

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт Электронного обучения  
Направление подготовки Теплоэнергетика и теплотехника  
Кафедра теоретической и промышленной теплотехники

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Проектирование систем отопления и вентиляции общественного здания с переводом на индивидуальный источник теплоснабжения в пос. Аэропорт Томского района.</b>

УДК 697.31.001.6:725.2(571.16)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б2Б1	<b>Олиференко Андрей Владимирович</b>		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Бульба Е. Е.	К.Т.Н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ст. преп.	Кузьмина Н. Г.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Василевский М. В.	К.Т.Н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой ТПТ	Кузнецов Г.В.	д.ф.-м.н., профессор		

Томск – 2017

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт Электронного обучения  
Направление подготовки Теплоэнергетика и теплотехника  
Кафедра теоретической и промышленной теплотехники

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой ТПТ  
Кузнецов Г.В.  
(Подпись) (Дата)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Дипломного проекта

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Б2Б1	Олиференко Андрей Владимирович

Тема работы:

**Проектирование систем отопления и вентиляции  
общественного здания с переводом на индивидуальный  
источник теплоснабжения в пос. Аэропорт Томского района**

Утверждена приказом директора (дата,  
номер)

№

Срок сдачи студентом выполненной работы:

10.06.2017 г.

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

**Исходные данные к работе**

*(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).*

План автокомплекса, теплотехнические характеристики ограждающих конструкций, район проектирования – пос. Аэропорт в Томском районе Томской области.

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Расчет тепловых потерь, конструирование системы отопления, гидравлический расчет системы отопления, тепловой расчет отопительных приборов, расчет воздухообменов в помещениях, конструирование системы вентиляции, аэродинамический расчет системы вентиляции, подбор отопительного котельного агрегата.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>A1-4. A2-3. План основного здания, план АК, аксонометрическая схема системы отопления, план системы приточной вентиляции, план системы вытяжной вентиляции, аксонометрическая схема системы приточной вентиляции, аксонометрическая схема системы вытяжной вентиляции</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>  <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p><b>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b></p>	<p>Кузьмина Н.Г., ст. преп. каф. менеджмента</p>
<p><b>Социальная ответственность</b></p>	<p>Василевский М.В., доцент. к.т.н.</p>
<p></p>	<p></p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	
<p></p>	
<p></p>	
<p></p>	

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>14.02.2017 г.</p>
--	----------------------

**Задание выдал руководитель:**

<p>Должность</p>	<p>ФИО</p>	<p>Ученая степень, звание</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>доцент</p>	<p>Бульба Е.Е.</p>	<p>к.т.н.</p>	<p></p>	<p></p>

**Задание принял к исполнению студент:**

<p>Группа</p>	<p>ФИО</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>3-5Б2Б1</p>	<p>Олиференко А.В.</p>	<p></p>	<p></p>

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа с.77, рис.1, табл.34, 20 источников.

Ключевые слова: теплопотери, отопительный прибор, система отопления, система вентиляции, гидравлический расчет, аэродинамический расчет, воздухообмен, котельный агрегат.

Объектом исследования является здание автокомплекс, расположенного в пос. Аэропорт в Томском районе Томской области.

Цель работы – разработка системы отопления и вентиляции кооператива с переводом здания на индивидуальный источник теплоснабжения

В процессе исследования изучались характеристики ограждающих конструкций здания, климатические характеристики района строительства, нормы кратности воздухообмена в помещениях.

