



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

**«Дальневосточный федеральный университет»**

---

**Инженерная школа**

**Кафедра инженерных систем зданий и сооружений**

Рахматулина Мария Борисовна

**РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ  
ДИЛЛЕРСКОГО ЦЕНТРА ПО ПРОДАЖЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ  
ТЕХНИКИ В Г. ВЛАДИВОСТОКЕ**

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

по образовательной программе подготовки бакалавров  
по направлению подготовки  
08.03.01 «Строительство»  
«Теплогазоснабжение и вентиляция»

г. Владивосток  
2018





МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

**Кафедра инженерных систем зданий и сооружений**

**З А Д А Н И Е**

на выпускную квалификационную работу бакалавра  
студенту (ке) Рахматулиной Марии Борисовне группы Б3431д  
(фамилия, имя, отчество)

---

на тему: "Разработка проекта систем отопления и вентиляции дилерского центра по продаже специализированной техники в г.Владивосток"

Вопросы, подлежащие разработке (исследованию):

---

Проектирование систем отопления: расчет теплотехнических свойств ограждающих конструкций, расчет теплопотерь в помещениях, конструирование системы отопления, гидравлический расчет системы.

Проектирование системы вентиляции: расчет выделяемых в помещениях вредностей, определение требуемого воздухообмена, конструирование системы вентиляции, аэродинамический расчет систем с механическим и естественным побуждением, подбор вентиляционного оборудования.

Проектирование индивидуального теплового пункта: схема подключения потребителя, подбор оборудования.

Перечень графического материала:

Планы здания с системами отопления и вентиляции, аксонометрические схемы систем отопления и вентиляции, узлы отопительных приборов, разрезы приточных систем, схема ИТП.

---

Основные источники информации и прочее, используемые для разработки темы  
СП 50.13330.2012, СП 41-101-95, СП 60.13330.2012, СП 131.13330.2012

---

Срок представления работы « 23 » \_\_\_\_\_ июня \_\_\_\_\_ 2018 г.

Дата выдачи задания «28» \_\_\_\_\_ декабря \_\_\_\_\_ 2018 г.

Руководитель ВКР ассистент кафедры ИСЗиС \_\_\_\_\_  
(должность, уч. звание) (подпись) (и.о.ф)

Задание получил \_\_\_\_\_  
(подпись) (и.о.ф)



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

**Кафедра инженерных систем зданий и сооружений**

**ГРАФИК**

подготовки и оформления выпускной квалификационной работы

студенту (ке)

Рахматулиной Марии Борисовне  
(фамилия, имя, отчество)

группы Б3431д

на тему: "Разработка проекта систем отопления и вентиляции дилерского центра по продаже специализированной техники в г.Владивосток"

№ п/п	Выполняемые работы и мероприятия	Срок выполнения	Отметка о выполнении
1.	Определение теплотерь здания	15.01-28.01	
2.	Конструирование системы отопления и гидравлический расчет	29.01-18.02	
3.	Подбор и расчет отопительных приборов	19.02-04.03	
4.	Расчет выделяемых в помещениях вредностей	05.03-18.03	
5.	Определение требуемого воздухообмена для помещений	19.03-25.03	
6.	Конструирование системы вентиляции и аэродинамический расчет	26.03-15.04	
7.	Подбор приточно-вытяжного оборудования	16.04-29.04	
8.	Проектирование ИТП	30.04-08.05	
9.	Написание аннотации, введения и заключения	07.05-20.05	
10.	Оформление ВКР	21.05-14.06	

Руководитель ВКР ассистент кафедры ИСЗиС  
(должность, уч.звание)

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ (и.о.ф)

Задание получил

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ (и.о.ф)

## АННОТАЦИЯ

Тема ВКР: «Разработка проекта систем отопления и вентиляции дилерского центра по продаже специализированной техники в г.Владивосток».

Объем – 53 страницы, 22 таблицы, 5 чертежей, список литературы: 34 источника.

При создании графического материала использовалась система автоматизированного проектирования AutoCAD.

Структура ВКР включает: введение, расчетная часть, графическая часть, а также заключение и список литературы.

В введении представлены цели выполнения ВКР и их актуальность.

В расчетной части определены характеристики систем отопления и вентиляции, а также выполнен подбор оборудования для этих систем.

Графическая часть состоит из пяти чертежей: планы здания с системой отопления, аксонометрическая схема системы отопления, узлы подключения отопительных приборов, планы здания с приточно-вытяжной вентиляцией, аксонометрические схемы систем вентиляции, разрез приточных установок, схема ИТП.

В заключение изложены выводы о проделанной работе и основные характеристики систем отопления и вентиляции.

Ключевые слова: отопление промышленно-административного здания, отопительные приборы, вентиляция промышленно-административного здания, оборудование систем вентиляции, индивидуальный тепловой пункт.

## Оглавление

Введение.....	6
Глава 1. Общая часть .....	10
1.1 Описание технологического процесса .....	10
1.2 Строительная характеристика объекта проектирования .....	11
1.3 Климатические данные района строительства .....	12
1.4 Расчетные параметры наружного и внутреннего воздуха.....	12
Глава 2. Расчет и проектирование системы отопления.....	14
2.1 Расчет сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций помещений .....	14
2.1 Определение отопительной нагрузки системы отопления .....	16
2.1.1 Расчет потерь теплоты через ограждающие конструкции помещений ..	16
2.1.2 Расчет потерь теплоты на нагревание инфильтрующегося наружного воздуха через наружные ограждающиеся конструкции помещений .....	17
2.1.3 Сводная ведомость теплотерь помещений .....	17
2.2 Конструирование и гидравлический расчет системы отопления .....	18
2.2.1 Конструирование системы отопления.....	18
2.2.2 Выбор и размещение отопительных приборов .....	19
2.2.3 Расчет поверхности нагрева отопительных приборов.....	20
2.2.4 Гидравлический расчет .....	23
Глава 3. Расчет и конструирование системы вентиляции .....	25
3.1 Расчёт выделения вредностей .....	25
3.1.1 Расчет тепlopоступлений .....	25
3.1.2 Расчет поступления влаги.....	30
3.1.3 Расчет газовыделений .....	31
3.2 Расчет воздушного баланса объекта проектирования .....	32
3.2.1 Расчет воздухообмена из условий ассимиляции вредностей .....	32
3.2.2 Расчет воздухообмена по нормативной кратности .....	37
3.2.3 Сводная ведомость воздушного баланса здания .....	37
3.3 Конструирование и расчет системы вентиляции .....	38
3.3.1 Подбор воздухораспределителей.....	38
3.3.2 Аэродинамический расчет системы вентиляции с механическим побуждением.....	39

3.3.3	Аэродинамический расчет системы вентиляции с естественным побуждением.....	41
3.3.4	Подбор оборудования .....	41
3.3.5	Подбор воздушных завес .....	48
Глава 4.	Индивидуальный тепловой пункт (ИТП) .....	50
4.1	Объемно-планировочные и конструктивные решения ИТП .....	50
4.2	Схема присоединения системы потребителя к тепловым сетям .....	50
4.3	Подбор оборудования для ИТП .....	51
	Заключение .....	53
	Список используемых источников.....	55
	Приложение А .....	58
	Приложение Б.....	60
	Приложение В.....	75
	Приложение Г.....	78
	Приложение Д.....	79

## Введение

В данной бакалаврской работе выполняется проектирование для дилерского центра по продаже специализированной техники систем вентиляции и отопления, а также выбор оборудования для обеспечения их работы.

Система отопления поддерживает требуемую температуру воздуха в помещении в холодный период года. Система вентиляции обеспечивает оптимальные параметры микроклимата в совокупности, для всех периодов года при необходимости. Таким образом они поддерживают состояние внутренней среды на заданном уровне.

При постоянном пребывании людей в помещении обеспечиваются комфортная для человека температура, влажность и подвижность воздуха, а также концентрация вредных веществ, которые не вредят его жизненным функциям и работоспособности. В помещениях с кратковременным пребыванием людей поддерживаются параметры микроклимата, необходимые для технологического процесса, а также обеспечивается качество воздуха, которое при кратковременном воздействии на человека не ухудшает его состояние здоровья.

Для зданий большого объема как правило предусматривается центральная система отопления, когда источник теплоты и отопительный прибор располагаются на удалении, а теплоноситель перемещается между ними по теплопроводам. В качестве генератора теплоты выступают ТЭЦ и котельные, из которых теплоноситель поступает в обслуживаемые здания и помещения непосредственно, либо через теплообменный аппарат. В основном теплоносителем для отопления зданий является вода, реже – водяной пар. В водяных системах отопительными приборами чаще всего являются радиаторы, гладкотрубные приборы и конвекторы.

Для общественных, административных и промышленных зданий системы вентиляции с естественным побуждением в большинстве случаев не

справляются со своей задачей, поэтому чаще всего применяются системы с механическим побуждением. Для производственных зданий как правило проектируются комбинированные системы вентиляции с использованием аэрации, воздушного душирования и удалением воздуха непосредственно от источника загрязнения, а также с применением воздушных завес, устанавливаемых в наружных проемах ограждающих конструкций.

# Глава 1. Общая часть

## 1.1 Описание технологического процесса

Согласно заданию, необходимо запроектировать системы отопления и вентиляции для административно-промышленного здания, отвечающие современным требованиям, которые принимаются по сводам правил (СП), государственным стандартам (ГОСТ) и другим нормативным документам.

Источник теплоснабжения здания – котельная, которая обслуживает группу зданий. Теплоноситель – перегретая вода с параметрами 130/75. Располагаемый напор – 5 м вод.ст. Система теплопотребления подключена по независимой схеме. на источнике теплоснабжения применяется количественное регулирование, в здании – качественное.

На участке технического осмотра спецтехники работают 4 человека, на участке мойки – 2. Категории работ – Пб и Па соответственно. Количество обслуживаемой техники – 3 на участке ТО и 1 на участке мойки.

В помещении 111 располагается мостовой кран с высотой пролета 5,8 м и суммарной установленной мощностью двигателей  $N_y$  30,45 кВт. Также вдоль южной стены располагается следующее оборудование:

- Компрессор поршневой В 3800В/100дм<sup>3</sup>,  $N_y=2,2$  кВт;
- Станок точильно-шлифовальный ВG-14-14,  $N_y=0,56$  кВт;
- Фильтр механический передвижной с вытяжным устройством МFC-1200,  $N_y=0,56$  кВт, максимальный расход воздуха 1200м<sup>3</sup>/ч, степень очистки – 99%;
- Станок вертикально-сверильный Quantum В16F,  $N_y=0,45$  кВт.

Виду небольших размеров оборудования, принимается что металлическая стружка после обработки деталей на станках удаляется с пола при уборке помещения. Так как в проекте предусмотрен механический передвижной фильтр, местные отсосы от автомобилей не предусматриваются.

## 1.2 Строительная характеристика объекта проектирования

Проектируемое здание располагается в городе Владивосток. Главный фасад ориентирован на Юг.

Здание условно можно разделить на две части. Первая – одноэтажная, состоит из помещения технического осмотра спецтехники и помещения для их мойки. Вторая – двухэтажная, на первом этаже располагается холл для посетителей, бытовые, а также складские помещения, на втором – офисные помещения. Чердак и подвал в здании отсутствуют.

Административные помещения на втором этаже имеют высоту 4,5 м с учетом подшивного потолка. Административные и складские помещения первого этажа имеют высоту 4,2 м. Помещения технического осмотра и мойки имеют высоту 7,95 м. строительный объем 111 помещения – 2771,99 м<sup>3</sup>, 112 помещения – 939,41 м<sup>3</sup>.

Наружные стены в административной части представляют собой газобетонную кладку с минераловатным утеплителем, а также отделкой алюминиевыми плитами. В помещениях технического осмотра и мойки техники наружные стены выполнены из сэндвич-панелей, которые состоят из алюминиевых плит с минераловатным утеплителем. Покрытие представляет собой конструкцию из сэндвич-панелей. Пол бетонный неутепленный на грунте.

### 1.3 Климатические данные района строительства

Таблица 2.1 – Климатические характеристики района строительства

Наименование климатологической характеристики	Значение, единица измерения
Средняя температура наиболее холодной пятидневки	-23 °С
Средняя температура отопительного периода	-4,3 °С
Средняя суточная амплитуда температуры воздуха наиболее холодного месяца	7,5 °С
Относительная влажность наружного воздуха для самого холодного месяца	59 %
Расчетная скорость ветра для холодного периода года	5,2 м/с
Продолжительность отопительного периода	198 сут.

### 1.4 Расчетные параметры наружного и внутреннего воздуха

Расчетные параметры наружного воздуха приняты в соответствии с [17] и представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Расчетные параметры наружного воздуха

Город	Расчетная географическая широта	Барометрическое давление	Период	Параметры А			Параметры Б			Среднесут. амплитуда °С
				t, °С	I, кДж/кг	v, м/с	t, °С	I, кДж/кг	v, м/с	
Владивосток	44	993	Теплый	22	57,4	4,2	25	67,7	4,2	5,6
			Холодный	-16	-14,7	5,2	-23	-22,4	5,2	7,5

Расчетные параметры внутреннего воздуха приняты в соответствии с [6] для расчетных помещений и в соответствии с [7] для нерасчетных помещений. Расчетные параметры представлены в таблицах 2.3 и 2.4.

Таблица 2.3 – Расчетные параметры внутреннего воздуха для расчетных помещений

Назначение помещения	Период года	Оптимальные параметры			Допустимые параметры			Расчетные параметры			
		t <sub>в</sub> , °С	φ <sub>в</sub> , %	V <sub>в</sub> , м/с	t <sub>в</sub> , °С	φ <sub>в</sub> , %	V <sub>в</sub> , м/с	t <sub>в</sub> , °С		φ <sub>в</sub> , %	V <sub>в</sub> , м/с
								Отопление	Вентиляция		
111. СТО	Холодный	17-19	40-60	≤0,2	15-21	≤75	≤0,4	16	17	60	0,3
	Переходный	17-19	40-60	≤0,2	15-21	≤75	≤0,4		17	60	0,3
	Теплый	20-22	40-60	≤0,3	16-27	≤70	≤0,5		24	60	0,3
112. Авто-мойка	Холодный	18-20	40-60	≤0,2	17-23	≤75	≤0,3	17	18	70	0,3
	Переходный	18-20	40-60	≤0,2	17-23	≤75	≤0,3		18	70	0,3
	Теплый	21-23	40-60	≤0,3	18-27	≤65	≤0,4		24	60	0,3

Таблица 2.4 – Расчетные параметры внутреннего воздуха нерасчетных помещений

Номер помещения	Наименование помещения	Категория помещения по ГОСТ 30494-2011	Температура в холодный и переходный период, °С	Температура в теплый период, °С
102	Холл для посетителей	3а	18	24
103	Склад ЗИП	6	16	24
104	Склад ГСМ	6	16	24
105	Вентиляционная камера	6	16	24
106	Коридор	6	16	24
107	Помещение уборочного инвентаря	6	16	24
108	Бытовое помещение	6	16	24
108	Санузел	6	16	24
110	Санузел	6	16	24
201	Офисное помещение	2	18	24
202	Офисное помещение	2	18	24
203	Санузел	6	16	24
204	Комната приема пищи	6	16	24
205	Коридор	6	16	24
206	Техническое помещение	6	16	24
207	Офисное помещение	2	18	24
208	Офисное помещение	2	18	24
209	Санузел	6	16	24

## Глава 2. Расчет и проектирование системы отопления

### 2.1 Расчет сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций помещений

Расчет сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций выполняется в соответствии с методикой, приведенной в [13]. Конструкции стен, покрытия, окон и ворот приняты по заданию на проектирование.

Требуемое сопротивление теплопередаче для различных конструкций определяется в зависимости от градусосуток отопительного периода (ГСОП), °С·сут/год [13, табл. 3].

$$\text{ГСОП}=(t_{\text{в}}-t_{\text{от}})\cdot Z_{\text{от}}, \quad (2.1)$$

где  $t_{\text{в}}$  – температура внутреннего воздуха, °С (табл.2.3, 2.4);

$t_{\text{от}}$  – средняя температура наружного воздуха за отопительный период, °С (табл.2.1);

$Z_{\text{от}}$  – продолжительность отопительного периода, сут (табл.2.1).

$$\text{ГСОП}=(18+4,3)\cdot 198=4415 \text{ °С}\cdot\text{сут}/\text{год};$$

Фактическое сопротивление теплопередаче  $R_o$ , м<sup>2</sup>·°С/Вт, вычисляют по формуле

$$R_o=\frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} \quad (2.2)$$

где  $\alpha_{\text{в}}$  – коэффициент теплоотдачи от внутреннего воздуха к ограждающей конструкции, Вт/(м<sup>2</sup>·°С) [13, табл. 4].;

$\alpha_{\text{н}}$  – коэффициент теплоотдачи от ограждающей конструкции к наружному воздуху, Вт/(м<sup>2</sup>·°С) [13, табл. 6];

$\delta_i$  – толщина  $i$ -го слоя конструкции, м;

$\lambda_i$  – коэффициент теплопроводности  $i$ -го слоя конструкции, Вт/(м·°С).

Конструктивные слои, а также их теплофизические характеристики представлены в табл.2.5. Теплопроводность для всех слоев и всех помещений вне зависимости от режима эксплуатации принята по параметру Б условия

эксплуатации ограждающих конструкций, так как Владивосток относится к влажной зоне.

Таблица 2.5 – характеристика строительных материалов ограждающих конструкций

Вид ограждения	Характеристика слоев				
	№	Материал	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$\delta$ , м	$\lambda$ , Вт/(м·°С)
Стена газобетонная	1	Известково-песчаный раствор	180	0,02	0,93
	2	Газобетон на цементном вяжущем	1000	0,4	0,43
	3	Плиты минераловатные	125	0,075	0,045
	4	Отделка из алюминия	2800	0,01	221
Стена из сэндвич-панелей	1	Лист алюминия	2800	0,01	221
	2	Плиты минераловатные	125	0,15	0,045
	3	Лист алюминия	2800	0,01	221
Покрытие из сэндвич-панелей	1	Лист алюминия	2800	0,01	221
	2	Плиты минераловатные	125	0,15	0,045
	3	Лист алюминия	2800	0,01	221

Результаты теплотехнического расчета представлены в табл. 2.6.

Таблица 2.6 – Результаты теплотехнического расчета наружных ограждений

Наименование ограждающей конструкции, условное обозначение	Сопrotивление теплопередаче нормируемое $R_{req}$ , м <sup>2</sup> ·°С/Вт	Сопrotивление теплопередаче фактическое $R_o$ , м <sup>2</sup> ·°С/Вт	Коэффициент теплопередачи $k$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)
Стена газобетонная, НС1	2,52	3,32	0,3
Стена из сэндвич-панелей, НС2	2,52	3,49	0,29
Покрытие, П	3,36	3,49	0,28
Окна, О	0,42	0,55	1,82
Двери, Дв	0,42	0,75	1,33
Ворота, Вор	0,42	0,65	1,54
Сплошное остекление, СО	0,42	0,46	2,17
Пол по грунту:			
1 зона, Пл1		2,1	0,48
2 зона, Пл2		4,3	0,23
3 зона, Пл3		8,6	0,11
4 зона, Пл4		14,2	0,07

## **2.1 Определение отопительной нагрузки системы отопления**

### **2.1.1 Расчет потерь теплоты через ограждающие конструкции помещений**

Тепловые потери через ограждающие конструкции состоят из основных и добавочных, которые исчисляются в процентах к основным. Основные теплопотери зависят от разности температур внутри и снаружи помещения, а также от площади, положения в пространстве и сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции.

Добавочные теплопотери учитывают ориентацию здания по сторонам света, наличие в помещении двух и более наружных стен, наличие дверей, не оборудованных воздушно-тепловыми завесами и др.

