

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Институт «Архитектурно-строительный»
Кафедра «Градостроительство, инженерные сети и системы»

ПРОЕКТ ПРОВЕРЕН

Рецензент
должность

_____ 2020 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой,
к.т.н., доцент

Д.В. Ульрих

_____ 2020 г.

Вентиляция и кондиционирование торгово-развлекательного центра
в городе Учалы

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 08.03.01.2020.563.09. ПЗ ВКР

Консультанты:

Раздел «Автоматизация»

к.т.н., доцент

_____ С.В. Панфёров

_____ 2020 г.

Руководитель проекта:

к.т.н., доцент

_____ А.Н.Нагорная

_____ 2020 г.

Автор проекта:

студент группы АС-422

_____ Д.С.Красильников

_____ 2020 г.

Нормоконтролер:

к.т.н., доцент

_____ А.Н. Нагорная

_____ 2020 г.

Челябинск 2020

АННОТАЦИЯ

Красильников Д.С. Вентиляция и кондиционирование торгово-развлекательного комплекса в городе Учалы. – Челябинск: ЮУрГУ, АС-422; 2020, 60 с., библиографический список – 15 наим., 4 прил., 9 листов чертежей ф. А1.

В выпускной квалификационной работе были разработаны системы вентиляции и кондиционирования торгово-развлекательного комплекса в городе Учалы, подобрано оборудование, выполнена автоматизация приточной установки.

Были определены параметры наружного и внутреннего воздуха, рассчитаны выделяющиеся вредности, выбран воздухообмен, запроектированы приточные и вытяжные системы.

Произведен аэродинамический расчет запроектированных систем, подобрано оборудование.

Выполнена автоматизация приточной установки. Для возможности нормального функционирования системы была предусмотрена защита калорифера от замораживания, защита фильтра от загрязнения, обеспечены необходимые параметры приточного воздуха.

					08.03.01.2020.563.09 ПЗ ВКР						
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата							
Зав. каф.		Красильников Д.С.			Вентиляция и кондиционирование торгово-развлекательного комплекса в городе Учалы			Стадия	Лист	Листов	
Н. контр.		Нагорная А.Н.								3	60
Руководит.		Нагорная А.Н.						Кафедра ГИСС			
Консульт.		Панферов С.В.									
Дипломник		Красильников Д.С.									

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА.....	7
2 РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ.....	8
2.1 Расчетные параметры наружного воздуха.....	8
2.2 Расчетные параметры внутреннего воздуха.....	8
3 РАСЧЕТ ПОСТУПЛЕНИЯ ВРЕДНОСТЕЙ.....	10
3.1 Торговый зал.....	10
3.1.1 Расчет поступления вредных веществ от людей.....	10
3.1.2 Расчет тепlopоступлений от искусственного освещения.....	11
3.1.3 Расчет тепlopоступлений от солнечной радиации.....	11
3.2 Кинозал.....	14
3.3 Обеденный зал.....	14
3.3.1 Тепlopоступления от остывающей пищи.....	15
3.3.2 Влагопоступления от остывающей пищи.....	15
4 РАСЧЕТ ВОЗДУХООБМЕНА.....	17
4.1 Расчет воздухообмена для теплого периода.....	17
4.2 Расчет воздухообмена для холодного периода.....	20
4.3 Расчет воздухообмена по санитарной норме.....	22
4.4 Выбор расчетного воздухообмена	23
4.5 Расчет воздухообмена по кратностям.....	24
5 ПОДБОР ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ.....	32
6 АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ.....	36
6.1 Аэродинамический расчет системы П1	37
6.2 Аэродинамический расчет системы В1.....	41
6.3 Аэродинамический расчет системы П2.....	43
6.4 Аэродинамический расчет системы В2.....	45
6.5 Аэродинамический расчет системы П3.....	47
6.6 Аэродинамический расчет системы В3.....	49
7 ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ.....	51

					08.03.01.2020.563.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись_	Дата		4

8 АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРИТОЧНОЙ УСТАНОВКИ.....	54
8.1 Характеристика объекта регулирования.....	54
8.2 Техническое задание.....	54
8.3 Автоматическое регулирование технологических параметров.....	55
8.4 Блокировка и защита.....	56
8.5 Сигнализация.....	56
8.6 Обоснование принятой системы автоматизации.....	57
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	58
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	59
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	61
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	67
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	70
ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....	76

ВВЕДЕНИЕ

Если проанализировать современные тенденции развития городов, то можно отметить, что строительство торговых комплексов является одним из самых перспективных направлений. Торговый центр является общественным зданием с одновременным пребыванием большого количества людей. Следовательно, к нему предъявляются высокие требования с точки зрения микроклимата – все посетители должны чувствовать себя комфортно в любое время года. Таким образом, одной из основных задач является создание благоприятных метеорологических условий в помещениях торгового центра. Необходимой составляющей для выполнения данной задачи является наличие надежной и эффективной системы вентиляции и кондиционирования.

Целью данной дипломной работы является разработка и проектирование систем вентиляции и кондиционирования торгового центра, расположенного в городе Учалы.

В рамках поставленной цели в дипломной работе необходимо решить следующие задачи:

- 1) Определить расчетные параметры;
- 2) Рассчитать поступление вредных веществ;
- 3) Рассчитать воздухообмен;
- 4) Выполнить аэродинамический расчет;
- 5) Подобрать оборудование;
- 6) Выполнить автоматизацию.

В процессе обучения был получен значительный объем практических и теоретических знаний в области теплогазоснабжения и вентиляции. Данный дипломный проект позволяет применить их в полном объеме.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА

Объектом проектирования систем вентиляции и кондиционирования является четырехэтажный торговый центр высотой 24 м, расположенный на улице Горького в городе Учалы. На первом этаже располагаются торговые залы, атриум, загрузочные, электрощитовая. На втором – торговые залы, склад, административное помещение. На третьем – кинозал, гардероб, обеденный зал, доготовочный цех, моечные посуды, кладовые. На четвертом – обеденный зал, касса, администрация, серверная. На техническом этаже находится венткамера и котельная. Комплекс рассчитан на 275 посетителей и 51 работника. Главный фасад здания ориентирован на северо-запад. Расчетная географическая широта района строительства – 54°. Теплоносителем является горячая вода с параметрами 80-60 °С. Холодоносителем является фреон R410a.

В основных помещениях выделяются следующие вредности:

- тепlopоступления от искусственного освещения;
- тепловлагодпоступления от людей;
- тепловлагодпоступления от остывающей пищи;
- тепlopоступления от солнечной радиации;
- поступления CO₂ от людей.

					08.03.01.2020.563.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись_	Дата		7

2 РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

2.1 Расчетные параметры наружного воздуха

Параметры наружного воздуха задаются для двух периодов – теплого и холодного. При проектировании систем для холодного периода ($t_n < 10^\circ\text{C}$) расчет ведется по параметрам Б. Так как совместно с системой вентиляции проектируется еще и система кондиционирования, то для теплого периода расчет также выполняется по параметрам Б. Параметры принимаются согласно таблице 10 [1]. В данной таблице отсутствуют параметры для г.Учалы, поэтому принимаем их по ближайшему городу – Верхнеуральску. Точное значение энтальпии уточняем по приложению 8 [2]. Полученные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Расчетные параметры наружного воздуха

	$t_n, ^\circ\text{C}$	$I_n, \text{кДж/кг}$	$v_n, \text{м/с}$	$P_b, \text{кПа}$	$C_{\text{CO}_2}, \text{л/м}^3$
Теплый	28	52,3	1	97	0,4
Холодный	-34	-32,8	1		

2.2 Расчетные параметры внутреннего воздуха

При расчете систем вентиляции для холодного периода принимаются оптимальные параметры по таблицам 2 и 3 [3]. Так как одновременно с системой вентиляции проектируется и система кондиционирования, то при расчете для летнего периода также принимаются оптимальные параметры. Значение температуры для холодного периода уточняется по [4]. Расчетные параметры внутреннего воздуха, для каждого из рассчитываемых помещений, представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Расчетные параметры внутреннего воздуха основных помещений

Помещение	Период года	$t_v, ^\circ\text{C}$	$v_v, \text{м/с}$	$\phi_v, \%$	$C_{\text{CO}_2}, \text{л/м}^3$
Торговый зал	Теплый	23-25	$\leq 0,15$	60-30	2
	Холодный	16	$\leq 0,3$	45-30	

					08.03.01.2020.563.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		8

Окончание таблицы 2

Помещение	Период года	$t_{в}, ^\circ\text{C}$	$\vartheta_{в}, \text{м/с}$	$\varphi_{в}, \%$	$C_{\text{CO}_2}, \text{л/м}^3$
Кинозал	Теплый	23-25	$\leq 0,15$	60-30	2
	Холодный	20	$\leq 0,2$	45-30	
Обеденный зал	Теплый	23-25	$\leq 0,15$	60-30	
	Холодный	16	$\leq 0,2$	45-30	

3 РАСЧЕТ ПОСТУПЛЕНИЯ ВРЕДНОСТЕЙ

3.1 Торговый зал

3.1.1 Расчет поступления вредностей от людей

От людей выделяется углекислый газ, влага и тепло. Количество вредностей зависит от температуры и тяжести выполняемой работы.

Согласно технологическому заданию торговый зал рассчитан на 155 посетителей, которые выполняют легкую работу и на 10 работников, выполняющих работу средней тяжести. Мужчины составляют 40% от общего числа покупателей, женщины – 60%.

Количество теплоты и влаги, выделяемые взрослым мужчиной, определяется по приложению 20 [4]. Количество вредностей для женщины принимается в размере 85% от выделяемых мужчиной. Количество выделяемого углекислого газа принимается по приложению 23 [4].

Количество явного и полного тепла определяется по следующим формулам

$$Q_{\text{я}} = q_{\text{я}} \cdot N; \quad (1)$$

$$Q_{\text{п}} = q_{\text{п}} \cdot N, \quad (2)$$

где $q_{\text{я}}$ – количество явного тепла, выделяемого одним человеком, Вт/чел;

$q_{\text{п}}$ – количество полного тепла, выделяемого одним человеком, Вт/чел;

N – количество людей в торговом зале.

Количество выделяемой влаги и углекислого газа рассчитывается следующим образом

$$W = m_w \cdot N; \quad (3)$$

$$M_{\text{CO}_2} = m_{\text{CO}_2} \cdot N, \quad (4)$$

где m_w – количество влаги, выделяемое одним человеком, г/(ч·чел);

					08.03.01.2020.563.09 ПЗ ВКР	Лист
						10
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись_	Дата		

m_{CO_2} – количество углекислого газа, выделяемое одним человеком, л/(ч·чел).

Воспользуемся формулами (1) – (4) и определим количество вредностей от людей в торговом зале.