В результате исследования был произведен расчет тепловых потерь, сконструирована система отопления, произведен гидравлический расчет системы отопления, тепловой расчет отопительных приборов, произведен расчет воздухообменов в помещениях, сконструирована система вентиляции, произведен аэродинамический расчет системы вентиляции, подобран отопительный котельный агрегат.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: водяная система отопления с температурным графиком 95-70 ° С. В тамбуре рекомендуется установить воздушно-тепловую завесу для предотвращения проникновения холодного наружного воздуха в помещения. При отсутствии чердака (технического этажа) применяем систему с нижней разводкой и тупиковым движением

теплоносителей. В основном здании функционирует система механической приточной и вытяжной вентиляции. Приточный воздух забирается через воздухозаборную решетку в стене венткамеры, очищается в фильтре и нагревается в калорифере приточной установки П1, по воздуховодам из листовой стали круглого сечения подается сверху вниз через стальные регулируемые решетки РС7. Решетки имеют один ряд горизонтальных поворотных жалюзи. Вытяжная вентиляция представлена системой В1. Удаление воздуха производится крышными вентиляторами, установленными на кровле здания.

В административно-бытовом корпусе запроектирована механическая вытяжная вентиляция, представленная системами В2, В3 и В4. Приток осуществляется через окна.

Степень внедрения: инженерные системы здания находятся на стадии проектирования

В будущем планируется монтаж систем отопления и вентиляции по существующему проекту

## Содержание

Введение.....	8
1. Описание объекта исследования и климатические характеристики объекта строительства.....	9
3. Выбор и размещение отопительных приборов .....	24
4. Тепловой расчет отопительных приборов.....	25
5. Конструирование системы отопления .....	29
6. Гидравлический расчет системы отопления .....	31
7. Вентиляция .....	43
7.1. Параметры наружного и внутреннего воздуха .....	43
7.2. Расчет воздухообмена.....	45
7.3. Конструктивное исполнение системы вентиляции .....	51
7.4. Аэродинамический расчет.....	53
8. Разработка энергосберегающих мероприятий. Подбор индивидуального котельного агрегата для отопления автокомплекса .....	59
9. Социальная ответственность .....	62
9.2. Источники опасных и вредных веществ.....	64
9.3. Анализ вредных и опасных производственных факторов при работе котельного агрегата.....	66
9.4. Оценка отключающей способности зануления линии электроснабжения котельной .....	70
9.5. Чрезвычайные ситуации.....	71
9.6. Заключение .....	72
10. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	74
10.1. Техничко-экономическое обоснование установки котельного агрегата на нужды отопления .....	74
10.2. Расчёт капитальных затрат на систему отопления с индивидуальным котельным агрегатом .....	74

10.3. Расчёт годовых эксплуатационных затрат .....	76
10.4. Определение капитальных вложений в стоимость проекта .....	79
10.4.1. Планирование разработки проекта реконструкции системы теплоснабжения.....	79
10.4.2. Расчет затрат и договорной цены на проектирование и проведение НИОКР .....	80
10.4.2.1. Материальные затраты .....	81
10.4.2.2. Затраты на оплату труда.....	82
10.4.2.3. Отчисления на социальные нужды .....	83
10.4.2.4. Амортизация основных фондов и нематериальных активов .....	83
10.4.2.5.Прочие затраты.....	85
10.4.2.6. Накладные расходы.....	85
Заключение .....	86

## **Введение**

Выпускная квалификационная работа посвящена проектированию систем отопления и вентиляции автокомплекса, расположенного в пос. Аэропорт в Томском районе Томской области, с переводом здания на индивидуальный источник теплоснабжения. Автокомплекс представляет собой существующее одноэтажное здание, административный корпус автокомплекса – двухэтажную пристройку к нему с наличием подвала.

Актуальность темы выпускной квалификационной работы обусловлена тем, что системы отопления и вентиляции являются обязательным условием обеспечения комфортных условий для деятельности людей в здании. Перевод здания на автономный источник теплоснабжения позволит повысить надежность теплоснабжения, исключить потери при транспортировке теплоносителя по протяженным тепловым сетям, снизить себестоимость тепловой энергии.