С учетом коэффициента надбавки  $\beta$  теплопотери помещения  $Q$ , Вт, определяются по формуле 2.3.

$$Q = A \cdot (t_{в} - t_{н}) \cdot \frac{1}{R_0} \cdot n \cdot (1 + \sum \beta),$$

(2.3)

где  $A$  – площадь ограждающей конструкции,  $m^2$ ;

$t_{в}$  – температура внутреннего воздуха,  $^{\circ}C$  (табл.2.3, 2.4);

$t_{н}$  – температура наружного воздуха по параметру Б,  $^{\circ}C$  (табл.2.1);

$R_0$  – сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции,  $m^2 \cdot ^{\circ}C / Вт$  (табл.2.6);

$n$  – коэффициент учитывающий положение ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху.

Для помещений, высота которых более 4х метров необходимо рассчитывать величину  $Q$  с учетом изменения температуры внутреннего воздуха по высоте помещения. Промышленные помещения имеют высоту 7,95 м. Но ввиду малой величины теплонапряженности в них воздух в рабочей зоне и под потолком имеет одинаковую температуру, т.е. не изменяется по высоте.

## 2.1.2 Расчет потерь теплоты на нагревание инфильтрирующегося наружного воздуха через наружные ограждающиеся конструкции помещений

Через окна, двери и неплотности в ограждающих конструкция в помещение проникает инфильтрационный воздух, на нагрев которого расходуется теплота  $Q_i$ , Вт.

$$Q_{\text{инф}} = 0,28 \cdot G_i \cdot c \cdot (t_b - t_n) \cdot K, \quad (2.4)$$

где  $G_i$  – расход инфильтрирующегося воздуха, кг/ч;

$c$  – теплоемкость воздуха, кДж/кг·°С

$K$  – коэффициент учета влияния встречного теплового потока в воздухопроницаемых конструкциях

$t_b$  и  $t_n$  – то же, что в формуле 2.3.

Расход инфильтрирующегося воздуха зависит от объемно-планировочных решений, а также от плотности световых проемов, витражей. Инфильтрацией через стены и покрытия можно пренебречь ввиду ее малого значения. Расчет проводился согласно методике, изложенной в [25].

## 2.1.3 Сводная ведомость теплотерь помещений

Результаты расчета теплотерь для всех помещений отражены в таблице 2.7, подробная ведомость расчета приведена в приложении А.

Таблица 2.7 – Потери теплоты в помещениях

№ помеще-ния	$t_b$	Qп
-	°С	Вт
102	18	10036
103	16	850
104	16	1960
105	16	638
111	16	22846
112	17	10917
201	17	4973
202	18	1030
204	16	1411
205	16	754
206	16	4238
207	18	8049
208	18	4324

В помещениях 111 и 112 необходимо учесть потребность в теплоте на обогрев въезжающего транспорта в количестве 0,029 Вт на 1кг массы транспортного средства на один градус разности температур внутренней и наружной [1]. Средняя масса обслуживаемого транспорта равна 3,3т. Таким образом в помещение технического обслуживания к теплопотерям необходимо добавить 11200 Вт на обогрев 3х единиц техники, а в помещение автомойки необходимо добавить 3830 Вт.

## **2.2 Конструирование и гидравлический расчет системы отопления**

### **2.2.1 Конструирование системы отопления**

Согласно заданию на проектирование, принята водяная система отопления с параметрами теплоносителя 95/70 °С.

Теплопроводы системы отопления выполнены из стальных водогазопроводных труб по [8].

Подсоединение отопительных приборов – боковое одностороннее для регистров; нижнее– для радиаторов.

Диаметр подводок к отопительным приборам 15 мм, к тепловентилятору – 20мм.

Для удаления воздуха из системы в верхних точках должны быть предусмотрены воздухоотводчики. На ветвях 1-3 и 6 верхними точками являются отопительные приборы. На каждом радиаторе в комплектации завода-изготовителя предусмотрен кран Маевского для выпуска воздуха, на гладкотрубных регистрах – кран для ручного выпуска воздуха. На ветвях 4 и 5 воздухоотводчики располагаются на конечных участках на подводке к тепловентилятору, также на ветви 5 в самой верхней точке – в месте изгиба трубопровода над воротами. На этих ветвях предусматривается автоматическое удаление воздуха.

Система отопления разделена на 7 ветвей. 1-я ветвь служит для отопления вентиляционной камеры, складских помещений и холла для посетителей. 2-я и

3-я – для отопления помещений второго этажа; 4-я и 5-я предназначены для отопления помещения технического осмотра; 6-я ветвь служит для отопления помещения мойки. Все ветви объединяются в распределительный коллектор.

Разводящие трубопроводы всех ветвей помимо 1, 4 и 5 прокладываются в каналах в полу. 4 и 5-е проходят по стенам помещения СТО и изолируются. На ветви 1 в пределах помещений складов трубопровод изолируется, а в холле используется скрытая проводка в полу.

Тепловая изоляция должна соответствовать требованиям [16].

### **2.2.2 Выбор и размещение отопительных приборов**

В проекте использованы три вида отопительных приборов: биметаллические радиаторы, гладкотрубные регистры и тепловентиляторы.

В административных помещениях применяются радиаторы RIFAR BASE монтажной высотой 500 и 200 мм. Вдоль сплошного остекления преимущественно применены радиаторы высотой 200 мм, кроме помещений, где невозможно восполнить теплопотери данными отопительными приборами (помещения 207 и 208).

Для складских помещений и вентиляционной камеры предусмотрены секционные гладкотрубные регистры. А также они применяются для отопления помещения автомойки.

В помещении для технического обслуживания рекомендуется делать воздушное отопление [1]. В проекте предусмотрено 4 тепловентилятора. 2 прибора КЭВ-19М3,5W1, тепловая мощность которых при параметрах теплоносителя 95/70 °С составляет 8,9-9,5 кВт. А также 2 прибора КЭВ-16М3W1 мощностью 7,6-8,1 кВт. Они установлены согласно рекомендациям производителя, на высоте 3,5 м от уровня пола. Управление режимом работы тепловентиляторов происходит с дистанционного пульта со встроенным термометром. На пульте можно задать режим работы вентиляторов и установить поддерживаемую температуру воздуха.

### 2.2.3 Расчет поверхности нагрева отопительных приборов

Требуемая теплоотдача прибора  $Q_{пр}$ , Вт, определяется по формуле:

$$Q_{пр} = Q_{пом} - 0,9 \cdot Q_{тр} \quad (2.5)$$

где  $Q_{пом}$  – теплопотери помещения, Вт;

$Q_{тр}$  – теплоотдача открыто проложенных в пределах помещения труб, Вт.

$$Q_{тр} = q_{в} \cdot l_{в} + q_{г} \cdot l_{г} \quad (2.6)$$

где  $q_{в}$  и  $q_{г}$  – теплоотдача 1 м вертикальных и горизонтальных труб, Вт/м, принимается исходя из диаметра и положения труб, а также разности температуры теплоносителя при входе его в рассматриваемое помещение и температуры воздуха в помещении [29, табл. III.36];

$l_{в}$  и  $l_{г}$  – длины вертикальных и горизонтальных труб в пределах помещения, м

Для расчетов радиаторов теплоотдачей труб можно пренебречь, так как используется скрытая прокладка труб.

Определение количества секций радиаторов  $N$ , шт, выполнено по методике, представленной в [33].

$$N = \frac{Q_{пр}}{Q_{н.у.} \cdot b \cdot p \cdot c} \cdot \left(\frac{70}{\Delta t}\right)^{1+n} \cdot \left(\frac{360}{M_{пр}}\right)^m \quad (2.7)$$

где  $Q_{н.у.}$  – номинальный тепловой поток одной секции радиатора, определенный при нормальном атмосферном давлении, температурном напоре  $\Delta t=70^{\circ}\text{C}$  и массовом расходе теплоносителя через прибор  $M_{пр}=360$  кг/ч;

$M_{пр}$  – фактический расход теплоносителя через отопительный прибор, кг/ч;

$b$  – коэффициент, учитывающий влияние расчетного атмосферного давления на тепловой поток радиатора;

$p$  – коэффициент, учитывающих влияние количества секций в радиаторе на его тепловой поток;

$c$  – поправочный коэффициент  $c$ , учитывающий влияние схемы подключения;

$m$  – Усредненный показатель степени, учитывающий расход теплоносителя, отличный от номинального;

$\Delta t$  – фактический температурный напор.

$$\Delta t = \frac{t_n + t_k}{2} - t_b$$

(2.8)

где  $t_n$  – температура теплоносителя на входе в радиатор, °С;

$t_k$  – температура теплоносителя на выходе из радиатора, °С;

$t_b$  – температура воздуха внутри помещения, °С.

При двухтрубной схеме соединения отопительных приборов принимаем, что на входе и выходе для всех радиаторов температуры одинаковые,  $t_n=95$  °С,  $t_k=70$  °С. С учетом этого формула 2.8 примет вид:

$$\Delta t = 82,5 - t_b$$

(2.9)

Таблица 2.8 Расчет поверхности отопительных приборов (радиаторов)

Приб.	Пом-е	Тип радиатора	Q <sub>пр</sub>	Q <sub>н.у.</sub>	n	b	c	m	p	N	Q <sub>ф</sub>	Невязка
-	-	-	Вт	Вт	-	-	-	-	-	шт	Вт	%
P1	101	Rifar Base 500	2300	204	0,3	1	0,94	0,015	0,96	14	2265	1,5
P2	101	Rifar Base 500	2300	204	0,3	1	0,94	0,015	0,96	14	2265	1,5
P3	101	Rifar Base 500	2300	204	0,3	1	0,94	0,015	0,96	14	2265	1,5
P4	101	Rifar Base 200	1045	101	0,3	1	0,94	0,015	0,97	13	1040	0,5
P5	101	Rifar Base 200	1045	101	0,3	1	0,94	0,015	0,97	13	1040	0,5
P6	101	Rifar Base 200	1045	101	0,3	1	0,94	0,015	0,97	13	1040	0,5
P7	201	Rifar Base 500	1587	204	0,3	1	0,94	0,015	0,98	10	1642	3,4
P8	201	Rifar Base 500	1587	204	0,3	1	0,94	0,015	0,98	10	1642	3,4
P9	201	Rifar Base 200	900	101	0,3	1	0,94	0,015	0,97	11	878	2,5
P10	201	Rifar Base 200	900	101	0,3	1	0,94	0,015	0,97	11	878	2,5
P11	208	Rifar Base 500	2162	204	0,3	1	0,94	0,015	0,97	13	2123	1,8
P12	208	Rifar Base 500	2162	204	0,3	1	0,94	0,015	0,97	13	2123	1,8
P13	207	Rifar Base 500	2083	204	0,3	1	0,94	0,015	0,97	13	2122	1,8
P14	207	Rifar Base 500	2083	204	0,3	1	0,94	0,015	0,97	13	2122	1,8
P15	207	Rifar Base 500	2083	204	0,3	1	0,94	0,015	0,97	13	2122	1,8
P16	207	Rifar Base 200	900	101	0,3	1	0,94	0,015	0,97	11	878	2,5
P17	207	Rifar Base 200	900	101	0,3	1	0,94	0,015	0,97	11	878	2,5
P18	202	Rifar Base 500	1030	204	0,3	1	0,94	0,015	1	6	999	3,0
P19	204	Rifar Base 500	1411	204	0,3	1	0,94	0,015	0,98	8	1365	3,3
P20	205	Rifar Base 500	754	204	0,3	1	0,94	0,015	1	5	862	12,5
P21	206	Rifar Base 500	2119	204	0,3	1	0,94	0,015	0,97	12	2039	3,8
P22	206	Rifar Base 500	2119	204	0,3	1	0,94	0,015	0,97	12	2039	3,8

Подбор гладкотрубных регистров заключается в определении их длины, при заранее принятых диаметре труб и числе их рядов [29].

Изначально определяется требуемая площадь поверхности нагрева  $F_p$ , ЭКМ.

$$F_p = \frac{Q_T - Q_{тр}}{q_3} \quad (2.10)$$

где  $Q_T$  – теплопотери, которые восполняются рассчитываемым регистром, ккал·ч;

$Q_{тр}$  – теплоотдача от открыто проложенных в помещении труб, ккал·ч;

$q_3$  –теплоотдача от трубы при заданной температуре теплоносителя и температуре внутреннего воздуха [29, табл. III.22].

Имея требуемую и эквивалентную,  $f_3$ , экм, площади [29, табл. III.26] поверхности нагрева трубы можно определить необходимую длину регистра  $l$ , м, для восполнения потерь теплоты.

$$l = \frac{F_p}{f_3}$$

(2.11)

Таблица 2.9 Расчет поверхности отопительных приборов (регистров из гл. труб)

	Обозн	Ед. изм.	Прибор						
			ГР1	ГР2	ГР3	ГР4	ГР5	ГР6	ГР7
Теплопотери помещения	Q	Вт	638	1959	849	4608	2765	2765	4608
Теплоотдача труб	$Q_{тр}$	Вт	101	101	101	101	101	101	101
Теплоотдача приб. треб.	$Q_{пр.тр.}$	Вт	537	1858	748	4507	2664	2664	4507
Теплоотдача приб. треб.	$Q_{пр.тр.}$	ккал/ч	461	1597	643	3875	2290	2290	3875
Диаметр труб	$d_y$	мм	40	100	40	100	100	100	100
Теплоотдача с 1экм трубы	$q_3$	ккал/ч ·экм	450	450	450	443	443	443	443
Пов-ть нагрева 1 м Трубы	$f_3$	экм	0,195	0,462	0,195	0,462	0,462	0,462	0,462
Кол-во рядов	N	шт	4	4	4	4	4	4	4
Требуемая площадь поверхности нагрева	$F_p$	экм	1,026	3,550	1,429	8,747	5,170	5,170	8,747
Требуемая длина регистра	$l_{тр}$	м	1,6	1,9	1,8	4,7	2,8	2,8	4,7
Принятая длина регистра	$l$	м	2,0	2,0	2,0	5,0	3,0	3,0	5,0
Теплоотдача приб. действ.	$Q_{пр.}$	Вт	612	1934	816	4761	2856	2856	4761

## 2.2.4 Гидравлический расчет

Гидравлический расчет системы произведен методом удельных потерь давления на трение [29]. Результаты расчета приведены в приложении Б.

Перепад температур на отопительных приборах принят постоянным и равен 25 °С.

В радиаторах, используемых в проекте, предусмотрено наличие термостатического клапана Heimeier 4335, для которого подобрана предварительная настройка (возможно дополнительное подключение к клапану

термостатического регулятора, для поддержания комфортной температуры внутри помещений). Радиаторы так же оснащаются узлом нижнего подключения. В проекте к установке принят узел HERZ 3766 в проходном исполнении. Для регистров из гладких труб предусмотрены термостатические клапана фирмы Danfoss, модель RA-N 15. Потери давления при проходе теплоносителя через термостатический клапан и узел нижнего подключения определены по диаграммам [33], а также по методике расчета потерь давления на клапане [32] и учтены при гидравлическом расчета как дополнительные потери  $P_{\text{доп}}$ , Па. Потери давления на тепловентиляторах приняты по данным предоставленным производителем [34]. Настройки клапанов приведены в приложении Б. Каждая ветвь системы условно разделена на кольца, которые между собой имеют невязку <10%.

На обратных трубах у распределительной гребенки расположены автоматические балансировочные клапаны ASV-PV фирмы Danfoss [21], параметры настройки которых отражены в приложении Б. Совместно с ними применяются запорные клапаны ASV-M. С учетом применения клапанов невязка системы составляет 4,6%. Данные подбора клапанов представлены в приложении В.

Применение автоматических балансировочных клапанов обусловлено переменным расходом теплоносителя, так как на отопительных приборах установлены термостатические клапана с предварительной настройкой, а также принятая в проекте температура внутреннего воздуха поддерживается только в рабочее время.

В результате гидравлического расчета определены: потери системы  $\Delta P=19,7$  кПа; нагрузка на систему отопления  $Q_{\text{от}}=87$  кВт; расход воды на отопление  $G_{\text{от}}=2995$  кг/ч.

## Глава 3. Расчет и конструирование системы вентиляции

### 3.1 Расчёт выделения вредностей

#### 3.1.1 Расчет теплоступлений

Тепловая нагрузка на систему вентиляции определяется как разность всех видов теплоступлений и потерь теплоты в помещении. При расчете вентиляции учтены следующие источники поступления теплоты:

- От людей;
- За счет солнечной радиации через окна, стены, покрытие;
- От электрического освещения;
- Технологические;

От людей в помещение поступает явная теплота  $Q_{я}$ , Вт, поступаемая за счет конвекции и лучеиспускания, а также скрытая теплота, выделяемая при дыхании вместе с влагой и за счет испарения с поверхности кожи. Полная теплота  $Q_{п}$ , Вт, равна их сумме [26]:

$$Q_{л}^{я} = q_{л}^{я} \cdot n \quad (3.1)$$

$$Q_{п}^{я} = q_{п}^{я} \cdot n \quad (3.2)$$

где  $q_{я}$ ,  $q_{п}$  – тепловыделения явные и полные, выделяемые одним человеком, Вт, принимаются в зависимости от температуры окружающей среды и степени тяжести работ [26, табл. 6.1];

$n$  – количество работников.

Таблица 3.1 поступление теплоты от людей

№ пом.	Кол-во людей, $n$	Холодный и переходный период				Теплый период			
		$q_{я}$ , Вт	$q_{п}$ , Вт	$Q_{я}$ , Вт	$Q_{п}$ , Вт	$q_{я}$ , Вт	$q_{п}$ , Вт	$Q_{я}$ , Вт	$Q_{п}$ , Вт
111	4	121	206	486	824	77	192	307	793
112	2	116	205	231	410	77	192	154	396

Теплота от искусственного освещения [24]:

$$Q_{\text{осв}} = E \cdot q_{\text{осв}} \cdot \eta_{\text{осв}} \cdot F_{\text{п}}$$

(3.3)

где  $E$  – номинальная освещенность, Лк;

$q_{\text{осв}}$  – удельные тепловыделения, Вт/(м<sup>2</sup>·Лк);

$\eta_{\text{осв}}$  – доля тепловой энергии, попадающей в помещение;

$F_{\text{п}}$  – площадь помещения, м<sup>2</sup>.

Таблица 3.2 поступление теплоты от искусственного освещения

№ пом.	$E$ , Лк	$q_{\text{осв}}$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·Лк)	$\eta_{\text{осв}}$	$F_{\text{п}}$ , м <sup>2</sup>	$Q_{\text{осв}}$ , Вт
111	200	0,091	1	353	6427
112	150	0,091	1	120	1633

Теплопоступления через заполнение световых проемов в теплый период года определяются как сумма поступлений тепла за счет солнечной радиации и теплопередачи. Вторая величина крайне мала и в расчетах ею можно пренебречь [26].

$$Q_{\text{ср}} = (q_{\text{пр}} \cdot K_{\text{инс}} + q_{\text{р}} \cdot K_{\text{обл}}) \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3$$

(3.4)

где  $q_{\text{п}}$ ,  $q_{\text{р}}$  – максимальная интенсивность прямой и рассеянной солнечной радиации, падающей на световой проем, Вт/м<sup>2</sup>, зависит от географической широты района строительства и ориентации ограждающей конструкции;

$K_{\text{инс}}$  – коэффициент инсоляции, учитывающий долю солнечной радиации, прошедшей через световой проем после затенения наружными козырьками и вертикальными ребрами (в расчетах принят равным 1, т.к. козырьки и ребра отсутствуют)

$K_{\text{обл}}$  – коэффициент облучения поверхности светового проема рассеянной радиацией;

$F_{\text{ок}}$  – площадь светового проема, м<sup>2</sup>;

$\beta_1$  – поправочный коэффициент, учитывающий загрязнение стекла;

$\beta_2$  – поправочный коэффициент, учитывающий проникание солнечной радиации через световой проем;

$\beta_3$  – коэффициент, учитывающий нестационарную защиту световых проемов.

Таблица 3.3 поступление теплоты через заполнения световых проемов

	Помещение № 111		Помещение № 112	
	Северные окна	Южные окна	Северные окна	Южные окна
$q_{п}, \text{Вт/м}^2$	119,8	300	119,8	300
$q_{р}, \text{Вт/м}^2$	83,8	113	83,8	113
$\beta_1$	0,78			
$\beta_2$	0,76			
$\beta_3$	0,3			
$K_{обл}$	0,85			
$K_{инс}$	1			
$F_{ок}, \text{м}^2$	18,1	29,1	6,0	9,7
$Q_{ср}, \text{Вт}$	2667		889	

Для тёплого периода в расчетах суммарного теплопоступления принимается большее из значений  $Q_{осв}$  и  $Q_{ср}$ .

