



**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
2024

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, 2024.-27 с

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».....	5
3. Контрольные вопросы по разделу «Пожарная безопасность систем вентиляции и кондиционирования»	6
4. Контрольные вопросы по разделу «Противодымная защита. Противовзрывная защита.»	7
5. Задачи по противодымной вентиляции.....	9
Литература	27

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 задачи по изученным темам.

Выбор варианта контрольной работы производится в соответствии с порядковым номером в ведомости. Преподаватель проверяет правильность выбора варианта контрольной работы в соответствии со сведениями, указанными 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; противовзрывной защиты зданий и сооружений.

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

Содержание контрольной работы должно соответствовать выбранному варианту. В конце работы должен быть библиографический список. Допускаются приложения в виде таблиц, графиков и др.

Структурными элементами контрольной работы являются:

- Титульный лист (1 страница).
- Содержание (1 страница).
- Введение (1-2 страница).
- Основная часть (8-13 страниц).
- Библиографический список (2 страницы).

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 одинаковым межстрочным 1,5 интервалом в текстовом редакторе Microsoft Word for Windows. Текст набирается нежирным шрифтом Times New Roman, 14 размером. Размер отступа в начале строки (абзаца) - 5 знаков, что составляет 1,25 см. 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 текста (за исключением заглавий) производится по ширине. Контрольная работа подшивается в папку-скоросшиватель и сдается для проверки научному руководителю в сроки, установленные учебным планом

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

1. Требования к допустимым температурам теплоносителей систем отопления, теплогенераторов и отопительных печей.
2. Требования пожарной безопасности к теплогенераторам, работающим на газообразном топливе.
3. Устройство бытовых отопительных аппаратов на твердом топливе. Требования пожарной безопасности, предъявляемая к аппаратам.
4. Устройство бытовых отопительных аппаратов на жидком топливе. Требования пожарной безопасности, предъявляемая к аппаратам.
5. Требования пожарной безопасности при выборе систем отопления, теплогенерирующих установок и отопительных печей.
6. Классификация печей. Требования пожарной безопасности при размещении печей в зданиях с конструкциями, выполненными из горючих материалов.
7. Виды дымовых каналов (труб). Требования пожарной безопасности к каналам (трубам) при прокладке в зданиях, при наличии конструкций из сгораемых материалов.
8. Требования пожарной безопасности к трубопроводам и отопительным приборам систем отопления, обслуживающих помещения категорий А и Б.
9. Устройство противопожарных разделок отопительных печей и дымовых каналов. Требования к разделкам.
10. Устройство противопожарных отступок при размещении печей и прокладке дымовых каналов. Требования к отступкам.
11. Решения по защите деревянных конструкций зданий от возгорания при размещении отопительных печей в помещении.
12. Решения по защите деревянных конструкций здания при прокладке дымовых каналов (труб).
13. Тепловой расчет печей.
14. Требования пожарной безопасности к воздушному отоплению.
15. Назначение и классификация систем отопления. Пожарная опасность систем отопления.
16. Системы водяного отопления.
17. Системы парового отопления.
18. Классификация котельных установок. Требования пожарной безопасности к ним.
19. Устройство отопительных аппаратов бытовых на твердом топливе. Требования пожарной безопасности.
20. Устройство отопительных аппаратов бытовых на жидком топливе. Требования пожарной безопасности.
21. Каминны и каминные топки. Классификация и устройство. Требования пожарной безопасности к ним.
22. Требования пожарной безопасности к дымовым трубам каминов.
23. Последовательность надзора за соблюдением требований пожарной безопасности при эксплуатации печей.
24. Последовательность надзора за соблюдением требований пожарной безопасности при эксплуатации систем отопления помещений категорий А и Б.

25. Требования пожарной безопасности к газовым и электрическим инфракрасным излучателям.
26. Требования пожарной безопасности к системам поквартирного теплоснабжения жилых многоквартирных зданий.