Холодный период

$$Q_{\text{я}} = 62 \cdot 116 + 116 \cdot 0,85 \cdot 93 + 4 \cdot 129 + 129 \cdot 0,85 \cdot 6 = 17536 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{п}} = 62 \cdot 158 + 158 \cdot 0,85 \cdot 93 + 4 \cdot 209 + 209 \cdot 0,85 \cdot 6 = 24188 \text{ Вт};$$

$$W = 62 \cdot 59 + 59 \cdot 0,85 \cdot 93 + 4 \cdot 116 + 116 \cdot 0,85 \cdot 6 = 9378 \text{ г/ч};$$

$$M_{CO_2} = 155 \cdot 25 + 10 \cdot 35 = 4225 \text{ л/ч}.$$

Теплый период

$$Q_{\text{я}} = 62 \cdot 72 + 72 \cdot 0,85 \cdot 93 + 4 \cdot 77 + 77 \cdot 0,85 \cdot 6 = 10856 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{п}} = 62 \cdot 146 + 146 \cdot 0,85 \cdot 93 + 4 \cdot 201 + 201 \cdot 0,85 \cdot 6 = 22422 \text{ Вт};$$

$$W = 62 \cdot 107 + 107 \cdot 0,85 \cdot 93 + 4 \cdot 176 + 176 \cdot 0,85 \cdot 6 = 16694 \text{ г/ч};$$

$$M_{CO_2} = 155 \cdot 25 + 10 \cdot 35 = 4225 \text{ л/ч}.$$

3.1.2 Расчет тепlopоступлений от искусственного освещения

Согласно техническому заданию в торговом зале предусмотрено 60 светодиодных ламп, суммарные тепловыделения которых составляют 1800 Вт.

3.1.3 Расчет тепlopоступлений от солнечной радиации

Тепlopоступления от солнечной радиации учитываются только для теплого периода. Так как в рассматриваемом помещении отсутствуют окна, необходимо выполнить расчет тепlopоступлений только через стены.

Согласно проекту в качестве наружных ограждений приняты стеновые панели с базальтовым утеплителем (сэндвич-панели) ТЕПЛАНТ. Расчет выполним, используя программу SunnyRadiation.

Для расчета принимаются следующие исходные данные:

					08.03.01.2020.563.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись_	Дата		11

Площадь стены: $F = 119,25 \text{ м}^2$;

Приведенное сопротивление теплопередаче: $R_{в.пр} = 3,817 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$;

Ориентация стены: северо-восток;

Коэффициент поглощения солнечной радиации (наружный слой – сталь, покрашенная в зеленый цвет): $\rho_{ст} = 0,6$ (принимается по приложению И [5]);

Характеристики слоев взяты в соответствии с паспортом производителя.
Введем данные в программу (рисунок 1).

Стены Площадь стены : $F = 119,25 \text{ м}^2$

Коэффициент теплопередачи : $K = 0,262 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$

Коэффициент сопротивления теплопередаче : $R = 3,817 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$

Коэффициент поглощения солнечной радиации поверхностью стены: $\rho_{ст} = 0,6$

Количество слоёв в стене : 1 $R_{в.пр.} = 3,817 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$

№ слоя: 2

№	Материал слоя	Козф-т теплоусв, Вт/м²	Козф-т теплопр, Вт/(м²·°C)	Толщина, м
1	Сэндвич-панель	0,82	0,041	0,15

Рисунок 1 – Исходные данные для расчета теплоступлений через стены

8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18
				Окна					
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
				Стены					
181	119	77	70	75	86	102	120	140	159
МАХ									
				Покрытие					
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
				ВСЕГО					
181	119	77	70	75	86	102	120	140	159
МАХ									

Рисунок 2 – Результат расчета теплоступлений через стены

Как видно по результатам расчета, наибольшим периодом тепlopоступлений в торговый зал является промежуток с 8 до 9 часов. Однако торговый центр работает с 10:00, поэтому для расчета примем 119 Вт.

Результаты расчетов тепlopоступлений в торговый зал представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Количество вредностей в помещении торгового зала

Период года	Теплопоступления, Вт							Вредные вещества	
	От солнеч- ной радиа- ции		От освеще- ния	От людей		Всего		Вла- га, г/ч	Углекис- лый газ, л/ч
	Сте- ны	Ок- на		Яв- ные	Пол- ные	Яв- ные	Пол- ные		
Теплый	119	-	1800	10856	22422	12775	24341	16694	4225
Холод- ный	-	-		17536	24188	19336	25988	9378	

При расчете суммарных тепlopоступлений учитывается максимальное из тепlopоступлений от солнечной радиации и искусственного освещения. Суммарные тепlopоступления в теплый и холодный период определяются следующим образом

$$\sum Q_{\text{я}}^{\text{т}} = Q^{\text{осв}} + Q_{\text{я}}^{\text{л}} + Q^{\text{ст}}; \quad (5)$$

$$\sum Q_{\text{п}}^{\text{т}} = Q^{\text{осв}} + Q_{\text{п}}^{\text{л}} + Q^{\text{ст}}; \quad (6)$$

$$\sum Q_{\text{я}}^{\text{х}} = Q^{\text{осв}} + Q_{\text{я}}^{\text{л}}; \quad (7)$$

$$\sum Q_{\text{п}}^{\text{х}} = Q^{\text{осв}} + Q_{\text{п}}^{\text{л}}. \quad (8)$$

Суммарные тепlopоступления для торгового зала составят

					08.03.01.2020.563.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись_	Дата		13

$$\sum Q_{\text{я}}^{\text{т}} = 1800 + 10856 + 119 = 12775 \text{ Вт};$$

$$\sum Q_{\text{п}}^{\text{т}} = 1800 + 22422 + 119 = 24341 \text{ Вт};$$

$$\sum Q_{\text{я}}^{\text{х}} = 1800 + 17536 = 19336 \text{ Вт};$$

$$\sum Q_{\text{п}}^{\text{х}} = 1800 + 24188 = 25988 \text{ Вт}.$$

3.2 Кинозал

Кинокомплекс рассчитан на 62 посадочных места. Число мужчин и женщин принимается по 50% числа посетителей. Поступление вредных веществ от людей и тепlopоступления от солнечной радиации рассчитываются по методике, приведенной в п.3.1. Результаты расчета представлены в таблице 4. Тепlopоступления от работы искусственного освещения не учитываются ввиду его кратковременности.

Таблица 4 – Количество вредных веществ в помещении кинозала

Период года	Тепlopоступления, Вт							Вредные вещества	
	От солнечной радиации		От освещения	От людей		Всего		M _w , г/ч	M _{CO2} , л/ч
	стены	окна		явные	полные	явные	полные		
Теплый	39	-	-	3785	5735	3824	5774	2753	1426
Холодный	-	-	-	5162	6882	5162	6882	2294	

3.3 Обеденный зал

В торговом центре предусмотрен обеденный зал площадью 164,35 м², рассчитанный на 112 посадочных мест. Число мужчин и женщин принимается по 50% числа посетителей. Поступление вредных веществ от людей, искусственного освеще-

щения и солнечной радиации рассчитываются по методике, приведенной в п.3.1. Результаты расчета представлены в таблицах 5,6.

3.3.1 Теплопоступления от остывающей пищи

Количество явной теплоты, выделяемое пищей, определяется следующим образом

$$Q_{\text{пищ.я}} = \frac{g C_{\text{сп}} (t_{\text{н}} - t_{\text{к}}) n}{\tau \cdot 3,6}, \quad (9)$$

где $g = 0,85$ кг – средняя масса всех блюд, приходящаяся на одного посетителя;

$C_{\text{сп}} = 3,35$ кДж/кг $^{\circ}\text{C}$ – средняя теплоемкость пищи;

$t_{\text{н}} = 70$ $^{\circ}\text{C}$ – начальная температура пищи, поступающей в обеденный зал;

$t_{\text{к}} = 40$ $^{\circ}\text{C}$ – температура пищи в момент потребления;

n – количество посадочных мест;

$\tau = 0,3$ ч – продолжительность принятия пищи одним человеком.

Количество полной теплоты можно определить так

$$Q_{\text{пищ.п}} = 2 \cdot Q_{\text{пищ.я}}. \quad (10)$$

Рассчитаем теплопоступления от пищи для рассматриваемого помещения

$$Q_{\text{пищ.я}} = \frac{0,85 \cdot 3,35 (70 - 40) \cdot 112}{0,3 \cdot 3,6} = 8859 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{пищ.п}} = 2 \cdot 8859 = 17718 \text{ Вт}.$$

3.3.2 Влагопоступления от остывающей пищи

Количество влаги, выделяемой от остывающей пищи, можно определить следующим образом

$$M_w = \frac{K \cdot g \cdot C_{\text{сп}} (t_{\text{н}} - t_{\text{к}}) \cdot n}{\tau \cdot (2500 + 1,8 \cdot \frac{t_{\text{н}} + t_{\text{к}}}{2})}, \quad (11)$$

где $K=0,34$ – понижающий коэффициент, учитывающий снижение поступления влаги за счет наличия жировой пленки на поверхности пищи.

Для рассматриваемого помещения влаговыведения от пищи составят

$$M_w = \frac{0,34 \cdot 0,85 \cdot 3,35(70 - 40) \cdot 112}{0,3 \cdot (2500 + 1,8 \cdot \frac{70 + 40}{2})} = 4,172 \text{ кг/ч.}$$

Таблица 5 – Теплопоступления в помещении обеденного зала

Период года	Теплопоступления, Вт								
	От солнечной радиации		От осве- щения	От людей		От пищи		Всего	
	стены	окна		явные	полные	явные	полные	явные	полные
Теплый	115	-	390	7459	15126	8859	17718	16823	33348
Холод- ный	-	-		12018	16369			21266	34477

Таблица 6 – Вредности в помещении обеденного зала

Период года	M_w , г/ч	M_{CO_2} , л/ч
Теплый	15257	2800
Холодный	10284	

4 РАСЧЕТ ВОЗДУХООБМЕНА

4.1 Расчет воздухообмена для теплого периода

Для теплого периода проектируется система центрального кондиционирования. В качестве секции охлаждения принимается фреоновый охладитель.

На i-d диаграмме данный процесс строится следующим образом:

- 1) наносится точка Н с параметрами наружного воздуха;
- 2) наносится точка О с $t = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $\phi = 88\%$, проводится линия НО;
- 3) на линии НО отмечается точка П с параметрами приточного воздуха;
- 4) из точки П проводится луч ε ;
- 5) на луче отмечаются точки У и В с параметрами удаляемого и

Угловой коэффициент ε луча процесса определяется следующим образом

$$\varepsilon = \frac{3600 \cdot Q_{\text{П}}}{M_{\text{W}}}. \quad (12)$$

Определим величину углового коэффициента.