Теплопоступления через покрытия в теплый период зависят от географического положения здания и наружных параметров воздуха [31].

$$Q_{покр} = \frac{(t_{н.у.} - t_{в.}) \cdot F_{п}}{R_{п}}$$

(3.5)

где  $t_{н.у.}$  – условная наружная температура воздуха под покрытием, °С;

$F_{п}$  – площадь покрытия, м<sup>2</sup>;

$R_{п}$  – сопротивление теплопередачи покрытия, м<sup>2</sup>·°С/Вт.

$$t_{н.у.} = t_{н} + \frac{q_{ср} \cdot \rho_{п}}{\alpha_{н}}$$

(3.6)

где  $q_{ср}$  – среднесуточный тепловой поток солнечной радиации на горизонтальную поверхность, Вт/м<sup>2</sup>;

$t_{н}$  – средняя наружная температура воздуха в июле, °С;

$\rho_{п}$  – коэффициент поглощения солнечной радиации поверхностью покрытия;

$\alpha_{н}$  – коэффициент теплоотдачи воздуху на наружной поверхности покрытия, Вт/(м<sup>2</sup>·°С).

$$\alpha_n = 8,7 + 2,6\sqrt{v_n}$$

(3.7)

где  $v_n$  – скорость ветра по параметру А.

Таблица 3.4 поступление теплоты через покрытие

№ пом.	F, м <sup>2</sup>	R <sub>п</sub> , м <sup>2</sup> ·°C/Вт	v <sub>н</sub> , м/с	α <sub>н</sub> , Вт/(м <sup>2</sup> ·°C)	q <sub>ср</sub> , Вт/м <sup>2</sup>	ρ <sub>п</sub>	t <sub>н</sub> , °C	t <sub>в</sub> , °C	t <sub>н.у.</sub> , °C	Q <sub>покр</sub> , Вт
111	353	3,36	4,2	29,6	331	0,8	22	24	30,9	728
112	120									247

Поступление теплоты от электродвигателей, Q<sub>эл.дв.</sub> рассчитывается по формуле 3.8 [28]. Теплопоступления от технологического процесса, Q<sub>техн.</sub> принимаются для металлообрабатывающих станков в размере 250 Вт на 1 кВт установленной мощности.

$$Q_{эл.дв.} = 10^3 \cdot N_y \cdot K_c \cdot (1 - K_{п} \cdot \eta_d + K_{п} \cdot K_T \cdot \eta_d)$$

(3.8)

где N<sub>y</sub> – номинальная установочная мощность электродвигателя, кВт;

K<sub>c</sub> – коэффициент спроса на электроэнергию;

K<sub>п</sub> – коэффициент перехода теплоты в помещение;

K<sub>T</sub> – коэффициент полноты загрузки электродвигателя;

η<sub>d</sub> – КПД двигателя, %.

Таблица 3.5 поступление теплоты от электродвигателей и оборудования

Наименование оборудования	N <sub>y</sub> , кВт	K <sub>п</sub>	K <sub>T</sub>	K <sub>c</sub>	η <sub>d</sub> , %	Q <sub>эл.дв.</sub> , Вт	Q <sub>техн.</sub> , Вт
компрессор	2,2	1	1	0,2	70	440	
станок точильно-шлифовальный	0,56	1	1	0,2	70	112	140
Фильтр механический	1,1	1	0,1	0,2	70	81	
станок сверильный	0,45	1	0,9	0,2	70	84	112,5
Кран Мостовой	10,5	1		0,2	70	630	
					Σ	1347	253

В помещении автомойки необходимо учесть выделение скрытой теплоты Q<sub>скр</sub>, Вт, вместе с испарившейся влагой.

$$Q_{\text{скр}} = 0,278 \cdot M_{\text{вл}} \cdot I_{\text{п}}$$

(3.9)

где  $M_{\text{вл}}$  – количество испарившейся влаги, кг (расчет в п. 3.1.2);

$I_{\text{п}}$  – энтальпия пара при температуре испарения, кДж/кг (температура испарения принята равной внутренней температуре воздуха по мокрому термометру).

Для холодного и переходного периода:

$$Q_{\text{скр}} = 0,278 \cdot 39,7 \cdot 2527 = 27884 \text{ Вт.}$$

Для теплого периода:

$$Q_{\text{скр}} = 0,278 \cdot 75,8 \cdot 2535 = 53328 \text{ Вт.}$$

Потери теплоты через ограждающие конструкции, восполнение которых приходится на систему вентиляции  $Q_{\text{вент}}$ , Вт, определяются как разность теплотерь помещения, рассчитанных для температуры внутреннего воздуха в режиме вентиляции  $Q_{\text{пом}}$ , Вт, и теплоотдачи от отопительных приборов,  $Q_{\text{с.о.}}$ , Вт:

$$Q_{\text{вент}} = Q_{\text{пом}} - Q_{\text{с.о.}}$$

(3.10)

$$Q_{\text{пом}} = Q_{\text{с.о.}} \cdot \frac{t_{\text{в.в.}} - t_{\text{н}}}{t_{\text{в.о.}} - t_{\text{н}}}$$

(3.11)

где  $t_{\text{в.в.}}$ ,  $t_{\text{в.о.}}$  – расчетные температуры внутреннего воздуха в режиме вентиляции и отопления, °С (табл. 2.3);

$t_{\text{н}}$  – расчетная температура наружного воздуха (табл. 2.1), °С.

Таблица 3.6 потери теплоты, восполняемые системой вентиляции

№ пом.	$Q_{\text{с.о.}}$ , Вт	$t_{\text{в.в.}}$ , °С	$t_{\text{в.о.}}$ , °С	$t_{\text{н}}$ , °С	$Q_{\text{вент}}$ , Вт
111	34046	17	15	-23	1792
112	14747	18	17	-23	369

Таблица 3.7 Тепловой баланс

Наиме-	Объем	Расчетный	Внутрен-	Теплоизбытки, Вт	Тепло-
--------	-------	-----------	----------	------------------	--------

название помещения	помещения, м <sup>3</sup>	период года	температура, °С	полные	явные	напряженность, Вт/м <sup>3</sup>
111 ТО	2807	Теплый	24	9548	9062	3,2
		Холодный	17	8122	7784	2,8
		Переходные условия	17	8850	8512	3,0
112 Мойка	951	Теплый	24	55605	2034	2,1
		Холодный	18	29681	1618	1,7
		Переходные условия	18	29928	1865	2,0

### 3.1.2 Расчет поступления влаги

На данном предприятии влага попадает в воздух от двух источников: при дыхании людей и в помещении автомойки от технологического процесса.

Поступление влаги  $M_{вл}$ , г/ч, от людей зависит от окружающей температуры и степени тяжести работ [26].

$$M_{вл} = m \cdot n$$

(3.12)

где  $m$  - влаговыделения одним человеком, г/ч;

$n$  – количество людей.

Таблица 3.8 Расчет поступления влаги от людей

№ пом.	n	Расчетный период	m, г/ч	M, г/ч
111	4	Теплый	180	720
		Холодный и переходный	120	480
112	2	Теплый	180	360
		Холодный и переходный	130	260

В процессе мойки автомобилей со смоченных поверхностей испаряется влага  $M_{вл}$ , кг/ч [19].

$$M_{вл} = 7,4 \cdot (a + 0.017 \cdot v) \cdot (p_1 - p_2) \cdot F \cdot \frac{101,3}{p_6}$$

(3.13)

где  $a$  – фактор скорости движения окружающего воздуха под влиянием гравитационных сил;

$v$  – скорость движения воздуха в помещении, м/с;

$p_1$  – упругость водяного пара в воздухе помещения, кПа;

$p_2$  – упругость водяного пара, соответствующая полному насыщению воздуха при его температуре, равной температуре поверхности воды (принимается по температуре мокрого термометра), кПа;

$p_6$  – расчетное барометрическое давление (табл. 2.2), кПа;

$F$  – площадь поверхности, на которой происходит испарение, м<sup>2</sup>.

Таблица 3.9 Расчет поступления влаги со смоченных поверхностей

Пов-ть	F, м <sup>2</sup>	a	v, м/с	Теплый период				Холодный и переходный пер.			
				p <sub>1</sub> , кПа	p <sub>2</sub> , кПа	p <sub>6</sub> , кПа	M <sub>вл</sub> , кг/ч	p <sub>1</sub> , кПа	p <sub>2</sub> , кПа	p <sub>6</sub> , кПа	M <sub>вл</sub> , кг/ч
Пол	120	0,022	0,3	2,983	2,239	99,3	18,2	2,063	1,673	99,3	9,6
Стены	284	0,031	0,3	2,983	2,239	99,3	57,5	2,063	1,673	99,3	30,2
							Σ=75,8				Σ=39,7

### 3.1.3 Расчет газовыделений

Основные вредности, выделяющиеся при движении автомобиля по территории предприятия — это оксид углерода, углеводород и оксиды азота. Для проектирования вентиляции необходимо иметь значения максимальных секундных выбросов каждого вещества  $M_i$ , г/с [18].

$$M_j = 10^{-3} \frac{q_{ij} \cdot L \cdot K_c}{t_{B(ТО)} \cdot 3,6}$$

(3.14)

где  $q_{ij}$  - удельный выброс  $j$ -го загрязняющего вещества одним автомобилем  $i$ -го типа с учетом возраста и технического состояния парка на рассматриваемый год, г/км;

$L$  - условный пробег одного автомобиля за цикл на территории предприятия с учетом времени запуска двигателя, движения по территории предприятия и пр.;

$K_c$  - коэффициент, учитывающей влияние режима движения (скорости) автомобиля;

$t_{в(то)}$  - время выпуска или возврата автомобилей (поступающих на ТО и ТР).

Таблица 3.10 Расчет выделяющихся вредностей при работе двигателя автомобиля

№ пом.	Кол-во а/м	Вещ-во	$t_b$ , ч	$q$ , г/км	L, км		$K_c$	M, г/с	M, г/ч
					въезд	выезд			
111	3	CO	0,4	59,5	0,2	0,6	1,4	0,035	125,0
		CH	0,4	7,2	0,2	0,6	1,2	0,004	13,0
		NOx	0,4	2,2	0,2	0,6	1	0,001	3,3
112	1	CO	0,4	59,5	0,2	0,6	1,4	0,012	41,7
		CH	0,4	7,2	0,2	0,6	1,2	0,001	4,3
		NOx	0,4	2,2	0,2	0,6	1	0,000	1,1

При дыхании человека в атмосферу выделяется диоксид углерода  $M_{CO_2}$ , г/ч, выделения которого необходимо учитывать для расчета воздухообмена [24].

$$M_{CO_2} = n \cdot q_{CO_2}$$

(3.14)

где  $n$  – количество людей;

$q_{CO_2}$  – удельное выделение углекислого газа одним человеком.

Для помещения СТО  $M_{CO_2} = 160$  г/ч, для помещения автомойки  $M_{CO_2} = 80$  г/ч.

## 3.2 Расчет воздушного баланса объекта проектирования

### 3.2.1 Расчет воздухообмена из условий ассимиляции вредностей

Количество воздуха  $L$ , м<sup>3</sup>/ч для общеобменной вентиляции определяемое по количеству выделяющихся или вырвавшихся из-под укрытий вредных веществ из расчета разбавления их до предельно допустимой концентрации [15]

$$L = \frac{M}{C_{п} - C_{в}}$$

(3.15)

где  $M$  – количество вредных веществ, поступающих в помещение, г/ч

$C_{п}$  – предельно допустимая концентрация вещества в воздухе рабочей зоны, г/м<sup>3</sup>;

$C_{н}$  – содержание вещества в приточном воздухе, г/м<sup>3</sup> [4, 5].

Таблица 3.11 Расчет воздухообмена для разбавления газовыделений

№ пом.	Вещ-во	M, г/ч	$C_{п}$ , г/м <sup>3</sup>	$C_{в}$ , г/м <sup>3</sup>	L, м <sup>3</sup> /ч
111	CO	125,0	0,02	0,006	8925
	CH	13,0	0,1	0,03	185
	NO <sub>x</sub>	3,3	0,002	0,0006	2357
	CO <sub>2</sub>	160	1,53	0,459	149
112	CO	41,7	0,02	0,006	2975
	CH	4,3	0,1	0,03	62
	NO <sub>x</sub>	1,1	0,002	0,0006	786
	CO <sub>2</sub>	80	1,53	0,459	75

Таким образом в участок технического осмотра необходимо подавать не менее 8925 м<sup>3</sup>/ч свежего воздуха, а в помещение мойки не менее 2975 м<sup>3</sup>/ч.

Для расчета потребного воздухообмена на ассимиляцию тепло- и влагоизбытков необходимо определить параметры приточного и удаляемого воздуха. Параметры определяются по методике [15, прил. В].

В теплый период для систем с механическим побуждением температура приточного воздуха принимается на 0,5 – 1 °С (нагрев воздуха при прохождении через вентилятор) выше температуры наружного воздуха.

В холодный и переходный периоды температура притока  $t_{п}$ , °С, задается основываясь на расположении приточных устройств.

$$t_{п} = t_{в} - \Delta t \quad ,$$

(3.16)

где  $\Delta t$  – перепад температур, зависящий от высоты подачи воздуха в рабочую зону.

В помещениях для обслуживания автомобилей воздух необходимо подавать в рабочую зону, поэтому перепад температур  $\Delta t$  принят равным 2 °С.

Температура удаляемого воздуха  $t_{у}$ , °С:

$$t_y = t_B + (H - h_{p.з.}) \cdot grad t, \quad (3.17)$$

где  $grad t$  – градиент температуры, зависящий от теплонапряженности помещения, °С/м [27, табл.7.6];

$H$  – высота помещения, м;

$h_{p.з.}$  – высота обслуживаемой или рабочей зоны, м.

Для участка технического осмотра автомобилей в тёплый период года:

$$t_{п} = 22 + 1 = 23 \text{ °С};$$

$$t_y = 24 + (7,95 - 2) \cdot 0,5 = 27 \text{ °С}.$$

В холодный период и для переходных условий:

$$t_{п} = 17 - 2 = 15 \text{ °С};$$

$$t_y = 17 + (7,95 - 2) \cdot 0 = 17 \text{ °С}.$$

Для участка мойки автомобилей в тёплый период года:

$$t_{п} = 22 + 1 = 23 \text{ °С};$$

$$t_y = 24 + (7,95 - 2) \cdot 0,5 = 27 \text{ °С}.$$

В холодный период и для переходных условий:

$$t_{п} = 18 - 2 = 16 \text{ °С};$$

$$t_y = 18 + (7,95 - 2) \cdot 0 = 18 \text{ °С}.$$

Такие параметры воздуха, как энтальпия и влагосодержание, определяются через построение вентиляционного процесса на  $i-d$  диаграмме для трех периодов года.

По избыткам полной теплоты и влаговыделению определяется угловой коэффициент луча процесса,  $\xi$ , кДж/кг.

$$\varepsilon = 3600 \cdot \frac{Q_{п}}{M_{вл}} \quad (3.18)$$

Для участка технического осмотра:

$$\varepsilon_{тп} = 3600 \cdot \frac{9547}{720} = 60915, \text{ кДж/кг};$$

$$\varepsilon_{хп} = 3600 \cdot \frac{8122}{480} = 47738, \text{ кДж/кг};$$

$$\varepsilon_{\text{ПП}} = 3600 \cdot \frac{8850}{480} = 66377, \text{ кДж/кг.}$$

Для участка мойки автомобилей:

$$\varepsilon_{\text{ТП}} = 3600 \cdot \frac{55605}{76113} = 2630, \text{ кДж/кг;}$$

$$\varepsilon_{\text{ХП}} = 3600 \cdot \frac{29681}{39995} = 2672, \text{ кДж/кг;}$$

$$\varepsilon_{\text{ПП}} = 3600 \cdot \frac{29928}{39995} = 2693, \text{ кДж/кг.}$$

Для каждого периода воздухообмен следует определять отдельно из условия ассимиляции тепло- и влагоизбытков по методике [15, прил. И]. При  $\xi > 40000$  кДж/кг требуемое количество воздуха для общеобменной вентиляции определяется по избыткам явной теплоты.

$$G_{\text{я}} = \frac{3,6 \cdot Q_{\text{я}}}{c \cdot (t_{\text{y}} - t_{\text{п}})} \quad (3.19)$$

где  $Q_{\text{я}}$  – избыточные потоки явной теплоты в помещении, Вт;

$t_{\text{y}}, t_{\text{п}}$  – температуры воздуха подаваемого и удаляемого из помещения, °С;

$c$  – теплоемкость воздуха, равная 1,005, кДж/(кг·°С).

Для нахождения требуемого воздухообмена на ассимиляцию избытков полной теплоты и влагоизбытков  $G_{\text{п}}$  и  $G_{\text{w}}$ , кг/ч, определяются влагосодержание и энтальпия приточного и удаляемого воздуха.

$$G_{\text{п}} = \frac{3,6 \cdot Q_{\text{п}}}{I_{\text{y}} - I_{\text{п}}} \quad (3.20)$$

$$G_{\text{w}} = \frac{M_{\text{вл}}}{d_{\text{y}} - d_{\text{п}}} \quad (3.21)$$

где  $Q_{\text{п}}$  – избыточные потоки полной теплоты в помещении, Вт;

$M_{\text{вл}}$  – избытки влаги в помещении, г/ч;

$I_{\text{y}}, I_{\text{п}}$  – удельная энтальпия подаваемого и удаляемого воздуха из помещения, кДж/кг;

$d_{\text{y}}, d_{\text{п}}$  – влагосодержание подаваемого и удаляемого воздуха из помещения, г/кг.

Для помещения 111 требуемый воздухообмен определяем по формуле 3.19, так как угловой коэффициент луча процесса для всех периодов года больше 40000 кДж/кг.

Для теплого периода года:

$$G_{\text{я}} = \frac{3,6 \cdot 9062}{1,005 \cdot (27-23)} = 8115, \text{ кг/ч.}$$

Для холодного периода года:

$$G_{\text{я}} = \frac{3,6 \cdot 7784}{1,005 \cdot (17-15)} = 13941, \text{ кг/ч.}$$

Для переходных условий:

$$G_{\text{я}} = \frac{3,6 \cdot 8512}{1,005 \cdot (17-15)} = 15245, \text{ кг/ч.}$$

В качестве расчетного расхода воздуха принимается требуемый воздухообмен для переходного периода, равный 15245 кг/ч.

Для всех периодов года в помещении  $112 \xi < 3000$  кДж/кг, поэтому максимальный воздухообмен можно определить по формуле 3.21. влагосодержание воздуха определяется по i-d диаграмме.

Для теплого периода года:

$$G_w = \frac{39995}{20,2-13,9} = 12081, \text{ кг/ч.}$$

Для холодного периода года:

$$G_w = \frac{76113}{5,5-0,3} = 7691, \text{ кг/ч.}$$

Для переходных условий:

$$G_w = \frac{39995}{11,1-5,8} = 7546, \text{ кг/ч.}$$

В качестве расчетного расхода воздуха принимается требуемый воздухообмен для летнего периода, равный 12081 кг/ч..

Для дальнейших расчетов массовый расход воздуха переводим в объемный, плотность воздуха принята равной  $1,2 \text{ кг/м}^3$ .

Таким образом для участка технического осмотра воздухообмен равен  $12704 \text{ м}^3/\text{ч}$ , а для мойки  $10068 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Полученные расходы больше расходов необходимых для ассимиляции газовыделений, т.е. для дальнейших расчетов используются воздухообмены на ассимиляция явной теплоты и влаги.

Определение кратности воздухообмена  $k, \text{ ч}^{-1}$ , для расчетных помещений:

$$k = \frac{G_{\text{расч}}}{\rho \cdot V} \quad (3.22)$$

где  $G_{\text{расч}}$  – расчетный расход воздуха в помещении, кг/ч;

$\rho$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;

$V$  – объем расчетного помещения, м<sup>3</sup>.