Целью выпускной квалификационной работы является проектирование систем отопления и вентиляции автокомплекса в пос. Аэропорт в Томском районе Томской области с переводом здания на автономный источник теплоснабжения. Для реализации поставленной цели предполагается решение следующих задач:

1. Расчет тепловых потерь зданием
2. Конструирование системы отопления автокомплекса в пос. Аэропорт Томской области.
3. Гидравлический расчет системы отопления и тепловой расчет отопительных приборов
4. Расчет воздухообмена в помещениях
5. Конструирование системы вентиляции и аэродинамический расчет
6. Подбор оборудования для индивидуального источника теплоснабжения
7. Технико-экономическое обоснование перевода здания на индивидуальный источник теплоснабжения.



## 1. Описание объекта исследования и климатические характеристики объекта строительства

Первый этаж автокомплекса, расположенного в пос. Аэропорт в Томском районе Томской области, предназначен для размещения складских помещений, слесарного и кузовного отделений, шиномонтажа.

Климатические характеристики района строительства приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Климатическая характеристика района постройки

Величина	Значение
Средняя температура наиболее холодной пятидневки	-39 °С
Средняя температура отопительного периода	-6,8°С
Абсолютная минимальная температура воздуха	-55 °С
Отн. влажность наружного воздуха для самого холодного месяца	79%
Расчетная скорость ветра для холодного периода года	2,2 м/с
Продолжительность отопительного периода	249 сут

На основании инженерной геологии основанием фундамента являются суглинки твердые, пылеватые, коричневые с расчетными характеристиками  $C=0,17\text{кг/см}^2$ ,  $\gamma=1,8\text{т/м}^3$ ,  $\varphi=20^0$ ,  $E=70\text{кг/см}^2$ .

Здание автокомплекса одноэтажное с размерами в плане 27,48x18 (осях), высотой до низа фермы 7 м с пристройкой административного корпуса с внутренними размерами в плане 18x6, высотой до низа балки 7,0 м.

Здание автокомплекса из металлических конструкций с наружными стенами из панелей «сэндвич» поэлементной сборки и цокольных железобетонных панелей.

Кровля из панелей «сэндвич» поэлементной сборки.

Стены опираются на фундаментные железобетонные балки и блоки

бетонные.

Перекрытие выполнено из железобетонных плит.

Наружные стены пристройки административного корпуса из силикатного кирпича.

Перекрытие – из сборных железобетонных плит. Кровля – рулонная два слоя изопласта. Утеплитель - плиты минераловатные.

Фундаменты под стены – ленточные монолитные железобетонные.

Двери во всех помещениях металлические и деревянные.

Внутренняя отделка отвечает характеру помещений и выполнена в различных вариантах.

Во всех помещениях антикоррозионная защита конструкций обеспечивается отделочными работами. Все деревянные конструкции антисептируются, а соприкасающиеся с кирпичной кладкой и бетоном обертываются толем. Все столярные изделия окрашиваются масляной краской за два раза. Все металлоконструкции и изделия окрашиваются эмалью ПФ 115, по грунтовке за два раза после того, как все монтажные крепления, прихватки, временные приспособления после окончания монтажа будут сняты, а места приварки зачищены.

Для обеспечения взрывопожаробезопасности зданий предусмотрены мероприятия:

- обеспечения нормируемого количества эвакуационных выходов из зданий и отдельных помещений, требуемой ширины лестниц и выходов на кровлю;

- применение несгораемых конструкций для зданий второй степени огнестойкости.

Источником теплоснабжения служит котельная с теплоносителем вода 95-70 °С. Ввод теплоносителя в здание к распределительной гребенке предусмотрен по оси Б / 7-8. Помещения автокомплекса относятся к категории «В2».

Внутренние сети водоснабжения - от существующей сети водопровода.

Трубопровод хозяйственно-питьевого и противопожарного водопровода выполнен из стальных электросварных труб. Сточные воды от санитарных приборов запроектированы в наружные сети канализации и далее в существующий канализационный колодец.

Сети канализации выполнены из труб чугунных канализационных по ГОСТ 6942-98, дождевая канализация - из стальных электросварных труб по ГОСТ 10704-91. Наружные сети бытовой и дождевой канализации запроектированы из чугунных труб с шаровидным графитом.