Для торгового зала:

$$\varepsilon = \frac{3600 \cdot 24341}{16694} = 5249 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Для обеденного зала:

$$\varepsilon = \frac{3600 \cdot 33348}{15257} = 7869 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Для кинозала:

$$\varepsilon = \frac{3600 \cdot 5774}{2753} = 7550 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Для каждого из помещений угловой коэффициент лежит в следующих пределах $3000 < \varepsilon < 40000$ кДж/кг, следовательно, расчет воздухообмена ведется по избыткам полного тепла по следующей формуле

$$G_o = \frac{3,6 \cdot Q_{\text{изб.п.}}}{J_y - J_{\text{п}}}, \quad (13)$$

где $J_y, J_{\text{п}}$ – энтальпия удаляемого и приточного воздуха.

Для определения энтальпии необходимо построить данные процессы на $i-d$ диаграмме. Для этого нужно рассчитать недостающие параметры – температуру удаляемого и приточного воздуха:

$$t_y = t_B + \text{grad } t \cdot (H - H_{\text{рз}}), \quad (14)$$

где $\text{grad } t$ – величина, показывающая, на сколько градусов нагреется воздух с каждым метром высоты помещения, °С/м;

$H, H_{\text{рз}}$ – высота помещения и высота рабочей зоны, м.

$$t_{\text{пр}} = t_B - \Delta t_{\text{пр}}, \quad (15)$$

где $\Delta t_{\text{пр}}$ – допускаемый температурный перепад между внутренним и приточным воздухом. Для торгового и обеденного зала принимается 7 °С, для кинозала – 5 °С

Величина $\text{grad } t$ зависит от теплонапряженности помещения, определяемой по формуле

$$q = \frac{Q_{\text{я}}}{V_{\text{пом}}}. \quad (16)$$

Рассчитаем необходимые параметры в каждом из помещений.

Для торгового зала:

$$q = \frac{12775}{3475,8} = 3,675 \text{ Вт/м}^3.$$

Т.к. $q < 11,6 \text{ Вт/м}^3$, принимаем $\text{grad } t = 0,16 \text{ °С/м}$.

					08.03.01.2020.563.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		18

$$t_y = 24 + 0,16 \cdot (4,5 - 2) = 24,4 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$t_{\text{пр}} = 24 - 7 = 17 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Для обеденного зала:

$$q = \frac{16823}{493,05} = 34,12 \text{ Вт/м}^3.$$

Т.к. $q > 23 \text{ Вт/м}^3$, принимаем $\text{grad } t = 1 \text{ }^{\circ}\text{C/м}$.

$$t_y = 24 + 1 \cdot (3 - 2) = 25 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$t_{\text{пр}} = 24 - 7 = 17 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Для кинозала:

$$q = \frac{3824}{885,76} = 4,32 \text{ Вт/м}^3.$$

Т.к. $q < 11,6 \text{ Вт/м}^3$, принимаем $\text{grad } t = 0,19 \text{ }^{\circ}\text{C/м}$.

$$t_y = 24 + 0,19 \cdot (6,36 - 1,5) = 24,9 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$t_{\text{пр}} = 24 - 5 = 19 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Построим данные процессы на i-d диаграмме (приложение А), определим энтальпию приточного и удаляемого воздуха и по формуле (13) рассчитаем воздухообмен.

Торговый зал:

$$I_{\text{пр}} = 35,2 \text{ кДж/кг}; I_y = 50,1 \text{ кДж/кг}.$$

$$G_o = \frac{3,6 \cdot 24341}{50,1 - 35,2} = 5881 \text{ кг/ч}.$$

Обеденный зал:

$$I_{\text{пр}} = 35,2 \text{ кДж/кг}; I_y = 47,2 \text{ кДж/кг}.$$

					08.03.01.2020.563.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись_	Дата		19

$$G_o = \frac{3,6 \cdot 33348}{47,2 - 35,2} = 10004 \text{ кг/ч.}$$

Кинозал:

$I_{пр} = 38,3 \text{ кДж/кг}; I_y = 47,4 \text{ кДж/кг.}$

$$G_o = \frac{3,6 \cdot 5774}{47,4 - 38,3} = 2284 \text{ кг/ч.}$$

4.2 Расчет воздухообмена для холодного периода

Для создания воздухообмена в холодный период проектируется система вентиляции. Определим по формуле (12) угловой луч процесса.

Для торгового зала:

$$\varepsilon = \frac{3600 \cdot 25988}{9378} = 9976 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Для обеденного зала:

$$\varepsilon = \frac{3600 \cdot 34477}{10284} = 12069 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Для кинозала:

$$\varepsilon = \frac{3600 \cdot 6882}{2294} = 10800 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Т.к. значение углового луча процесса во всех случаях лежит в пределах $3000 < \varepsilon < 40000 \text{ кДж/кг}$, то расчет воздухообмена ведется по избыткам полного тепла по формуле (13).

Для построения процессов на i-d диаграмме необходимо по формулам (14) и (15) определить температуру удаляемого и приточного воздуха. Выполним необходимые расчеты для рассматриваемых помещений.

Торговый зал:

					08.03.01.2020.563.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись_	Дата		20

$$q = \frac{19336}{3475,8} = 5,56 \text{ Вт/м}^3.$$

Т.к. $q < 11,6 \text{ Вт/м}^3$, принимаем $\text{grad } t = 0,24 \text{ }^\circ\text{C/м}$.

$$t_y = 16 + 0,24 \cdot (4,5 - 2) = 16,6 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$t_{\text{пр}} = 16 - 8 = 8 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Обеденный зал:

$$q = \frac{21266}{493,05} = 43,13 \text{ Вт/м}^3.$$

Т.к. $q > 23 \text{ Вт/м}^3$, принимаем $\text{grad } t = 1,5 \text{ }^\circ\text{C/м}$.

$$t_y = 16 + 1,5 \cdot (3 - 2) = 17,5 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$t_{\text{пр}} = 16 - 8 = 8 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Кинозал:

$$q = \frac{5162}{885,76} = 5,83 \text{ Вт/м}^3.$$

Т.к. $q < 11,6 \text{ Вт/м}^3$, принимаем $\text{grad } t = 0,25 \text{ }^\circ\text{C/м}$.

$$t_y = 20 + 0,25 \cdot (6,36 - 1,5) = 21,2 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$t_{\text{пр}} = 20 - 4 = 16 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Построим данные процессы на $i-d$ диаграмме (приложение А), определим энтальпию приточного и удаляемого воздуха и рассчитаем воздухообмен.

Торговый зал:

$$I_y = 20,9 \text{ кДж/кг}; I_{\text{п}} = 9,2 \text{ кДж/кг}. 19,8 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$G_o = \frac{3,6 \cdot 25988}{20,9 - 9,2} = 7996 \text{ кг/ч}.$$

					08.03.01.2020.563.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		21

Обеденный зал:

$$I_y = 21,5 \text{ кДж/кг}; I_n = 9,25 \text{ кДж/кг}.$$

$$G_o = \frac{3,6 \cdot 34477}{21,5 - 9,25} = 10132 \text{ кг/ч}.$$

Кинозал:

$$I_y = 24 \text{ кДж/кг}; I_n = 17,3 \text{ кДж/кг}.$$

$$G_o = \frac{3,6 \cdot 6882}{24 - 17,3} = 3698 \text{ кг/ч}.$$

4.3 Расчет воздухообмена по санитарной норме

Согласно требованиям санитарной нормы воздухообмен определяется следующим образом

$$G_o = L_{уд} \rho_n N, \quad (17)$$

где $L_{уд}$ – нормируемый удельный расход приточного воздуха на 1 чел, $\text{м}^3/\text{ч}$, принимаемый по приложению К [6];

ρ_n – плотность наружного воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$;

N – количество человек в помещении.

Для кинозала принимаем $L_{уд} = 25 \text{ м}^3/\text{ч}$. Для торгового зала $60 \text{ м}^3/\text{ч}$ для продавца и $20 \text{ м}^3/\text{ч}$ для покупателя. Для обеденного зала принимаем $30 \text{ м}^3/\text{ч}$ на одного посетителя.

Выполним расчет для теплого и холодного периода.

Кинозал:

$$G_o^T = 25 \cdot 1,173 \cdot 62 = 1818 \text{ кг/ч};$$

$$G_o^X = 25 \cdot 1,478 \cdot 62 = 2291 \text{ кг/ч}.$$

Торговый зал:

					08.03.01.2020.563.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		22

$$G_o^T = 20 \cdot 1,173 \cdot 155 + 60 \cdot 1,173 \cdot 10 = 4340 \text{ кг/ч};$$

$$G_o^X = 20 \cdot 1,478 \cdot 155 + 60 \cdot 1,478 \cdot 10 = 5469 \text{ кг/ч}.$$

Обеденный зал:

$$G_o^T = 30 \cdot 1,173 \cdot 112 = 3941 \text{ кг/ч};$$

$$G_o^X = 30 \cdot 1,478 \cdot 112 = 4966 \text{ кг/ч}.$$

4.4 Выбор расчетного воздухообмена

Для выбора расчетного воздухообмена сравним значения, полученные в пунктах 4.1, 4.2, 4.3. Как видим, для каждого из рассматриваемых помещений наибольшую величину имеет воздухообмен, рассчитанный в холодный период. Значит, в качестве расчетной принимаем данную величину

$$G_o^{T3} = 7996 \text{ кг/ч};$$

$$G_o^{O3} = 10132 \text{ кг/ч};$$

$$G_o^{K3} = 3698 \text{ кг/ч}.$$

В некоторых расчетах удобно использовать не массовый, а объемный расход воздуха, значение которого определяется следующим образом

$$L_o = \frac{G_o}{\rho_o}, \quad (18)$$

где $\rho_o = 1,2 \text{ кг/м}^3$.

Тогда объемный расход составит

$$L_o^{T3} = 6663 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$L_o^{O3} = 8443 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$L_o^{K3} = 3082 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

4.5 Расчет воздухообмена по кратностям

Для вспомогательных помещений торгового комплекса, в которых тепловой и влажностный режим являются постоянными, расчет воздухообмена выполнен по кратностям.

$$L = V_{\text{пом}} \cdot K, \quad (19)$$

где $V_{\text{пом}}$ – объем помещения, м^3 ;

K – кратность воздухообмена, ч^{-1} . Принимается по таблице 3.12 [7].