Для помещения 111:

$$k = \frac{15245}{1,2 \cdot 2101} = 6,1, \text{ ч}^{-1}.$$

Для помещения 112:

$$k = \frac{12081}{1,2 \cdot 951} = 10,6, \text{ ч}^{-1}.$$

Согласно [10] приточно-вытяжная вентиляция автомойки должна обеспечивать часовую кратность обмена воздуха не менее 10. Объем воздуха при вытяжке должен быть на 20% больше объема приточного воздуха.

### 3.2.2 Расчет воздухообмена по нормативной кратности

Нормативная кратность воздухообмена для административных помещений принята согласно [13], для склада ЗИП [9, Прил. А1], для склада ГСМ [3].

Воздухообмен по кратности  $L$ , м<sup>3</sup>/ч определяется по формуле 3.23.

$$L = k \cdot V \quad (3.23)$$

где  $k$  – расчетная кратность воздухообмена, ч<sup>-1</sup>;

$V$  – объем расчетного помещения, м<sup>3</sup>.

Для помещений, имеющих сообщение через двери с участком ТО (помещения 103 и 106), объем приточного воздуха принимается с коэффициентом 1,05 [1]. Так как помещение холл для посетителей отделен от участка технического осмотра небольшим коридором, объем приточного воздуха так же увеличивается на 5%.

### 3.2.3 Сводная ведомость воздушного баланса здания

На втором этаже для поддержания воздушного баланса, т.е. равенства подаваемого и удаляемого воздуха, из комнаты для приема пищи удаляется на 15,5 м<sup>3</sup>/ч воздуха больше, чем по расчету. На первом этаже, в административной части, в коридор подается на 105,1 м<sup>3</sup>/ч воздуха больше

расчетного. Так как приток в помещение склада ЗИП увеличен на 5 %, на столько же увеличивается расход удаляемого воздуха с участка технического осмотра. Итоговые расходы воздуха занесены в таблицу.

Таблица 3.12 Сводная ведомость воздушного баланса здания

№ пом.	Назначение помещения	Площадь, м <sup>2</sup>	Высота, м	Кратность, ч <sup>-1</sup>		Воздухообмен, м <sup>3</sup> /ч	
				Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка
2й этаж							
201	Офисное помещение	34,52	4,5	1,5	1,5	233,0	233,0
202	Офисное помещение	26,03	4,5	1,5	1,5	175,7	175,7
203	Санузел	20,22	4,5	-	-	-	75,0
204	Помещение для приема пищи	20,23	4,5	3	4	273,1	379,6
205	Коридор	28,5	4,5	2		256,5	0,0
206	Техническое помещение	18,23	4,5	2	2	164,1	164,1
207	Офисное помещение	42,02	4,5	1,5	1,5	283,6	283,6
208	Офисное помещение	37,23	4,5	1,5	1,5	251,3	251,3
209	Санузел	5,32	4,5	-	-	-	75,0
						1637,3	1637,3
1й этаж (Административная часть)							
102	Холл для посетителей	58,24	4,2	1,55	1,5	379,1	366,9
106	Коридор	6,18	4,2	2,05	-	158,3	-
107	Склад уборочного инвентаря	3,26	4,2	-	1,5	-	20,5
108	Бытовое помещение	9,53	4,2	2	2	80,1	80,1
108	Санузел			-	-	-	75,0
110	Санузел	3,81	4,2	-	-	-	75,0
						617,5	617,5
№ пом.	Назначение помещения	Площадь, м <sup>2</sup>	Высота, м	Кратность, ч <sup>-1</sup>		Воздухообмен, м <sup>3</sup> /ч	
				Приток	Вытяжка	Приток	Вытяжка
1й этаж (Производственные помещения)							
103	Склад ЗИП	76,62	4,2	1,05	1	337,9	321,8
104	Склад ГСМ	40,41	4,2	2	2	339,4	339,4
111	Участок ТО	353,12	7,95			12704	12720
112	Мойка	119,67	7,95			10067	12081
						23450	25463

### 3.3 Конструирование и расчет системы вентиляции

#### 3.3.1 Подбор воздухораспределителей

В административных помещениях для притока и удаления воздуха используются диффузоры ДПУ [23]. Схема воздухообмена "сверху-вверх". Приточные диффузоры приняты таким образом, чтобы максимальный уровень

шума был не более 60 дБа, а подвижность воздуха в помещения не превышала 0,2 м/с, для этого учитывается дальнобойность, указанная в каталоге [23]. При удалении воздуха учитывается только требование для максимального уровня звука. Для системы П1 при входе воздуховода в помещение необходимо устанавливать противопожарный нормально-открытый клапан, так как оборудование для этой системы располагается в одном из обслуживаемых помещений.

На участок технического осмотра воздух подается в рабочую зону низкоскоростными воздухораспределителями ВНП, а также в смотровую яму решетками АМН. Удаляется воздух поровну сверху и снизу, с учетом удаления из смотровой ямы, для этого используются решетки АМН.

На участке автомойки свежий воздух необходимо подавать в нижнюю зону помещения, для этого воздухораспределительные решетки расположены на высоте +3,000 м от уровня пола и подают воздух в рабочую зону под углом 30°. 1/3 вытяжного воздуха удаляется из нижней зоны помещения, а 2/3 из верхней. В помещении автомойки применяются решётки АМН.

Для производственных помещений решетки подобраны с учетом скорости воздуха в живом сечении, результаты расчета представлены в приложении Г.

### **3.3.2 Аэродинамический расчет системы вентиляции с механическим побуждением**

Применяются воздуховоды из унифицированных деталей, размер которых принимается в соответствии [2]. Для определения требуемых размеров воздуховодов и дальнейшего подбора оборудования производится аэродинамический расчет. Последовательность расчета:

1. Длина участка  $l$ , м, определяется с плана
2. Размеры воздуховодов принимаются таким образом, чтобы скорость в живом сечении  $v$  была 3-6 м/с в офисных помещениях; 6-7 м/с на магистрали в

административной части здания; 6-11 м/с в воздуховодах промышленной части здания.

3. Определяются удельные потери на трение  $R$ , Па/м [30].

4. Определяется коэффициент  $m$  – справочная величина, зависит от размеров сторон воздуховода.

5. Находятся потери давления на трение

$$\Delta P_l = R \cdot m \cdot l$$

(3.24)

6. Определяется динамическое давление  $P_d$ , Па

$$P_d = \frac{\rho \cdot v^2}{2}$$

(3.25)

где  $\rho$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>.

$v$  – скорость движения воздуха в воздуховоде, м/с.

$$v = \frac{L}{F \cdot 3600}$$

(3.26)

где  $F$  – площадь живого сечения воздуховода, м<sup>2</sup>.

7. Рассчитываются потери давления на местных сопротивлениях  $\Delta P_\xi$ , Па, зависящие от коэффициентов местных сопротивлений  $\xi$ .

$$\Delta P_\xi = \sum \xi \cdot P_d \quad (3.27)$$

8. Полные потери давления на расчётном участке  $\Delta P$  являются суммой  $\Delta P_l$  и  $\Delta P_\xi$ , а также учитываются дополнительные потери  $\Delta P_{\text{доп}}$ , представляющие собой потери давления в решетках и в клапанах.

Таблицы с аэродинамическими расчетами приведены в приложении Д.

По результатам расчета потери давления и расход на конечном участке в системах составляют:

Система П1 –  $\Delta P=228$  Па,  $L=2255$  м<sup>3</sup>/ч;

Система П2 –  $\Delta P=254$  Па,  $L=677$  м<sup>3</sup>/ч;

Система П3 –  $\Delta P=270$  Па,  $L=12705$  м<sup>3</sup>/ч;

Система П4 –  $\Delta P=477$  Па,  $L=10068$  м<sup>3</sup>/ч;

Система В1 –  $\Delta P=179$  Па,  $L=1956$  м<sup>3</sup>/ч;

Система В2 –  $\Delta P=307$  Па,  $L=661$  м<sup>3</sup>/ч;

Система В3 –  $\Delta P=537$  Па,  $L=12721$  м<sup>3</sup>/ч;

Система В4 –  $\Delta P=638$  Па,  $L=12081$  м<sup>3</sup>/ч.

### 3.3.3 Аэродинамический расчет системы вентиляции с естественным побуждением

Система естественной вытяжной вентиляции применяется для удаления воздуха из санузлов. В рассматриваемом здании имеется 4 помещения этой категории, 2 на первом этаже и два на втором. Для каждого этажа предусмотрена отдельная система. Требуемый воздухообмен принят по [12].

Расчет производится с учетом условий переходного периода при температуре наружно воздуха  $t_n = +5^\circ\text{C}$ , и отсутствии ветра. Вентиляция будет исправно работать если гравитационное давление  $P_{гр}$ , Па, превысит потери давления  $\Delta P$ , Па.

$$P_{гр} = h \cdot \left( \frac{353}{t_n + 273} - \frac{353}{t_b + 273} \right) \cdot g$$

(3.28)

где  $h$  – расстояние от центра вытяжной решетки до места выброса воздуха по вертикали, м;

$t_b$  – внутренняя температура воздуха для переходного периода,  $^\circ\text{C}$ .

Потери давления в воздуховодах определяются аналогично расчетам для системы с механическим побуждением. Потери системы должны быть меньше располагаемого гравитационного давления на величину запаса 5-10%. Результаты расчётов сведены в таблицу и представлены в приложении Д.

### 3.3.4 Подбор оборудования

Приточное оборудование для систем П2, П3 и П4 размещается в вентиляционной камере, для системы П1 – в подшивном потолке помещения 105. Системы П1 и П2 иемяют канальное оборудование подобранное по [22].

Вытяжные вентиляторы располагаются на крыше здания.

## Подбор калорифера

Калорифер подбирается по расходу теплоты  $Q$ ,  $\text{м}^3/\text{ч}$  на нагрев воздуха.

$$Q = \frac{G}{3,6} \cdot c \cdot (t_k - t_n)$$

(3.29)

где  $G$  – массовый расход воздуха, определяемый для плотности воздуха при средней температуре на входе и выходе из калорифера,  $\text{кг}/\text{ч}$ ;

$c$  – удельная теплоёмкость воздуха на входе в калорифер,  $\text{кДж}/\text{кг}\cdot^\circ\text{C}$ ;

$t_k$ ,  $t_n$  – начальная и конечная температуры воздуха,  $^\circ\text{C}$ . На входе в калорифер температура принимается равной наружной, на выходе на  $1^\circ\text{C}$  меньше температуры притока.

$$Q_1 = \frac{2255 \cdot 1,31}{3,6} \cdot 1,009 \cdot (15 - 23) = 31461 \text{ Вт}$$

$$Q_2 = \frac{677 \cdot 1,31}{3,6} \cdot 1,009 \cdot (13 - 23) = 8949 \text{ Вт}$$

$$Q_3 = \frac{12705 \cdot 1,31}{3,6} \cdot 1,009 \cdot (14 - 23) = 172598 \text{ Вт}$$

$$Q_4 = \frac{13189 \cdot 1,31}{3,6} \cdot 1,009 \cdot (15 - 23) = 140471 \text{ Вт}$$

Для систем П1 и П2 подобраны электрические канальные воздухонагреватели фирмы Lissant, модели НП 60-30/36 и НК 250/9 соответственно.

Для подбора водяных калориферов, применяемых в системах П3 и П4 требуются дополнительные расчеты [20]:

1. Необходимо определить требуемую площадь фронтального сечения  $f$ ,  $\text{м}^2$ , для прохода воздуха.

$$f = \frac{G}{3600 \cdot v}$$

(3.30)

где  $v$  – массовая скорость движения воздуха,  $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$  (принимается до  $8 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ );

$$f_3 = \frac{16643}{3600 \cdot 5} = 0,92 \text{ м}^2$$

Принят калорифер КСк 3 № 9/9 площадью фронтального сечения 0,824, при этом действительная скорость движения воздуха  $v$  будет равна 5,6 м/с

$$f_4 = \frac{13189}{3600 \cdot 5} = 0,73 \text{ м}^2$$

Принят калорифер КСк 3-10 площадью фронтального сечения 0,58,  $v=6,3$  м/с.

2. Определяется расход теплоносителя,  $G_w$ , кг/сек.

$$G_w = \frac{Q}{c_w \cdot (t_{\text{вх}} - t_{\text{вых}})}$$

(3.31)

где  $c_w$  – удельная теплоемкость воды, Дж/кг·°С;

$t_{\text{вх}}, t_{\text{вых}}$  – температура теплоносителя на входе и выходе из калорифера, °С.

$$G_{w3} = \frac{172598}{4200 \cdot (95 - 70)} = 1,64 \text{ кг/с};$$

$$G_{w4} = \frac{140471}{4200 \cdot (95 - 70)} = 1,34 \text{ кг/с}.$$

3. Определяется скорость движения воды в трубках  $w$ , м/с.

$$w = \frac{G_w}{\rho_w \cdot f_w}$$

(3.32)

где  $\rho_w$  – плотность воды при средней температуре в воздухонагревателе, кг/м<sup>3</sup>;

$f_w$  – средняя площадь живого сечения одного хода теплообменника, м<sup>2</sup>.

$$w_3 = \frac{1,64}{970 \cdot 0,00236} = 0,7 \text{ м/с};$$

$$w_4 = \frac{1,34}{970 \cdot 0,00116} = 1,2 \text{ м/с};$$

4. Рассчитывается коэффициент теплопередачи, для подобранных калориферов К.

$$K = A \cdot v^n \cdot w^m$$

(3.33)

где  $A, m, n$  – коэффициенты, зависящие от типа калорифера.

$$K_3 = 29,3 \cdot 5,6^{0,437} \cdot 0,7^{0,168} = 58,9;$$

$$K_4 = 29,3 \cdot 6,3^{0,437} \cdot 1,2^{0,168} = 67,4.$$

5. Находится температурный напор  $\Delta t$ , °С.

$$\Delta t = \frac{(t_{\text{ВХ}} - t_{\text{К}}) + (t_{\text{ВЫХ}} - t_{\text{Н}})}{2}$$

(3.34)

$$\Delta t_3 = \frac{(95 - 14) + (70 - (-23))}{2} = 87 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$\Delta t_4 = \frac{(95 - 15) + (70 - (-23))}{2} = 86,5 \text{ }^\circ\text{C}.$$

6. Подсчитывается фактическая тепловая мощность выбранного калорифера  $q$ , Вт.

$$q = K \cdot F \cdot \Delta t$$

(3.35)

где  $F$  – площадь поверхности нагрева выбранного калорифера,  $\text{м}^2$ .

$$q_3 = 58,9 \cdot 34,8 \cdot 87 = 178483 \text{ Вт};$$

$$q_4 = 67,4 \cdot 24,3 \cdot 86,5 = 141885 \text{ Вт};$$

7. Определяется запас тепловой мощности  $\Delta$ , который должен находиться в пределах от -4% до 20%.

$$\Delta = \frac{q - Q}{Q} \cdot 100$$

(3.36)

$$\Delta_3 = \frac{178483 - 172598}{172598} \cdot 100 = 3,4\%;$$

$$\Delta_4 = \frac{141885 - 140471}{140471} \cdot 100 = 1\%.$$

Исходя из запаса тепловой мощности, можно сказать, что подобраны оптимальные калориферы, для заданных параметров воздуха.

8. Подсчитывается фактический расход теплоносителя  $G_w$ , кг/с, по формуле 3.31 при  $Q=q$ .

$$G_{w3} = \frac{178483}{4200 \cdot (95 - 70)} = 1,70 \text{ кг/с};$$

$$G_{w4} = \frac{141885}{4200 \cdot (95 - 70)} = 1,35 \text{ кг/с}.$$

9. Рассчитываются гидравлическое  $\Delta P_w$ , кПа, и аэродинамическое  $\Delta P_a$ , Па, сопротивления принятых калориферов.

$$\Delta P_w = C \cdot w^2$$

(3.37)

$$\Delta P_a = B \cdot v^r$$

(3.38)

где С, В и r – коэффициенты, зависмые от вида калорифера.

$$\Delta P_{w3} = 16,39 \cdot 0,7^2 = 8,5 \text{ кПа};$$

$$\Delta P_{a3} = 6,05 \cdot 5,6^{1,8} = 143 \text{ Па};$$

$$\Delta P_{w4} = 19,75 \cdot 0,7^2 = 27,9 \text{ кПа};$$

$$\Delta P_{a4} = 6,05 \cdot 6,3^{1,8} = 177 \text{ Па}.$$

#### Подбор фильтров

Фильтры подобраны исходя расходов воздуха, проходящих через них.

Для системы П1 подобран фильтр ФВП 60-30, потери давления  $\Delta P$ , Па, на нем составляют 100 Па.

Для системы П2 – ФВК – 200,  $\Delta P=97$  Па.

Для систем П3 и П4 фильтры ФЛР 1000x500,  $\Delta P_3=210$  Па,  $\Delta P_4=180$  Па.

Для вытяжных систем В3 и В4 подобраны фильтры ФЛР 1000x500, потери давления в которых составили:

$$\Delta P_3=210 \text{ Па};$$

$$\Delta P_4=180 \text{ Па}.$$

#### Подбор воздухозаборных решеток и запорных клапанов

Решётки подобраны по размеру воздуховода, приходящего в вентиляционную камеру и проверены на соответствие шумовым характеристикам (для производственных зданий уровень звука не должен превышать 95 дБа, для административной части 75 дБа [14]). Воздушные клапаны подобраны под размеры воздухозаборных решеток.

Для системы П1 применяется воздухозаборная решётка АРН 600x300,  $\Delta P=63$  Па.

Для системы П2 – АРН 400x200,  $\Delta P=25$  Па.

Для систем П3 и П4 решетки АРН 800x500,  $\Delta P_3=170$  Па,  $\Delta P_4=150$  Па.

#### Подбор вентиляторов

Вентиляторы подобраны на расчетный расход воздуха и потери давления найденные в аэродинамическом расчете, с учетом потерь давления в приточном оборудовании.

Для системы П1 подобран канальный прямоугольный вентилятор ВКП 60-30 ЕС.

Для системы П2 – канальный вентилятор ВКК 200 ЕС.

Для системы П3 подобран радиальный вентилятор ВР 80-75 №6,3 с электродвигателем мощностью 6 кВт.

Для системы П4 подобран вентилятор ВР 80-75 №6,3 с электродвигателем мощностью 5 кВт.

Для вытяжных систем вентиляторы подобраны с учетом потерь на фильтре. Для системы В1 подобран крышной вентилятор DHS 355DV, для системы В2 – DHS 400DV.

Для систем В3 и В4 подобраны крышные вентиляторы, предназначенные для использования в агрессивной окружающей среде. Так как расход и потери давления примерно одинаковые подобраны одинаковые вентиляторы DVN 800D6.

#### Подбор шумоглушителя

Шумоглушитель подбирается таким образом, чтобы шум от вентилятора, пройдя через шумоглушитель понизился до допустимого. Допустимые параметры шума приняты по [14]. Данные расчета представлены в таблицах 3.13-3.16. По итогам приняты шумоглушители ГТП Евро 600x300, ГТК 200-600, для систем П1 и П2 соответственно. Так как для систем П3 и П4 приняты одинаковые вентиляторы подбор шумоглушителей для этих систем не будет различаться. В связи с этим подобраны одинаковые устройства – ПШГ 1200x600/1000 – 4x200. Расчетные данные представлены в таблицах 3.13-3.15.

