



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ДГТУ)

КАФЕДРА «БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ЗАЩИТА
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ
КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ № 2
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ»

для студентов заочной формы обучения по
специальности 200501 «Пожарная безопасность».
Часть 2, семестр 10, 5 курс.

Ростов-на-Дону
2022

Составители: к.т.н., доц. И.В. Богданова
к.т.н., доц. С.Н. Холодова
к.х.н., доц. И.Н. Лоскутникова

Пожарная безопасность в строительстве. Методические указания к контрольной работе № 2 для студентов заочной формы обучения по специальности 200501 «Пожарная безопасность»-Ростов-на-Дону: Издательский центр ДГТУ, 2022.-28с

Методические указания составлены в соответствии с учебной программой курса «Пожарная безопасность в строительстве» и предназначена для студентов специальности 200501 заочной формы обучения.

В указаниях изложены варианты вопросов контрольной работы и методика решения задач.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Требования к выполнению контрольной работы	4
2. Контрольные вопросы по разделу «Пожарная безопасность отопительных систем, приборов, аппаратов, печей и каминов»	4
3. Контрольные вопросы по разделу «Пожарная безопасность систем вентиляции и кондиционирования»	6
4. Контрольные вопросы по разделу «Приточно-вытяжные системы противодымной вентиляции зданий»	7
5. Задачи по противодымной вентиляции	8
Литература	26

1. Требования к выполнению контрольной работы

Согласно учебному плану студенты заочной формы обучения в процессе изучения дисциплины «Пожарная безопасность в строительстве» должны выполнить контрольную работу. Данная работа предлагается с целью освоения требований пожарной безопасности нормативных документов, предъявляемых к системам отопления, приточно-вытяжным системам вентиляции и системам противодымной вентиляции зданий.

1.1 Распределение вариантов контрольной работы

При выполнении контрольной работы обучающийся должен дать полный ответ на три контрольных вопроса и решить 5 задач с учетом номера зачетной книжки.

Методические указания предусматривают 20 вариантов контрольных вопросов и условий для решения задач.

Выбор варианта контрольной работы производится по сумме двух последних цифр номера зачетной книжки.

Преподаватель проверяет правильность выбора варианта контрольной работы в соответствии со сведениями о номерах зачетных книжек обучающихся, указанных в ведомости.

В ответах на вопросы необходимо изложить решения по устройству отопительных систем и теплогенераторов, приточно-вытяжных систем вентиляции и систем противодымной вентиляции, а также требования пожарной безопасности, предъявляемые к указанным системам.

Целью решения задач является определение параметров вытяжных и приточных систем противодымной вентиляции.

В методических указаниях приведены примеры решения задач и исходные данные для решения задач по вариантам.

1.2 Оформление контрольной работы

Объем работы составляет не менее 15-20 страниц. Контрольная работа должна быть напечатана на белой бумаге формата А4. Текст должен быть выполнен на компьютере с межстрочным интервалом в текстовом редакторе Microsoft Word for Windows. Текст набирается нежирным шрифтом Times New Roman, 14 размером.

Контрольная работа выполняется на листах с одной стороны. Текст контрольной работы следует располагать, соблюдая следующие размеры полей: -левое-30 мм; правое-10 мм; верхнее-20 мм; нижнее-20 мм. Выравнивание по ширине.

2. Контрольные вопросы по разделу «Пожарная безопасность отопительных систем, приборов, аппаратов, печей и каминов»

0. Требования к допустимым температурам теплоносителей систем отопления, теплогенераторов и отопительных печей.

1. Требования пожарной безопасности к теплогенераторам, работающим на газообразном топливе.

2. Требования пожарной безопасности при выборе систем отопления, теплогенерирующих установок и отопительных печей.

3. Классификация печей. Требования пожарной безопасности при размещении печей в зданиях с конструкциями, выполненными из горючих материалов.

4. Виды дымовых каналов (труб). Требования пожарной безопасности к каналам (трубам) при прокладке в зданиях, при наличии конструкций из сгораемых материалов.

5. Требования пожарной безопасности к трубопроводам и отопительным приборам систем отопления, обслуживающих помещения категорий А и Б.

6. Устройство противопожарных разделок отопительных печей и дымовых каналов. Требования к разделкам.

7. Устройство противопожарных отступок при размещении печей и прокладке дымовых каналов. Требования к отступкам.

8. Решения по защите деревянных конструкций зданий от возгорания при размещении отопительных печей в помещении.

9. Решения по защите деревянных конструкций здания при прокладке дымовых каналов (труб).

10. Требования пожарной безопасности к воздушному отоплению.

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

12. Устройство отопительных аппаратов бытовых на твердом топливе. Требования пожарной безопасности.

13. Устройство отопительных аппаратов бытовых на жидком топливе. Требования пожарной безопасности.

14. Каминные и каминные топки. Классификация и устройство. Требования пожарной безопасности к ним.

15. Требования пожарной безопасности к дымовым трубам каминов.

16. Последовательность надзора за соблюдением требований пожарной безопасности при эксплуатации печей.

17. Последовательность надзора за соблюдением требований пожарной безопасности при эксплуатации систем отопления помещений категорий А и Б.

18. Требования пожарной безопасности к газовым и электрическим инфракрасным излучателям.

19. Требования пожарной безопасности к системам поквартирного теплоснабжения жилых многоквартирных зданий.

3. Контрольные вопросы по разделу «Пожарная безопасность систем вентиляции и кондиционирования»

0. Устройство приточных систем общеобменной вентиляции. Пожарная опасность систем вентиляции.

1. Устройство вытяжных систем общеобменной вентиляции. Пожарная опасность систем вентиляции.

2. Устройство вытяжных систем местной вентиляции. Пожарная опасность систем вентиляции.

3. Аварийная вентиляция. Назначение, устройство, требования пожарной безопасности.

4. Схемы общих гравитационных систем вентиляции. Требования пожарной безопасности, предъявляемые к данным системам.

5. Мероприятия, предотвращающие образование горючей среды в вентиляционных системах.

6. Мероприятия, предотвращающие образование источников воспламенения в вентиляционных системах.

7. Мероприятия, предотвращающие распространение пожара по вентиляционным системам.

8. Схемы общих систем вентиляции для групп помещений категорий А и Б. Требования пожарной безопасности.

9. Схемы общих систем вентиляции для жилых и общественных зданий.

10. Требования пожарной безопасности к устройствам для забора наружного воздуха и устройствам для выброса воздуха в атмосферу.

11. Требования пожарной безопасности при очистке воздуха от пыли.

12. Устройство помещений для размещения вентиляционного оборудования. Определение их категорий по пожарной опасности. Требования пожаровзрывобезопасности, предъявляемые к помещениям.

13. Требования пожарной безопасности, предъявляемые к воздуховодам и коллекторам приточно-вытяжных систем вентиляции помещений категории А, Б и В.

14. Требования пожарной безопасности, предъявляемые к воздуховодам и коллекторам приточно-вытяжных систем помещений категории Г и Д.

15. Устройство и принцип работы противопожарных клапанов. Требования пожарной безопасности к ним.

16. Устройство и принцип работы радиальных (центробежных) и осевых вентиляторов обычного исполнения. Порядок подбора вентиляторов по аэродинамическим графикам.

17. Назначение и устройство радиальных и осевых вентиляторов взрывобезопасного исполнения. Методика проверки правильности выбора вентилятора взрывобезопасного исполнения.

18. Требования пожарной безопасности к вентиляторам приточных и вытяжных систем, обслуживающих помещения категории А и Б.