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

1. Классификация и устройство систем вентиляции и кондиционирования.
2. Аэродинамический расчет систем вентиляции с механическим побуждением.
3. Устройство приточных систем общеобменной вентиляции. Пожарная опасность систем вентиляции.
4. Устройство вытяжных систем общеобменной вентиляции. Пожарная опасность систем вентиляции.
5. Устройство вытяжных систем местной вентиляции. Пожарная опасность систем вентиляции.
6. Аварийная вентиляция. Назначение, устройство, требования пожарной безопасности.
7. Схемы общих гравитационных систем вентиляции. Требования пожарной безопасности, предъявляемые к данным системам.
8. Мероприятия, предотвращающие образование горючей среды в вентиляционных системах.
9. Мероприятия, предотвращающие образование источников воспламенения в вентиляционных системах.
10. Мероприятия, предотвращающие распространение пожара по вентиляционным системам.
11. Схемы общих систем вентиляции для групп помещений категорий А и Б. Требования пожарной безопасности.
12. Схемы общих систем вентиляции для жилых и общественных зданий.
13. Требования пожарной безопасности к устройствам для забора наружного воздуха и устройствам для выброса воздуха в атмосферу.
14. Требования пожарной безопасности при очистке воздуха от пыли.
15. Устройство помещений для размещения вентиляционного оборудования. Определение их категорий по пожарной опасности.
16. Требования пожаровзрывобезопасности, предъявляемые к помещениям для размещения вентиляционного оборудования.
17. Требования пожарной безопасности, предъявляемые к воздуховодам и коллекторам приточно-вытяжных систем вентиляции помещений категории А, Б и В.
18. Требования пожарной безопасности, предъявляемые к воздуховодам и коллекторам приточно-вытяжных систем помещений категории Г и Д.
19. Требования к предотвращению распространения продуктов горения в поэтажные помещения по воздуховодам общеобменной вентиляции.
20. Устройство и принцип работы противопожарных клапанов. Требования пожарной безопасности к ним.
21. Устройство и принцип работы радиальных (центробежных) и осевых вентиляторов обычного исполнения. Порядок подбора вентиляторов по аэродинамическим графикам.

22. Назначение и устройство радиальных и осевых вентиляторов взрывобезопасного исполнения.
23. Методика проверки правильности выбора вентилятора взрывобезопасного исполнения.
24. Требования пожарной безопасности к вентиляторам приточных и вытяжных систем, обслуживающих помещения категории А и Б.
25. Требования пожарной безопасности к размещению вентиляторов.
26. Надзор за выполнением требований пожарной безопасности, предъявляемых к системам вентиляции и кондиционирования.

4. Контрольные вопросы по разделу «Противодымная защита. Противовзрывная защита.»

1. Основные направления противодымной защиты зданий. Какие способы противодымной защиты применяются на практике?
2. Пожарная опасность помещений, размещаемых в подвалах. Противопожарные требования к противодымной защите помещений, размещаемых в подвалах.
3. Назначение систем дымоудаления из помещений. В каких случаях они применяются?
4. Основные предпосылки расчета площади устройств дымоудаления для обеспечения незадымленной зоны в нижней части помещения.
5. Основные предпосылки расчета площади устройств дымоудаления для обеспечения незадымляемости путей эвакуации и помещений, смежных с горящим.
6. Факторы, влияющие на эффективность работы устройств дымоудаления из помещений.
7. Последовательность проверки соответствия систем дымоудаления из помещений противопожарным требованиям действующих нормативных документов.
8. Устройство систем противодымной защиты зданий повышенной этажности. Требования пожарной безопасности к системам.
9. Классификация незадымляемых лестничных клеток, преимущества и недостатки различных типов незадымляемых лестничных клеток.
10. Требования к устройству систем дымоудаления из коридоров зданий повышенной этажности.
11. Основные положения методики расчета требуемых параметров вентиляторов систем дымоудаления из коридоров.
12. Основные положения методики расчета требуемых параметров вентиляторов систем подпора воздуха в лестничные клетки.
13. Основные положения методики расчета требуемых параметров вентиляторов систем подпора воздуха в шахты лифтов.
14. Основные положения методики расчета систем подпора воздуха в тамбуры –шлюзы.
15. Порядок аэродинамических испытаний вентиляционных систем противодымной защиты зданий повышенной этажности.
16. Требования к управлению систем противодымной вентиляции зданий повышенной этажности.
17. Устройство клапанов дымоудаления. Требования пожарной безопасности к ним.

18. Порядок размещения вентиляционного оборудования приточно-вытяжных систем противодымной вентиляции.
19. Требования к размещению устройств для выброса продуктов горения в атмосферу.
20. Последовательность проверки соответствия приточно-вытяжных систем противодымной вентиляции требованиям пожарной безопасности.
21. Противовзрывная защита зданий: определения, основные направления взрывозащиты зданий.
22. Общие сведения о взрыве. Параметры взрыва.
23. Виды и принцип устройства легкобрасываемых конструкций.
24. Нормативный способ определения требуемой площади легкобрасываемых конструкций.
25. Методика экспертизы проекта противовзрывной защиты производственного здания.
26. Виды и устройство крышных легкобрасываемых конструкций.

5. Задачи по противодымной вентиляции

5.1. Задача 1

5.1.1. Условие и исходные данные для решения задачи 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. 5.1.