Результаты расчета представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Расчет воздухообменов по кратностям

Наименование помещения	$V_{\text{пом}}, \text{ м}^3$	$t_{\text{в}}, \text{ }^{\circ}\text{C}$	Кратность, ч^{-1}		Расход воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$	
			Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка
1 этаж						
Тамбур	113	14	-	-	-	-
Атриум	5288	18	-	-	-	-
ГПУ	249					
Электрощитовая	75	14	-	2	-	150
Тамбур	35	14	-	-	-	-
Загрузочная	69	10	-	1	-	69
Загрузочная	103	10	-	1	-	103
Загрузочная продуктов	117	10	-	1	-	117

Продолжение таблицы 7

Наименование помещения	$V_{\text{пом}}, \text{м}^3$	$t_{\text{в}}, ^\circ\text{C}$	Кратность, ч^{-1}		Расход воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$	
			Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка
Служебное помещение	61	18	-	1	-	61
Комната хранения уборочного инвентаря	36	8	-	1	-	36
Тамбур-шлюз	46		-	-	-	-
Санузел для МГН	22	16	-	50 $\text{м}^3/\text{ч}$ на унитаз	-	50
Санузел женский	55	16	-	50 $\text{м}^3/\text{ч}$ на унитаз	-	150
Санузел мужской	35	16	-	50 $\text{м}^3/\text{ч}$ на унитаз	-	100
Итого						836
2 этаж						
Коридор	1084	16	По балансу	-	492 (б)	-
Складское помещение	91	16	-	0,5	-	46
Административное помещение	28	18	-	1	-	28

Продолжение таблицы 7

Наименование помещения	$V_{\text{пом}}, \text{м}^3$	$t_{\text{в}}, ^\circ\text{C}$	Кратность, ч^{-1}		Расход воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$	
			Приток	Вытяжк	Приток	Вытяжка
Помещение персонала	82	18	-	1	-	82
Помещение безопасности МГН	63	16	2	2	126	126
Помещение уборочного инвентаря	36	8	-	1	-	36
Тамбур	46	14	-	-	-	-
Санузел МГН	22	16	-	50 $\text{м}^3/\text{ч}$ на унита- таз	-	50
Санузел женский	55	16	-	50 $\text{м}^3/\text{ч}$ на унита- таз	-	150
Санузел мужской	35	16	-	50 $\text{м}^3/\text{ч}$ на унита- таз	-	100
Итого					618	618
3 этаж						
Фойе	2357	18	По расч	По расч	-	-
Фойе кинокомплекса	852	18	По расч	По расч	-	-

Продолжение таблицы 7

Наименование помещения	V _{пом} , м ³	t _в , °С	Кратность, ч ⁻¹		Расход воздуха, м ³ /ч	
			Приток	Вытяжк	Приток	Вытяжка
Зона минимаркета	250	18	-	5	-	1250
Тамбур	4	14	-	-	-	-
Гардероб	144	16	-	2	-	288
Служебное помещение	73	18	2	3	146	219
Доготовочный цех	128	16	2	4	256	512
Моечная столовой посуды	47	18	3	6	141	282
Гардеробная	32	16	-	2	-	64
Санузел персонала	7	16	ч/з смежные	100 м ³ /ч на унитаз	-	100
Моечная кухонной посуды	7	18	3	6	21	42
Кладовая продуктов	18	12	-	1	-	18
Кладовая хранения пищевых отходов	5	2	-	10	-	50
Помещение уборочного инвентаря	5	12	-	1	-	5
Коридор	102	16	По балансу	-	2560 (б)	-

					08.03.01.2020.563.09 ПЗ ВКР		Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись_	Дата			27

Продолжение таблицы 7

Наименование помещения	$V_{\text{пом}}, \text{м}^3$	$t_{\text{в}}, ^\circ\text{C}$	Кратность, ч^{-1}		Расход воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$	
			Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка
Кладовая посуды и кухонного инвентаря	16	12	-	1	-	16
Кладовая тары	13	5	-	1	-	13
Кладовая кухонного инвентаря	15	12	-	1	-	15
Комната приема пищи персонала	68	18	2	3	136	204
Помещение безопасности МГН	36	16	2	2	72	72
Помещение уборочного инвентаря	62	12	-	1	-	62
Санузел МГН	39	16	ч/з смежн	100 $\text{м}^3/\text{ч}$ на унитаз	-	100
Санузел женский	96	16	ч/з смежн	100 $\text{м}^3/\text{ч}$ на унитаз	-	300
Санузел мужской	60	16	ч/з смежн	100 $\text{м}^3/\text{ч}$ на унитаз	-	200
Комната торжеств	267	16	60 $\text{м}^3/\text{ч}$ на чел.	-	480	-

Продолжение таблицы 7

Наименование помещения	$V_{\text{пом}}, \text{м}^3$	$t_{\text{в}}, ^\circ\text{C}$	Кратность, ч^{-1}		Расход воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$	
			Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка
Фойе	1493	18	По расч	По расч	-	-
Итого					3812	3812
4 этаж						
Служебное помещение	40	18	-	1	-	40
VIP-зал	71	16	60 $\text{м}^3/\text{ч}$ на чел.	60 $\text{м}^3/\text{ч}$ на чел.	300	300
Коридор	66	16	По балансу	-		-
Касса	45	18	1,5	1,5	68	68
Коридор	159	16	По балансу	-		-
Администрация	62	18	3	-	186	-
Комната уборочного инвентаря	26	12	-	1	-	26
Помещение для емкости для сброса воды	12		-	1	-	12
Комната приема пищи	45	16	-	1	-	45

Окончание таблицы 7

Наименование помещения	$V_{\text{пом}}, \text{м}^3$	$t_{\text{в}}, ^\circ\text{C}$	Кратность, ч^{-1}		Расход воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$	
			Приток	Вытяжк	Приток	Вытяжка
Комната охраны	119	18	-	1	-	119
Администрация	137	18	3	-	411	-
Санузел	21	16	ч/з смежн	100 $\text{м}^3/\text{ч}$ на унитаз	-	100
Санузел	21	16	ч/з смежн	100 $\text{м}^3/\text{ч}$ на унитаз	-	100
Итого					965	810
5 этаж						
Вентиляционная камера	418	16	2	1	836	418
Котельная	454		-	2	-	908
Вентиляционная камера	859	16	2	1	1718	859
Итого					2554	2185

На каждом этаже должен соблюдаться воздушный баланс, т.е. расход приточного воздуха должен быть таким же, как и расход вытяжного. В случае превышения вытяжки над притоком её можно компенсировать подачей недостающего количества воздуха в смежное помещение. Превышение притока компенсировать не нужно.

					08.03.01.2020.563.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись_	Дата		30

Составим воздушный баланс.

Первый этаж:

$$\Sigma L_{\text{пр}} = 0 \text{ м}^3/\text{ч}; \Sigma L_{\text{выт}} = 836 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$\Delta L_{2\text{эт}} = 836 - 0 = 836 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Второй этаж:

$$\Sigma L_{\text{пр}} = 126 \text{ м}^3/\text{ч}; \Sigma L_{\text{выт}} = 618 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$\Delta L_{2\text{эт}} = 618 - 126 = 492 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Третий этаж:

$$\Sigma L_{\text{пр}} = 1252 \text{ м}^3/\text{ч}; \Sigma L_{\text{выт}} = 3812 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$\Delta L_{3\text{эт}} = 3812 - 1252 = 2560 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Четвертый этаж:

$$\Sigma L_{\text{пр}} = 965 \text{ м}^3/\text{ч}; \Sigma L_{\text{выт}} = 810 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$\Delta L_{4\text{эт}} = 965 - 810 = 155 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Пятый этаж:

$$\Sigma L_{\text{пр}} = 2554 \text{ м}^3/\text{ч}; \Sigma L_{\text{выт}} = 2185 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$\Delta L_{5\text{эт}} = 2554 - 2185 = 369 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Так как в торговом центре предусмотрен атриум, проходящий через все этажи, то необходимо подать весь недостающий объем воздуха – 3888 м³/ч в атриум.

					08.03.01.2020.563.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись_	Дата		31

5 ПОДБОР ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ

При подборе воздухораспределителей необходимо следить за соблюдением следующих условий:

1) Фактическая скорость движения воздуха в струе не должна превышать допустимую;

2) отклонение фактической температуры воздуха в струе не должно превышать допустимых пределов.

Согласно приложения Б [6] максимальная скорость движения воздуха определяется следующим образом

$$v_x = K_{\Pi} v_n, \quad (20)$$

где v_n – нормируемая скорость движения воздуха;

K_{Π} – коэффициент перехода от нормируемой скорости движения воздуха в помещении к максимальной скорости в струе воздуха. Принимается таблице Б.1 [6].

Допускаемая скорость движения воздуха в рассматриваемых помещениях в летний период составляет 0,15 м/с. Тогда, принимая $K_{\Pi} = 1,2$, получим

$$v_x = 1,2 \cdot 0,15 = 0,18 \text{ м/с.}$$

Принимаем максимально допустимую скорость в струе воздуха в помещениях торгового зала, обеденного зала и кинотеатра 0,18 м/с. Для остальных помещений торгового зала расчет выполняется аналогично.

Согласно приложения Д [9] допустимое отклонение температуры в приточной струе составляет $\Delta t = 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Используя каталог воздухораспределителей Арктика и номограммы, представленные в нем, выполним подбор решеток. Будем подбирать воздухораспределители с подачей воздуха сверху вниз настилающимися на потолок веерными струями (рисунок 3)

					08.03.01.2020.563.09 ПЗ ВКР	Лист
						32
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись_	Дата		

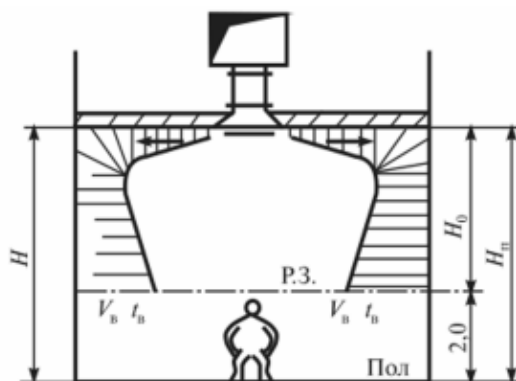


Рисунок 3 – Схема подачи воздуха в помещение

В качестве примера выполним подбор диффузора 4АПР (рисунок 4) для помещения торгового зала площадью 772,44 м², высотой 4,5 м. Необходимо подать 6663 м³/ч.



Рисунок 4 – Диффузор 4АПР

Площадь помещения, приходящейся на один воздухораспределитель, найдем по формуле

$$F_{\text{ВР}} = ((1 \div 3,3) \cdot (h_o - h_{\text{рз}}))^2, \quad (21)$$

где h_o – высота помещения, м;

$h_{\text{рз}}$ – высота рабочей зоны, м.

$$F_{\text{ВР}} = (2,7 \cdot (4,5 - 2))^2 = 45,6 \text{ м}^2.$$

Требуемое количество воздухораспределителей можно рассчитать так

					08.03.01.2020.563.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		33

$$N = \frac{F_{\text{ПОМ}}}{F_{\text{БР}}}. \quad (22)$$

$$N = \frac{772,44}{45,6} = 16,9.$$

Расчетную длину струи найдем следующим образом

$$x = 0,5\sqrt{F_{\text{БР}}} + h_o - h_{\text{рз}}; \quad (23)$$

$$x = 0,5\sqrt{45,6} + 4,5 - 2 = 5,88 \text{ м.}$$

Принимаем к установке 17 диффузоров. Тогда на один диффузор будет приходиться $392 \text{ м}^3/\text{ч}$ воздуха. Наиболее подходящая по каталогу решетка – 4АПР 450х300.