19. Требования пожарной безопасности к размещению вентиляторов.

4. Контрольные вопросы по разделу «Приточно-вытяжные системы противодымной вентиляции зданий»

0. Основные направления противодымной защиты зданий. Какие способы противодымной защиты применяются на практике?

1. Пожарная опасность помещений, размещаемых в подвалах. Противопожарные требования к противодымной защите помещений, размещаемых в подвалах.

2. Назначение систем дымоудаления из помещений. В каких случаях они применяются?

3. Основные предпосылки расчета площади устройств дымоудаления для обеспечения незадымленной зоны в нижней части помещения.

4. Основные предпосылки расчета площади устройств дымоудаления для обеспечения незадымляемости путей эвакуации и помещений, смежных с горящим.

5. Факторы, влияющие на эффективность работы устройств дымоудаления из помещений.

6. Последовательность проверки соответствия систем дымоудаления из помещений противопожарным требованиям действующих нормативных документов.

7. Устройство систем противодымной защиты зданий повышенной этажности. Требования пожарной безопасности к системам.

8. Классификация незадымляемых лестничных клеток, преимущества и недостатки различных типов незадымляемых лестничных клеток.

9. Требования к устройству систем дымоудаления из коридоров зданий повышенной этажности.

10. Основные положения методики расчета требуемых параметров вентиляторов систем дымоудаления из коридоров.

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

12. Основные положения методики расчета требуемых параметров вентиляторов систем подпора воздуха в шахты лифтов.

13. Основные положения методики расчета систем подпора воздуха в тамбуры –шлюзы.
14. Порядок аэродинамических испытаний вентиляционных систем противодымной защиты зданий повышенной этажности.
15. Требования к управлению систем противодымной вентиляции зданий повышенной этажности.
16. Устройство клапанов дымоудаления. Требования пожарной безопасности к ним.
17. Порядок размещения вентиляционного оборудования приточно-вытяжных систем противодымной вентиляции.
18. Требования к размещению устройств для выброса продуктов горения в атмосферу.
19. Последовательность проверки соответствия приточно–вытяжных систем противодымной вентиляции требованиям пожарной безопасности.

5. Задачи по противодымной вентиляции

5.1 Задача 1

Требуется определить площадь проема дымоудаления из одноэтажного здания высотой H , м. Требуемая высота незадымленной зоны Z , м, от пола помещения. Горючая нагрузка – древесина (теплота сгорания Q , кДж/кг, удельная скорость выгорания ψ , кг/(м²·с)), площадь очага пожара $F_{гор}$, м², площадь помещения $F_{пом}$, м², периметр ограждающих конструкций $P_{ок}$, м. Температура наружного воздуха равна t °С.

Исходные данные своего варианта задачи принять по табл. 1.

Таблица 1

Номер варианта задачи 1	H , м	Z , м	Q , кДж/кг	Ψ , кг/(м ² ·с)	$F_{гор}$, м ²	$F_{пом}$, м ²	$P_{ок}$, м	t , °С
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	5	2,5	15000	0,015	9	1000	160	20
1	6	2,5	13000	0,010	7,0	500	88	22
2	6	2,5	13500	0,012	7,5	550	96	24
3	6	2,5	14000	0,014	8,0	600	100	14
4	6	2,5	14500	0,016	8,5	650	102	16
5	6	2,5	15000	0,018	9,0	700	105	18
6	6	2,5	15500	0,020	9,5	750	110	20
7	4,5	2,2	13000	0,010	7,0	800	115	23
8	4,5	2,2	13500	0,012	7,5	850	120	25
9	4,5	2,2	14000	0,014	8,0	900	130	27
10	4,5	2,2	14500	0,016	8,5	950	140	29
11	4,5	2,2	15000	0,018	9,0	1000	145	32
12	4,5	2,2	15500	0,020	9,5	1500	150	30

1	2	3	4	5	6	7	8	9
13	5	2,1	13000	0,010	7,0	500	160	26
14	5	2,1	13500	0,012	7,5	550	170	28
15	5	2,1	14000	0,014	8,0	600	180	14
16	5	2,1	14500	0,016	8,5	650	190	16
17	5	2,1	15000	0,018	9,0	700	200	18
18	5	2,1	15500	0,020	9,5	750	210	20
19	5	2,1	16000	0,021	10,0	800	220	22

5.1.1 Пример решения задачи 1

Определить площадь проема дымоудаления из одноэтажного здания высотой 6 м. Требуемая высота незадымленной 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, площадь помещения 1500 м², периметр ограждающих конструкций 160 м. Температура наружного воздуха равна 20°C. Доля тепловыделения пожара, отдаваемая ограждающим конструкциям $\phi = 0,4$, коэффициент полноты сгорания $\eta = 0,9$.

Решение.

Определяем конвективную мощность очага пожара

$$Q = (1-\phi) \eta Q_p \psi_{уд} F_{гор} = (1-0,4) \cdot 0,9 \cdot 13850 \cdot 0,015 \cdot 9 = 1010 \text{ кВт.}$$

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

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

Температура продуктов горения

$$t_{пг} = \{ Q_c / [(c_p G_y) + \alpha \cdot (F_{пом} + P_{ок} \cdot (H-z))] \} + t_b = \{ 1010 / [(1,09 \cdot 5,08) + 0,012 \cdot (1500 + 160 \cdot (6 - 2,5))] \} + 20 = 54^\circ\text{C} = 327 \text{ К.}$$

Плотности продуктов горения и наружного воздуха определяем по формулам

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

$$\rho_{пг} = 353 / (54 + 273) = 1,08 \text{ кг/м}^3.$$

Располагаемый перепад давления в дымоудаляющем устройстве

$$\Delta P_{расп} = g (H-Z) (\rho_n - \rho_{пг}) = 9,81 (6 - 2,5) (1,2 - 1,08) = 4,14 \text{ Па.}$$

Требуемая площадь проема дымоудаления

$$F_y = G_y / [\mu \cdot (2 \cdot \rho_{пг} \cdot \Delta P_{расп})^{0,5}] = 5,08 / [0,64 \cdot (2 \cdot 1,08 \cdot 4,14)^{0,5}] = 2,65 \text{ м}^2.$$

Объемный часовой расход удаляемого дыма

$$L = 3600 \cdot G / \rho_{пг} = 3600 \cdot 5,08 / 1,08 = 16933 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

5.2 Задача 2

5.2.1 Условие и исходные данные для решения задачи 2

Определить расход продуктов горения из одноэтажной стоянки автомобилей высотой H , м, при горении одного автомобиля. Хранение автомобилей одноярусное. Требуемая высота незадымленной зоны Z , м, от пола помещения, площадь помещения $F_{\text{пом}}$, м^2 , периметр ограждающих конструкций $P_{\text{ок}}$, м. Мощность очага пожара N , МВт. Температура наружного воздуха t , °C.

Значения указанных величин для решения задачи 2 принять по табл. 2.