Таблица 5.1

Номер варианта	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
1	4,5	2,2	13000	0,01	7	800	115	23
2	4,5	2,2	14500	0,016	8,5	950	140	29
3	4,5	2,2	13500	0,012	7,5	850	120	25
4	6	2,5	15500	0,02	9,5	750	110	20
5	4,5	2,2	13000	0,01	7	950	170	13
6	5	2,1	15500	0,02	9	1000	145	23
7	5	2,1	15500	0,02	9,5	750	210	20
8	5	2,1	15000	0,018	9	700	200	18
9	6	2,5	13000	0,01	7	500	88	22
10	5	2,1	13000	0,01	7	500	160	26
11	6	2,5	13500	0,012	7,5	550	96	24
12	5	2,5	15000	0,015	9	1000	160	20
13	6	2,5	15000	0,015	9	650	105	19
14	5	2,1	13500	0,012	7,5	550	170	28
15	4,5	2,2	15000	0,018	9	1000	145	32
16	5	2,1	14500	0,016	8,5	650	190	16
17	4,5	2,2	14500	0,016	7	550	88	27
18	6	2,5	15000	0,018	9	700	105	18
19	5	2,1	14000	0,014	8	600	180	14
20	5	2,1	14000	0,014	8	500	170	22
21	5	2,1	16000	0,021	10	800	220	22
22	6	2,5	13500	0,012	7,5	800	100	21
23	4,5	2,2	14000	0,014	8	900	130	27
24	6	2,5	14500	0,016	8,5	650	102	16
25	4,5	2,2	15500	0,02	9,5	1500	150	30
26	6	2,5	14000	0,014	8	600	100	14

5.1.2. 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

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

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

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

Температура продуктов горения

$$T_{пг} = \{ Q_c / [(c_p \cdot G_y) + \alpha \cdot (F_{пом} + L_{ок} \cdot (H_{п} - Z))] \} + T_v = \\ = \{ 1010 / [(1,09 \cdot 5,08) + 0,012 \cdot (1500 + 160 \cdot (6 - 2,5))] \} + 20 = 54 \text{ °C} = 327 \text{ К}$$

Плотности продуктов горения и наружного воздуха определяем по формулам

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

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

Располагаемый перепад давления в дымоудаляющем устройстве

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

Требуемая площадь проема дымоудаления

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

Объемный часовой расход удаляемого дыма

$$L = 3600 \cdot G_k / \rho_{пг} = 3600 \cdot 5,05 / 1,08 = 16933 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

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 , $^{\circ}\text{C}$.

Значения указанных величин для решения задачи 2 принять по табл. 5.2.

Таблица 5.2

Номер варианта	H , м	Z , м	$F_{\text{пом}}$, м^2	$P_{\text{ок}}$, м	N , МВт	t , $^{\circ}\text{C}$
1	4	2,5	5	220	1500	25
2	4	2,5	4,7	190	800	22
3	3,5	2,2	4,8	130	700	27
4	4	2,5	4,5	170	600	20
5	3,5	2,2	5	145	900	17
6	3	2	4,2	100	700	19
7	4	2,5	4,6	215	1500	17
8	3	2	4,3	102	800	18
9	4	2,5	4,4	160	500	19
10	3	2	3,9	90	500	18
11	3,5	2,2	4,9	140	800	16
12	3,5	2,2	4,3	150	1000	18
13	3,5	2,2	4,7	120	600	26
14	3	2	4,1	96	600	22
15	3	2	4	88	500	21
16	3,5	2,2	4,3	135	900	24
17	4	2,5	4,9	210	1000	24
18	4	2,5	4,6	180	700	21
19	4	2,5	5	195	1000	25
20	4	2,5	4,8	200	900	23
21	3	2	4,5	110	1000	24
22	3,5	2,2	4,6	125	800	27
23	3,5	2,2	4,6	115	500	25
24	3	2	4,4	105	900	23
25	3	2	3,9	80	400	20
26	3	2	4,2	94	700	23

5.2.2. Пример решения задачи 2.

Произвести расчет вытяжной системы противодымной вентиляции с механическим побуждением автостоянки площадью не более 1000 м² 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 °С. Доля тепла, отдаваемая очагом горения, ограждающим конструкциям помещения равна $\phi = 0,4$.

Решение

Определяем расход продуктов горения при горении одного автомобиля.

Конвективная составляющая мощности очага пожара:

$$Q = (1 - \phi) \cdot N = (1 - 0,4) \cdot 4,5 = 2700 \text{ кВт}$$

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

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

Температура продуктов горения

$$t_{\text{пг}} = \{ Q_c / [(c_p \cdot G_k) + \alpha \cdot (F_{\text{пом}} + P_{\text{ок}} \cdot (H - Z))] \} + t = \\ = \{ 2700 / [(1,09 \cdot 7,33) + 0,012 \cdot [1500 + 160 \cdot (3 - 2)]] \} + 20 = 117 \text{ °С} = 390 \text{ К}$$

Плотности продуктов горения и наружного воздуха

$$\rho_{\text{пг}} = 353 / t_{\text{пг}} = 353 / 390 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_n = 353 / (t_n + 273) = 353 / (20 + 273) = 0,905 \text{ кг/м}^3,$$

Располагаемый перепад давления

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

Требуемая площадь отверстий дымоудаления

$$F = G / [\mu \cdot (2 \cdot \rho_{\text{пг}} \cdot \Delta P_{\text{расп}})^{1/2}] = 7,33 / [0,64 \cdot (2 \cdot 0,905 \cdot 2,4)^{1/2}] = 5,01 \text{ м}^2.$$

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 $F_{\text{пом}}$, м^2 , 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. 5.3.