Значение скоростного и температурного коэффициента для выбранного типа решеток принимаем по каталогу [8]: $m = 2,2$; $n = 1,6$. Расчет выполняем по номограммам в следующей последовательности:

1) По расходу и живой площади сечения определяем точку А и получаем $V_0 = 2,25 \text{ м/с}$.

2) Переходим в следующий квадрат. По X и F_0 определяем точку В.

3) Определяем отношение $X/\sqrt{F_0} = 29,4$. По m и $X/\sqrt{F_0}$ находим точку С.

4) Переходим в следующий квадрат. По точкам А и С находим точку D, получаем $V_x = 0,17 \text{ м/с}$.

5) По $\Delta t_{\text{пр}}$ и n определяем точку Е.

6) По точке Е и $X/\sqrt{F_0}$ определяем $t_x = 0,35$.

Для того чтобы проверить правильность подобранного воздухораспределителя, необходимо рассчитать избыточную температуру и максимальную скорость воздуха в приточной струе с учетом поправок по формулам

$$V_x^{\text{max}} = V_x K_c K_n; \quad (24)$$

					08.03.01.2020.563.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись_	Дата		34

$$\Delta t_x^{\max} = \frac{\Delta t_x}{K_c K_H}, \quad (25)$$

где K_c , K_H – коэффициенты стеснения и неизотермичности, соответственно. Принимаются согласно [8].

$$V_x^{\max} = 0,17 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,15 \text{ м/с};$$

$$\Delta t_x^{\max} = \frac{0,35}{0,9 \cdot 1} = 0,39 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Как видим, избыточная температура и максимальная скорость воздуха в струе не превышают допустимых значений, определенных ранее.

Значит окончательно принимаем к установке в помещении торгового зала 17 воздухораспределителей 4 АПР 450х300. Воздухораспределители остальных помещений подбираются аналогично. Результаты подбора для основных помещений торгового центра представлены в таблице 7. Графически процесс подбора представлен в приложении Б.

Таблица 7 – Подбор воздухораспределителей

Помещение	Площадь на один ВР, м ²	Количество ВР	Тип ВР	V_x^{\max} , м/с	Δt_x^{\max} , °C
Торговый зал	45,6	17	4АПР 450х300	0,15	0,39
Обеденный зал	12,7	12	ДПУ-К Ø250 (b=0,05A)	0,18	0,39
Кинозал	10,89	12	4АПР 300х300	0,17	0,37

6 АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

Аэродинамический расчет выполняется для определения потерь давления в вентиляционной сети и определения размеров поперечного сечения воздуховодов.

В рамках данного проекта выполняется расчет основного направления и ответвления притока и вытяжки систем П1, В1, П2, В2, П3, В3, выполняется увязки магистрали с ответвлением.

Для выполнения расчета вычерчивается аксонометрическая расчетная схема с нумерацией участков от самого удаленного в сторону увеличения расходов.

Для выполнения грамотного расчета будем придерживаться следующих рекомендуемых скоростей воздуха:

- На магистрали системы в обеденном и торговом залах – 5-7 м/с;
- на ответвлениях системы в обеденном и торговом залах – 3-5 м/с;
- на магистрали системы в кинозале – 5-6 м/с;
- на ответвлениях системы в кинозале – 3-5 м/с;
- на магистральном направлении у вентилятора – 5-8 м/с;
- в воздухозаборной шахте – 4 м/с;
- в системах естественной вентиляции – 1-1,5 м/с.

Аэродинамический расчет выполняется в следующей последовательности:

Определяется требуемая площадь поперечного сечения воздуховода

$$F_{\text{тр}} = \frac{L_{\text{уч}}}{3600 \cdot V_p}. \quad (26)$$

По требуемой площади подбирается оптимальный воздуховод. Далее рассчитывается фактическая скорость воздуха

$$V_{\text{ф}} = \frac{L_{\text{уч}}}{3600 \cdot F_{\text{ф}}}. \quad (27)$$

Далее вычисляется динамическое давление на участке

					08.03.01.2020.563.09 ПЗ ВКР	Лист
						36
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись_	Дата		

$$P_d = \frac{\rho V_{\phi}^2}{2}, \quad (28)$$

где $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$ – плотность воздуха.

Затем рассчитываем потери давления на трение

$$\Delta P_{\text{тр}} = R \cdot l \cdot n, \quad (29)$$

где R – удельные потери давления на трение, Па/м. Принимаются по справочным таблицам или номограммам;

l – длина участка, м;

n – поправочный коэффициент, учитывающий шероховатость. Для стальных воздухопроводов принимается равным единице.

Рассчитываются потери давления в местных сопротивлениях

$$Z = P_d \sum_{i=1}^n \xi, \quad (30)$$

где ξ – коэффициент местного сопротивления определяется для каждого элемента по справочным таблицам.

Суммарные потери вычисляются следующим образом

$$\Delta P_{\text{уч}} = \Delta P_{\text{тр}} + Z. \quad (31)$$

После расчета основного направления и ответвлений выполняется их увязка.

6.1 Аэродинамический расчет системы П1

Расчетная схема системы П1 представлена на рисунке В.1. Воспользуемся приведенной выше методикой и выполним расчет участка №1.

$$F_{\text{тр}} = \frac{391}{3600 \cdot 2,5} = 0,043 \text{ м}^2.$$

Примем к установке круглый воздуховод диаметром $d = 225$ мм с площадью поперечного сечения $F_{\phi} = 0,04 \text{ м}^2$. Тогда фактическая скорость движения воздуха составит

$$V_{\phi} = \frac{391}{3600 \cdot 0,04} = 2,72 \text{ м/с};$$

$$P_d = \frac{1,2 \cdot 2,72^2}{2} = 4,5 \text{ Па};$$

$$\Delta P_{\text{тр}} = 0,47 \cdot 1,2 \cdot 1 = 0,6 \text{ Па/м}.$$

На данном участке имеются следующие местные сопротивления:

- 1) Диффузор приточный $\Delta P = 1 \text{ Па};$
- 2) диффузор конический $F_0/F_1 = 0,3 - \xi = 0,25;$
- 3) круглый отвод $- \xi = 0,35;$
- 4) изменение поперечного сечения $F_0/F_1 = 0,95 - \xi = 0,04.$

Данные по местным сопротивлениям на остальных участка представлены в таблице 8.

$$\Sigma \xi = 0,25 + 0,35 + 0,04 = 0,64. \text{ Тогда}$$

$$Z = 4,5 \cdot 0,64 + 8 = 10,88 \text{ Па};$$

$$\Delta P_{\text{уч}} = 0,6 + 10,88 = 11,48.$$

После расчета ответвления определим невязку

$$H = \frac{P_{1-11} - P_{13-19}}{P_{1-11}} \cdot 100\%; \quad (32)$$

$$H = \frac{92,69 - 52,53}{92,69} \cdot 100\% = 43\%.$$

Невязка превышает допустимые 15%. В этом случае необходимо установить дополнительное местное сопротивление – диафрагму. Требуемый коэффициент местного сопротивления составит

$$\xi_d = \frac{\Delta P_{\text{маг}} - \Delta P_{\text{отв}}}{P_d}, \quad (33)$$

где $\Delta P_{\text{маг}}$ – потери давления на магистральных участках воздуховода, Па;

$\Delta P_{\text{отв}}$ – потери давления на участках ответвления, Па;

P_d – динамическое давление на участке, на котором устанавливается диафрагма, Па.

$$\xi_d = \frac{92,69 - 52,53}{15,49} = 2,59.$$

Аэродинамический расчет остальных участков выполняется аналогичным образом. Результаты расчета представлены в таблице Г.1.

Таблица 8 – Характеристика местных сопротивлений системы П1

№ участка	Характеристика местных сопротивлений	ξ	ΔP , Па
1	Диффузор	-	8
	Переход с $d=124$ на $d=225$ – диффузор конический $F_0/F_1 = 0,3$ при $a=24$	0,25	-
	Круглый отвод	0,35	-
	Изменение поперечного сечения (внезапное расширение) $F_0/F_1 = 0,038/0,04 = 0,95$	0,04	-
2	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_n/f_c = 0,038/0,063 = 0,6$ $L_0/L_c = 392/783 = 0,5$	0,4	-
3	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_n/f_c = 0,063/0,075 = 0,84$ $L_0/L_c = 392/1175 = 0,33$	0,195	-
4	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_n/f_c = 0,075/0,1 = 0,75$ $L_0/L_c = 392/1567 = 0,25$	0,212	-
5	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_n/f_c = 0,1/0,1 = 1$ $L_0/L_c = 392/1959 = 0,2$	0,1	-

Продолжение таблицы 8

№ участка	Характеристика местных сопротивлений	ξ	ΔP , Па
6	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_{\text{п}}/f_{\text{с}} = 0,1/0,125 = 0,8$ $L_0/L_{\text{с}} = 392/2351 = 0,17$	0,2	-
7	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_{\text{п}}/f_{\text{с}} = 0,125/0,15 = 0,83$ $L_0/L_{\text{с}} = 392/2743 = 0,14$	0,194	-
8	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_{\text{п}}/f_{\text{с}} = 0,15/0,15 = 1$ $L_0/L_{\text{с}} = 392/3135 = 0,125$ Отвод прямоугольного сечения 300х500	0,175 0,49	-
9	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_{\text{п}}/f_{\text{с}} = 0,15/0,15 = 1$ $L_0/L_{\text{с}} = 392/3527 = 0,11$ Отвод прямоугольного сечения 300х500	0,19 0,49	-
10	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_{\text{п}}/f_{\text{с}} = 0,15/0,18 = 0,83$ $L_0/L_{\text{с}} = 392/3919 = 0,1$	0,2	-
11	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_{\text{п}}/f_{\text{с}} = 0,18/0,28 = 0,64$ $L_0/L_{\text{с}} = 2744/6663 = 0,4$	0,28	-
12	Отвод прямоугольного сечения 400х700 (2шт)	1,18	-
13	Диффузор Переход с $d=124$ на $d=225$ – диффузор конический $F_0/F_1 = 0,3$ при $a=24$ Круглый отвод Изменение поперечного сечения (внезапное расширение) $F_0/F_1 = 0,038/0,04 = 0,95$	- 0,25 0,35 0,04	8 - - -
13'	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_{\text{п}}/f_{\text{с}} = 0,038/0,075 = 0,5$ $L_0/L_{\text{с}} = 392/784 = 0,5$	0,4	-
14	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_{\text{п}}/f_{\text{с}} = 0,075/0,1 = 0,75$ $L_0/L_{\text{с}} = 392/1176 = 0,33$ Отвод прямоугольного сечения 250х300 (2шт)	0,23 0,62	- -
15	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_{\text{п}}/f_{\text{с}} = 0,1/0,125 = 0,8$ $L_0/L_{\text{с}} = 392/1568 = 0,25$	0,2	-
16	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_{\text{п}}/f_{\text{с}} = 0,125/0,125 = 1$ $L_0/L_{\text{с}} = 392/1960 = 0,2$	0,1	-
17	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_{\text{п}}/f_{\text{с}} = 0,125/0,15 = 0,83$ $L_0/L_{\text{с}} = 392/2352 = 0,17$	0,19	-

Окончание таблицы 8

№ участка	Характеристика местных сопротивлений	ξ	ΔP , Па
18	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_{\text{п}}/f_c = 0,15/0,15 = 1$ $L_0/L_c = 392/2744 = 0,14$	0,16	-
19	Узел ответвления на ответвление с изменением сечения $f_{\text{п}}/f_c = 0,15/0,28 = 0,54$ $L_0/L_c = 2744/6663 = 0,4$	0,89	-

6.2 Аэродинамический расчет системы В1

Расчетная схема представлена на рисунке В.2. Характеристики местных сопротивлений приведены в таблице 9. Результаты расчета сведены в таблицу Г.2.