Таблица 2

Номер варианта задачи 2	H , м	Z , м	$F_{\text{пом}}$, м^2	$P_{\text{ок}}$, м	N , МВт	t , °C
0	3	2,0	400	80	3,9	4
1	3	2,0	500	88	4	5
2	3	2,0	600	96	4,1	6
3	3	2,0	700	100	4,2	7
4	3	2,0	800	102	4,3	8
5	3	2,0	900	105	4,4	9
6	3	2,0	1000	110	4,5	10
7	3,5	2,2	500	115	4,6	12
8	3,5	2,2	600	120	4,7	5
9	3,5	2,2	700	130	4,8	6
10	3,5	2,2	800	140	4,9	7
11	3,5	2,2	900	145	5,0	8
12	3,5	2,2	1000	150	4,3	9
13	4	2,5	500	160	4,4	10
14	4	2,5	600	170	4,5	12
15	4	2,5	700	180	4,6	5
16	4	2,5	800	190	4,7	6
17	4	2,5	900	200	4,8	7
18	4	2,5	1000	210	4,9	8
19	4	2,5	1500	220	5,0	9

5.2.2 Пример решения задачи 2.

Произвести расчет вытяжной системы противодымной вентиляции с механическим побуждением автостоянки площадью не более 1000 м^2 с одноярусным хранением автомобилей. Высота помещения для хранения автомобилей 3 м, периметр ограждающих конструкций помещения 160 м. Мощность очага пожара при горении одного автомобиля 4,5 МВт. Температура наружного воздуха равна 20°C . Доля тепла, отдаваемая очагом горения, ограждающим конструкциям помещения равна $\phi = 0,4$.

Определяем расход продуктов горения при горении одного автомобиля.

Конвективная составляющая мощности очага пожара определяется по формуле:

$$Q = (1 - \varphi) Q_n = (1 - 0,4) \cdot 4,5 = 2,7 \text{ МВт} = 2700 \text{ кВт}$$

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

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

Температура продуктов горения

$$t_{\text{пг}} = \{ Q_c / [(c_p G_y) + \alpha \cdot [F_{\text{пом}} + L_{\text{ок}} \cdot (H - z)]] \} + t_{\text{в}} = \{ 2700 / [(1,09 \cdot 7,33) + 0,012 \cdot [1500 + 160 \cdot (3 - 2)]] \} + 20 = 117^\circ\text{C} = 390 \text{ К.}$$

Плотности продуктов горения и наружного воздуха

$$\rho_n = 353 / (t_n + 273) = 353 / (20 + 273) = 1,2 \text{ кг/м}^3,$$

$$\rho_{\text{пг}} = 353 / T_{\text{пг}} = 353 / 390 = 0,905 \text{ кг/м}^3.$$

Располагаемый перепад давления

$$\Delta P_{\text{расп}} = g \cdot (H - Z) \cdot (\rho_n - \rho_{\text{пг}}) = 9,81(3 - 2,0)(1,2 - 0,905) = 2,9 \text{ Па.}$$

Требуемая площадь отверстий дымоудаления

$$F = G / [\mu \cdot (\rho_{\text{пг}} \cdot 2 \cdot \Delta P_{\text{расп}})^{0,5}] = 7,33 / [0,64 \cdot (2 \cdot 0,905 \cdot 2,9)^{0,5}] = 5,01 \text{ м}^2.$$

Объемный часовой расход удаляемого дыма

$$L = 3600 \cdot G / \rho_{\text{пг}} = 3600 \cdot 7,33 / 0,905 = 29158 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

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

5.3 Задача 3

5.3.1 Условие и исходные данные для решения задачи 3

Требуется определить площадь устройства дымоудаления из одноэтажной автостоянки закрытого типа высотой H , м. Хранение автомобилей – двухъярусное. Требуемая высота незадымленной зоны Z , м, от пола помещения, площадь помещения $F_{\text{пом}}$, м², периметр ограждающих конструкций $P_{\text{ок}}$ м. Мощность очага пожара $2 \cdot N$, МВт. Температура наружного воздуха равна $t^\circ\text{C}$. Доля тепла, отдаваемая ограждающим конструкциям, $\varphi = 0,4$.

Значения указанных величин для решения задачи 3 принять по табл. 3.

Таблица 3

Номер варианта задачи 3	H, м	Z, м	F _{пом} , м ²	P _{ок} , м	N, МВт	t, °C
0	6	2,0	400	80	3,9	4
1	6	2,0	500	88	4	5
2	6	2,0	600	96	4,1	6
3	6	2,0	700	100	4,2	7
4	6	2,0	800	102	4,3	8
5	6	2,0	900	105	4,4	9
6	6	2,0	1000	110	4,5	10
7	5	2,2	500	115	4,6	12
8	5	2,2	600	120	4,7	5
9	5	2,2	700	130	4,8	6
10	5	2,2	800	140	4,9	7
11	5	2,2	900	145	5,0	8
12	5	2,2	1000	150	4,3	9
13	4	2,5	500	160	4,4	10
14	4	2,5	600	170	4,5	12
15	4	2,5	700	180	4,6	5
16	4	2,5	800	190	4,7	6
17	4	2,5	900	200	4,8	7
18	4	2,5	1000	210	4,9	8
19	4	2,5	1500	220	5,0	9

5.3.2 Пример решения задачи 3

Требуется определить площадь устройства дымоудаления из одноэтажной автостоянки закрытого типа высотой 4,5 м. Хранение автомобилей – двухъярусное. Требуемая высота незадымленной зоны 2,0 м от пола помещения, площадь помещения 1500 м², периметр ограждающих конструкций 160 м. Мощность очага пожара $2 \cdot 4,5 = 9$ МВт. Температура наружного воздуха равна 20°C. Доля тепла, отдаваемая ограждающим конструкциям, $\phi = 0,4$.

Решение.

Конвективная мощность очага пожара

$$Q = (1-\phi) Q_{\text{п}} = (1-0,4) \cdot 9,0 = 5,4 \text{ МВт} = 5400 \text{ кВт.}$$

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

$$G_k = 0,032 Q^{3/5} Z = 0,032 \cdot 5400^{3/5} \cdot 2,0 = 11,1 \text{ кг/с.}$$

Температура продуктов горения

$$t_{\text{пр}} = \{Q_c / [(c_p G_y) + \alpha \cdot [F_{\text{пом}} + L_{\text{ок}} \cdot (H-z)]]\} + t_{\text{в}} = \{5400 / [(1,09 \cdot 11,1) + 0,012 \cdot [1500 + 160 \cdot (4,5 - 2)]]\} + 20 = 175^\circ\text{C} = 447 \text{ К.}$$

Плотности продуктов горения и наружного воздуха

$$\rho_n = 353/(t_n + 273) = 353/(20 + 273) = 1,2 \text{ кг/м}^3,$$

$$\rho_{пг} = 353/T_{пг} = 353/447 = 0,788 \text{ кг/м}^3.$$

Располагаемый перепад давления

$$\Delta P_{расп} = g \cdot (H - Z) \cdot (\rho_n - \rho_{пг}) = 9,81(4,5 - 2,0) (1,2 - 0,788) = 10,1 \text{ Па}.$$

Требуемая площадь отверстий дымоудаления

$$F = G/[\mu \cdot (2 \cdot \rho_{пг} \Delta P_{расп})^{0,5}] = 11,1/[0,64 \cdot (2 \cdot 0,788 \cdot 10,1)^{0,5}] = 4,3 \text{ м}^2.$$

Объемный часовой расход удаляемого дыма

$$L = 3600 \cdot G/\rho_{пг} = 3600 \cdot 11,1/0,788 = 50710 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

5.4. Задача 4

5.4.1. Условие и исходные данные для решения задачи 4

Определить площадь устройства дымоудаления из помещения для обеспечения незадымления путей эвакуации и помещений, смежных с горящим. Планировка здания показана на рисунке 1. Высота помещения H , м, температура наружного воздуха $t_n, ^\circ\text{C}$, температура продуктов горения $t_{пг}, ^\circ\text{C}$, скорость ветра U , м/с. Размеры проёмов 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 проёмов дверей и ворот $\mu_n = 0,64$, коэффициент расхода проёма дымоудаления $\mu_y = 0,8$, аэродинамический коэффициент устройства дымоудаления $K_y = 0$.