Дождевые стоки сбрасываются на рельеф.

Запитка системы электроснабжения выполнена от существующего ЗРУ 10 кВ.

Категория надежности электроснабжения II.

Предусмотрены меры защиты от поражения электрическим током:

- основная изоляция токоведущих частей;
- двойная изоляция кабельных изделий;
- отключение аппаратов защиты розеточных сетей при токах утечки 30мА, в случаях повреждения изоляции.

Для питания электропотребляющих установок устанавливаются два магистральных щита 1МЩ и 2МЩ в помещении щитовой.

Напряжение питания  $U \sim 380/220$  В;

Установленная мощность  $P_u = 129$  кВт.

Все электрические проводки выполняются кабелем марки ВВГ, проложенным в коробах и частично в стальных и ПВХ защитных трубах. Предусматриваются следующие виды освещения - рабочее, аварийное и эвакуационное. Для освещения использованы офисные щитки типа ЩОФ. В кузовном и слесарном отделениях, на складах для рабочего освещения использованы светильники с люминесцентными лампами. Для эвакуационного освещения в помещении 3 выбраны светильники с люминесцентной лампой с аккумулятором. Для освещения входов в здание и для аварийного освещения используются светильники с лампами накаливания. Управление освещением

осуществляется при помощи автоматических выключателей осветительных щитков, а также выключателями по месту. Розеточная группа запитана через дифференциальный автомат.

В таблице 2 приведен перечень помещений для основного здания автокомплекса. В таблице 3 приведен перечень помещений для административного корпуса автокомплекса (пристройки). В таблице 4 приведены характеристики ограждающих конструкций здания, которые используются при расчете тепловых потерь здания.

Таблица 2– Экспликация помещений автокомплекса

<b>№</b>	<b>Наименование</b>	<b>F, м<sup>2</sup></b>
1	Склад	33,5
2	Слесарное отделение	35,4
3	Кузовное отделение	170,6
4	Склад	6,2
5	Сход-развал	8,2
6	Склад	6,4
7	Комната отдыха персонала	7,0
8	Туалет	1,8
9	Душевая	2,0
10	Склад	5,4
11	Шиномонтаж	36,7
12	Склад	5,4
13	Коридор-тамбур	17,9
14	Тамбур	5,6
15	Тамбур	10,7

Таблица 3 – Экспликация помещений пристройки (административного корпуса)

№	Наименование	Ф, м <sup>2</sup>
16(1 этаж)	Котельная	39,8
17(1 этаж)	Санузел	6,24
18(1 этаж)	Комната отдыха персонала	15,0
19(1 этаж)	Кабинет	19,2
20(1 этаж)	Лестничная клетка	5,0
25(1 этаж)	Коридор	5,0
21(2 этаж)	Кабинет	41,5
22(2 этаж)	Санузел	6,24
23(2 этаж)	Коридор	15,0
24(2этаж)	Кабинет	19,2
26-29(2этаж)	Подвал	93,8

Таблица 4 – Характеристики ограждающих конструкций здания

Наименование ограждения	Коэффициент теплопередачи k, Вт/м <sup>2</sup> К
<b>Основное здание автокомплекса</b>	
Наружные стены	0,18
Кровля	0,20
Окна, двери	2,25
Пол I	0,43
Пол II	0,21
Пол III	0,11
Пол IV	0,06
<b>Пристройка административного корпуса</b>	
Наружные стены	0,11
Внутренние стены	1,76
Кровля	0,13
Окна, ворота	2,22
Пол	2,31

## 2. Расчет тепловых потерь

Расчет тепловых потерь ведется в табличной форме с помощью программы Excel.