Невязка составляет

$$H = \frac{65 - 55}{65} \cdot 100\% = 15\%.$$

Таблица 9 – Характеристика местных сопротивлений системы В1

№ участка	Характеристика местных сопротивлений	ξ	ΔP , Па
1	Диффузор	-	8
	Переход с $d=124$ на $d=225$ – диффузор конический $F_0/F_1 = 0,3$ при $a=24$	0,25	-
	Круглый отвод	0,35	-
	Изменение поперечного сечения (внезапное расширение) $F_0/F_1 = 0,04/0,045=0,9$	0,04	-
1'	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_{\text{п}}/f_c = 0,045/0,08 = 0,6$ $L_0/L_c = 392/783 = 0,5$ $f_0/f_c = 0,04/0,08 = 0,5$	0,75	-
2	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_{\text{п}}/f_c = 0,08/0,1 = 0,8$ $L_0/L_c = 392/1175 = 0,33$ $f_0/f_c = 0,04/0,1 = 0,4$	0,56	-
3	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_{\text{п}}/f_c = 0,1/0,1 = 1$ $L_0/L_c = 392/1567 = 0,25$ $f_0/f_c = 0,04/0,1 = 0,4$	0,325	-
4	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_{\text{п}}/f_c = 0,1/0,1 = 1$ $L_0/L_c = 392/1959 = 0,2$ $f_0/f_c = 0,04/0,1 = 0,4$	0,25	-

Продолжение таблицы 9

№ участка	Характеристика местных сопротивлений	ξ	ΔP , Па
5	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_{\text{п}}/f_c = 0,1/0,125 = 0,8$ $L_0/L_c = 392/2351 = 0,17$ $f_0/f_c = 0,04/0,125 = 0,32$	0,36	-
6	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_{\text{п}}/f_c = 0,125/0,125 = 1$ $L_0/L_c = 392/2743 = 0,14$ $f_0/f_c = 0,04/0,125 = 0,32$	0,19	-
7	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_{\text{п}}/f_c = 0,125/0,125 = 1$ $L_0/L_c = 392/3135 = 0,13$ $f_0/f_c = 0,04/0,125 = 0,32$	0,18	-
8	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_{\text{п}}/f_c = 0,125/0,21 = 0,6$ $L_0/L_c = 1960/5095 = 0,38$ $f_0/f_c = 0,1/0,21 = 0,48$	0,53	-
9	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_{\text{п}}/f_c = 0,21/0,24 = 0,9$ $L_0/L_c = 392/5487 = 0,07$ $f_0/f_c = 0,04/0,21 = 0,19$	0,24	-
10	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_{\text{п}}/f_c = 0,24/0,32 = 0,8$ $L_0/L_c = 392/5879 = 0,07$ $f_0/f_c = 0,04/0,32 = 0,13$	0,33	-
11	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_{\text{п}}/f_c = 0,32/0,32 = 1$ $L_0/L_c = 392/6271 = 0,06$ $f_0/f_c = 0,04/0,32 = 0,13$	0,12	-
12	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_{\text{п}}/f_c = 0,32/0,32 = 1$ $L_0/L_c = 392/6663 = 0,05$ $f_0/f_c = 0,04/0,32 = 0,13$	0,1	-
13	Отвод прямоугольного сечения (3шт)	1,95	-
14	Диффузор	-	8
	Переход с $d=124$ на $d=225$ – диффузор конический $F_0/F_1 = 0,3$ при $a=24$	0,25	-
	Круглый отвод	0,35	-
	Изменение поперечного сечения (внезапное сужение) $F_0/F_1 = 0,038/0,04=0,95$	0,1	-
14'	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_{\text{п}}/f_c = 0,038/0,07 = 0,5$ $L_0/L_c = 392/784 = 0,5$ $f_0/f_c = 0,04/0,07 = 0,57$	0,59	-

Окончание таблицы 9

№ участка	Характеристика местных сопротивлений	ξ	ΔP , Па
15	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_n/f_c = 0,07/0,08 = 0,9$ $L_0/L_c = 392/1176 = 0,33$ $f_0/f_c = 0,04/0,08 = 0,5$	0,48	-
16	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_n/f_c = 0,08/0,1 = 0,8$ $L_0/L_c = 392/1568 = 0,25$ $f_0/f_c = 0,04/0,1 = 0,4$	0,45	-
17	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_n/f_c = 0,1/0,1 = 1$ $L_0/L_c = 392/1960 = 0,2$ $f_0/f_c = 0,04/0,1 = 0,4$	0,27	-
18	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_n/f_c = 0,125/0,21 = 0,6$ $L_0/L_c = 1960/5095 = 0,38$ $f_0/f_c = 0,1/0,21 = 0,48$	0,82	-

6.3 Аэродинамический расчет системы П2

Расчетная схема представлена на рисунке В.3. Характеристики местных сопротивлений приведены в таблице 10. Результаты сведены в таблицу Г.3

Невязка составляет

$$H_1 = \frac{P_{1-6} - P_{11-14}}{P_{1-6}} \cdot 100\% = \frac{60 - 42}{60} \cdot 100\% = 30\%.$$

На участке 11 необходимо установить диафрагму с коэффициентом местного сопротивления

$$\xi_d = \frac{60 - 42}{3,6} = 5.$$

$$H_2 = \frac{P_{1-4} - P_{8-10}}{P_{1-4}} \cdot 100\% = \frac{53 - 48}{53} \cdot 100\% = 9\%.$$

Таблица 10 – Характеристика местных сопротивлений системы П2

№ участ- ка	Характеристика местных сопротивлений	ξ	ΔP , Па
1	Диффузор	-	29
	Конфузор $l/D = 50/225=0,22$	0,28	-
	Отвод прямоугольного сечения	0,44	-
	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_n/f_c = 0,08/0,125 = 0,64$ $L_0/L_c = 704/1408 = 0,5$	0,38	-
2	Отвод прямоугольного сечения	0,51	-
	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_n/f_c = 0,125/0,15 = 0,83$ $L_0/L_c = 704/2112 = 0,33$	0,195	-
3	Отвод прямоугольного сечения	0,49	-
	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_n/f_c = 0,15/0,18 = 0,83$ $L_0/L_c = 704/2816 = 0,25$	0,18	-
4	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_n/f_c = 0,18/0,28 = 0,64$ $L_0/L_c = 2112/4928 = 0,43$	0,31	-
5	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_n/f_c = 0,28/0,32 = 0,88$ $L_0/L_c = 704/5632 = 0,125$	0,19	-
6	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_n/f_c = 0,32/0,4 = 0,8$ $L_0/L_c = 2811/8443 = 0,33$	0,215	-
7	Отвод прямоугольного сечения (2шт)	1,24	-
8	Диффузор	-	29
	Конфузор $l/D = 50/225=0,22$	0,28	-
	Отвод прямоугольного сечения	0,44	-
	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_n/f_c = 0,08/0,125 = 0,64$ $L_0/L_c = 704/1408 = 0,5$	0,38	-
9	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_n/f_c = 0,125/0,15 = 0,83$ $L_0/L_c = 704/2112 = 0,33$	0,195	-
10	Узел ответвления на ответвление с изменением сечения $f_n/f_c = 0,18/0,28 = 0,64$ $L_0/L_c = 2112/4928 = 0,43$	1,18	-

Окончание таблицы 10

№ участ- ка	Характеристика местных сопротивлений	ξ	ΔP , Па
11	Диффузор	-	29
	Конфузор $l/D = 50/225 = 0,22$	0,28	-
	Отвод прямоугольного сечения	0,44	-
	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_n/f_c = 0,08/0,125 = 0,64$ $L_0/L_c = 703/1405 = 0,5$	0,38	-
12	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_n/f_c = 0,125/0,15 = 0,83$ $L_0/L_c = 702/2107 = 0,33$	0,195	-
13	Узел ответвления на ответвление с изменением сечения $f_n/f_c = 0,15/0,18 = 0,83$ $L_0/L_c = 704/2811 = 0,25$	0,18	-
14	Узел ответвления на ответвление с изменением сечения $f_n/f_c = 0,32/0,4 = 0,8$ $L_0/L_c = 2811/8443 = 0,33$	0,215	-

6.4 Аэродинамический расчет системы В2

Расчетная схема представлена на рисунке В.4. Характеристики местных сопротивлений приведены в таблице 11. Результаты сведены в таблицу Г.4.