Значения указанных величин для решения задачи 4 принять по табл.4.

Таблица 4.

Номер варианта задачи 4	H , м	$t_n, ^\circ\text{C}$	$t_{пг}, ^\circ\text{C}$	U , м/с
1	2	3	4	5
0	5	15	500	3
1	6	15	300	1,0
2	6	18	350	2,0
3	6	20	375	3,0
4	6	22	400	3,5
5	6	24	450	4,0
6	6	26	500	4,5
7	5	15	550	5,0
8	5	18	600	1,0
9	5	20	300	2,0
10	5	22	350	3,0
11	5	24	375	3,5
12	5	26	400	4,0
13	4	15	450	4,5
14	4	18	500	5,0
15	4	20	550	3,0

16	4	22	600	3,5
17	4	24	300	4,0
18	4	26	450	4,5
19	4	28	500	5,0

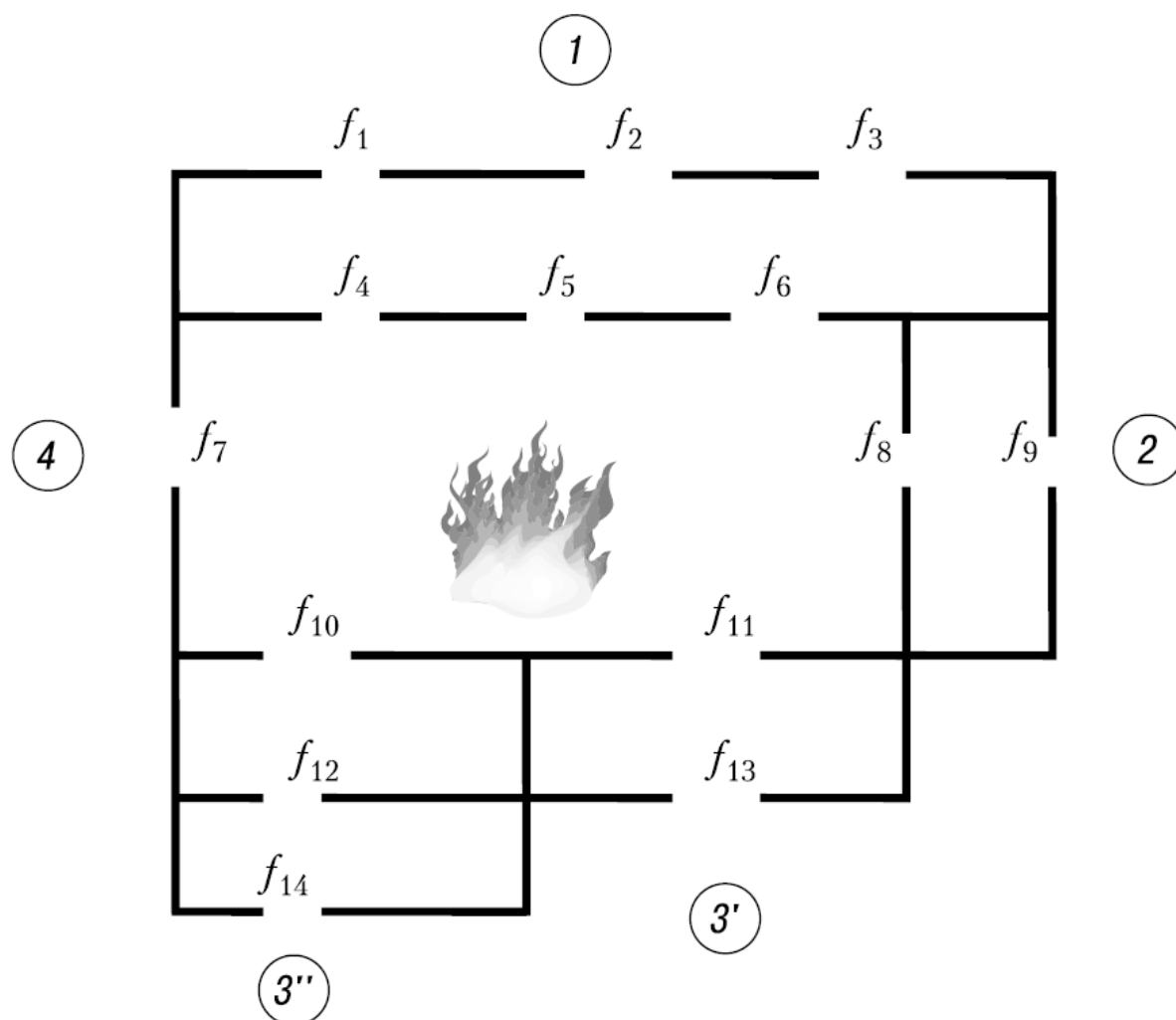


Рис. 1. К расчету системы дымоудаления, обеспечивающей незадымляемость путей эвакуации из здания и помещений, смежных с горящим (план)

5.4.2 Пример решения задачи 4

Определить площадь устройства дымоудаления из помещения для обеспечения незадымления путей эвакуации и помещений, смежных с горящим. Планировка здания показана на рисунке 2. Высота помещения 6 м, температура наружного воздуха 20 °С, температура продуктов горения 450°С, скорость ветра 4 м/с. Размеры проёмов: $f_1 = f_2 = f_3 = f_7 = f_9 = f_{13} = 2,5 \times 2,5 = 6,25 \text{ м}^2$; $f_4 = f_5 = f_6 = f_8 = f_{10} = f_{11} = f_{12} = f_{14} = 1 \times 2 = 2 \text{ м}^2$. Коэффициенты расходов проёмов дверей и ворот $\mu_{\text{п}} = 0,64$, коэффициент расхода про-

ёма дымоудаления $\mu_y = 0,8$, аэродинамический коэффициент устройства дымоудаления $K_y = 0$.

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

$$P_B = \rho_H U_B^2/2; P_{H3} = -0,4 \cdot P_B; P_{H6} = 0; P_{HH} = 0,6 \cdot P_B;$$

$$P_B = 1,2 \cdot 4^2/2 = 9,6 \text{ Па}; P_{H3} = -0,4 \cdot 9,6 = -3,84 \text{ Па}; P_{H6} = 0;$$

$$P_{HH} = 0,6 \cdot 9,6 = 5,76 \text{ Па};$$

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

$$P_{\text{ов}} = P_{\text{нз}} - h \cdot g \cdot \Delta\rho \cdot [1 + 0,5 \cdot (F_1/F_2)^2].$$

$$P_{\text{ов}} = -3,84 - 2 \cdot 9,81 \cdot 0,488 \cdot [1 + 0,5 \cdot (1,4)^2] = -22,8 \text{ Па}.$$

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

$$G_3 = \mu \cdot F_{3,\text{экв}} \cdot [2 \cdot \rho_{\text{н}} \cdot (P_{\text{нз}} - P_{\text{ов}} - 0,5 \cdot h \cdot g \cdot \Delta\rho)]^{0,5}$$

$$G_3 = 0,64 \cdot 3,05 \cdot [2 \cdot 1,2 \cdot (-3,84 + 22,8 - 0,5 \cdot 2 \cdot 9,81 \cdot 0,717)]^{0,5} = 10,44 \text{ кг/с}$$

$$G_6 = \mu \cdot F_{6,\text{экв}} \cdot [2 \cdot \rho_{\text{н}} \cdot (P_{\text{нб}} - P_{\text{ов}} - 0,5 \cdot h \cdot g \cdot \Delta\rho)]^{0,5}$$