Таблица 5.3

Номер варианта	H , м	Z , м	$F_{\text{пом}}$, м^2	$P_{\text{ок}}$, м	N , МВт	t , $^{\circ}\text{C}$
1	5	2,2	4,3	150	1000	9
2	4	2,5	5	220	1500	9
3	6	2	4,9	86	600	7
4	4	2,5	4,8	200	900	7
5	4	2,5	4,9	210	1000	8
6	5	2,2	4,6	115	500	12
7	6	2	4,5	110	1000	10
8	6	2	5	98	800	8
9	5	2,2	4,3	145	1000	12
10	4	2,5	4,5	205	900	5
11	6	2	4,2	100	700	7
12	6	2	4	88	500	5
13	5	2,2	4,2	125	600	9
14	6	2	4,3	102	800	8
15	6	2	4,1	96	600	6
16	4	2,5	4,7	190	800	6
17	4	2,5	4,6	175	700	8
18	6	2	4,4	105	900	9
19	5	2,2	4,9	140	800	7
20	5	2,2	5	145	900	8
21	6	2	3,9	80	400	4
22	4	2,5	4,5	170	600	12
23	4	2,5	4,4	160	500	10
24	5	2,2	4,7	120	600	5
25	5	2,2	4,8	130	700	6
26	4	2,5	4,6	180	700	5

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 °С. Доля тепла, отдаваемая ограждающим конструкциям, $\phi = 0,4$.

Решение

Конвективная мощность очага пожара

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

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

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

Температура продуктов горения

$$T_{пг} = \{ Q_c / [(c_p \cdot G_y) + \alpha \cdot [F_{пом} + L_{ок} \cdot (H_{п} - Z)]] \} + T_v = \\ = \{ 5400 / [(1,09 \cdot 11,1) + 0,012 \cdot [1500 + 160 \cdot (4,5 - 2)]] \} + 20 = 175 \text{ °С} = 447 \text{ К}$$

Плотности продуктов горения и наружного воздуха

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

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

Располагаемый перепад давления

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

Требуемая площадь отверстий дымоудаления

$$F_y = G_y / [\mu \cdot (2 \cdot \rho_{пг} \cdot \Delta P_{расп})^{1/2}] = 11,1 / [0,64 \cdot (2 \cdot 0,788 \cdot 10,1)^{1/2}] = 2,65 \text{ м}^2.$$

Объемный часовой расход удаляемого дыма

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

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 5.4.1. Высота помещения H , м, температура наружного воздуха t_n , °C, температура продуктов горения $t_{пг}$, °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 $\mu_{п} = 0,64$, коэффициент расхода проёма дымоудаления $\mu_y = 0,8$, аэродинамический коэффициент устройства дымоудаления $K_y = 0$.

Значения указанных величин для решения задачи 4 принять по таблице 5.4.

Таблица 5.4

Номер варианта	H , м	t_n , °C	$t_{пг}$, °C	U , м/с
1	5	20	450	5
2	4	21	530	3
3	5	22	350	3
4	4	26	550	5
5	5	24	375	3,5
6	6	20	375	3
7	6	26	500	4,5
8	6	22	400	3,5
9	5	15	550	5
10	6	22	375	3
11	4	22	520	5
12	4	15	530	4
13	5	20	300	2
14	6	24	450	4
15	6	18	350	2
16	4	20	550	3
17	6	15	300	1
18	6	21	340	2
19	6	20	350	2
20	4	18	500	5
21	5	15	500	3
22	5	26	400	4
23	5	20	420	4
24	4	15	450	4,5
25	5	18	400	4,5
26	5	18	600	1

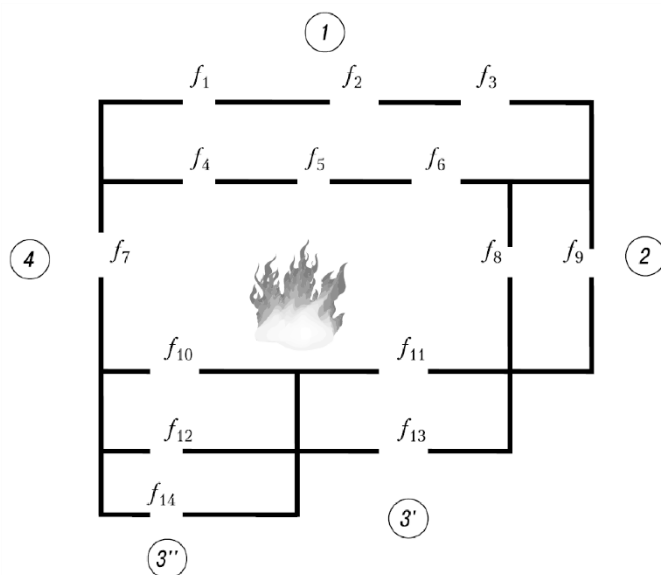


Рис. 5.4. К расчету системы дымоудаления, обеспечивающей незадымляемость путей эвакуации из здания и помещений, смежных с горящим (план)

