздуха, фильтрующегося через щели дверей на втором этаже:

$$G_{3,2} = G_{2,1} + G_{\text{д2}} = 12,09 + 0,17 = 12,26 \text{ кг/с}$$

Давление в лестничной клетке на уровне третьего этажа

$$P_{\text{лк3}} = P_{\text{лк2}} + \frac{30 \cdot G_{3,2}^2}{\rho_n \cdot f_{\text{лк}}^2} = 33,25 + \frac{30 \cdot 12,26^2}{1,51 \cdot 20^2} = 40,71 \text{ Па}$$

Расход воздуха, фильтрующегося через щели дверей из лестничной клетки в внутрь здания на третьем этаже

$$G_{\partial 3} = \left[\frac{(P_{лк3} - P_{в3})}{S_{\partial в}} \right]^{1/2} = \left[\frac{(40,71 + 18)}{1500} \right]^{1/2} = 0,195 \text{ кг/с}$$

Расход воздуха, подаваемого в лестничную клетку, равен сумме расходов воздуха с третьего этажа на второй и расхода воздуха, фильтрующегося через щели дверей на третьем этаже

$$G_{лк} = G_{3,2} + G_{\partial 3} = 12,26 + 0,195 = 12,45 \text{ кг/с}$$

Давление в лестничной клетке на уровне третьего этажа

$$P_{лк4} = P_{лк3} + \frac{30 \cdot G_{4,3}^2}{\rho_n \cdot f_{лк}^2} = 40,71 + \frac{30 \cdot 12,45^2}{1,51 \cdot 20^2} = 48,41 \text{ Па}$$

Расход воздуха, фильтрующегося через щели дверей из лестничной клетки в внутрь здания на четвертом этаже

$$G_{\partial 4} = \left[\frac{(P_{лк4} - P_{в4})}{S_{\partial в}} \right]^{1/2} = \left[\frac{(48,41 + 26,6)}{1500} \right]^{1/2} = 0,224 \text{ кг/с}$$

Расход воздуха, подаваемого в лестничную клетку, равен сумме расходов воздуха с четвертого этажа на третий и расхода воздуха, фильтрующегося через щели дверей на четвертом этаже

$$G_{лк} = G_{3,2} + G_{\partial 3} = 12,45 + 0,224 = 12,67 \text{ кг/с}$$

Объемный часовой расход воздуха (подачу вентилятора) определяем по формуле:

$$Q_v = \frac{3600 \cdot G_{лк}}{\rho_n} = \frac{3600 \cdot 12,45}{1,51} = 29682 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Давление на оголовке лестничной клетки:

$$P_v = P_{лк4} - P_{нз.в} = 48 + 54,4 = 102,4 \text{ Па}$$

Литература

1. Федеральный закон №123-ФЗ от 22.07.2008г. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»
2. СП 7.13130.2009. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Противопожарные требования.
3. В.М. Есин, В.И. Сидорук, В.Н. Токарев. Пожарная профилактика в строительстве. Часть 1. Пожарная профилактика систем отопления и вентиляции. ВИПТШ МВД РФ. – М.: 1995.
4. Р НП «АВОК» 5.5.1-2012. Рекомендации АВОК. Расчет параметров систем противодымной защиты жилых и общественных зданий. – ООО ИИП «АВОК-ПРЕСС», 2012