Эквивалентная площадь боковых фасадов

$$F_{6,\text{экв}} = F_{\text{экв}2} + F_{\text{экв}4} = 1,9 + 6,25 = 8,15 \text{ м}^2.$$

$$G_6 = 0,64 \cdot 8,15 \cdot [2 \cdot 1,2 \cdot (0 + 22,8 - 0,5 \cdot 2 \cdot 9,81 \cdot 0,717)]^{0,5} = 32 \text{ кг/с}.$$

$$G_{\text{н}} = \mu \cdot F_{\text{н},\text{экв}} \cdot [2 \cdot \rho_{\text{н}} \cdot (P_{\text{нн}} - P_{\text{ов}} - 0,5 \cdot h \cdot g \cdot \Delta\rho)]^{0,5}$$

$$G_{\text{н}} = 0,64 \cdot 5,71 \cdot [2 \cdot 1,2 \cdot (9,6 + 22,8 - 0,5 \cdot 2 \cdot 9,81 \cdot 0,717)]^{0,5} = 28 \text{ кг/с}$$

Располагаемый перепад давления вычисляется по формуле

$$\Delta P_{\text{расп}} = P_{\text{ов}} - K_y \cdot P_{\text{в}} + H \cdot g \cdot \Delta\rho$$

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

$$\Delta P_{\text{расп}} = -22,8 + 6 \cdot 9,81 \cdot 0,717 = 19,4 \text{ Па}.$$

Площадь устройства дымоудаления определяется по формуле

$$F_y = 1,1 \cdot (G_3 + G_6 + G_{\text{н}}) / [\mu_y \cdot (2 \cdot \rho_{\text{пг}} \cdot \Delta P_{\text{расп}})^{0,5}]$$

где μ_y - коэффициент расхода устройства дымоудаления.

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

$$F_y = 1,1 \cdot (10,44 + 32 + 28) / [0,8 \cdot (2 \cdot 0,488 \cdot 19,4)^{0,5}] = 22,25 \text{ м}^2.$$

5.5 Задача 5

5.5.1 Условие и исходные данные для решения задачи 5

Определить расход и давление на оголовке шахты системы дымоудаления из коридоров многоэтажного здания. Этажность здания 3, высота этажа здания $h_{\text{эт}}$, м, тип здания - Т, температура наружного воздуха для холодного периода года $t_{\text{н}}$, °С, температура продуктов горения в коридоре $t_{\text{д}}$, °С, скорость ветра U , м/с, размеры дверей из лестничной клетки в коридор $b \times h$ м, шахта дымоудаления – кирпичная неоштукатуренная, размеры

шахты дымоудаления 0,8х0,6 м, установочные размеры клапана дымоудаления 0,8х0,6 м; уровень расположения выбросного отверстия системы дымоудаления 14 м.

Значения необходимых величин для решения задачи 5 приняты по табл. 5.

Таблица 5

Номер варианта задачи 5	Этажность здания	Тип здания	$h_{эт},$ м	$b \times h,$ м	$t_{н}, ^\circ C$	$t_{д}, ^\circ C$	$U,$ м/с
0	3	Общественное	3	0,9х2	-20	200	1,5
1	2	Жилое	2,7	0,85х2,0	-10	200	1,0
2	3	Общественное	3,0	0,85х2,0	-15	225	1,5
3	4	Жилое	2,8	0,9х2,0	-20	230	1,75
4	2	Общественное	3,2	0,9х2,0	-25	240	2,0
5	3	Жилое	2,9	1,0х2,0	-26	250	2,2
6	4	Общественное	3,25	1,0х2,0	-27	275	2,5
7	2	Жилое	3,0	1,0х2,1	-28	300	3,0
8	3	Общественное	3,3	1,0х2,1	-30	325	3,5
9	4	Жилое	3,2	0,85х2,0	-32	200	4,0
10	2	Общественное	3,4	0,85х2,0	-35	225	4,5
11	3	Жилое	2,7	0,85х2,0	-40	230	5,0
12	4	Общественное	3,5	0,9х2,0	-20	240	5,5
13	2	Жилое	2,8	0,9х2,0	-25	250	5,0
14	3	Общественное	3,7	1,0х2,0	-26	275	4,5
15	4	Жилое	3,0	1,0х2,0	-27	300	4,0
16	2	Общественное	3,8	1,0х2,1	-28	325	3,5
17	3	Жилое	2,7	1,0х2,1	-30	250	3,0
18	4	Общественное	4,0	1,2х2,1	-32	275	2,5
19	3	Жилое	3,5	1,0х2,0	-35	300	2,0

5.5.2. Пример решения задачи 5

Определить расход и давление на оголовке шахты системы дымоудаления из коридоров многоэтажного здания. Этажность здания – 3 этажа, высота этажа здания - 4 м, тип здания - общественное, температура наружного воздуха для холодного периода года - 28°C, температура продуктов горения в коридоре 300 °C, скорость ветра 4,9 м/с, размеры дверей из лестничной клетки в коридор 1,2х2,1 м, шахта дымоудаления – кирпичная нештукатуренная, размеры шахты дымоудаления 0,8х0,6 м, установочные размеры клапана дымоудаления 0,8х0,6 м; уровень расположения выбросного отверстия системы дымоудаления 14 м.

Решение.

Плотность наружного воздуха

$$\rho_n = 353/(t_n + 273) = 353/(-28 + 273) = 1,44 \text{ кг/м}^3.$$

Плотность воздуха в здании

$$\rho_b = 353/(t_b + 273) = 353/(16 + 273) = 1,22 \text{ кг/м}^3.$$

Плотность продуктов горения

$$\rho_{пг} = 353/(t_{пг} + 273) = 353/(300 + 273) = 0,616 \text{ кг/м}^3.$$

Наружное давление на наветренном фасаде

$$P_{нн,i} = 0,8 \cdot (\rho_n \cdot V_b^2)/2 - g \cdot h_{эт} \cdot (i-1) \cdot (\rho_n - \rho_b).$$

Наружное давление на заветренном фасаде

$$P_{нз,i} = -0,6 \cdot (\rho_n \cdot V_b^2)/2 - g \cdot h_{эт} \cdot (i-1) \cdot (\rho_n - \rho_b).$$

Давление внутри здания

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

Результаты расчетов заносим в таблицу П6.