Потери давления в шумоглушителях составили:

$$\Delta P_1 = 2 \text{ Па};$$

$$\Delta P_2 = 10 \text{ Па};$$

$$\Delta P_3 = 45 \text{ Па};$$

$$\Delta P_4 = 40 \text{ Па.}$$

Таблица 3.13 Подбор шумоглушителя для системы П1

f, Гц	63	125	250	500	100	2000	4000	8000
Шумопроизводительность вентилятора, дБ	64	71	69	78	79	77	75	66
Предельно допустимы уровни звукового давления, дБ	79	70	63	58	55	52	50	49
Требуемое шумоподавление, дБ	-	-	6	20	24	25	25	17
Шумоподавление фактическое, дБ	4	8	18	28	44	49	37	29

Таблица 3.13 Подбор шумоглушителя для системы П2

f, Гц	63	125	250	500	100	2000	4000	8000
Шумопроизводительность вентилятора, дБ	53	56	63	62	64	64	60	53
Предельно допустимы уровни звукового давления, дБ	79	70	63	58	55	52	50	49
Требуемое шумоподавление, дБ	-	-	0	4	9	12	10	4
Шумоподавление фактическое, дБ	1	2	6	15	20	24	12	7

Таблица 3.13 Подбор шумоглушителя для систем П3 и П4

f, Гц	63	125	250	500	100	2000	4000	8000
Шумопроизводительность вентилятора, дБ	90	92	100	93	81	89	81	72
Предельно допустимы уровни звукового давления, дБ	95	87	82	78	75	73	71	69
Требуемое шумоподавление, дБ	-	5	18	15	6	16	10	3
Шумоподавление фактическое, дБ	8	11	19	29	40	35	27	19

### 3.3.5 Подбор воздушных завес

Воздушные завесы подобраны с помощью программы "КВМ подбор" производственного объединения КЛИМАТВЕНТМАШ.

Параметрами подбора являются размеры проемов, у которых устанавливаются завесы, температуры внутреннего и наружного воздуха, скорость ветра для холодного периода, а также средняя температура струи, принимаемая выше 12 °С для производственных помещений при работе средней степени тяжести и для вестибюлей административно-бытовых зданий; при отсутствии постоянных рабочих мест на расстоянии 6 м от ворот и дверей средняя температура не может быть ниже 5 °С. Максимальная температура

воздуха на выходе из завесы – 70 °С для завес у ворот, 50 °С для завес у дверей. Максимальная скорость – 25 м/с [15].

Для наружных ворот на участках ТО и мойки применяются воздушно-тепловые завесы с электрическим теплообменником ЗВВ – 3,2 ЭТ(90), тепловая мощность которых – 90 кВт. Для наружных ворот в помещении 104 применяется воздушная завеса ЗВВ 3,1 ЭТ(67).

Для входной двери на первом этаже применяется воздушно-тепловая завеса с электрическим воздушнонагревателем ЗВВ 2.105 ЭТ(45) с тепловой мощностью 45 кВт.

Для входной двери на втором этаже применяется воздушно-тепловая завеса ЗВВ 1.103 ЭТ(45), тепловая мощность которой 45 кВт.

Все воздушно-тепловые завесы должны быть оборудованы автоматикой, которая будет приводить оборудование в действие при открытии ворот или дверей.

## **Глава 4. Индивидуальный тепловой пункт (ИТП)**

### **4.1 Объемно-планировочные и конструктивные решения ИТП**

Индивидуальный тепловой пункт встроен в обслуживаемое здание и располагается в помещении вентиляционной камеры. В пределах ИТП применяются стальные трубопроводы с тепловой изоляцией. Прокладка трубопроводов – открытая.

Запорная арматура предусматривается:

- на подающем и обратном трубопроводах тепловой сети на вводе и выводе их из тепловых пунктов;
- на всасывающем и нагнетательном патрубках каждого насоса;
- на подводящих и отводящих трубопроводах каждого водоподогревателя.

Опорожнение трубопроводов осуществляется самотеком в канализацию, путем подключения съемного трубопровода или гибкого шланга.

Заполнение системы предусматривается из обратного трубопровода тепловой сети.

### **4.2 Схема присоединения системы потребителя к тепловым сетям**

Система отопления и вентиляции подключены по независимой схеме, предусматривающей установку водоподогревателя. В проекте применяются по одному пластинчатому водоподогревателю на систему отопления и вентиляцию.

Циркуляционные насосы устанавливаются на обратном трубопроводе перед водоподогревателем.

Схема движения теплоносителя в водо-водяном теплообменном аппарате – противоток.

### 4.3 Подбор оборудования для ИТП

Подбор пластинчатых теплообменников производился в программе подбора оборудования фирмы "Ридан". Исходными данными являлись: параметры теплоносителя на входе в ИТП (130/75 °С), параметры теплоносителя во внутренних системах (95/70 °С), тепловая мощность.

Тепловая мощность системы отопления равна 87,1 кВт, для системы вентиляции — это сумма мощностей применяемых водяных калориферов, которая составляет 320,4 кВт.

Для системы отопления подобран пластинчатый теплообменный аппарат XGM-032-16/1-20-L. Количество пластин – 20; площадь поверхности теплообмена одной пластины – 1,34 м<sup>2</sup>. К теплообменнику подключаются трубы с условным диаметром 32 мм. Потери напора при проходе нагреваемой среды через теплообменный аппарат составили 1,9 м вод. ст.

Для системы вентиляции подобран теплообменник НН-19-16/1-18. Количество пластин – 18, площадь поверхности теплообмена одной пластины – 0,68 м<sup>2</sup>. К теплообменнику подключаются трубы с условным диаметром 65 мм. Потери напора при проходе нагреваемой среды через теплообменный аппарат составили 2,29 м вод. ст.

При выборе циркуляционных насосов подача насоса  $Q$ , м<sup>3</sup>/ч принимается по расчетным расходам воды в системах отопления и вентиляции, напор  $H$ , м вод.ст., определяется по сумме потерь давления в системах и теплообменных аппаратах.

Массовый расход воды в системе отопления составляет 2995 кг/ч, при плотности воды 971 кг/м<sup>3</sup> объемный расход теплоносителя составляет 3,08 м<sup>3</sup>/ч. Потери давления в системе составили 19,7 кПа, что составляет 2,01 м вод.ст.

Таким образом для системы отопления подбирается циркуляционный насос со следующими параметрами: подача – 3,08 м<sup>3</sup>/ч, напор 3,9 м. вод.ст. (сумма потерь давления в системе и на теплообменнике). Этим параметрам соответствует насос Wilo Star-RS 38/6.

Согласно расчетам, приведенным в пункте 3.3.4 массовые расходы теплоносителя через калориферы составляют 1,70 кг/с и 1,35 кг/с. Таким образом расход теплоносителя в системе вентиляции составляет 3,05 кг/с или 10980 кг/ч, что соответствует объемному расходу 11,31 м<sup>3</sup>/ч при плотности теплоносителя 971 кг/м<sup>3</sup>. Наибольшие потери давления в калориферах – это потери в калорифере системы П4, они составляют 29,4 кПа, что соответствует 2,84 м вод.ст.

Согласно данным представленным выше для системы вентиляции циркуляционный насос подбирается на параметры: подача – 11,31 м<sup>3</sup>/ч, напор – 5,13 м вод.ст. Этим параметрам соответствует насос Wilo Top-S 50/4.

Подбор подпиточного насоса осуществляется на подачу насоса равную 20% объема воды, находящейся в трубопроводах тепловой сети и системах отопления и вентиляции, подключенных к водо-подогревателю. Напор определяется из условия поддержания статического давления в системах отопления и вентиляции.

Объем воды находящийся в трубопроводах тепловой сети и системах отопления принят в объеме 30 м<sup>3</sup> на 1 Гкал (0,026 м<sup>3</sup> на 1 кВт) мощности систем. Следовательно, требуемая подача насоса составляет:

$$Q=0,2 \cdot 0,026 \cdot (320,4+87,1)=3,2 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Для запроектированной системы статический напор составляет 5,3 м вод.ст., что равно напору насоса. В качестве подпиточного насоса принят насос Wilo IPL VeroLine 30/80-0,12/2.

## Заключение

Результатом бакалаврской является проект систем отопления и вентиляции дилерского центра по продаже специализированной техники со станцией технического осмотра рассчитанной на три единицы техники и участком мойки на одну единицу техники.

Тепловая нагрузка на систему отопления составила 87,1 кВт. Система отопления запроектирована водяной, для участка технического осмотра воздушной с применением водяных тепловентиляторов. В системе применяются стальные трубопроводы. Разводка труб – горизонтальная, разделённая на 6 ветвей, которые объединяются в ИТП. В качестве отопительных приборов приняты биметаллические радиаторы и гладкотрубные регистры, на каждом приборе имеется термостатический клапан. На обратных трубопроводах каждой ветви установлены автоматические балансировочные клапана. Гидравлические потери системы отопления составили 19,7 кПа.

Для вентиляции запроектировано 4 приточных и 4 вытяжных системы. Для систем применяются воздуховоды из оцинкованной стали. Производительность и аэродинамические потери составили:

П1 –  $L=2255 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $\Delta P=244 \text{ Па}$ ;

П2 –  $L=677 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $\Delta P=255 \text{ Па}$ ;

П3 –  $L=12826 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $\Delta P=285 \text{ Па}$ ;

П4 –  $L=10069 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $\Delta P=477 \text{ Па}$ ;

В1 –  $L=2255 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $\Delta P=179 \text{ Па}$ ;

В2 –  $L=2255 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $\Delta P=307 \text{ Па}$ ;

В3 –  $L=2255 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $\Delta P=535 \text{ Па}$ ;

В4 –  $L=2255 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $\Delta P=638 \text{ Па}$ .

Для каждой приточной системы подобраны: вентиляторы, калориферы, фильтры, шумоглушители, воздушные клапаны и воздухозаборные решетки. Для вытяжных систем подобраны вентиляторы и фильтры, где необходимо.

Также в проекте предусмотрены две вытяжные системы с естественным побуждением.

Источником тепловой энергии является перегретая вода с параметрами 130/75 °С, системы вентиляции и отопления подключены по независимой схеме с применением двух пластинчатых теплообменников.

Работа выполнена в соответствии с требованиями действующих на сегодняшний день сводов правил государственных стандартов и нормативных документов, относящихся к предприятиям автомобильного хозяйства.

## Список используемых источников

1. ВСН 01-89. Предприятия по обслуживанию автомобилей. М.: Минавтотранс РСФСР, 1990. 24 с.
2. ВСН 353-86. Проектирование и применение воздуховодов из унифицированных деталей. М.: Минмонтажспецстрой СССР, 1986. 24 с.
3. ВНТП 5-95. Нормы технологического проектирования предприятий по обеспечению нефтепродуктами. Волгоград: Минтопэнерго России, 1995. 36 с.
4. ГН 2.2.5.1313-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. М.: Минздрав России, 1998. 77 с.
5. ГОСТ Р ЕН 13779-2007. Технические требования к системам вентиляции и кондиционирования. М.: Стандартиформ, 2008. 47 с.
6. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. М.: Стандартиформ, 2006. 71 с.
7. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. М.: Стандартиформ, 2013. 23 с.
8. ГОСТ 3262-75. Трубы стальные водогазопроводные. Технические условия. М.: Стандартиформ, 2007. 8 с.
9. НТП-АПК 1.10.17.001-03. Нормы технологического проектирования баз и складов общего назначения предприятий ресурсного обеспечения. М.: Минсельхоз РФ, 2003. 42 с.
10. СНиП 2.01.57-85. Приспособление объектов коммунально-бытового назначения для санитарной обработки людей, специальной обработки подвижного состава автотранспорта. М.: Госстрой России, 2011. 16с.
11. СП 41-101-95. Проектирование тепловых пунктов. М.: Минстрой России, ГУП ЦПП, 1997. 83 с.
12. СП 44.13330.2011. Административные и бытовые здания. Актуализированная редакция СНиП 2.09.04-87\*. М.: Минрегион России, 2011. 34 с.

13. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. М.: Минрегион России, 2012. 100 с.
14. СП 51.13330.2011. Защита от шума Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003. М.: Минрегион России, 2011. 46 с.
15. СП 60.13330.2012. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003. М.: Минрегион России, 2012. 84 с.
16. СП 61.13330.2012. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. Актуализированная редакция СНиП 41-03-2003. М.: Минрегион России, 2012. 56 с.
17. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. М.: Минрегион России, 2012. 120 с.
18. ОНТП 01-91. Предприятия автомобильного транспорта. М.: Гипроавтотранс, 2013. 76 с.
19. Внутренние санитарно-технические устройства: в 3 ч. Ч. 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн. 1 / 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.
20. Калориферы КСк. Расчет и подбор водяных калориферов КСк.  
URL: <http://zao-tst.ru/raschet-podbor-kaloriferov.html>
21. Каталог "Балансировочные клапаны" компании Danfoss.  
URL: [http://www.danfoss-msk.ru/literatura/Balans\\_clapone\\_katalog.pdf](http://www.danfoss-msk.ru/literatura/Balans_clapone_katalog.pdf)
22. Каталог продукции вентиляционного завода ЛИССАНТ.  
URL: [http://lissanti.nt-rt.ru/#Каталог\\_продукции\\_ЛИССАНТ](http://lissanti.nt-rt.ru/#Каталог_продукции_ЛИССАНТ)
23. Каталог продукции завода Арктос.  
URL: <http://www.arktos.ru/catalogue>
24. Курсовое и дипломное проектирование по вентиляции гражданских и промышленных зданий: учеб. пособие для вузов / В.П.Титов, Э.В. Сазонов, М.: Стройиздат, 1985. 208 с.

25. Малявина Е.Г. Теплотери здания: справочное пособие / Е.Г. Малявина. – М.: «АВОК-ПРЕСС», 2007. 144 с.
26. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: справочное пособие / под ред. Г.И. Стомахиной. – М.: Пантори, 2003. 308 с.
27. Отопление и вентиляция жилых и общественных зданий: учебное электронное пособие / А.С. Штым, В.П. Черненко, А.В. Кобзарь [и др.]. – Владивосток, ДВФУ, 2016. 130 с.
28. Проектирование вентиляции: справочник / Б.М. Торговников, В.Е. Табачник, Е.М. Ефанов, Киев: Будівельник, 1983. 256 с.
29. Справочник по теплоснабжению и вентиляции. Кн.1: справочное пособие / Р.В. Щекин, С.М. Корневский, Г.Е. Бем [и др.]. – Киев: Будівельник, 1976. 352 с.
30. Справочник по теплоснабжению и вентиляции. Кн. 2: справочное пособие / Р.В. Щекин, С.М. Корневский, Г.Е. Бем [и др.]. – Киев: Будівельник, 1976. 416с
31. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование / под ред. проф. Б.М. Хрусталева. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2008. 784 с.
32. Технический каталог "Клапаны терморегулятора с предварительной настройкой" компании Danfoss.  
URL: [http://heating.danfoss.com/PCMPDF/datasheet\\_RA-N\\_RA-NCX.pdf](http://heating.danfoss.com/PCMPDF/datasheet_RA-N_RA-NCX.pdf)
33. Технический каталог "Радиаторы отопления" компании Rifar.  
URL: [http://www.rifar.ru/upload/iblock/cf0/katalog\\_rifar-24\\_01\\_2018\\_web.pdf](http://www.rifar.ru/upload/iblock/cf0/katalog_rifar-24_01_2018_web.pdf)
34. Технический паспорт "Тепловентиляторы. Серия MW" компании Тепло маш.  
URL: [http://teplo-mash.ru/file/doc/passport\\_mw.pdf](http://teplo-mash.ru/file/doc/passport_mw.pdf)

## Приложение А

Таблица А1 – Расчет теплотерь помещений здания

№ помеще- ния	Огр. Конструк- ции	Ориен- тация	А	тв-тн	1/Ro	n	1+β	Q	Qi	Qп	Примечания
-	-	-	м2	°С	Вт/м2°С	-	-	Вт	Вт	Вт	-
102	СО	Ю	54,2	41	2,17	1	1,05	5071	2852	10036	2 НС +5%; на зап. констр. +5%
тв=18	НС1	З	20,0	41	0,30	1	1,10	271			
	О	З	6,0	41	1,81	1	1,10	492			
	Дв	Ю	3,0	41	1,33	1	1,05	172			
	Пл1	-	38,9	41	0,47	1	1,05	798			
	Пл2	-	26,9	41	0,23	1	1,05	270			
	Пл3	-	18,9	41	0,11	1	1,05	95			
	Пл4	-	5,5	41	0,07	1	1,05	17			
103	НС1	З	26,6	39	0,30	1	1,05	327	0	850	на зап. констр. +5%.
тв=16	Пл1	-	12,7	39	0,47	1	1,00	235			
	Пл2	-	12,7	39	0,23	1	1,00	115			
	Пл3	-	12,7	39	0,11	1	1,00	57			
	Пл4	-	42,2	39	0,07	1	1,00	116			
104	НС1	З	26,2	39	0,30	1	1,10	338	289	1960	на зап. констр. +5%; на сев. +10%; 2 НС +5%.
тв=16	НС1	С	23,6	39	0,30	1	1,15	319			
	Вор	С	5,3	39	1,53	1	1,15	364			
	Пл1	-	25,4	39	0,47	1	1,05	496			
	Пл2	-	13,4	39	0,23	1	1,05	128			
	Пл3	-	5,5	39	0,11	1	1,05	26			
105	НС1	С	19,7	39	0,30	1	1,10	254	0	638	
тв=16	Пл1	-	12,0	39	0,47	1	1,00	222			
	Пл2	-	12,0	39	0,23	1	1,00	108			
	Пл3	-	12,0	39	0,11	1	1,00	54			
111	НС2	С	67,4	39	0,28	1	1,15	925	6472	22846	2 НС +5%; на сев. констр. +10%.
тв=16	НС2	Ю	107,0	39	0,28	1	1,15	1350			
	О	С	21,6	39	1,81	1	1,15	1759			
	О	Ю	36,0	39	1,81	1	1,05	2677			
	Вор	С	54,0	39	1,53	1	1,15	3726			
	Пл1	-	71,9	39	0,47	1	1,05	1402			
	Пл2	-	71,9	39	0,23	1	1,05	685			
	Пл3	-	71,9	39	0,11	1	1,05	342			
	Пл4	-	120,8	39	0,07	1	1,05	348			
	П	-	336,6	39	0,28	0,8	1,05	3158			
112	НС2	С	24,6	40	0,28	1	1,15	346	2255	10917	3 НС +5%; на сев. констр. +10%;
тв=17	НС2	В	152,0	40	0,28	1	1,15	2142			
	НС2	Ю	37,5	40	0,28	1	1,05	486			

№ помеще-ния	Огр. Конструк-ции	Ориен-тация	A	tв-tн	1/Ro	n	1+β	Q	Qi	Qп	Примечания
-	-	-	м2	°C	Вт/м2°С	-	-	Вт	Вт	Вт	-
	О	С	7,6	40	1,81	1	1,15	633			на вост. констр. +10%
	О	Ю	12,6	40	1,81	1	1,05	964			
	Вор	С	18,0	40	1,53	1	1,15	1274			
	Пл1	-	61,9	40	0,47	1	1,05	1238			
	Пл2	-	37,9	40	0,23	1	1,05	370			
	Пл3	-	21,9	40	0,11	1	1,05	107			
	Пл4	-	0,7	40	0,07	1	1,05	2			
	П	-	114,4	40	0,28	0,8	1,05	1101			
201	СО	З	27,6	41	2,17	1	1,10	2702	1426	4973	2 НС +5%; на С +10%; на З +5%.
tв=17	НС1	С	29,6	41	0,30	1	1,15	420			
	П	-	43,1	41	0,28	0,8	1,05	425			
202	НС1	С	19,2	41	0,30	1	1,15	272	216	1030	2 НС +5%; на С +10%; на З +10%.
tв=18	НС1	В	3,8	41	0,30	1	1,15	54			
	П	-	31,2	41	0,28	0,8	1,05	307			
	О	С	2,1	41	1,81	1	1,15	180	1192	1411	на сев. констр.+10%;
204	НС1	В	2,6	39	0,30	1	1,10	34			
tв=16	П	-	20,7	39	0,28	0,8	1,00	185	267	754	на сев. констр.+10%; на вост. констр.+10%.
205	НС1	С	3,5	39	0,30	1	1,10	45			
tв=16	НС1	В	1,2	39	0,30	1	1,10	15			
	Дв	С	3,0	39	1,33	1	1,10	172			
	П	-	28,5	39	0,28	0,8	1,00	255	1380	4238	2 НС +5%; на вост. констр.+10%.
206	НС1	В	4,0	39	0,30	1	1,15	54			
tв=16	СО	Ю	27,1	39	2,17	1	1,05	2413			
	П	-	41,7	39	0,28	0,8	1,05	392	2164	8049	2 НС +5%; на зап. констр.+5%.
207	СО	Ю	27,7	41	2,17	1	1,05	2593			
tв=18	СО	З	29,0	41	2,17	1	1,10	2848			
	П	-	44,9	41	0,28	0,8	1,05	443	1324	4324	на зап. констр.+5%.
208	СО	З	28,0	41	2,17	1	1,05	2624			
tв=18	П	-	40,0	41	0,28	0,8	1,00	376			