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 $\mu_p = 0,64$, коэффициент расхода проёма 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. 5.4:

Фасад 1

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

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

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

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

Фасад 2

$$F_1 = f_8 = 2 \text{ м}^2;$$

$$F_2 = f_9 = 6,25 \text{ м}^2;$$

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

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

Часть фасада 3'

$$F_1 = f_{11} = 2 \text{ м}^2;$$

$$F_2 = f_{13} = 6,25 \text{ м}^2;$$

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

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

Часть фасада 3''

$$F_1 = f_{10} = 2 \text{ м}^2;$$

$$F_2 = 1 / (1 / F_{12}^2 + 1 / F_{14}^2)^{1/2} = 1 / (1 / 2^2 + 1 / 2^2)^{1/2} = 1,41 \text{ м}^2;$$

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

$$F_{\text{экв3''}} = 1 / (1 / F_1^2 + 1 / F_2^2)^{1/2} = 1 / (1 / 2^2 + 1 / 1,41^2)^{1/2} = 1,15 \text{ м}^2.$$

Эквивалентная площадь проемов для фасада 3 в целом будет равна

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

Фасад 4

$$F_1 = f_7 = 6,25 \text{ м}^2;$$

$$F_2 \rightarrow \infty;$$

$$O_4 = F_1 / F_2 = 0;$$

$$F_{\text{экв}4} = 1 / (1 / F_1^2 + 1 / F_2^2)^{1/2} = f_7 = 6,25 \text{ м}^2.$$

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 наветренного выбираем противоположный фасад 1.

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

$$P_B = \rho_n \cdot U_B^2 / 2 = 1,2 \cdot 4^2 / 2 = 9,6 \text{ Па};$$

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

$$P_{\text{нз}} = -0,4 \cdot P_B = -0,4 \cdot 9,6 = -3,84 \text{ Па};$$

$$P_{\text{нб}} = 0.$$

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

$$P_{0B} = P_{\text{нз}} \cdot h \cdot g \cdot (\rho_n - \rho_{\text{пг}}) \cdot [1 + 0,5 \cdot (F_1 / F_2)^2]$$

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

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

$$G_3 = \mu_{\text{п}} \cdot F_{3,\text{экв}} \cdot [2 \cdot \rho_n \cdot (P_{\text{нз}} - P_{0B} - 0,5 \cdot h \cdot g \cdot (\rho_n - \rho_{\text{пг}}))]^{1/2}$$

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

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

$$G_6 = \mu_{\text{п}} \cdot F_{6,\text{экв}} \cdot [2 \cdot \rho_n \cdot (P_{\text{нб}} - P_{0B} - 0,5 \cdot h \cdot g \cdot (\rho_n - \rho_{\text{пг}}))]^{1/2}$$

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

$$G_n = \mu_{\text{п}} \cdot F_{n,\text{экв}} \cdot [2 \cdot \rho_n \cdot (P_{\text{нн}} - P_{0B} - 0,5 \cdot h \cdot g \cdot (\rho_n - \rho_{\text{пг}}))]^{1/2}$$

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

Располагаемый перепад давления вычисляется по формуле:

$$\Delta P_{\text{расп}} = P_{0B} - K_y \cdot P_B + H \cdot g \cdot (\rho_n - \rho_{\text{пг}})$$

где K_y – аэродинамический коэффициент устройства дымоудаления;

$\Delta \rho = (\rho_n - \rho_{\text{пг}})$ – 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

$$F_y = 1,1 \cdot (G_3 + G_6 + G_n) / [\mu_{\text{уд}} \cdot (2 \cdot \rho_{\text{пг}} \cdot \Delta P_{\text{расп}})^{1/2}]$$

где $\mu_{\text{уд}}$ – коэффициент расхода устройства дымоудаления.

При коэффициенте расхода устройства дымоудаления равном $\mu_{\text{уд}} = 0,8$ площадь проемов равна:

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

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_n , °С, температура продуктов горения в коридоре t_d , °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 таблице 5.5.