Таблица П6

№ этажа	$P_{нн,i}$ Па	$P_{нз,i}$ Па	$P_{в,i}$ Па	$P_{ш,i}$ Па
1	13,82	-10,37	1,7	-333,5
2	5,19	-19,0	-6,93	-378,5
3	-3,45	-27,63	-15,56	-415,7
Выброс	-16,4			

Расход удаляемого дыма

$$G_d = 1,2 \cdot b_d \cdot h_d^{3/2} = 1,2 \cdot 1,2 \cdot 2,1^{3/2} = 4,38 \text{ кг/с}.$$

Площадь проходного сечения клапана дымоудаления

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

Скорость дыма в клапане

$$V_d = G_d / (F_{кл} \cdot \rho_d) = 4,38 / (0,424 \cdot 0,616) = 16,79 \text{ м/с}.$$

Потери давления в клапане дымоудаления

$$\Delta P_{кл} = \xi_{кл} \cdot (\rho_d \cdot V_d^2)/2 = 4 \cdot (0,616 \cdot 16,79^2)/2 = 347 \text{ Па}.$$

Давление в шахте дымоудаления на уровне первого этажа

$$P_{ш,1} = P_{к,1} - \Delta P_{кл} = 13,82 - 347 = -333,5 \text{ Па}.$$

Скорость дыма в шахте дымоудаления между первым и вторым этажами

$$V_{ш,1-2} = G_d / (a_{ш} \cdot b_{ш} \cdot \rho_d) = 4,38 / (0,8 \cdot 0,6 \cdot 0,616) = 14,81 \text{ м/с}.$$

Эквивалентный диаметр проходного сечения шахты дымоудаления

$$d_{экв} = 4 \cdot a_{ш} \cdot b_{ш} / [2 \cdot (a_{ш} + b_{ш})] = 4 \cdot 0,8 \cdot 0,6 / [2 \cdot (0,8 + 0,6)] = 0,685 \text{ м}.$$

Давление в шахте дымоудаления на уровне второго этажа

$$\begin{aligned} P_{ш,2} &= P_{ш,1} - \lambda \cdot (h_{э}/d_{экв}) \cdot (\rho_{1-2} \cdot V_{ш,1-2}^2/2) = \\ &= -333,5 - 0,1 \cdot (4/0,685) \cdot (0,616 \cdot 14,81^2/2) = -372,95 \text{ Па}. \end{aligned}$$

Характеристика сопротивления дымогазопроницанию шахты и клапана дымоудаления

$$S_{\text{кл}} = S_{\text{уд}}/F_{\text{кл}} = 3000/(0,8 \cdot 0,6) = 6250 \text{ м}^{-1}.$$

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

$$G_{\text{ф}} = [(P_{\text{в},2} - P_{\text{ш},2})/S_{\text{ш}}]^{0,5} = [(-6,93 + 372,95)/6250]^{0,5} = 0,241 \text{ кг/с}.$$

Температура дыма между вторым и третьим этажами

$$T_{2-3} = (G_{\text{д}} \cdot T_{\text{д}} + G_{\text{ф},2} \cdot T_{\text{в}})/(G_{\text{д}} + G_{\text{ф},2}) = (4,38 \cdot 573 + 0,241 \cdot 289)/(4,38 + 0,241) = 558 \text{ К}.$$

Плотность дыма между вторым и третьим этажами

$$\rho_{2-3} = 353/T_{2-3} = 353/558 = 0,632 \text{ кг/м}^3.$$

Скорость дыма в шахте дымоудаления между вторым и третьим этажами

$$V_{\text{ш},2-3} = (G_{\text{д}} + G_{\text{ф},2})/(a_{\text{ш}} \cdot b_{\text{ш}} \cdot \rho_{2-3}) = (4,38 + 0,241)/(0,8 \cdot 0,6 \cdot 0,632) = 15,23 \text{ м/с}.$$

Давление в шахте дымоудаления на уровне третьего этажа

$$P_{\text{ш},3} = P_{\text{ш},2} - \lambda \cdot (h_{\text{э}}/d_{\text{экв}}) \cdot (\rho_{2-3} \cdot V_{\text{ш},2-3}^2/2) = -372,95 - 0,1 \cdot (4/0,685) \cdot (0,632 \cdot 15,23^2/2) = -415,75 \text{ Па}.$$

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

$$G_{\text{ф},3} = [(P_{\text{в},3} - P_{\text{ш},3})/S_{\text{ш}}]^{0,5} = [(-15,56 + 415,75)/6250]^{0,5} = 0,253 \text{ кг/с}.$$

Температура дыма выше третьего этажа

$$T_3 = (G_{\text{д}} \cdot T_{\text{д}} + G_{\text{ф},2} \cdot T_{\text{в}} + G_{\text{ф},3} \cdot T_{\text{в}})/(G_{\text{д}} + G_{\text{ф},2} + G_{\text{ф},3}) = (4,38 \cdot 573 + 0,241 \cdot 289 + 0,253 \cdot 289)/(4,38 + 0,241 + 0,253) = 544 \text{ К}.$$

Плотность дыма выше третьего этажа

$$\rho_3 = 353/T_3 = 353/544 = 0,649 \text{ кг/м}^3.$$

Производительность вентилятора

$$Q_{\text{в}} = 3600 \cdot (G_{\text{д}} + G_{\text{ф},2} + G_{\text{ф},3})/\rho_3 = 3600 \cdot (4,38 + 0,241 + 0,253)/0,649 = 27036 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Давление на оголовке шахты дымоудаления

$$P_{\text{в}} = P_{\text{ш},3} + P_{\text{выбр}} = -415,7 - 16,4 = -432,1 \text{ Па}$$

5.6. Задача 6 (два варианта)

5.6.1 Условия и исходные данные для решения задачи 6 (вариант 1)

Определить параметры вентилятора подпора воздуха в незадымляемую лестничную клетку типа Н2. Здание общественное, трехэтажное, лестничная клетка без естественного освещения через остекленные проемы

в наружных ограждениях; температура наружного воздуха для зимнего периода года t_n , °C, скорость ветра U , м/с; высота этажа $h_{эт}$, м; уровень расположения воздухозаборного отверстия системы подпора в лестничную клетку 12 м; размеры одностворчатых дверей из коридора в лестничную клетку $b \times h$ м. Выход из здания через одинарный тамбур (две последовательные одностворчатые двери), размеры дверей 1,2х2,1 м, площадь лестничной клетки 20 м². Удельная характеристика воздухопроницания закрытых дверей лестничной клетки 2500 л/кг.

Вариант 1. Открыта дверь из коридора в лестничную клетку, входная дверь здания и двери лестничной клетки на остальных этажах закрыты.

Значения необходимых величин для решения задачи 6 приняты по табл. 6.

Таблица 6

Номер варианта задачи 6	Этажность здания	Тип здания	$h_{эт}$, м	$b \times h$, м	t_n , °C	U , м/с
0	3	Общественное	2,9	0,8х2,0	-20	4
1	2	Жилое	2,7	0,85х2,0	-10	1,0
2	3	Общественное	3,0	0,85х2,0	-15	1,5
3	4	Жилое	2,8	0,9х2,0	-20	1,75
4	2	Общественное	3,2	0,9х2,0	-25	2,0
5	3	Жилое	2,9	1,0х2,0	-26	2,2
6	4	Общественное	3,25	1,0х2,0	-27	2,5
7	2	Жилое	3,0	1,0х2,1	-28	3,0
8	3	Общественное	3,3	1,0х2,1	-30	3,5
9	4	Жилое	3,2	0,85х2,0	-32	4,0
10	2	Общественное	3,4	0,85х2,0	-35	4,5
11	3	Жилое	2,7	0,85х2,0	-40	5,0
12	4	Общественное	3,5	0,9х2,0	-20	5,5
13	2	Жилое	2,8	0,9х2,0	-25	5,0
14	3	Общественное	3,7	1,0х2,0	-26	4,5
15	4	Жилое	3,0	1,0х2,0	-27	4,0
16	2	Общественное	3,8	1,0х2,1	-28	3,5
17	3	Жилое	2,7	1,0х2,1	-30	3,0
18	4	Общественное	4,0	1,2х2,1	-32	2,5
19	3	Жилое	3,5	1,0х2,0	-35	2,0