## Приложение Б

Таблица Б1 – Гидравлический расчет 1-й ветви

1-е кольцо, 1-я ветка	№уч.	Q	G	d <sub>y</sub>	l	R	∑ξ	P <sub>д</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>з</sub>	P <sub>доп</sub>	P <sub>уч</sub>
	-	Вт	кг/ч	мм	м	Па/м	-	Па	Па	Па	Па	Па
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	0-1	13484	463,85	20	2,73	15,93	4,50	86,79	43,48	390,57		434,05
	1-2	12846	441,89	20	7,73	14,45	1,00	78,77	111,73	78,77		190,50
	2-3	10886	374,49	20	6,00	10,38	1,00	56,57	62,28	56,57		118,85
	3-4	10036	345,25	20	5,20	8,82	1,00	48,08	45,88	48,08		93,96
	4-5	7736	266,13	15	1,90	24,85	1,00	90,30	47,22	90,30		137,52
	5-6	5436	187,01	15	1,90	12,27	1,00	44,59	23,32	44,59		67,90
	6-7	3136	107,89	15	2,80	4,08	1,00	14,84	11,44	14,84		26,28
	7-8	2091	71,93	15	3,20	1,82	2,00	6,60	5,81	13,19		19,00
	9-а	1045	35,96	15	2,07	0,45	1,00	1,65	0,94	1,65		2,59
	а Р6 а'	1045	35,96	15	0,95	0,45	7,74	1,65	0,43	12,76	3782,71	3795,90
	а'-9'	1045	35,96	15	2,07	0,45	1,00	1,65	0,94	1,65		2,59
	8'-7'	2091	71,93	15	3,20	1,82	2,00	6,60	5,81	13,19		19,00
	7'-6'	3136	107,89	15	2,08	4,08	1,00	14,84	8,50	14,84		23,34
	6'-5'	5436	187,01	15	1,90	12,27	1,00	44,59	23,32	44,59		67,90
	5'-4'	7736	266,13	15	1,90	24,85	1,00	90,30	47,22	90,30		137,52
	4'-3'	10036	345,25	20	5,20	8,82	1,00	48,08	45,88	48,08		93,96
	3'-2'	10886	374,49	20	6,00	10,38	1,00	56,57	62,28	56,57		118,85
	2'-1'	12846	441,89	20	7,33	14,45	1,00	78,77	105,94	78,77		184,71
	1'-0'	13484	463,85	20	2,45	15,93	4,50	86,79	39,02	390,57		429,59
	5964,02											

2-е кольцо, 1-я ветка	№уч.	Q	G	d <sub>y</sub>	l	R	∑ξ	P <sub>д</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>з</sub>	P <sub>доп</sub>	P <sub>уч</sub>
	-	Вт	кг/ч	мм	м	Па/м	-	Па	Па	Па	Па	Па
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	0-8											1088,06
	8 P5 8'	1045	35,96	15	0,95	0,45	9,24	1,65	0,43	15,24	3782,71	3798,37
	8'-0'											1074,88
	5961,32											

3-е кольцо, 1-я ветка	№уч.	Q	G	d <sub>y</sub>	l	R	∑ξ	P <sub>д</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>з</sub>	P <sub>доп</sub>	P <sub>уч</sub>
	-	Вт	кг/ч	мм	м	Па/м	-	Па	Па	Па	Па	Па
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	0-7											1069,06
	7 P4 7'	1045	35,96	15	0,95	0,45	9,24	1,65	0,43	15,24	3782,71	3798,37
	7'-0'											1055,88
	5923,32											

4-е кольцо, 1-я ветка	№уч.	Q	G	d <sub>y</sub>	l	R	∑ξ	P <sub>д</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>з</sub>	P <sub>доп</sub>	P <sub>уч</sub>
	-	Вт	кг/ч	мм	м	Па/м	-	Па	Па	Па	Па	Па
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	0-6											1042,78
	6 P3 6'	2300	79,12	15	1,07	2,20	9,82	7,98	2,35	78,37	3783,85	3864,57
	6'-0'											1032,54
	5939,90											

5-е кольцо, 1-я ветка	№уч.	Q	G	d <sub>y</sub>	l	R	∑ξ	P <sub>д</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>з</sub>	P <sub>доп</sub>	P <sub>уч</sub>
	-	Вт	кг/ч	мм	м	Па/м	-	Па	Па	Па	Па	Па
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	0-5											974,88
	5 P2 5'	2300	79,12	15	1,07	2,20	9,82	7,98	2,35	78,37	3783,85	3864,57
	5'-0'											964,64
	5804,09											

6-е кольцо, 1-я ветка	№уч.	Q	G	d <sub>y</sub>	l	R	∑ξ	P <sub>д</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>з</sub>	P <sub>доп</sub>	P <sub>уч</sub>
	-	Вт	кг/ч	мм	м	Па/м	-	Па	Па	Па	Па	Па
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	0-4											837,36
	4 P1 4'	2300	79,12	15	1,07	2,20	9,82	7,98	2,35	78,37	3783,85	3864,57
	4'-0'											827,12
	5529,06											

7-е кольцо, 1-я ветка	№уч.	Q	G	d <sub>y</sub>	l	R	∑ξ	P <sub>д</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>з</sub>	P <sub>доп</sub>	P <sub>уч</sub>
	-	Вт	кг/ч	мм	м	Па/м	-	Па	Па	Па	Па	Па
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	0-3											743,40
	3 ГР3 3'	850	29,24	15	2,82	0,30	15,60	1,09	0,85	17,00	4360,76	4378,60
	3'-0'											733,16
	5855,16											

8-е кольцо, 1-я ветка	№уч.	Q	G	d <sub>y</sub>	l	R	∑ξ	P <sub>д</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>з</sub>	P <sub>доп</sub>	P <sub>уч</sub>
	-	Вт	кг/ч	мм	м	Па/м	-	Па	Па	Па	Па	Па
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	0-2											624,55
	2 ГР2 2'	1960	67,41	15	2,82	1,59	15,60	5,79	4,50	90,37	4437,29	4532,15
	2'-0'											614,31
	5771,01											

9-е кольцо, 1-я ветка	№уч.	Q	G	d <sub>y</sub>	l	R	∑ξ	P <sub>д</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>з</sub>	P <sub>доп</sub>	P <sub>уч</sub>
	-	Вт	кг/ч	мм	м	Па/м	-	Па	Па	Па	Па	Па
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	0-1											434,05
	1 ГР1 1'	638	21,96	15	2,32	0,17	15,60	0,61	0,39	9,59	4821,44	4831,42
	1'-0'											429,59
	5695,07											

Потери давления на кольцах составили:

Кольцо	Потери, Па	Невязка, %
1	5695	7,2
2	5771	
3	5855	
4	5529	
5	5804	
6	5940	
7	5923	
8	5961	
9	5964	

Таблица Б2 – Гидравлический расчет 2-й ветви

1-е кольцо, 2-я ветка	№уч.	Q	G	d <sub>y</sub>	l	R	∑ξ	P <sub>д</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>з</sub>	P <sub>доп</sub>	P <sub>уч</sub>	
	-	Вт	кг/ч	мм	м	Па/м	-	Па	Па	Па	Па	Па	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	0-1	17346	596,69	20	7,40	26,35	1,50	143,63	195,01	215,44			410,45
	1-2	15759	542,11	20	2,60	21,75	1,00	118,55	56,56	118,55			175,11
	2-3	14172	487,53	20	2,65	17,59	2,50	95,88	46,62	239,70			286,32
	3-4	13272	456,57	20	2,40	15,43	1,00	84,09	37,03	84,09			121,12
	4-5	12372	425,61	20	3,00	13,41	0,00	73,07	40,22	0,00			40,22
	5-6	10210	351,24	20	3,80	9,13	1,00	49,77	34,70	49,77			84,47
	6-7	8049	276,87	15	2,50	26,90	1,00	97,73	67,25	97,73			164,98
	7-8	5966	205,22	15	1,90	14,78	1,00	53,69	28,08	53,69			81,77
	8-9	3883	133,57	15	1,90	6,26	1,00	22,75	11,89	22,75			34,64
	9-10	1800	61,92	15	2,40	1,35	2,00	4,89	3,23	9,78			13,01
	10-a	900	30,96	15	2,50	0,34	1,00	1,22	0,84	1,22			2,06
	a P17 a'	900	30,96	15	1,07	0,34	7,74	1,22	0,36	9,46	1382,60		1392,42
	a'-10'	900	30,96	15	2,50	0,34	1,00	1,22	0,84	1,22			2,06
	10'-9'	1800	61,92	15	1,90	1,35	2,00	4,89	2,56	9,78			12,33
	9'-8'	3883	133,57	15	1,90	6,26	1,00	22,75	11,89	22,75			34,64
	8'-7'	5966	205,22	15	1,90	14,78	1,00	53,69	28,08	53,69			81,77
	7'-6'	8049	276,87	15	2,50	26,90	1,00	97,73	67,25	97,73			164,98
	6'-5'	10210	351,24	20	3,80	9,13	1,00	49,77	34,70	49,77			84,47
	5'-4'	12372	425,61	20	3,00	13,41	1,00	73,07	40,22	73,07			113,30
	4'-3'	13272	456,57	20	2,40	15,43	1,00	84,09	37,03	84,09			121,12
	3'-2'	14172	487,53	20	2,15	17,59	2,50	95,88	37,82	239,70			277,53
2'-1'	15759	542,11	20	2,60	21,75	1,00	118,55	56,56	118,55			175,11	
1'-0'	17346	596,69	20	7,50	26,35	1,50	143,63	197,65	215,44			413,09	
							4286,97						

2-е кольцо, 2-я ветка	№уч.	Q	G	d <sub>y</sub>	l	R	∑ξ	P <sub>д</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>з</sub>	P <sub>доп</sub>	P <sub>уч</sub>
	-	Вт	кг/ч	мм	м	Па/м	-	Па	Па	Па	Па	Па
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	0-10											1412,09
	10 P16 10	900	30,96	15	1,07	0,34	9,24	1,22	0,36	11,29	1824,10	1835,75
	9'-0'											1478,33
	4726,18											

3-е кольцо, 2-я ветка	№уч.	Q	G	d <sub>y</sub>	l	R	∑ξ	P <sub>д</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>з</sub>	P <sub>доп</sub>	P <sub>уч</sub>
	-	Вт	кг/ч	мм	м	Па/м	-	Па	Па	Па	Па	Па
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	0-9											1399,09
	9 P15 9'	900	30,96	15	1,07	0,34	9,82	1,22	0,36	12,00	1510,19	1522,55
	9'-0'											1466,00
	4387,63											

4-е кольцо, 2-я ветка	№уч.	Q	G	d <sub>y</sub>	l	R	∑ξ	P <sub>д</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>з</sub>	P <sub>доп</sub>	P <sub>уч</sub>
	-	Вт	кг/ч	мм	м	Па/м	-	Па	Па	Па	Па	Па
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	0-8											1364,45
	8 P14 8'	2083	71,65	15	1,27	1,80	9,82	6,55	2,29	64,27	1542,68	1609,24
	8'-0'											1431,36
	4405,04											

5-е кольцо, 2-я ветка	№уч.	Q	G	d <sub>y</sub>	l	R	∑ξ	P <sub>д</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>з</sub>	P <sub>доп</sub>	P <sub>уч</sub>
	-	Вт	кг/ч	мм	м	Па/м	-	Па	Па	Па	Па	Па
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	0-7											1282,67
	7 P13 7'	2083	71,65	15	1,27	1,80	9,82	6,55	2,29	64,27	1808,56	1875,12
	7'-0'											1349,58
	4507,38											
6-е кольцо, 2-я ветка	№уч.	Q	G	d <sub>y</sub>	l	R	∑ξ	P <sub>д</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>з</sub>	P <sub>доп</sub>	P <sub>уч</sub>
	-	Вт	кг/ч	мм	м	Па/м	-	Па	Па	Па	Па	Па
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	0-6											1117,69
	6 P12 6'	2162	74,37	15	1,27	1,94	9,82	7,05	2,46	69,24	2119,63	2191,34
	6'-0'											1184,60
	4493,63											
7-е кольцо, 2-я ветка	№уч.	Q	G	d <sub>y</sub>	l	R	∑ξ	P <sub>д</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>з</sub>	P <sub>доп</sub>	P <sub>уч</sub>
	-	Вт	кг/ч	мм	м	Па/м	-	Па	Па	Па	Па	Па
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	0-5											1033,22
	5 P11 5'	2162	74,37	15	1,27	1,94	9,82	7,05	2,46	69,24	2119,63	2191,34
	5'-0'											1100,14
	4324,70											

8-е кольцо, 2-я ветка	№уч.	Q	G	d <sub>y</sub>	l	R	∑ξ	P <sub>д</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>з</sub>	P <sub>доп</sub>	P <sub>уч</sub>
	-	Вт	кг/ч	мм	м	Па/м	-	Па	Па	Па	Па	Па
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	0-4											993,00
	4 P10 4'	900	30,96	15	1,27	0,34	9,24	1,22	0,43	11,29	2556,30	2568,02
	4'-0'											986,84
	4547,87											

9-е кольцо, 2-я ветка	№уч.	Q	G	d <sub>y</sub>	l	R	∑ξ	P <sub>д</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>з</sub>	P <sub>доп</sub>	P <sub>уч</sub>
	-	Вт	кг/ч	мм	м	Па/м	-	Па	Па	Па	Па	Па
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	0-3											871,88
	3 P9 3'	900	30,96	15	1,27	0,34	9,24	1,22	0,43	11,29	2815,18	2826,90
	3'-0'											865,72
	4564,51											

10-е кольцо, 2-я ветка	№уч.	Q	G	d <sub>y</sub>	l	R	∑ξ	P <sub>д</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>з</sub>	P <sub>доп</sub>	P <sub>уч</sub>
	-	Вт	кг/ч	мм	м	Па/м	-	Па	Па	Па	Па	Па
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	0-2											585,56
	2 P8 2'	1587	54,58	15	1,27	1,05	9,82	3,80	1,33	37,30	3205,67	3244,29
	2'-0'											588,20
	4418,05											

11-е кольцо, 2-я ветка	№уч.	Q	G	d <sub>y</sub>	l	R	∑ξ	P <sub>д</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>з</sub>	P <sub>доп</sub>	P <sub>уч</sub>
	-	Вт	кг/ч	мм	м	Па/м	-	Па	Па	Па	Па	Па
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	0-1											410,45
	1 P7 1'	1587	54,58	15	1,07	1,05	9,82	3,80	1,12	37,30	3570,04	3608,46
	1'-0'											413,09
	4432,00											

Потери давления на кольцах составили:

Кольцо	Потери, Па	Невязка, %
1	4287	9,2
2	4726	
3	4388	
4	4405	
5	4507	
6	4494	
7	4325	
8	4548	
9	4565	
10	4418	
11	4432	

Таблица Б3 – Гидравлический расчет 3-й ветви

1-е кольцо, 3-я ветка	№уч.	Q	G	d <sub>y</sub>	l	R	∑ξ	P <sub>д</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>з</sub>	P <sub>доп</sub>	P <sub>уч</sub>	
	-	Вт	кг/ч	мм	м	Па/м	-	Па	Па	Па	Па	Па	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	0-1	7433	255,69	15	9,29	22,94	3,00	83,35	213,13	250,06		463,19	
	1-2	6403	220,27	15	5,80	17,03	1,00	61,86	98,75	61,86		160,61	
	2-3	4992	171,74	15	3,15	10,35	1,00	37,60	32,60	37,60		70,21	
	3-4	4238	145,80	15	2,49	7,46	1,00	27,10	18,57	27,10		45,68	
	4-а	2119	72,90	15	2,50	1,86	1,00	6,78	4,66	6,78		11,44	
	а P22 а'	2119	72,90	15	0,75	1,86	8,32	6,78	1,40	56,37	4631,94	4689,71	
	а'-4'	2119	72,90	15	2,50	1,86	1,00	6,78	4,66	6,78		11,44	
	4'-3'	4238	145,80	15	2,49	7,46	1,00	27,10	18,57	27,10		45,68	
	3'-2'	4992	171,74	15	3,45	10,35	1,00	37,60	35,71	37,60		73,31	
	2'-1'	6403	220,27	15	5,80	17,03	1,00	61,86	98,75	61,86		160,61	
	1'-0'	7433	255,69	15	8,89	22,94	3,00	83,35	203,95	250,06		454,02	
6185,88													
2-е кольцо, 3-я ветка	№уч.	Q	G	d <sub>y</sub>	l	R	∑ξ	P <sub>д</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>з</sub>	P <sub>доп</sub>	P <sub>уч</sub>	
	-	Вт	кг/ч	мм	м	Па/м	-	Па	Па	Па	Па	Па	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
		0-4											739,68
		4 P21 4'	2119	72,90	15	0,75	1,86	9,82	6,78	1,40	66,54	4631,94	4699,87
		4'-0'											733,61
6173,17													

3-е кольцо, 3-я ветка	№уч.	Q	G	d <sub>y</sub>	l	R	∑ξ	P <sub>д</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>з</sub>	P <sub>доп</sub>	P <sub>уч</sub>
	-	Вт	кг/ч	мм	м	Па/м	-	Па	Па	Па	Па	Па
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	0-3											694,01
	3 P20 3'	754	25,94	15	0,75	0,24	9,82	0,86	0,18	8,43	4873,54	4882,15
	3'-0'											687,94
	6264,09											

4-е кольцо, 3-я ветка	№уч.	Q	G	d <sub>y</sub>	l	R	∑ξ	P <sub>д</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>з</sub>	P <sub>доп</sub>	P <sub>уч</sub>
	-	Вт	кг/ч	мм	м	Па/м	-	Па	Па	Па	Па	Па
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	0-2											623,80
	2 P19 2'	1411	48,53	15	0,75	0,83	9,82	3,00	0,62	29,49	5166,35	5196,45
	2'-0'											614,63
	6434,88											

5-е кольцо, 3-я ветка	№уч.	Q	G	d <sub>y</sub>	l	R	∑ξ	P <sub>д</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>з</sub>	P <sub>доп</sub>	P <sub>уч</sub>
	-	Вт	кг/ч	мм	м	Па/м	-	Па	Па	Па	Па	Па
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	0-1											463,19
	1 P18 1'	1030	35,42	15	0,75	0,44	9,82	1,60	0,33	15,71	5150,96	5166,99
	1'-0'											454,02
	6084,20											

Потери давления на кольцах составили:

Кольцо	Потери, Па	Невязка, %
1	6186	5,4
2	6173	
3	6264	
4	6435	
5	6084	

Таблица Б4 – Гидравлический расчет 4-й ветви

1-е кольцо, 4-я ветка	№уч.	Q	G	d <sub>y</sub>	l	R	∑ξ	P <sub>д</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>з</sub>	P <sub>доп</sub>	P <sub>уч</sub>
	-	Вт	кг/ч	мм	м	Па/м	-	Па	Па	Па	Па	Па
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	0-1	17023	585,59	20	16,20	25,38	3,00	138,33	411,19	415,00		826,19
	1-a	7823	269,11	20	14,00	5,36	2,50	29,21	75,05	73,04		148,08
	a ТВ2 a'	7823	269,11	20	1,00	5,36	9,00	29,21	5,36	262,93	5000,00	5268,29
	a'-1'	7823	269,11	20	14,00	5,36	2,50	29,21	75,05	73,04		148,08
	1'-0'	17023	585,59	20	16,20	25,38	3,00	138,33	411,19	415,00		826,19
	7216,83											
2-е кольцо, 4-я ветка	№уч.	Q	G	d <sub>y</sub>	l	R	∑ξ	P <sub>д</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>з</sub>	P <sub>доп</sub>	P <sub>уч</sub>
	-	Вт	кг/ч	мм	м	Па/м	-	Па	Па	Па	Па	Па
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	0-1											826,19
	1 ТВ1 1'	9200	316,48	20	1	7,41	10,50	40,40	7,41	424,24	5000,00	5431,66
	1'-0'											826,19
	7084,03											

Невязка составила 1,8 %.