Невязка составляет

$$H_1 = \frac{P_{1-6} - P_{10-14}}{P_{1-6}} \cdot 100\% = \frac{69 - 65}{69} \cdot 100\% = 5,8 \%$$

$$H_2 = \frac{P_{1-4} - P_{8-9}}{P_{1-4}} \cdot 100\% = \frac{55 - 35}{55} \cdot 100\% = 36 \%$$

На участке 8 необходимо установить диафрагму с коэффициентом местного сопротивления

$$\xi_d = \frac{55 - 35}{4,1} = 4,8.$$

Таблица 11 – Характеристика местных сопротивлений системы В2

№ участ- ка	Характеристика местных сопротивлений	ξ	ΔP , Па
1	Диффузор	-	25
	Отвод круглого сечения	0,35	-
	Измерение поперечного сечения (внезапное расширение) $F_0/F_1 = 0,046/0,075 = 0,61$	0,16	-
	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_{\Pi}/f_c = 0,075/0,125 = 0,64$ $L_0/L_c = 704/1408 = 0,5$ $f_o/f_c = 0,046/0,125=0,37$	1	-
2	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_{\Pi}/f_c = 0,125/0,15 = 0,83$ $L_0/L_c = 704/2112 = 0,33$ $f_o/f_c = 0,046/0,15=0,3$	0,66	-
3	Отвод прямоугольного сечения	0,49	-
	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_{\Pi}/f_c = 0,15/0,18 = 0,83$ $L_0/L_c = 704/2816 = 0,25$ $f_o/f_c = 0,046/0,18=0,26$	0,518	-
4	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_{\Pi}/f_c = 0,18/0,24 = 0,75$ $L_0/L_c = 1408/4224 = 0,3$ $f_o/f_c = 0,125/0,24=0,5$	0,45	-
5	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_{\Pi}/f_c = 0,24/0,24 = 1$ $L_0/L_c = 704/4928 = 0,14$ $f_o/f_c = 0,046/0,24=0,19$	0,22	-
6	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_{\Pi}/f_c = 0,24/0,34 = 0,7$ $L_0/L_c = 3515/8443 = 0,4$ $f_o/f_c = 0,195/0,34=0,6$	0,5	-
7	Отвод прямоугольного сечения (2шт)	1,2	-
8	Диффузор	-	25
	Отвод круглого сечения	0,35	-
	Измерение поперечного сечения (внезапное расширение) $F_0/F_1 = 0,046/0,075 = 0,61$	0,16	-
	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_{\Pi}/f_c = 0,075/0,125 = 0,64$ $L_0/L_c = 704/1408 = 0,5$ $f_o/f_c = 0,046/0,125=0,37$	1	-
9	Узел ответвления на ответвление с изменением сечения $f_{\Pi}/f_c = 0,18/0,24 = 0,75$ $L_0/L_c = 1408/4224 = 0,3$ $f_o/f_c = 0,125/0,24=0,5$	0,3	-

Окончание таблицы 11

№ участ-ка	Характеристика местных сопротивлений	ξ	ΔP , Па
10	Диффузор	-	25
	Отвод круглого сечения	0,35	-
	Измерение поперечного сечения (внезапное расширение) $F_0/F_1 = 0,046/0,075 = 0,61$	0,16	-
	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_n/f_c = 0,075/0,125 = 0,64$ $L_0/L_c = 703/1406 = 0,5$ $f_o/f_c = 0,046/0,125=0,37$	1	-
11	Отвод прямоугольного сечения	0,51 0,66	- -
	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_n/f_c = 0,125/0,15 = 0,83$ $L_0/L_c = 703/2109 = 0,33$ $f_o/f_c = 0,046/0,15=0,3$		-
12	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_n/f_c = 0,15/0,18 = 0,83$ $L_0/L_c = 704/2812 = 0,25$ $f_o/f_c = 0,046/0,18=0,26$	0,518	-
13	Отвод прямоугольного сечения	0,57	-
	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_n/f_c = 0,18/0,195 = 0,9$ $L_0/L_c = 704/3515 = 0,2$ $f_o/f_c = 0,046/0,195=0,24$	-0,3	-
14	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_n/f_c = 0,24/0,34 = 0,7$ $L_0/L_c = 3515/8443 = 0,4$ $f_o/f_c = 0,195/0,34=0,6$	0,7	-

6.5 Аэродинамический расчет системы ПЗ

Расчетная схема представлена на рисунке В.5. Характеристики местных сопротивлений приведены в таблице 12. Результаты сведены в таблицу Г.5.

Невязка составляет

$$H_1 = \frac{P_{1-4} - P_{7-10}}{P_{1-4}} \cdot 100\% = \frac{48 - 44}{48} \cdot 100\% = 8 \%$$

$$H_2 = \frac{P_{1-5} - P_{11-14}}{P_{1-5}} \cdot 100\% = \frac{53 - 48}{53} \cdot 100\% = 9 \%$$

Таблица 12 – Характеристика местных сопротивлений системы ПЗ

№ участ- ка	Характеристика местных сопротивлений	ξ	ΔP , Па
1	Диффузор	-	23
	Конфузор $l/D = 75/124 = 0,6$	0,2	-
	Отвод круглого сечения	0,35	-
	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_n/f_c = 0,025/0,04 = 0,63$ $L_0/L_c = 257/514 = 0,5$	0,4	-
2	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_n/f_c = 0,04/0,062 = 0,65$ $L_0/L_c = 257/771 = 0,33$	0,24	-
3	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_n/f_c = 0,062/0,062 = 1$ $L_0/L_c = 257/1028 = 0,25$	0,15	-
4	Отвод круглого сечения	0,35	-
	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_n/f_c = 0,062/0,126 = 0,5$ $L_0/L_c = 1028/2056 = 0,5$	0,35	-
5	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_n/f_c = 0,126/0,159 = 0,79$ $L_0/L_c = 1026/3082 = 0,33$	0,215	-
6	Отвод круглого сечения (6шт)	2,1	-
7	Диффузор	-	23
	Конфузор $l/D = 75/124 = 0,6$	0,2	-
	Отвод круглого сечения	0,35	-
	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_n/f_c = 0,025/0,04 = 0,63$ $L_0/L_c = 257/514 = 0,5$	0,4	-
8	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_n/f_c = 0,04/0,062 = 0,65$ $L_0/L_c = 257/771 = 0,33$	0,24	-
9	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_n/f_c = 0,062/0,062 = 1$ $L_0/L_c = 257/1028 = 0,25$	0,15	-
10	Узел ответвления на ответвление с изменением сечения $f_o/f_c = 0,062/0,126 = 0,5$ $L_0/L_c = 1028/2056 = 0,5$	0,7	-
11	Диффузор	-	23
	Конфузор $l/D = 75/124 = 0,6$	0,2	-
	Отвод круглого сечения	0,35	-
	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_n/f_c = 0,025/0,04 = 0,63$ $L_0/L_c = 257/514 = 0,5$	0,4	-

Окончание таблицы 12

№ участ-ка	Характеристика местных сопротивлений	ξ	ΔP , Па
12	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_n/f_c = 0,04/0,062 = 0,65$ $L_0/L_c = 256/770 = 0,33$	0,24	-
13	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_n/f_c = 0,062/0,062 = 1$ $L_0/L_c = 256/1026 = 0,25$	0,15	-
14	Узел ответвления на ответвление с изменением сечения $f_o/f_c = 0,062/0,159 = 0,4$ $L_0/L_c = 1026/3082 = 0,33$	0,995	-

6.6 Аэродинамический расчет системы ВЗ

Расчетная схема представлена на рисунке В.6. Характеристики местных сопротивлений приведены в таблице 13. Результаты сведены в таблицу Г.6.

Невязка составляет

$$H_1 = \frac{P_{1-4} - P_{6-8}}{P_{1-4}} \cdot 100\% = \frac{54 - 49}{54} \cdot 100\% = 9 \%$$

Таблица 13 – Характеристика местных сопротивлений системы ВЗ

№ участ-ка	Характеристика местных сопротивлений	ξ	ΔP , Па
1	Диффузор	-	31
	Диффузор конический $F_0/F_1 = 0,012/0,049 = 0,24$	0,2	-
	Отвод круглого сечения	0,35	-
	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_n/f_c = 0,049/0,078 = 0,63$ $L_0/L_c = 441/882 = 0,5$ $f_o/f_c = 0,012/0,078 = 0,15$	1,9	-
2	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_n/f_c = 0,078/0,099 = 0,79$ $L_0/L_c = 441/1322 = 0,33$ $f_o/f_c = 0,012/0,099 = 0,12$	0,82	-
3	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_n/f_c = 0,099/0,126 = 0,79$ $L_0/L_c = 441/1762 = 0,25$ $f_o/f_c = 0,012/0,126 = 0,095$	0,325	-

Окончание таблицы 13

№ участ-ка	Характеристика местных сопротивлений	ξ	ΔP , Па
4	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_{\Pi}/f_c = 0,126/0,159 = 0,79$ $L_0/L_c = 441/3082 = 0,14$ $f_o/f_c = 0,012/0,159=0,075$	0,4	-
5	Отвод круглого сечения (3 шт)	1,05	-
6	Диффузор	-	31
	Диффузор конический $F_0/F_1 = 0,012/0,049 = 0,24$	0,2	-
	Отвод круглого сечения	0,35	-
	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_{\Pi}/f_c = 0,049/0,078 = 0,63$ $L_0/L_c = 440/880 = 0,5$ $f_o/f_c = 0,012/0,078=0,15$	1,9	-
7	Узел ответвления на проход с изменением сечения $f_{\Pi}/f_c = 0,078/0,099 = 0,79$ $L_0/L_c = 440/1320 = 0,33$ $f_o/f_c = 0,012/0,099=0,12$	0,82	-
8	Узел ответвления на ответвление с изменением сечения $f_{\Pi}/f_c = 0,126/0,159 = 0,79$ $L_0/L_c = 1320/3082 = 0,43$ $f_o/f_c = 0,099/0,159=0,62$	0,32	-

7 ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ

Подача приточного воздуха осуществляется приточными установками, расположенными в венткамерах на пятом этаже торгового центра.

Т.к. принцип подбора оборудования не меняется, то в качестве примера рассмотрим подбор оборудования для системы П2, подающей воздух в помещения третьего этажа. Подбор оборудования остальных приточных систем будет выполняться аналогично.

Расход воздуха в системе составляет $8443 \text{ м}^3/\text{ч}$, потери давления составляют 90 Па. Зачастую фактические потери давления превышают расчетные. Учтем это, введением запаса по потерям в размере 30%. Тогда оборудование будет подбираться на потери 117 Па. Для подбора приточной установки воспользуемся программой подбора компании DexVent. Общий вид установки представлен на рисунке 5.

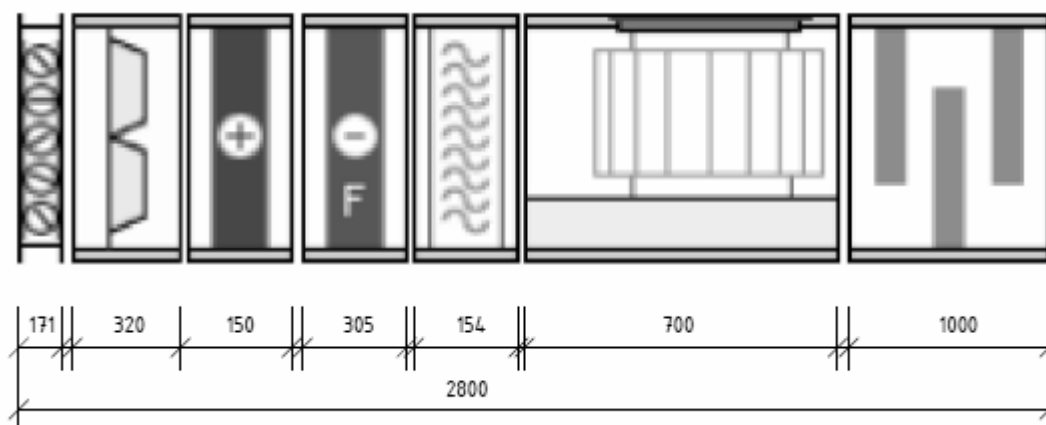


Рисунок 5 – Общий вид приточной установки П2

Рассмотрим элементы данной установки по ходу движения воздуха.