5.6.2 Пример решения задачи 6 (вариант 1)

Определить параметры вентилятора системы подпора воздуха в лестничную клетку типа Н2 (вариант 1) при открытой двери из коридора в лестничную клетку и закрытых других дверях. Здание общественное, трех-

этажное, лестничная клетка без естественного освещения через остекленные проемы в наружных ограждениях;

Место расположения Москва, температура наружного воздуха для зимнего периода года -28°C , скорость ветра $4,9 \text{ м/с}$;

Температура дыма $300^{\circ}\text{C} = 573 \text{ К}$;

Высота этажа 4 м ; уровень расположения воздухозаборного отверстия системы подпора в лестничную клетку 12 м ;

Размеры одностворчатых дверей из коридора в лестничную клетку $1,2 \times 2,1 \text{ м}$;

Выход из здания через одинарный тамбур (две последовательные одностворчатые двери), размеры дверей $1,2 \times 2,1 \text{ м}$, площадь лестничной клетки 20 м^2 ;

Удельная характеристика воздухопроницания закрытых дверей лестничной клетки 2500 л/кг ;

Вариант 1: Открыта дверь из коридора в лестничную клетку, входная дверь здания и двери лестничной клетки на остальных этажах закрыты.

Решение.

Плотность наружного воздуха

$$\rho_n = 353/(t_n + 273) = 353/(-28 + 273) = 1,44 \text{ кг/м}^3.$$

Плотность воздуха в здании

$$\rho_v = 353/(t_v + 273) = 353/(16 + 273) = 1,22 \text{ кг/м}^3.$$

Наружное давление на наветренном фасаде

$$P_{нн,i} = 0,8 \cdot (\rho_n \cdot V_v^2)/2 - g \cdot h_{эт} \cdot (i-1) \cdot (\rho_n - \rho_v).$$

Наружное давление на заветренном фасаде

$$P_{нз,i} = -0,6 \cdot (\rho_n \cdot V_v^2)/2 - g \cdot h_{эт} \cdot (i-1) \cdot (\rho_n - \rho_v).$$

Давление внутри здания

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

Наружное давление на уровне воздухозабора

$$P_{вз} = -0,6 \cdot (\rho_n \cdot V_v^2)/2 - g \cdot h_{вз} \cdot (\rho_n - \rho_v) = -0,6 \cdot (1,44 \cdot 4,9^2)/2 - 9,81 \cdot 12 \cdot (1,44 - 1,22) = -36,26 \text{ Па}.$$

Результаты расчетов заносим в таблицу П 6.1.

Таблица П 6.1

№ этажа	$P_{нн,i}$ Па	$P_{нз,i}$ Па	$P_{в,i}$ Па	$P_{лк,i}$ Па
1	13,82	-10,37	1,7	33,82
2	5,19	-19,0	-6,93	34,56
3	-3,45	-27,63	-15,56	35,37
Забор воздуха		-36,26		

Расход воздуха из лестничной клетки в коридор этажа пожара

$$G_d = 1,5 \cdot b_d \cdot h_d = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 2,1 = 3,78 \text{ кг/с.}$$

Расход воздуха через входную дверь здания равен нулю.

Расход воздуха со второго этажа лестничной клетки на первый равен расходу из лестничной клетки в коридор этажа пожара. Давление в лестничной клетке на уровне второго этажа определяем по формуле

$$P_{\text{лк},2} = P_{\text{лк},1} + 30 \cdot G_{2,1}^2 / (\rho_n \cdot f_{\text{лк}}^2) = 33,82 + 30 \cdot 3,78^2 / (1,44 \cdot 20^2) = 34,56 \text{ Па.}$$

Характеристика воздухопроницаемости дверей лестничной клетки

$$S_{\text{дв}} = S_{\text{уд}} / (H_{\text{п}} B_{\text{п}})^{0,5} = 2500 / (2,1 \cdot 1,2)^{0,5} = 1574 \text{ л/(кг} \cdot \text{м)}$$

Расход воздуха, фильтрующегося через щели дверей из лестничной клетки в внутрь здания на втором этаже, определяем по формуле (29)

$$G_{\text{д},2} = [(P_{\text{лк},2} - P_{\text{в},2}) / S_{\text{дв}}]^{0,5} = [(34,56 + 6,93) / 1574]^{0,5} = 0,162 \text{ кг/с.}$$

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

$$G_{3,2} = G_{2,1} + G_{\text{д},2} = 3,78 + 0,162 = 3,94 \text{ кг/с.}$$

Давление в лестничной клетке на уровне третьего этажа

$$P_{\text{лк},3} = P_{\text{лк},2} + 30 \cdot G_{3,2}^2 / (\rho_n \cdot f_{\text{лк}}^2) = 34,56 + 30 \cdot 3,94^2 / (1,44 \cdot 20^2) = 35,37 \text{ Па.}$$

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

$$G_{\text{д},3} = [(P_{\text{лк},3} - P_{\text{в},3}) / S_{\text{дв}}]^{0,5} = [(35,37 + 15,56) / 1574]^{0,5} = 0,180 \text{ кг/с.}$$

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

$$G_{\text{лк}} = G_{3,2} + G_{\text{д},3} = 3,94 + 0,180 = 4,12 \text{ кг/с.}$$

Объемный часовой расход воздуха (подачу вентилятора) определяем по формуле

$$Q_{\text{лк}} = 3600 \cdot G_{\text{лк}} / \rho_n = 3600 \cdot 4,12 / 1,44 = 10305 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Давление на оголовке лестничной клетки, определяется по формуле

$$P_{\text{в}} = P_{\text{лк},3} - P_{\text{нз},\text{в}} = 35,37 + 36,26 = 71,63 \text{ Па.}$$

5.6.3. Условия и исходные данные для решения задачи 6 (вариант 2)

Определить параметры вентилятора подпора воздуха в незадымляемую лестничную клетку типа Н2. Здание общественное, трехэтажное, лестничная клетка без естественного освещения через остекленные проемы в наружных ограждениях; температура наружного воздуха для зимнего периода года t_n , °С, скорость ветра U , м/с; высота этажа $h_{\text{эт}}$, м; уровень расположения воздухозаборного отверстия системы подпора в лестничную

клетку 12 м; размеры одностворчатых дверей из коридора в лестничную клетку 1х2 м. Выход из здания через одинарный тамбур (две последовательные одностворчатые двери), размеры дверей $b_{\text{вх}} \times h_{\text{вх}}$ м, площадь лестничной клетки 20 м². Удельная характеристика воздухопроницания закрытых дверей лестничной клетки 2500 л/кг.

Вариант 2: Открыта входная дверь из коридора в лестничную клетку закрыты на всех этажах.

Значения необходимых величин для решения задачи 6 приняты по табл. 7.