1. Графа 1 – номер помещения
2. Графа 2 – наименование помещения
3. Графа 3 – расчетная температура воздуха внутри помещения
4. Графа 4 – наименование ограждения
5. Графа 5 – ориентация по сторонам света: ю - юг, з - запад, в - восток, с - север.
6. Графа 6-размеры ограждений
  - поверхность потолков и пола измеряется от внутренней поверхности до осей внутренних стен, для угловых помещений от наружного угла до осей внутренних стен, в промежуточных помещениях по осям здания;
  - размеры окон берутся по чистому свету;
  - высота верхнего этажа измеряется от чистого пола до утеплителя на чердаке;
  - размер двери определяется по наименьшим размерам строительного проёма в свету.
7. Графа 7 - площадь ограждения;
8. Графа 8 - расчётная разница температур между температурой внутреннего и наружного воздуха.
9. Графа 9 - коэффициент теплопередачи;
10. Добавочные потери через ограждающие конструкции здания:
  - графа 10- на ориентацию ограждений по сторонам света:  
Север-10 %,  
Восток- 10 %,  
Юг-0 %,  
Запад- 5%;

11. Графа 11- добавка на ветер: принимается в зависимости от защищённости здания. Добавка принимается в размере 10 %, так как скорость ветра в данном регионе 4,1 м/с.

12. Графа 12 – другие добавочные потери

13. Суммарный коэффициент, учитывающий добавочные потери

14. Графа 13 – потери через ограждение определяются по формуле:

$$Q_{огр} = n \cdot \left(1 + \sum \beta\right) \cdot k \cdot F \cdot (t_{в} - t_{н}), Вт,$$

15. Теплопотери помещений  $Q_{пом} = \sum Q_{огр}, Вт,$

Полные потери здания  $Q_{зд.} = \sum Q_{пом.}, Вт.$

Расчеты теплопотерь сведены в таблицы 5,6.

Таблица 5 – Тепловые потери для основного здания автокомплекса

Помещение			Характеристика ограждающих конструкций производственного здания										Теплопотери	
№	Наименование	$t_{в}, ^\circ C$	Обозначение	Ориентация	Размеры, а·в, $m^2$	F, $m^2$	$t_{н} - t_{в}, ^\circ C$	k, Вт/ $m^2 \cdot K$	Добавочные теплопотери в долях					Q <sub>огр</sub> , Вт
									На ориентация	На ветер β	Другие β	1+∑β		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Склад	18	НС	З	4,2x3,63	15,25	57	0,18	0,05	0,1		1,15	182,5	
		18	НС	Ю	4,2x9	37,8	57	0,18	0	0,1		1,1	432,6	
		18	Пол I	-		8,375	57	0,43					1	205,0
		18	Пол II	-		8,375	57	0,21					1	99,5
		18	Пол III	-		8,375	57	0,11					1	51,3
		18	Пол IV	-		8,375	57	0,06					1	29,9
		18	Окна(2)	Ю	1,5x1,5	4,5	57	2,25	0	0,1			1	578,3
		18	Кровля	-	9x3,72	33,5	57	0,2					1	375,9
													1952,92	

Продолжение таблицы 5

Помещение			Характеристика ограждающих конструкций производственного здания										Теплопотери	
№	Наименование	t <sub>в</sub> , °С	Обозначение	Ориентация	Размеры, а·в, м <sup>2</sup>	F, м <sup>2</sup>	t <sub>н</sub> – t <sub>в</sub> , °С	k, Вт/м <sup>2</sup> ·К	Добавочные теплопотери в долях					Q <sub>отгр</sub> , Вт
									На ориентации	На ветре	Другие β	1+Σβ		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
2	Слесарное отделение	1 8	НС	3	4,2х6	25, 2	5 7	0,1 8	0,05	0,1		1,15	301, 5	1131,85
		1 8	Пол I	-		10, 9	5 7	0,4 3					266, 8	
		1 8	Пол II	-		10, 9	5 7	0,2 1					129, 5	
		1 8	Пол III	-		10, 9	5 7	0,1 1					66,7	
		1 8	Кровля	-	6х5,5	32, 7	5 7	0,2					366, 9	
3	Кузовное отделение	1 8	НС	Ю	4,2х6 ,2	26, 04	5 7	0,1 8	0	0,1		1,1	298, 0	5191,67
		1 8	Окна(2)	Ю	1,5х1 ,5	4,5	5 7	2,2 5	0	0,1		1,1	636, 2	
		1 8	Пол I	-		38, 3	5 7	0,4 3				1	936, 7	
		1 8	Пол II	-		38, 3	5 7	0,2 1				1	454, 7	
		1 8	Пол III	-		38, 3	5 7	0,1 1				1	234, 2	
		1 8	Пол IV	-		38, 3	5 7	0,0 6				1	136, 6	
		1 8	Кровля	-	12х1 2,8	153 ,1	5 7	0,2				1	1717 ,2	
		1 8	Дверь	Ю	2,2х2 ,5	5,5	5 7	2,2 5	0	0,1		1,1	777, 5	
4	Склад	1 8	Пол II	-		5,4 8	5 7	0,2 1				1	65,1	126,4
		1 8	Кровля	-	1,7х3 ,2	5,4 8	5 7	0,2				1	61,5	