1) Воздухозаборный клапан.

Предназначен для забора наружного воздуха. Оснащается электрическим приводом, включен в систему автоматики, в случае аварии закрывается.

2) Фильтр кассетный

Осуществляет очистку наружного воздуха. Класс очистки EU4. При подборе в программе в качестве параметра указываем требуемую степень очистки.

3) Воздухонагреватель

Предназначен для подогрева воздуха. В качестве теплоносителя используется вода с параметрами 80-60 °С. В качестве исходных данных для подбора указываем температуру наружного воздуха, температуру воздуха на выходе из калорифера, температуру прямой и обратной воды.

4) Воздухоохладитель

Предназначен для охлаждения воздуха в летний период. В качестве хладагента используется фреон R-410A. В качестве исходных данных указываем влажность и температуру наружного воздуха, температуру воздуха на выходе из охладителя.

5) Вентилятор

Предназначен для непосредственной подачи воздуха в помещение. В качестве рабочих характеристик для подбора выступают потери давления в сети и расход воздуха. Характеристики представлены на рисунке 4.


 Вентиляторная секция			
Название:	V100-50	Ширина:	1060 мм
Длина:	700 мм	Масса:	87.00 кг
Высота:	560 мм	Макс. производ-ть:	9800 м³/час
Тип вентилятора:	с прямым приводом	Обороты при макс. КПД:	2850 мин⁻¹
Напряжение электродвигателя:	3x380 В	Электрическая мощность макс.:	4.100 Вт
Макс. ток:	8.10 А	Класс защиты двигателя:	
Класс изоляции двигателя:	IP 54	Макс. температура перемещаемого воздуха:	

Рисунок 6 – Технические характеристики вентилятора

Принимаем приточную установку DEX-V-FWIS-100-50. Результаты подбора представлены в приложении Д.

Приточные установки остальных систем подбираются аналогично.

					08.03.01.2020.563.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись_	Дата		52

Воспользуемся программой подбора компании DexVent и выполним подбор вытяжных установок. Общий вид представлен на рисунке 5. Расход воздуха в системе составляет 8443 м³/ч, потери давления составляют 111 Па. Зачастую фактические потери давления превышают расчетные. Учтем это, введением запаса по потерям в размере 30%. Тогда оборудование будет подбираться на потери 144 Па.

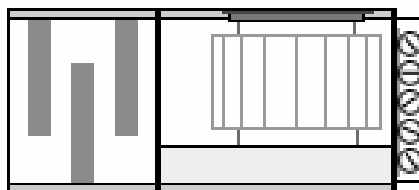


Рисунок 5 – Общий вид вытяжной установки В2

Принимаем установку DEX-V-100-50. Результаты подбора представлены в приложении Д. Вытяжные установки остальных вытяжных систем подбираются аналогично.

8 АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРИТОЧНОЙ УСТАНОВКИ

8.1 Характеристика объекта регулирования

В данном разделе выполняется автоматизация приточной установки П1, обслуживающей помещение торгового зала. По ходу движения воздуха приточная установка включает в себя следующие элементы:

- 1) Воздухоприемный клапан;
- 2) секция фильтрации воздуха;
- 3) воздухоохладитель непосредственного охлаждения;
- 4) водяной воздухонагреватель;
- 5) вентиляторная секция;
- 6) шумоглушитель.

8.2 Техническое задание

Проектом предусмотрена схема с воздухоохладителем непосредственного охлаждения и водяным калорифером. Теплоноситель калорифера – вода с температурой 80-60 °С от газовой котельной, расположенной на кровле торгового центра. Система кондиционирования обслуживает посещение торгового зала. Температура воздуха в помещении должна составлять в холодный период года 16 °С, в теплый – 24 °С. Т.к. температура наружного воздуха постоянно меняется в течение года, необходимо автоматическое регулирование температуры приточного воздуха.

Автоматизация объекта предполагает выполнение следующих задач:

- автоматическое регулирование технологических параметров;
- контроль параметров воздуха;
- блокировка и защита оборудования;
- технологическая и аварийная сигнализация.

8.3 Автоматическое регулирование технологических параметров

Автоматизация приточной установки должна обеспечивать:

- Поддержание заданной температуры приточного воздуха;
- Регулировку подачи тепла, поступающего в калорифер, в соответствии с температурой наружного воздуха;
- Оповещение при критическом загрязнении фильтра;
- Оповещение при отключении вентилятора;
- Предохранение калорифера от замерзания;
- Недопущение перегрева вентилятора.

С этой целью контролируется:

- Температура приточного воздуха;
- Температура воздуха за калорифером;
- Температура воды в обратном трубопроводе калорифера;
- Параметры работы вентилятора (частота, перепад давления и т.д.);
- Пропускная способность воздушного фильтра.

Для поддержания данных параметров на требуемом уровне используются следующие устройства:

- Привод воздушных клапанов;
- Датчик перепада давления на фильтре поз. 3-1;
- Датчик температуры наружного воздуха поз. 1-1;
- Датчик перепада давления на вентиляторе поз 5-3;
- Канальный датчик температуры поз. 4-8;
- Датчик температуры обратной воды поз. 4-1;
- Циркуляционный насос.

8.4 Блокировка и защита

Защита от замораживания калорифера осуществляется по воздуху и воде. Контролируется температура воздуха за калорифером датчиком TS (4-8) и температура воды в обратном трубопроводе датчиком TS (4-7). При достижении минимально допустимой температуры на контроллер передается сигнал, после чего выключается вентилятор, закрывается воздухоприемный клапан, открывается водяной клапан. Циркуляционный насос остается включенным.

Защита фильтра обеспечивается контролем перепада давления PDS (3-1). Если аэродинамическое сопротивление превышает заданное, то на щите автоматики и дистанционном пульте загорается индикатор «Фильтр». Величина сопротивления, при которой должна осуществляться эксплуатация системы, определяется производителем и указывается в паспорте на фильтр.

Для защиты вентилятора контролируется перепад давления PDS (5-3, 6-1). При закрытых приемных клапанах работа вентилятора прекращается. Если датчик PDS фиксирует отсутствие перепада давления, то загорается индикатор «Авария», на контроллер передается сигнал и работа системы останавливается.

8.5 Сигнализация

В блоке управления и автоматизации системы предусматривается два вида сигнализации – оперативно-технологическая и аварийная. Технологическая отображает состояние системы. Аварийная сигнализирует о критических ситуациях и сопровождается звуковым сигналом.

Контроллер вырабатывает следующие сигналы:

- При запуске системы загорается индикатор «Пуск».
- При нормальной работе вентилятора загорается индикатор «Вентилятор».
- При отсутствии необходимого перепада давления загорается индикатор «Авария».

– При угрозе замораживания загорается индикатор «Угроза замораживания».

– При превышении на фильтре допустимого сопротивления загорается индикатор «Фильтр».

8.6 Обоснование принятой системы автоматизации

Для создания оптимальных условий для комфортного нахождения людей в помещениях торгового центра необходимо осуществлять качественную подготовку приточного воздуха и постоянно контролировать параметры внутреннего воздуха. Система автоматизации помогает решить данные задачи. Кроме того, эта система дает следующие положительные эффекты:

- уменьшение доли ручного труда;
- уменьшение расхода энергоресурсов;
- повышение ресурса оборудования;
- точность регулирования;
- поддержание оптимального микроклимата в помещениях;
- предотвращение аварийных ситуаций.

Рассмотренная приточная установка оборудована всеми необходимыми системами защиты и контроля: защита калорифера от замораживания, защита вентилятора, контроль запыленности фильтра, контроль работы вентилятора.

Все это обеспечивает точный контроль и изменение параметров, предотвращение аварийных ситуаций, работоспособность всех систем и устройств в течение установленного срока эксплуатации.

Функциональная схема системы автоматизации представлена в графической части проекта на листе 9.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускной квалификационной работы в здании торгово-развлекательного комплекса были запроектированы 10 приточных, 17 вытяжных систем с механическим побуждением воздуха, 3 вытяжные системы с естественным побуждением.

Для создания оптимальных параметров, обеспечивающих комфортное нахождение людей в помещениях торгово-развлекательного комплекса в летний период, в приточную систему встроена секция фреонового охлаждения.

Была разработана автоматизация приточной системы. Составлена функциональная схема автоматизации.

Для всех систем был выполнен подбор оборудования.

					08.03.01.2020.563.09 ПЗ ВКР	Лист
						58
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись_	Дата		

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная версия СНиП 23-01-99*. – М.: Изд-во стандартов, 2013. – 109 с.
2. СНиП 2.04.05-91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».
3. ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. / Стандартинформ. – М.: 2011. – 20 с.
4. Краснов Ю.С. Системы вентиляции и кондиционирования. Рекомендации по проектированию для производственных и общественных зданий: справочное пособие / Ю.С. Краснов. – Москва: Термокул, 2006. – 288 с.
5. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция
6. СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003.
7. Внутренние санитарно-технические устройства. Часть 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Книга 1: справочник проектировщика / В.Н. Богословский, А.И. Пирумов, В.Н. Посохин и др.; под ред. Н.Н. Павлова, Ю.И. Шиллера, – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1992. – 319 с.
8. Воздухораспределители компании «Арктос». Указания по расчету и практическому применению. Издание пятое, 2008.
9. СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование.
10. ГОСТ 21.404-85 СПДС. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах. – М.: Госстрой СССР, 1985. – 12 с.
11. СТО НП АВОК 1.05-2006 Условные графические обозначения в проектах отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха и теплоснабжения / М.Г. Тарабанов, Л.П. Авдеева, В.Е. Василевская и др. – М.: НП «АВОК», 2004. – 49 с.

					08.03.01.2020.563.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		59

12. ГОСТ Р 21.1101-2013 СПДС. Основные требования к проектной и рабочей документации. – М.: Стандартинформ, 2014. – 54 с.

13. ГОСТ 21.501-2011 СПДС. Правила выполнения рабочей документации архитектурных и конструктивных решений. – М.: Стандартинформ, 2013. – 41 с.

14. ГОСТ 21.602-2016 СПДС. Правила выполнения рабочей документации для систем отопления, вентиляции и кондиционирования. – М.: Стандартинформ, 2016. – 28 с.

15. СТО ЮУрГУ 04-2008 Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению / Т.И. Парубочная, Н.В. Сырейщикова, В.И. Гузеев, Л.В. Винокурова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008.

					08.03.01.2020.563.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись_	Дата		60