Таблица 5.5

Номер варианта	Этажность здания	Тип здания	$h_{\text{эт}}$, м	b , м	h , м	t_n , °С	t_d , °С	U , м/с
1	3	Жилое	3	1	2,1	-28	245	3
2	2	Общественное	4	1,2	2,1	-32	241	2,5
3	3	Общественное	3,4	0,85	2	-35	238	4,5
4	4	Жилое	2,7	0,85	2	-40	233	5
5	2	Жилое	3	0,85	2,1	-27	248	2
6	3	Жилое	3	1	2	-27	246	4
7	4	Жилое	3	0,9	2	-27	448	4,5
8	2	Общественное	3,7	1	2	-26	247	4,5
9	3	Общественное	2,7	0,9	2	-26	237	3
10	4	Жилое	2,8	0,9	2	-25	248	5
11	2	Общественное	3,8	1	2,1	-28	245	3,5
12	3	Общественное	3,3	1	2,1	-30	243	3,5
13	4	Жилое	2,8	1	2	-25	254	3,5
14	2	Общественное	2,9	0,8	2	-20	253	4
15	3	Жилое	2,9	1	2	-26	247	2,2
16	4	Жилое	2,7	0,85	2	-10	263	1
17	2	Жилое	3,5	1	2	-35	238	2
18	3	Общественное	3,7	0,85	2	-26	259	3
19	4	Общественное	3,2	0,9	2	-25	248	2
20	3	Жилое	2,8	0,9	2	-20	253	1,75
21	3	Общественное	2,8	1	2,1	-28	242	4
22	4	Общественное	3	0,85	2	-15	258	1,5
23	2	Общественное	3,25	1	2	-27	246	2,5
24	3	Жилое	2,7	1	2,1	-30	243	3
25	4	Жилое	3,2	0,85	2	-32	241	4
26	2	Общественное	3,5	0,9	2	-20	253	5,5

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°С, температура продуктов горения в коридоре 300 °С, 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

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

Плотность продуктов горения

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

Наружное давление на наветренном фасаде

$$P_{н,нi} = 0,8 \cdot (\rho_n \cdot V_n^2) / 2 - g \cdot h_{эт} \cdot (i - 1) \cdot (\rho_n - \rho_n).$$

Наружное давление на заветренном фасаде

$$P_{н,зi} = -0,6 \cdot (\rho_n \cdot V_n^2) / 2 - g \cdot h_{эт} \cdot (i - 1) \cdot (\rho_n - \rho_n).$$

Давление внутри здания

$$P_{вi} = (P_{н,нi} + P_{н,зi}) / 2.$$

Результаты расчетов заносим в таблицу П5.

Таблица П5

№ 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

$$G_y = A \cdot b \cdot h^{3/2} = 1,2 \cdot 1,2 \cdot 2,1^{3/2} = 4,38 \text{ кг/с}.$$

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

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

Потери давления в клапане дымоудаления

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

Давление в шахте дымоудаления на уровне первого этажа

$$P_{ш1} = P_{н,н1} - \Delta P_{кл} = 13,82 - 347 = -333,5 \text{ Па}.$$

Скорость дыма в шахте дымоудаления между первым и вторым этажами

$$V_{ш1-2} = G_y / (a_{ш} \cdot b_{ш} \cdot \rho_{пг}) = 4,38 / (0,8 \cdot 0,6 \cdot 0,616) = 14,81 \text{ м/с}.$$

Эквивалентный диаметр проходного сечения шахты дымоудаления

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

Давление в шахте дымоудаления на уровне второго этажа

$$\begin{aligned} P_{\text{ш2}} &= P_{\text{ш1}} - \lambda \cdot (h_{\text{эт}} / d_{\text{экв}}) \cdot (\rho_{\text{пг1-2}} \cdot V_{\text{ш1-2}}^2 / 2) = \\ &= -333,5 - 0,1 \cdot (4 / 0,685) \cdot (0,616 \cdot 14,81 / 2) = -372,95 \text{ Па.} \end{aligned}$$

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

$$G_{\text{ф2}} = [(P_{\text{в2}} - P_{\text{ш2}}) / S_{\text{кл}}]^{1/2} = [(-6,93 + 372,95) / 6250]^{1/2} = 0,241 \text{ кг/с.}$$

Температура дыма между вторым и третьим этажами

$$\begin{aligned} T_{\text{пг2-3}} &= (G_{\text{к}} \cdot T_{\text{пг}} + G_{\text{ф2}} \cdot T_{\text{в}}) / (G_{\text{у}} + G_{\text{ф2}}) = \\ &= (4,38 \cdot 573 + 0,241 \cdot 289) / (4,38 + 0,241) = 558 \text{ К.} \end{aligned}$$

Плотность дыма между вторым и третьим этажами

$$\rho_{\text{пг2-3}} = 353 / T_{\text{пг2-3}} = 353 / 558 = 0,632 \text{ кг/м}^3.$$

Скорость дыма в шахте дымоудаления между вторым и третьим этажами

$$V_{\text{ш2-3}} = (G_{\text{у}} + G_{\text{ф2}}) / (a_{\text{ш}} \cdot b_{\text{ш}} \cdot \rho_{\text{пг2-3}}) = (4,38 + 0,241) / (0,8 \cdot 0,6 \cdot 0,632) = 15,23 \text{ м/с.}$$

Давление в шахте дымоудаления на уровне третьего этажа

$$\begin{aligned} P_{\text{ш3}} &= P_{\text{ш2}} - \lambda \cdot (h_{\text{эт}} / d_{\text{экв}}) \cdot (\rho_{\text{пг2-3}} \cdot V_{\text{ш2-3}}^2 / 2) = \\ &= -372,95 - 0,1 \cdot (4 / 0,685) \cdot (0,632 \cdot 15,23^2 / 2) = -415,75 \text{ Па.} \end{aligned}$$