Таблица Б5 – Гидравлический расчет 5-й ветви

1-е кольцо, 5-я ветка	№уч.	Q	G	l	R	$\sum \xi$	$P_d$	$P_l$	$P_z$	$P_{доп}$	$P_{уч}$
	-	Вт	кг/ч	м	Па/м	-	Па	Па	Па	Па	Па
	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12
	0-1	17023	585,59	35,20	25,38	5,00	138,33	893,45	691,66		1585,11
	1-а	7823	269,11	14,00	5,36	2,00	29,21	75,05	58,43		133,48
	а ТВ3 а'	7823	269,11	1,00	5,36	7,00	29,21	5,36	204,50	5000,00	5209,86
	а'-1'	7823	269,11	14,00	5,36	2,00	29,21	75,05	58,43		133,48
	1'-0'	17023	585,59	35,20	25,38	5,00	138,33	893,45	691,66		1585,11
	8647,03										
2-е кольцо, 5-я ветка	№уч.	Q	G	l	R	$\sum \xi$	$P_d$	$P_l$	$P_z$	$P_{доп}$	$P_{уч}$
	-	Вт	кг/ч	м	Па/м	-	Па	Па	Па	Па	Па
	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12
	0-1										1585,11
	1 ТВ4 1'	9200	316,48	1	7,41	9,50	40,40	7,41	383,84	5000,00	5391,25
	1'-0'										1585,11
	8561,47										

Невязка составила 1 %.

Таблица Б5 – Гидравлический расчет 5-й ветви

1-е кольцо, б-я ветка	№уч.	Q	G	d <sub>y</sub>	l	R	∑ξ	P <sub>д</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>з</sub>	P <sub>доп</sub>	P <sub>уч</sub>	
	-	Вт	кг/ч	мм	м	Па/м	-	Па	Па	Па	Па	Па	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	0-1	14746	507,26	20	27,37	19,05	2,00	103,80	521,29	207,60			728,89
	1-2	10138	348,75	20	6,00	9,00	1,00	49,06	54,01	49,06			103,08
	2-3	7373	253,63	20	6,00	4,76	1,00	25,95	28,57	25,95			54,52
	3-а	4608	158,52	15	5,72	8,82	2,50	32,04	50,43	80,09			130,52
	а ПрГ а'	4608	158,52	15	2,62	8,82	14,10	32,04	23,10	451,70	4715,16		5189,96
	а'-3'	4608	158,52	15	5,22	8,82	2,50	32,04	46,03	80,09			126,11
	3'-2'	7373	253,63	20	6,00	4,76	1,00	25,95	28,57	25,95			54,52
	2'-1'	10138	348,75	20	6,00	9,00	1,00	49,06	54,01	49,06			103,08
	1'-0'	14746	507,26	20	26,97	19,05	2,00	103,80	513,67	207,60			0,73
	6491,41												
2-е кольцо, б-я ветка	№уч.	Q	G	d <sub>y</sub>	l	R	∑ξ	P <sub>д</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>з</sub>	P <sub>доп</sub>	P <sub>уч</sub>	
	-	Вт	кг/ч	мм	м	Па/м	-	Па	Па	Па	Па	Па	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	0-3											886,49	
	3 ПрВ 3'	2765	95,12	15	2,82	3,17	15,60	11,53	8,95	179,94	4892,94	5081,83	
	3'-0'											158,33	
	6126,65												

3-е кольцо, б-я ветка	№уч.	Q	G	d <sub>y</sub>	l	R	∑ξ	P <sub>д</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>з</sub>	P <sub>доп</sub>	P <sub>уч</sub>	
	-	Вт	кг/ч	мм	м	Па/м	-	Па	Па	Па	Па	Па	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	0-2												831,97
	2 ПрБ 2'	2765	95,12	15	2,82	3,17	15,60	11,53	8,95	179,94	4892,94		5081,83
	2'-0'												103,81
	6017,61												

4-е кольцо, б-я ветка	№уч.	Q	G	d <sub>y</sub>	l	R	∑ξ	P <sub>д</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>з</sub>	P <sub>доп</sub>	P <sub>уч</sub>	
	-	Вт	кг/ч	мм	м	Па/м	-	Па	Па	Па	Па	Па	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	0-1												728,89
	1 ПрА 1'	4608	158,52	15	2,82	8,82	15,60	32,04	24,86	499,75	4715,16		5239,77
	1'-0'												0,73
	5969,39												

Потери давления на кольцах составили:

Кольцо	Потери, Па	Невязка, %
1	6491	8,0
2	6127	
3	6018	
4	5969	

## Приложение В

Таблица В1 – Определение предварительной настройки термостатических клапанов для 1-й ветви

Уч-к	$Q_{пр}$	$G_{пр}$	$\Delta P_{пр тр}$	$\Delta P_{пр тр}$	$Kv_{тр}$	$Kv_{а оконч.}$	$\Delta P_{пр ок}$	$\Delta P_{пр ок}$	Настр.	Клапан
-	Вт	м <sup>3</sup> /ч	Па	бар	м <sup>3</sup> /ч	м <sup>3</sup> /ч	бар	кПа	-	-
а Р6 а'	1045	0,036	1787	0,018	0,27	0,19	0,036	3,583	1 К - 2	Heimeier 4335
8 Р5 8'	1045	0,036	3425	0,034	0,19	0,19	0,036	3,583	1 К - 2	Heimeier 4335
7 Р4 7'	1045	0,036	3463	0,035	0,19	0,19	0,036	3,583	1 К - 2	Heimeier 4335
6 Р3 6'	2300	0,079	2698	0,027	0,48	0,47	0,028	2,834	2 К - 5	Heimeier 4335
5 Р2 5'	2300	0,079	2834	0,028	0,47	0,47	0,028	2,834	2 К - 5	Heimeier 4335
4 Р1 4'	2300	0,079	3109	0,031	0,45	0,47	0,028	2,834	2 К - 5	Heimeier 4335
3 ГР3 3'	850	0,029	4310	0,043	0,14	0,14	0,044	4,361	2	Danfoss RA-N 15
2 ГР2 2'	1960	0,067	4470	0,045	0,32	0,32	0,044	4,437	5	Danfoss RA-N 15
1 ГР1 1'	638	0,022	4930	0,049	0,10	0,10	0,048	4,821	3	Danfoss RA-N 15

Таблица В2 – Определение предварительной настройки термостатических клапанов для 2-й ветви

Уч-к	Q <sub>пр</sub>	G <sub>пр</sub>	ΔP <sub>пр тр</sub>	ΔP <sub>пр тр</sub>	Kv <sub>тр</sub>	Kv <sub>а оконч.</sub>	ΔP <sub>пр ок</sub>	ΔP <sub>пр ок</sub>	Настр.	Клапан
-	Вт	м <sup>3</sup> /ч	Па	бар	м <sup>3</sup> /ч	м <sup>3</sup> /ч	бар	кПа	-	-
а Р17 а'	900	0,031	1370	0,014	0,26	0,28	0,012	1,223	1 К - 4	Heimeier 4335
10 Р16 10'	900	0,031	1371	0,014	0,26	0,24	0,017	1,664	1 К - 3	Heimeier 4335
9 Р15 9'	900	0,031	919	0,009	0,32	0,33	0,009	0,880	1 К - 5	Heimeier 4335
8 Р14 8'	2083	0,072	913	0,009	0,75	0,75	0,009	0,913	2 К - 8	Heimeier 4335
7 Р13 7'	2083	0,072	1020	0,010	0,71	0,66	0,012	1,179	2 К - 7	Heimeier 4335
6 Р12 6'	2162	0,074	991	0,010	0,75	0,66	0,013	1,270	2 К - 7	Heimeier 4335
5 Р11 5'	2162	0,074	1090	0,011	0,71	0,66	0,013	1,270	2 К - 7	Heimeier 4335
4 Р10 4'	900	0,031	1911	0,019	0,22	0,20	0,024	2,396	1 К - 2	Heimeier 4335
3 Р9 3'	900	0,031	2079	0,021	0,21	0,19	0,027	2,655	1 К - 2	Heimeier 4335
2 Р8 2'	1587	0,055	2223	0,022	0,37	0,33	0,027	2,736	1 К - 5	Heimeier 4335
1 Р7 1'	1587	0,055	2460	0,025	0,35	0,31	0,031	3,100	2 К - 3	Heimeier 4335

Таблица В3 – Определение предварительной настройки термостатических клапанов для 3-й ветви

Уч-к	Q <sub>пр</sub>	G <sub>пр</sub>	ΔP <sub>пр тр</sub>	ΔP <sub>пр тр</sub>	Kv <sub>тр</sub>	Kv <sub>а оконч.</sub>	ΔP <sub>пр ок</sub>	ΔP <sub>пр ок</sub>	Настр.	Клапан
-	Вт	м <sup>3</sup> /ч	Па	бар	м <sup>3</sup> /ч	м <sup>3</sup> /ч	бар	кПа	-	-
а Р22 а'	2119	0,073	5355	0,054	0,32	0,37	0,039	3,882	1 К - 6	Heimeier 4335
4 Р21 4'	2119	0,073	3895	0,039	0,37	0,37	0,039	3,882	1 К - 6	Heimeier 4335
3 Р20 3'	754	0,026	4595	0,046	0,12	0,12	0,047	4,674	1 К - 1	Heimeier 4335
2 Р19 2'	1411	0,049	4617	0,046	0,23	0,22	0,049	4,866	2 К - 2	Heimeier 4335
1 Р18 1'	1030	0,035	5003	0,050	0,16	0,16	0,049	4,901	2 К - 1	Heimeier 4335

Таблица В4 – Определение предварительной настройки термостатических клапанов для 6-й ветви

Уч-к	Q <sub>пр</sub>	G <sub>пр</sub>	ΔP <sub>пр тр</sub>	ΔP <sub>пр тр</sub>	Kv <sub>тр</sub>	Kv <sub>а оконч.</sub>	ΔP <sub>пр ок</sub>	ΔP <sub>пр ок</sub>	Настр.	Клапан
-	Вт	м <sup>3</sup> /ч	Па	бар	м <sup>3</sup> /ч	м <sup>3</sup> /ч	бар	кПа	-	-
а ПрГ а'	4608	0,159				0,73	0,047	4,715	7	Danfoss RA-N 15
3 ПрВ 3'	2765	0,095	5258	0,053	0,41	0,43	0,049	4,893	1	Danfoss RA-N 15
2 ПрБ 2'	2765	0,095	5367	0,054	0,41	0,43	0,049	4,893	1	Danfoss RA-N 15
1 ПрА 1'	4608	0,159	5237	0,052	0,69	0,73	0,047	4,715	7	Danfoss RA-N 15

Таблица В5 – Определение предварительной настройки термостатических клапанов для 6-й ветви

Ветвь	P <sub>ветки</sub>	P <sub>ветки+ASV-M</sub>	P <sub>тр</sub>	P <sub>с клап</sub>	Q	G <sub>пр</sub>	ΔP <sub>пр тр</sub>	ΔP <sub>пр тр</sub>	Kv <sub>тр</sub>	Kv <sub>оконч.</sub>	ΔP <sub>вет ок</sub>	ΔP <sub>вет ок</sub>	Настр.
-	Па	Па	Па	Па	Вт	м <sup>3</sup> /ч	Па	бар	м <sup>3</sup> /ч	м <sup>3</sup> /ч	бар	кПа	
1	5964	9407	19134	19407	13484	0,46	9727	0,10	1,49	3,03	0,10	10,0	4,5
2	4038	9735		18735	17346	0,60	9399	0,09	1,95	3,19	0,09	9,0	4,9
3	6435	7481		19481	7433	0,26	11653	0,12	0,75	1,76	0,12	12,0	3,2
4	7217	12703		18703	17023	0,59	6430	0,06	2,31	1,00	0,06	6,0	5,7
5	8647	14134		19134	17023	0,59	5000	0,05	2,62	1,00	0,05	5,0	5,5
6	6491	10608		19608	14746	0,51	8525	0,09	1,74	3,70	0,09	9,0	4,8

Невязка составила 4,6 %.

## Приложение Г

Таблица Г1 – Расчет минимального количества приточно-вытяжных решеток

Помещение	Система	L, м <sup>3</sup> /ч	V, м/с	Тип решетки	F <sub>0</sub> , м <sup>2</sup>	F <sub>тр</sub> , м <sup>2</sup>	n <sub>тр</sub> (оконч)	n <sub>принятое</sub>	F <sub>д</sub> , м <sup>2</sup>	V <sub>д</sub> , м/с
103	Приток	338	1,2	AMP 500x100	0,045	0,0782	2	2	0,09	1,04
	Вытяжка	322	1,5	AMP 300x100	0,045	0,0596	1	2	0,09	0,99
104	Приток	339	1,2	AMP 500x100	0,045	0,0785	2	2	0,09	1,05
	Вытяжка	339	1,5	AMP 500x100	0,045	0,0628	1	1	0,045	2,09
111 (см. яма)	Приток	203	0,2	AMP 500x100	0,045	0,2819	6	6	0,27	0,21
	Вытяжка	203	0,2	AMP 500x100	0,045	0,2819	6	6	0,27	0,21
111 (верхн. зона)	Приток									
	Вытяжка	6005	2	AMP 800x200	0,15	0,834	6	6	0,9	1,85
111 (нижн. зона)	Приток	11792	0,2	ВНП $\phi$ 400	3,24	16,378	5	7	22,68	0,14
	Вытяжка	5803	2	AMP 500x100	0,15	0,806	5	6	0,9	1,79
112 (верхн. зона)	Приток									
	Вытяжка	8054	2	AMP 800x200	0,15	1,1186	7	8	1,2	1,86
112 (нижн. зона)	Приток	10068	1,2	AMP 1000x300	0,287	2,3306	8	8	2,296	1,22
	Вытяжка	4027	2	AMP 800x200	0,15	0,5593	4	4	0,6	1,86

## Приложение Д

Таблица Д1 – Аэродинамический расчет системы П1

№ <sub>уч.</sub>	Расход	l <sub>уч.</sub>	d <sub>з</sub>	u	R	m	ΔP <sub>1</sub>	Σζ	P <sub>д</sub>	ΔP <sub>з</sub>		ΣΔP	Примечания
	м <sup>3</sup> /ч	м	м	м/с	Па/м		Па		Па	Па		Па	
6-5	126,4	2,000	0,100	4,47	3,18	1,00	6,37	0,01	12,00	0,12	15	21,49	Диф+Пер
5-4	252,8	2,000	0,125	5,72	3,79	1,00	7,57	1,47	19,66	28,90	0	36,47	Тр+Пер
4-3	379,1	9,610	0,160	5,24	2,36	1,00	22,73	1,92	16,48	31,64	0	54,37	Тр+Отв+Пер
3-2	537,5	3,230	0,200	4,75	1,50	1,00	4,84	1,94	13,56	26,31	0	31,15	Тр+Отв
2-1	617,5	5,810	0,200	5,46	1,93	2,00	22,43	2,60	17,90	46,55	0	68,99	Тр+5Отв+Пер
											ΔP <sub>ветки(6-1)</sub> =	212,46	
17-15	175,7	3,590	0,125	3,98	1,95	1,00	6,99	0,01	9,50	0,09	36	43,09	Диф+Пер
16-15	233,0	4,570	0,160	3,22	0,98	1,00	4,46	0,00	6,22	0,00	35	39,46	Диф
					Невязка, % = 8,43			ΔP <sub>ветки(17-15)</sub> =					43,09
15-13	408,7	6,430	0,160	5,65	2,71	1,00	17,45	1,29	19,15	24,70	0	42,15	Тр+Пер
											ΔP <sub>ветки(17-13)</sub> =	85,24	
14-13	273,1	1,060	0,160	3,78	1,30	1,00	1,38	0,01	8,55	0,09	85	86,46	Диф+Пер
					Невязка, % = 1,41			ΔP <sub>ветки(17-13)</sub> =					86,46
13-11	681,8	0,990	0,200	6,03	2,32	1,00	2,29	1,32	21,83	28,81	0	31,11	Тр+Пер
											ΔP <sub>ветки(17-11)</sub> =	117,57	
12-11	251,3	6,850	0,125	5,69	3,75	1,00	25,66	0,02	19,43	0,39	90	116,05	Диф+Пер
					Невязка, % = 1,30			ΔP <sub>ветки(17-11)</sub> =					117,57
11-10	933,1	1,050	0,315	3,33	0,44	1,00	0,47	1,37	6,64	9,10	0	9,57	Тр+Пер
10-9	1189,6	3,800	0,315	4,24	0,69	1,00	2,62	1,87	10,80	20,19	0	22,81	Тр
9-7	1353,7	0,370	0,315	4,83	0,87	1,00	0,32	1,55	13,98	21,67	0	22,00	Тр
											ΔP <sub>ветки(17-7)</sub> =	171,95	
8-7	283,6	5,850	0,160	3,92	1,39	1,00	8,15	0,07	9,22	0,65	150	158,79	Диф+Пер
					Невязка, % = 7,65			ΔP <sub>ветки(17-7)</sub> =					171,95
7-1	1637,3	3,000	0,315	5,84	1,24	1,00	3,71	1,37	20,46	28,03	0	31,74	Тр+Пер
											ΔP <sub>ветки(17-1)</sub> =	203,68	
					Невязка, % = 4,13								
1-0	2254,8	5,000	0,355	6,33	1,24	1,00	6,18	1,05	24,05	25,25	0	31,43	Тр+Отв
											ΔP <sub>ветки(13-a)</sub> =	243,89	

Таблица Д2 – Аэродинамический расчет системы В1

№ <sub>уч.</sub>	Расход м <sup>3</sup> /ч	l <sub>уч</sub> м	d <sub>3</sub> м	u м/с	R Па/м	m	ΔP <sub>1</sub> Па	Σз	P <sub>д</sub> Па	ΔP <sub>з</sub> Па	P <sub>д</sub>	ΣΔP Па	Примечания
4-3	183,5	2,000	0,125	4,15	2,11	1,00	4,21	0,01	10,36	0,10	44	48,32	Диф+Пер
3-2	366,9	4,790	0,160	5,07	2,23	1,00	10,67	2,21	15,43	34,11	0	44,77	Тр+2Отв+Пер
2-1	387,5	1,350	0,200	3,43	0,83	1,00	1,11	1,87	7,05	13,18	0	14,30	Тр+Отв
1-0	467,5	6,010	0,200	4,14	1,16	1,00	6,98	2,69	10,26	27,61	0	34,58	Тр+4Отв+Пер
								ΔP <sub>ветки(4-0)</sub> = 141,97					
13-11	175,7	4,290	0,125	3,98	1,95	1,00	8,36	0,01	9,50	0,09	37	45,45	Диф+Пер
12-11	233,0	3,870	0,160	3,22	0,98	1,00	3,77	0,00	6,22	0,00	43	46,77	Диф
					Невязка, % = 2,8			ΔP <sub>ветки(13-11)</sub> = 46,77					
11-8	408,7	6,430	0,160	5,65	2,71	1,00	17,45	1,33	19,15	25,47	0	42,92	Тр+Пер
								ΔP <sub>ветки(13-8)</sub> = 89,69					
10-8	379,6	4,680	0,200	3,36	0,80	1,00	3,72	0,02	6,77	0,14	85	88,86	Диф+Пер
9-8	251,3	1,940	0,160	3,47	1,12	1,00	2,17	0,04	7,24	0,29	87	89,46	Диф+Пер
					Невязка, % = 0,93			ΔP <sub>ветки(13-8)</sub> = 89,69					
8-6	1039,7	6,560	0,250	5,89	1,68	1,00	10,99	1,64	20,79	34,09	0	45,08	Тр+Пер
								ΔP <sub>ветки(13-6)</sub> = 134,78					
7-6	283,6	4,980	0,160	3,92	1,39	1,00	6,93	0,08	9,22	0,74	118	125,67	Диф+Пер
					Невязка, % = 6,76			ΔP <sub>ветки(13-6)</sub> = 134,78					
6-5	1323,3	2,790	0,315	4,72	0,84	1,00	2,34	2,12	13,36	28,33	0	30,66	Тр+Отв
5-0	1487,4	2,380	0,315	5,30	1,04	1,00	2,47	1,56	16,88	26,33	0	28,80	Тр+Пер
								ΔP <sub>ветки(13-0)</sub> = 136,64					
					Невязка, % = 3,76								
0-a	1954,9	5,000	0,355	5,49	0,95	1,00	4,75	1,81	18,08	32,72	0	37,47	Тр
								ΔP <sub>ветки(13-a)</sub> = 179,44					