Продолжение таблицы 5

Помещение			Характеристика ограждающих конструкций производственного здания										Теплопотери	
№	Наименование	t <sub>в</sub> , °С	Обозначение	Ориентация	Размеры, а·в, м <sup>2</sup>	F, м <sup>2</sup>	t <sub>н</sub> – t <sub>в</sub> , °С	k, Вт/м <sup>2</sup> ·К	Добавочные теплопотери в долях					Q <sub>огр</sub> , Вт
									На ориентация	На ветер R	Другие β	1+∑β		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
5	Сход-развал	1 8	НС	С	4,2x2,2	9,3	5 7	0,1 8	0,1	0,1		1,2	116,1	343,3
		1 8	Пол I	-		3,9	5 7	0,4 3				1	95,5	
		1 8	Пол II	-		3,9	5 7	0,2 1				1	46,3	
		1 8	Кровля	-	3,7x2,1	7,8	5 7	0,2				1	87,5	
6	Склад	1 8	НС	С	4,2x3,5	14,7	5 7	0,1 8	0,1	0,1		1,2	183,5	761,6
		1 8	Окно	С	1,5x1,5	2,26	5 7	2,2 5	0,1	0,1		1,2	348,5	
		1 8	Пол I	-		6,4	5 7	0,4 3				1	156,7	
		1 8	Кровля	-	1,83x3,5	6,4	5 7	0,2				1	71,8	
7	Комната отдыха персонала	1 8	НС	С	4,2x1,9	7,98	5 7	0,1 8	0,1	0,1		1,2	99,6	647,2
		1 8	Окно	С	1,5x1,5	2,22	5 7	2,2 5	0,1	0,1		1,2	342,4	
		1 8	Пол I	-		3,5	5 7	0,4 3				1	85,7	
		1 8	Пол II	-		3,5	5 7	0,2 1				1	41,6	
		1 8	Кровля	-	1,9x3,7	7	5 7	0,2				1	78,5	