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

$$G_{\text{ф3}} = [(P_{\text{в3}} - P_{\text{ш3}}) / S_{\text{кл}}]^{1/2} = [(-15,56 + 415,75) / 6250]^{1/2} = 0,253 \text{ кг/с.}$$

Температура дыма выше третьего этажа

$$\begin{aligned} T_{\text{пг3}} &= (G_{\text{у}} \cdot T_{\text{пг}} + G_{\text{ф2}} \cdot T_{\text{в}} + G_{\text{ф3}} \cdot T_{\text{в}}) / (G_{\text{у}} + G_{\text{ф2}} + G_{\text{ф3}}) = \\ &= (4,38 \cdot 573 + 0,241 \cdot 289 + 0,253 \cdot 289) / (4,38 + 0,241 + 0,253) = 544 \text{ К.} \end{aligned}$$

Плотность дыма выше третьего этажа

$$\rho_{\text{пг3}} = 353 / T_{\text{пг3}} = 353 / 544 = 0,649 \text{ кг/м}^3.$$

Производительность вентилятора

$$Q_{\text{в}} = 3600 \cdot (G_{\text{у}} + G_{\text{ф2}} + G_{\text{ф3}}) / \rho_{\text{пг3}} = 3600 \cdot (4,38 + 0,241 + 0,253) / 0,649 = 27036 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Давление на оголовке шахты дымоудаления

$$P_{\text{в}} = P_{\text{ш3}} + P_{\text{выбр}} = -415,7 - 16,4 = -432,1 \text{ Па.}$$

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 , °С, 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 1/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 таблице 5.6.1.

Таблица 5.6.1

Номер варианта	Этажность здания	Тип здания	$h_{эт}$, м	b , м	h , м	t_n , °С	U , м/с
1	3	Общественное	3	0,85	2	-15	1,5
2	2	Жилое	3	1	2	-25	4
3	3	Общественное	4	1,2	2,1	-32	2,5
4	4	Общественное	3,25	1	2	-27	2,5
5	2	Жилое	2,8	0,9	2	-20	1,75
6	3	Жилое	2,7	0,85	2	-10	1
7	4	Жилое	3,2	0,9	2	-20	6
8	2	Жилое	2,9	1	2	-26	2,2
9	3	Общественное	2,9	0,8	2	-20	4
10	4	Общественное	3,5	0,9	2	-20	5,5
11	2	Общественное	2,7	0,9	2	-20	3
12	3	Общественное	3,8	1	2,1	-28	3,5
13	4	Общественное	3,4	1	2,1	-25	6
14	2	Жилое	3,5	1	2	-35	2
15	3	Жилое	3	1	2	-27	4
16	4	Жилое	2,7	1,2	2,1	-26	3
17	2	Жилое	3	1	2,1	-28	3
18	3	Жилое	3,2	0,85	2	-32	4
19	4	Общественное	3,2	0,9	2	-25	2
20	3	Общественное	2,8	0,9	2	-26	5
21	4	Жилое	2,8	0,9	2	-25	5
22	2	Общественное	3,3	1	2,1	-30	3,5
23	3	Общественное	3,4	0,85	2	-35	4,5
24	2	Жилое	2,7	0,85	2	-40	5
25	4	Общественное	3,7	1	2	-26	4,5
26	3	Жилое	2,7	1	2,1	-30	3

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, 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 $4,9 \text{ м/с}$;

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

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

Наружное давление на наветренном фасаде

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

Наружное давление на заветренном фасаде

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

Давление внутри здания

$$P_{bi} = (P_{n,ni} + P_{n,zi}) / 2.$$

Наружное давление на уровне воздухозабора

$$\begin{aligned} P_{bz} &= -0,6 \cdot (\rho_n \cdot V_b^2) / 2 - g \cdot h_{bz} \cdot (\rho_n - \rho_b) = \\ &= -0,6 \cdot (1,44 \cdot 4,9^2) / 2 - 9,81 \cdot 12 \cdot (1,44 - 1,22) = -36,26 \text{ Па}. \end{aligned}$$

Результаты расчетов заносим в таблицу П 6.1.

Таблица П 6.1

№ этажа	$P_{ni,i}$, Па	$P_{nz,i}$, Па	$P_{b,i}$, Па	$P_{lk,i}$, 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

$$P_{л,к2} = P_{л,к1} + 30 \cdot G_{2-1}^2 / (\rho_{п} \cdot f_{л,к}^2) = 33,82 + 30 \cdot 3,78^2 / (1,44 \cdot 20^2) = 34,56 \text{ Па.}$$

Характеристика воздухопроницаемости дверей лестничной клетки

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

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

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

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

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

Давление в лестничной клетке на уровне третьего этажа

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

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

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

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

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

Объемный часовой расход воздуха (подачу вентилятора) определяем по формуле

$$Q_{л,к} = 3600 \cdot G_{л,к} / \rho_{п} = 3600 \cdot 4,12 / 1,44 = 10305 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Давление на оголовке лестничной клетки, определяется по формуле

$$P_{в} = P_{л,к,3} - P_{нз,в} = 33,37 + 36,26 = 69,63 \text{ Па.}$$

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 $h_{эт}$, 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 $b_{вх} \times h_{вх}$ 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.