Таблица Д3 – Аэродинамический расчет системы П2

№ <sub>уч.</sub>	Расход	l <sub>уч</sub>	d <sub>3</sub>	u	R	m	ΔP <sub>1</sub>	Σз	P <sub>д</sub>	ΔP <sub>з</sub>	ΣΔP	Примечания
	м <sup>3</sup> /ч	м	м	м/с	Па/м		Па		Па	Па	Па	
4-3	168,9	3,500	0,100	5,98	5,42	1,00	18,97	2,20	21,44	47,18	66,14	Реш+Пер
3-2	337,9	3,830	0,125	7,65	6,47	1,00	24,78	1,63	35,13	57,22	81,99	Тр+Отв+Пер
2-1	507,6	2,500	0,160	7,02	4,05	1,00	10,12	1,74	29,54	51,38	61,49	Тр+Пер
1-0	677,3	0,700	0,200	5,99	2,29	1,00	1,60	2,00	21,54	43,08	44,68	Тр+Отв
$\Delta P_{\text{ветки(13-a)}} =$											254,31	

Таблица Д4 – Аэродинамический расчет системы В2

№ <sub>уч.</sub>	Расход	l <sub>уч</sub>	d <sub>3</sub>	u	R	m	ΔP <sub>1</sub>	Σз	P <sub>д</sub>	ΔP <sub>з</sub>	ΣΔP	Примечания
	м <sup>3</sup> /ч	м	м	м/с	Па/м		Па		Па	Па	Па	
3-2	160,9	5,000	0,100	5,69	4,95	1,00	24,77	2,20	19,45	42,79	67,56	Реш+Пер
2-1	321,8	8,760	0,125	7,29	5,91	1,00	51,77	1,67	31,87	53,17	104,94	Тр+Отв+Пер
1-0	661,2	7,640	0,160	9,14	6,61	1,00	50,51	1,67	50,13	83,84	134,36	Тр+Отв
$\Delta P_{\text{ветки(13-a)}} =$											306,86	

Таблица Д5 – Аэродинамический расчет системы ПЗ

№ <sub>уч.</sub>	Расход м <sup>3</sup> /ч	l <sub>уч.</sub> м	b м	h м	d <sub>з</sub> м	u м/с	R Па/м	m	ΔP <sub>1</sub> Па	Σζ	P <sub>д</sub> Па	ΔP <sub>з</sub> Па	P <sub>доп</sub> Па	ΣΔP Па	Примечания
13-12	1750,0	10,700			0,315	6,24	1,40	1,00	14,96	0,38	23,37	8,88	11	34,85	Диф+Пер+Отв
14-12	1600,0	4,700			0,250	9,06	3,72	1,00	17,49	0,12	49,24	5,91	9	32,70	Диф+Пер
									Невязка, % = 6,2		ΔP <sub>ветки(13-12)</sub> = 34,85				
12-11	3350,0	6,000			0,400	7,41	1,42	1,00	8,54	1,54	32,93	8,043	0	16,58	Тр+Пер
											ΔP <sub>ветки(13-11)</sub> = 51,44				
15-11	1600,0	4,700			0,250	9,06	3,72	1,00	17,49	0,48	49,24	23,45	9	50,24	Диф+Пер+Диафр
									Невязка, % = 2,3		ΔP <sub>ветки(13-11)</sub> = 51,44				Диафр d220
11-7	4950,0	14,300	0,4	0,4	0,451	8,59	1,61	1,13	26,04	0,04	44,31	1,77	0	27,82	Реш+Пер
											ΔP <sub>ветки(13-7)</sub> = 79,25				
9-8	1550,0	10,700			0,315	5,53	1,12	1,00	11,96	0,25	18,33	4,58	9	25,27	Диф+Отв
10-8	1550,0	4,700			0,250	8,78	3,51	1,00	16,49	0,04	46,21	1,85	9	27,06	Диф+Пер
									Невязка, % = 6,6		ΔP <sub>ветки(9-8)</sub> = 27,06				
8-7	3100,0	4,700			0,400	6,86	1,23	1,00	5,80	1,48	28,20	41,75	0	47,55	Тр+Пер
											ΔP <sub>ветки(9-7)</sub> = 74,61				
									Невязка, % = 5,9		ΔP <sub>ветки(13-7)</sub> = 79,25				
7-0	8050,0	6,000	0,6	0,4	0,553	9,32	1,45	1,14	9,95	1,84	52,09	95,58	0	105,52	Пер+Тр+Отв
											ΔP <sub>ветки(13-0)</sub> = 184,78				
4-3	1400,0	9,800			0,315	4,99	0,93	1,00	9,09	0,33	14,96	4,94	7	21,03	Диф+Пер+Отв
5-3	1573,0	2,800			0,250	8,91	3,61	1,00	10,10	0,06	47,59	2,86	9	21,94	Диф+Пер
									Невязка, % = 4,1		ΔP <sub>ветки(4-3)</sub> = 21,94				
3-2	2973,0	5,000			0,400	6,58	1,14	1,00	5,71	1,47	25,94	38,12	0	43,82	Тр+Пер
											ΔP <sub>ветки(4-2)</sub> = 65,76				
6-2	1600,0	2,800			0,250	9,06	3,72	1,00	10,42	0,86	49,24	42,17	9	61,88	Диф+Пер+Диафр
									Невязка, % = 5,9		ΔP <sub>ветки(4-2)</sub> = 65,76				Диафр d205
2-1	4573,0	1,700	0,4	0,4	0,451	7,94	1,39	1,13	2,67	1,50	37,82	56,72	0	59,39	Тр
											ΔP <sub>ветки(4-1)</sub> = 125,15				



Таблица Д6 – Аэродинамический расчет системы ВЗ

№ <sub>уч.</sub>	Расход	l <sub>уч</sub>	b	h	d <sub>с</sub>	u	R	m	ΔP <sub>1</sub>	Σζ	P <sub>д</sub>	ΔP <sub>з</sub>		ΣΔP	Примечания
	м <sup>3</sup> /ч	м	м	м	м	м/с	Па/м		Па		Па	Па		Па	
11-10	967,1	1,350			0,25	5,48	1,47	1,00	1,98	0,00	17,99	0,00	13	14,98	Реш+Пер
10-9	1934,2	1,350			0,315	6,90	1,68	1,00	2,27	1,47	28,55	41,95	0	44,22	Гр+Пер
9-8	2901,3	1,425			0,4	6,42	1,09	1,00	1,56	1,72	24,70	42,38	0	43,94	Гр+Пер
													ΔP <sub>ветки(11-8)</sub> = 103,14		
14-13	967,1	1,350			0,250	5,48	1,47	1,00	1,98	0,00	17,99	0,00	13	14,98	Реш+Пер
13-12	1934,2	1,350			0,315	6,90	1,68	1,00	2,27	1,47	28,55	41,95	0	44,22	Гр+Пер
12-8	2901,3	1,425			0,400	6,42	1,09	1,00	1,56	1,72	24,70	42,38	0	43,94	Гр+Пер
													ΔP <sub>ветки(14-8)</sub> = 103,14		
Невязка, % = 0,0												ΔP <sub>ветки(11-8)</sub> = 103,14			
8-7	5802,6	6,450			0,500	8,21	1,30	1,00	8,41	1,46	40,47	59,03	0	67,45	Гр+Отв
7-6	6803,5	2,200	0,5	0,5	0,564	7,56	0,96	1,14	2,41	1,73	34,29	59,17	0	61,58	Гр
6-5	7804,3	2,200	0,5	0,6	0,618	7,23	0,79	1,13	1,96	1,69	31,33	52,96	0	54,92	Гр
5-4	8805,2	2,200	0,6	0,6	0,677	6,79	0,63	1,13	1,56	1,71	27,70	47,24	0	48,80	Гр
4-3	9806,0	2,200	0,8	0,6	0,782	5,67	0,38	1,14	0,94	1,82	19,32	35,22	0	36,16	Гр
3-2	10806,9	2,200	0,8	0,6	0,782	6,25	0,45	1,14	1,13	1,57	23,47	36,82	0	37,95	Гр
2-1	11807,7	2,900	0,8	0,6	0,782	6,83	0,53	1,14	1,75	1,58	28,02	44,15	0	45,90	Гр+Отв
													ΔP <sub>ветки(11-1)</sub> = 455,89		
20-19	33,8	2,000			0,100	1,19	0,30	1,00	0,59	0,00	0,86	0,00	1	1,59	Реш
19-18	67,5	2,000			0,100	2,39	1,02	1,00	2,05	1,21	3,42	4,15	0	6,20	Гр
18-17	101,3	2,000			0,100	3,58	2,13	1,00	4,26	1,36	7,70	10,46	0	14,72	Гр
17-16	135,0	2,000			0,100	4,78	3,59	1,00	7,18	1,43	13,69	19,60	0	26,78	Гр
16-15	168,8	2,000			0,100	5,97	5,41	1,00	10,82	1,48	21,39	31,56	0	42,37	Гр
15-1	202,5	22,950			0,100	7,17	7,57	1,00	173,73	6,37	30,81	196,24	0	369,97	Гр+2Отв+Диафр
													ΔP <sub>ветки(20-1)</sub> = 461,64		Диафр d50
Невязка, % = 1,2												ΔP <sub>ветки(11-1)</sub> = 461,64			
1-0	12010,2	2,000	0,8	0,6	0,782	6,95	0,55	1,14	1,25	0,78	28,98	22,46	0	23,71	Гр+Отв
													ΔP <sub>ветки(11-0)</sub> = 485,35		

Таблица Д7 – Аэродинамический расчет системы П4

№ <sub>уч.</sub>	Расход	l <sub>уч.</sub>	b	h	d <sub>з</sub>	u	R	m	ΔP <sub>1</sub>	Σζ	P <sub>д</sub>	ΔP <sub>з</sub>		ΣΔP	Примечания
	м <sup>3</sup> /ч	м	м	м	м	м/с	Па/м		Па		Па	Па		Па	
8-7	1258,5	2,000			0,315	4,49	0,76	1,00	1,53	0,02	12,09	0,20	10	11,73	Реш+Пер
7-6	2517,0	2,000			0,350	7,27	1,62	1,00	3,25	1,35	31,72	42,80	0	46,05	Тр+Пер
6-5	3775,4	2,000			0,450	6,60	0,99	1,00	1,98	1,76	26,12	45,85	0	47,84	Тр+Пер
5-4	5033,9	2,000			0,500	7,13	1,00	1,00	2,00	1,60	30,46	48,85	0	50,86	Тр+Пер
4-3	6292,4	2,000	0,5	0,5	0,564	6,99	0,83	1,13	1,88	1,68	29,33	49,31	0	51,19	Тр+Пер
3-2	7550,9	2,000	0,5	0,6	0,618	6,99	0,74	1,13	1,68	1,65	29,33	48,39	0	50,07	Тр
2-1	8809,4	1,500	0,5	0,6	0,618	8,16	0,99	1,14	1,69	1,53	39,92	60,88	0	62,57	Тр
1-0	10067,9	35,100	0,6	0,6	0,677	7,77	0,80	1,14	32,20	3,44	36,21	124,69	0	156,90	Тр+4Отв
													ΔP <sub>ветки(8-0)</sub> =	477,19	

Таблица Д8 – Аэродинамический расчет системы В4

№ <sub>уч.</sub>	Расход	l <sub>уч.</sub>	b	h	d <sub>з</sub>	u	R	m	ΔP <sub>1</sub>	Σζ	P <sub>д</sub>	ΔP <sub>з</sub>		ΣΔP	Примечания	
	м <sup>3</sup> /ч	м	м	м	м	м/с	Па/м		Па		Па	Па		Па		
5-4	1006,8	3,500			0,250	5,70	1,58	1,00	5,53	0,03	19,49	0,63	10	16,15	Реш+Пер	
4-3	2013,6	3,500			0,315	7,18	1,81	1,00	6,34	1,50	30,94	46,49	0	52,83	Тр+Пер	
3-2	3020,4	3,500			0,400	6,68	1,18	1,00	4,11	1,73	26,77	46,42	0	50,53	Тр+Пер	
2-1	4027,1	2,000			0,450	7,04	1,12	1,00	2,23	10,29	29,71	305,60	0	307,84	Тр+Пер	
													ΔP <sub>ветки(5-1)</sub> =	427,35		
13-12	1006,8	1,700			0,250	5,70	1,58	1,00	2,68	1,90	19,49	37,00	10	49,68	Тр+Пер	
12-11	2013,6	1,700			0,350	5,82	1,08	1,00	1,83	1,63	20,30	33,14	0	34,97	Тр	
11-10	3020,4	1,700			0,400	6,68	1,18	1,00	2,00	1,54	26,77	41,15	0	43,14	Тр	
10-9	4027,1	1,700	0,4	0,5	0,505	5,59	0,63	1,14	1,23	3,57	18,77	67,01	0	68,24	Тр+4Отв	
9-8	5033,9	1,700	0,6	0,5	0,618	4,66	0,35	1,14	0,68	3,58	13,04	46,60	0	47,28	Тр+4Отв	
8-7	6040,7	1,700	0,6	0,5	0,618	5,59	0,49	1,14	0,95	3,25	18,77	61,08	0	62,04	Тр+4Отв	
7-6	7047,5	1,700	0,6	0,5	0,618	6,53	0,65	1,14	1,27	3,28	25,55	83,67	0	84,94	Тр+4Отв	
6-1	8054,3	1,700	0,6	0,6	0,677	6,21	0,53	1,14	1,03	3,44	23,17	79,80	0	80,84	Тр+4Отв	
													ΔP <sub>ветки(13-1)</sub> =	471,13		
													Невязка, % = 9,3	ΔP <sub>ветки(11-1)</sub> =	471,13	
1-0	12081,4	35,100	0,6	0,6	0,677	9,32	1,13	1,14	45,21	2,53	52,14	131,66		176,87	Тр+4Отв	
													ΔP <sub>ветки(5-0)</sub> =	648,00		

Таблица Д9 – Аэродинамический расчет системы EB1

№ <sub>уч.</sub>	Расход	l <sub>уч</sub>	d <sub>3</sub>	u	R	ΔP <sub>1</sub>	Σз	P <sub>д</sub>	ΔP <sub>з</sub>	ΣΔP	Примечания
	м <sup>3</sup> /ч	м	м	м/с	Па/м	Па		Па	Па	Па	
2-1	75,0	0,500	0,200	0,66	0,04	0,02	1,70	0,26	0,45	0,47	Реш
3-1	75,0	0,500	0,200	0,66	0,04	0,02	1,70	0,26	0,45	0,47	Реш
1-0	150,0	5,300	0,200	0,95	0,08	0,88	3,21	0,54	1,74	2,62	Тр+Зонт
									ΔP= 3,09		
									ΔP <sub>гр</sub> = 3,2		

Таблица Д10 – Аэродинамический расчет системы EB2

№ <sub>уч.</sub>	Расход	l <sub>уч</sub>	d <sub>3</sub>	u	R	ΔP <sub>1</sub>	Σз	P <sub>д</sub>	ΔP <sub>з</sub>	ΣΔP	Примечания
	м <sup>3</sup> /ч	м	м	м/с	Па/м	Па		Па	Па	Па	
3-2	75,0	0,500	0,200	0,66	0,04	0,02	1,70	0,26	0,45	0,47	Реш
2-1	150,0	2,500	0,200	0,95	0,08	0,21	1,42	0,54	0,77	0,98	Тр+Отв+Зонт
									ΔP= 1,45		
									ΔP <sub>гр</sub> = 1,51		





МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)

Инженерная школа

Кафедры инженерных систем зданий и сооружений

ОТЗЫВ РУКОВОДИТЕЛЯ ВКР

на выпускную квалификационную работу студента(ки)

Рахматулиной Марии Борисовны

(фамилия, имя, отчество)

направление (специальность) 08.03.01 «Строительство» «Теплогазоснабжение и вентиляция»

группа Б3431 Д

Руководитель ВКР

ассистент кафедры «ИСЗиС» Лихачев Илья Дмитриевич

(ученая степень, ученое звание, и. о. фамилия)

На тему РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ ДИЛЛЕРСКОГО ЦЕНТРА ПО ПРОДАЖЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ТЕХНИКИ В Г. ВЛАДИВОСТОКЕ

Дата защиты ВКР «27» июня 2018 г.

Дипломный проект выполнен в соответствии с заданием на выпускную квалификационную работу, представлен пояснительной запиской из четырех глав на 53 страницах, списка литературы из 34 наименований, пяти приложений и графической частью на 4 листах формата А1.

Актуальность темы выпускной квалификационной работы обоснована нормативными документами, требующими поддержание нормируемых параметров микроклимата в зданиях различного назначения для обеспечения их комплексной безопасности.

Расчетная часть работы выполнена в полном объеме, соответствует нормативным требованиям и включает: теплотехнический расчёт ограждающих конструкций, расчёт тепловых потерь помещений, гидравлический расчёт трубопроводов, расчёт поверхности отопительных приборов, определение количества вредных выделений, определение расчётных воздухообменов, аэродинамический расчёт воздухопроводов.

В работе на основе полученных расчётных данных и проведенного обзора современного оборудования для систем отопления и вентиляции воздуха произведен подбор отопительных приборов и вентиляционного оборудования.

Графическая часть работы представлена в полном объеме, выполнена на хорошем уровне и в соответствии с требованиями к оформлению выпускных квалификационных работ.

Принятые технические решения обоснованы и соответствуют современным требованиям строительных норм, действующих на территории Российской Федерации.

При написании выпускной квалификационной работы Рахматулина Мария Борисовна показала высокую степень самостоятельности и работоспособности, решая поставленные задачи, умение работать с нормативной и научно-технической литературой, анализировать информацию при поиске и принятии оптимальных технических решений.

Качество изложения материалов и оформление выпускной квалификационной работы выполнено в соответствии с требованиями.

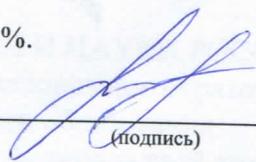
Представленная работа заслуживает оценки «отлично», а Рахматулина Мария Борисовна присвоения квалификации бакалавра техники и технологии по направлению «Строительство», профиль

«Теплогасоснабжение и вентиляция», и может быть рекомендована для продолжения обучения в магистратуре.

Оригинальность текста ВКР составляет 90 %.

Руководитель ВКР

ассистент  
(уч. степень, уч. звание)

  
(подпись)

И.П. Михалев  
(и. о. фамилия)

«25» июня 2018г.

Студент М.К. [подпись]  
« 25 » июня 20 18 г.

Руководитель ВКР асс. кафедры ИСЗиС  
(ученое звание)  
[подпись] И.Д. Лихачев  
(и. о.ф)  
« 25 » июня 20 18 г.

**«Допустить к защите»**

Руководитель ОП канд.техн.наук, доцент  
(ученое звание)  
[подпись] В.П. Черненко  
(и. о.ф)  
« 25 » 06 20 18 г.

*Сверенный, содержание  
иде. тайну нет  
В.П. Черненко [подпись]*

Зав. кафедрой канд.техн.наук, доцент  
(ученое звание)  
[подпись] А.В. Кобзарь  
(и. о.ф)  
« 25 » 06 20 18 г.

Защищена в ГЭК с оценкой отлично

Секретарь ГЭК  
[подпись] Н.С. Ткач  
И.О.Фамилия  
« 27 » 06 20 18 г.

**УТВЕРЖДАЮ**  
Директор Инженерной школы

[подпись] / \_\_\_\_\_ /  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201 г.

В материалах данной выпускной квалификационной работы не содержатся сведения, составляющие государственную тайну, и сведения, подлежащие экспортному контролю.

Уполномоченный по экспортному контролю  
\_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201 г.  
Подпись