Таблица 7

Номер варианта задачи 6	Этажность здания	Тип здания	$h_{\text{эт}}$, м	$b \times h$, м	$t_{\text{н}}$, °C	U , м/с
0	3	Общественное	2,9	0,9х2	-20	2
1	2	Жилое	2,7	0,85х2,0	-10	1,0
2	3	Общественное	3,0	0,85х2,0	-15	1,5
3	4	Жилое	2,8	0,9х2,0	-20	1,75
4	2	Общественное	3,2	0,9х2,0	-25	2,0
5	3	Жилое	2,9	1,0х2,0	-26	2,2
6	4	Общественное	3,25	1,0х2,0	-27	2,5
7	2	Жилое	3,0	1,0х2,1	-28	3,0
8	3	Общественное	3,3	1,0х2,1	-30	3,5
9	4	Жилое	3,2	0,85х2,0	-32	4,0
10	2	Общественное	3,4	0,85х2,0	-35	4,5
11	3	Жилое	2,7	0,85х2,0	-40	5,0
12	4	Общественное	3,5	0,9х2,0	-20	5,5
13	2	Жилое	2,8	0,9х2,0	-25	5,0
14	3	Общественное	3,7	1,0х2,0	-26	4,5
15	4	Жилое	3,0	1,0х2,0	-27	4,0
16	2	Общественное	3,8	1,0х2,1	-28	3,5
17	3	Жилое	2,7	1,0х2,1	-30	3,0
18	4	Общественное	4,0	1,2х2,1	-32	2,5
19	3	Жилое	3,5	1,0х2,0	-35	2,0

5.6.4 Пример решения задачи 6 (вариант 2)

Определить параметры вентилятора приточной системы подпора воздуха в лестничную клетку типа Н2 при открытой двери здания и закрытых дверях лестничной клетки. Здание общественное, трехэтажное, лестничная клетка без естественного освещения через остекленные проемы в наружных ограждениях;

Место расположения Москва, температура наружного воздуха для зимнего периода года -28°C, скорость ветра 4,9 м/с;

Температура дыма 300°C = 573 К;

Высота этажа 4 м; уровень расположения воздухозаборного отверстия системы подпора в лестничную клетку 12 м;

Размеры одностворчатых дверей из коридора в лестничную клетку 1,2х2,1 м;

Выход из здания через одинарный тамбур (две последовательные одностворчатые двери), размеры дверей 1,2х2,1 м, площадь лестничной клетки 20 м²;

Удельная характеристика воздухопроницания закрытых дверей лестничной клетки 2500 1/кг;

Вариант 2: Открыта входная дверь из коридора в лестничную клетку закрыты на всех этажах.

Решение.

Плотность наружного воздуха

$$\rho_n = 353/(t_n + 273) = 353/(-28 + 273) = 1,44 \text{ кг/м}^3.$$

Плотность воздуха в здании

$$\rho_b = 353/(t_b + 273) = 353/(16 + 273) = 1,22 \text{ кг/м}^3.$$

Наружное давление на наветренном фасаде

$$P_{нн,i} = 0,8 \cdot (\rho_n \cdot V_b^2)/2 - g \cdot h_{эт} \cdot (i-1) \cdot (\rho_n - \rho_b).$$

Наружное давление на заветренном фасаде

$$P_{нз,i} = -0,6 \cdot (\rho_n \cdot V_b^2)/2 - g \cdot h_{эт} \cdot (i-1) \cdot (\rho_n - \rho_b).$$

Давление внутри здания

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

Наружное давление на уровне воздухозабора

$$P_{вз} = -0,6 \cdot (\rho_n \cdot V_b^2)/2 - g \cdot h_{вз} \cdot (\rho_n - \rho_b) = -0,6 \cdot (1,44 \cdot 4,9^2)/2 - 9,91 \cdot 12 \cdot (1,44 - 1,22) = -36,26 \text{ Па}.$$

Результаты расчетов заносим в таблицу П 6.2

Таблица П 6.2

№ этажа	$P_{нн,i}$ Па	$P_{нз,i}$ Па	$P_{в,i}$ Па	$P_{лк,i}$ Па
1	13,82	-10,37	1,7	33,82
2	5,19	-19,0	-6,93	42,43
3	-3,45	-27,63	-15,56	51,28
Забор воздуха		-36,26		

Эквивалентная площадь входных дверей здания

$$(\mu \cdot f)_{вх} = 1/[1/(\mu \cdot f)_1^2 + 1/(\mu \cdot f)_2^2]^{0,5} = 1/[1/(0,64 \cdot 1,2 \cdot 2,1)^2 + 1/(0,64 \cdot 1,2 \cdot 2,1)^2]^{0,5} = 1,14 \text{ м}^2.$$

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

Расход воздуха через входную дверь здания

$$G_{\text{вх}} = (\mu \cdot f)_{\text{вх}} [2 \cdot \rho_{\text{п}} (P_{\text{лк},1} - P_{\text{вх}})]^{0,5} = 1,14 \cdot [2 \cdot 1,44 \cdot (33,82 + 10,37)]^{0,5} = 12,86 \text{ кг/с.}$$

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

$$P_{\text{лк},2} = P_{\text{лк},1} + 30 \cdot G_{2,1}^2 / (\rho_{\text{н}} \cdot f_{\text{лк}}^2) = 33,82 + 30 \cdot 12,86^2 / (1,44 \cdot 20^2) = 42,43 \text{ Па.}$$

Характеристика воздухопроницаемости дверей лестничной клетки

$$S_{\text{дв}} = S_{\text{уд}} / (H_{\text{п}} B_{\text{п}})^{0,5} = 2500 / (2,1 \cdot 1,2)^{0,5} = 1574 \text{ л/(кг} \cdot \text{м)}$$

Расход воздуха, фильтрующегося через щели дверей из лестничной клетки в внутрь здания на втором этаже, определяем по формуле (29)

$$G_{\text{д},2} = [(P_{\text{лк},2} - P_{\text{в},2}) / S_{\text{дв}}]^{0,5} = [(42,43 + 6,93) / 1574]^{0,5} = 0,177 \text{ кг/с.}$$

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

$$G_{3,2} = G_{2,1} + G_{\text{д},2} = 12,86 + 0,177 = 13,04 \text{ кг/с.}$$

Давление в лестничной клетке на уровне третьего этажа

$$P_{\text{лк},3} = P_{\text{лк},2} + 30 \cdot G_{3,2}^2 / (\rho_{\text{н}} \cdot f_{\text{лк}}^2) = 42,43 + 30 \cdot 13,04^2 / (1,44 \cdot 20^2) = 51,28 \text{ Па.}$$

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

$$G_{\text{д},3} = [(P_{\text{лк},3} - P_{\text{в},3}) / S_{\text{дв}}]^{0,5} = [(51,28 + 15,56) / 1574]^{0,5} = 0,206 \text{ кг/с.}$$

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

$$G_{\text{лк}} = G_{3,2} + G_{\text{д},3} = 13,04 + 0,206 = 13,25 \text{ кг/с.}$$

Объемный часовой расход воздуха (подачу вентилятора) определяем по формуле

$$Q_{\text{лк}} = 3600 \cdot G_{\text{лк}} / \rho_{\text{н}} = 3600 \cdot 13,25 / 1,44 = 33115 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Давление на оголовке лестничной клетки

$$P_{\text{в}} = P_{\text{лк},3} - P_{\text{нз},\text{в}} = 51,28 + 36,26 = 87,54 \text{ Па.}$$

Литература

1. Федеральный закон №123-ФЗ от 22.07.2008 г «Технический регламент отребованиях пожарной безопасности».
2. СП 7.13130.2013. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Противопожарные требования (актуальная редакция).
3. СП 60.13330.2020 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха (актуализированная редакция СНиП 41-01-2003)
4. 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.
5. Есин В. М., Панов М. В., Сидорук В. И., Токарев В. Н. Методические указания к выполнению контрольной работы по курсу «Пожарная безопасность в строительстве». -М.: Академия ГПС МЧС России, 2010. – 27 с.
5. С.В. Томин, В.Н. Токарев. Задачник по пожарной профилактике в строительстве. ВИПТШ МВД РФ.–М.: 1995.