Значения необходимых величин для решения задачи 6 приняты по таблицы 5.6.2.

Таблица 5.6.2

Номер варианта	Этажность здания	Тип здания	$h_{эт}$, м	b , м	h , м	t_n , °С	U , м/с
1	3	Общественное	3,3	1	2,1	-30	3,5
2	2	Общественное	2,7	0,9	2,1	-27	3
3	3	Общественное	4	1,2	2,1	-32	2,5
4	4	Жилое	2,7	1	2,1	-30	3
5	2	Общественное	3,25	1	2	-27	2,5
6	3	Общественное	3,4	0,85	2	-35	4,5
7	4	Жилое	3,8	0,85	2,1	-27	6
8	2	Жилое	2,9	1	2	-26	2,2
9	3	Жилое	3	0,9	2	-28	4
10	4	Общественное	3	0,85	2	-15	1,5
11	2	Жилое	4	1,2	2	-15	4,5
12	3	Общественное	2,9	0,9	2	-20	4
13	4	Общественное	3,7	1	2	-26	4,5
14	2	Жилое	2,8	0,9	2	-25	5
15	3	Жилое	2,7	0,85	2	-40	5
16	4	Жилое	3,2	0,85	2	-32	4
17	2	Жилое	3	1	2,1	-28	3
18	3	Жилое	2,7	0,85	2	-10	1
19	4	Жилое	3,5	1	2	-35	2
20	3	Общественное	3,2	0,9	2	-25	2
21	2	Общественное	3,8	1	2,1	-28	3,5
22	4	Общественное	2,7	1	2,1	-27	5
23	3	Общественное	3,5	0,9	2	-20	5,5
24	4	Жилое	3	1	2	-27	4
25	2	Жилое	2,8	0,9	2	-20	1,75
26	3	Общественное	2,8	0,85	2	-26	5

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 °С, скорость ветра 4,9 м/с;

Температура дыма 300 °С = 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 воздухопроницаемости 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

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

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

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

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

Расход воздуха через входную дверь здания

$$G_{вх} = (\mu \cdot f)_{вх} \cdot [2 \cdot \rho_{п} \cdot (P_{л.к1} - P_{вх})]^{1/2} = 1,14 \cdot [2 \cdot 1,44 \cdot (33,82 + 10,37)]^{0,5} = 12,86 \text{ кг/с.}$$

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

$$P_{л.к2} = P_{л.к1} + 30 \cdot G_{2-1}^2 / (\rho_{п} \cdot f_{л.к}^2) = 33,82 + 30 \cdot 12,86^2 / (1,44 \cdot 20^2) = 42,43 \text{ Па.}$$

Характеристика воздухопроницаемости дверей лестничной клетки

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

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

$$G_{д,2} = [(P_{л.к,2} - P_{в,2}) / S_{дв}]^{1/2} = [(42,43 + 6,93) / 1574]^{0,5} = 0,177 \text{ кг/с.}$$

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

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

Давление в лестничной клетке на уровне третьего этажа

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

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

$$G_{д,3} = [(P_{л.к,3} - P_{в,3}) / S_{дв}]^{1/2} = [(51,28 + 15,56) / 1574]^{1/2} = 0,206 \text{ кг/с.}$$

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

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

Объемный часовой расход воздуха (подачу вентилятора) определяем по формуле

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

Давление на оголовке лестничной клетки

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

Литература

1. Федеральный закон №123-ФЗ от 22.07.2008 г «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (Актуализированная редакция).
2. Постановление Правительства РФ от 16.09.2020 N 1479 (ред. от 30.03.2023) "Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации".
3. СП 7.13130.2013. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Противопожарные требования (актуализированная редакция).
4. СП 60.13330.2020 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха (актуализированная редакция СНиП 41-01-2003).
5. СП 4.13130.2013. Свод правил. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям.
6. Пожарная безопасность в строительстве: учебник: в 2 ч. Ч. 1. Пожарная безопасность систем отопления и вентиляции. Противодымная защита / В. М. Есин, С. П. Калмыков, М. В. Панов, В. Н. Токарев. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2023. – 333 с.
7. 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.
8. Пучков В.А., Дагиров Ш.Ш., Агафонов А.В. Пожарная безопасность : учебник под общ. ред. В. А. Пучкова. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2014. – 877 с.
9. Пожарная безопасность в строительстве: учебное пособие / В.И. Попов, М.В. Пуганов, В.Н. Михалин. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2020. – 185 с.
10. С.В. Томин, В.Н. Токарев. Задачник по пожарной профилактике в строительстве. ВИПТШ МВД РФ.–М.: 1995.