Продолжение таблицы 5

Помещение			Характеристика ограждающих конструкций производственного здания										Теплопотери	
№	Наименование	t <sub>в</sub> , °С	Обозначение	Ориентация	Размеры, а·в, м <sup>2</sup>	F, м <sup>2</sup>	t <sub>н</sub> - t <sub>в</sub> , °С	k, Вт/м <sup>2</sup> ·К	Добавочные теплопотери в долях					Q <sub>огр</sub> , Вт
									На ориентации	На ветре β	Другие β	1+Σβ		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
8	Туалет	1 8	Пол I	-		1,5 9	5 7	0,4 3				1	38, 9	56,7
		1 8	Кровля	-	1,59x1, 0	1,5 9	5 7	0,2				1	17, 8	
9	Душевая	1 8	НС	С	4,2x1,0 5	4,4 2	5 7	0,1 8	0,1	0,1		1,2	55, 2	126,2
		1 8	Пол I	-		2	5 7	0,4 3				1	49, 0	
		1 8	Кровля	-	1,07x1, 87	2	5 7	0,2				1	22, 4	
10	Склад	1 8	НС	С	4,2x1,3 6	5,4	5 7	0,1 8	0,1	0,1		1,2	67, 4	215,9
		1 8	Пол I	-		2,5 25	5 7	0,4 3				1	61, 8	
		1 8	Пол II	-		2,5 25	5 7	0,2 1				1	30, 0	
		1 8	Кровля	-	1,4x3,6	5,0 5	5 7	0,2				1	56, 7	
11	Шиномонтаж	1 8	НС	С	4,2x4,9 8	20, 91	5 7	0,1 8	0,1	0,1		1,2	261, 1	1736,7
		1 8	Окна(2)	С	1,5x1,5	4,2 6	5 7	2,2 5	0,1	0,1		1,2	657, 0	
		1 8	Пол I	-		9	5 7	0,4 3				1	220, 3	
		1 8	Пол II	-		9	5 7	0,2 1				1	106, 9	
		1 8	Пол III	-		9	5 7	0,1 1				1	55, 1	
		1 8	Пол IV	-		9	5 7	0,0 6				1	32, 1	
		1 8	Кровля	-	6,0x6,0	36	5 7	0,2				1	403, 9	

Продолжение таблицы 5

Помещение			Характеристика ограждающих конструкций производственного здания										Теплопотери	
№	Наименование	t <sub>в</sub> , °С	Обозначение	Ориентация	Размеры, а·в, м <sup>2</sup>	F, м <sup>2</sup>	t <sub>н</sub> – t <sub>в</sub> , °С	k, Вт/м <sup>2</sup> ·К	Добавочные теплопотери в долях					Q <sub>огр</sub> , Вт
									На ориентация	На ветер	Другие β	1+∑β		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1 2	Склад	1 8	НС	С	4,2х1,35	5,67	57	0,18	0,1	0,1		1,2	70,8	474,0
		1 8	НС	З	4,2х3,97	16,7	57	0,18	0,05	0,1		1,15	199,8	
		1 8	Пол I	-		5,7	57	0,43				1	139,5	
		1 8	Кровля	-	1,4х4,0	5,7	57	0,2				1	64,0	
1 3	Коридор-тамбур	1 2	НС	З	4,2х1	4,2	51	0,18	0,05	0,1		1,15	44,3	908,3
		1 2	Пол I	-		4,25	51	0,43				1	91,8	
		1 2	Пол II	-		4,25	51	0,21				1	44,6	
		1 2	Пол III	-		4,25	51	0,11				1	23,0	
		1 2	Пол IV	-		4,25	51	0,06				1	13,4	
		1 2	Кровля	-	8,5х2	17	51	0,2				1	168,3	
		1 2	Ворота	З	2,0х2,01	4,02	51	2,25	0,05	0,1		1,15	524,2	
1 4	Тамбур	1 2	НС	З	4,2х2	8,4	51	0,18	0,05	0,1		1,15	88,7	223,9
		1 2	Пол I	-		2,6	51	0,43				1	56,2	
		1 2	Пол II	-		2,6	51	0,21				1	27,3	
		1 2	Кровля	-	2х2,6	5,2	51	0,2				1	51,5	

Продолжение таблицы 5

Помещение			Характеристика ограждающих конструкций производственного здания										Теплопотери		
№	Наименование	t <sub>в</sub> , °С	Обозначение	Ориентация	Размеры, а·в, м <sup>2</sup>	F, м <sup>2</sup>	t <sub>н</sub> - t <sub>в</sub> , °С	k, Вт/м <sup>2</sup> ·К	Добавочные теплопотери в долях					Q <sub>огр</sub> , Вт	
									На ориентация	На ветер β	Другие β	1+∑β			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
		1 2	Кровля	-	2х2,6	5,2	5 1	0,2				1	51,5		
1 5	Тамбур	1 2	НС	С	4,2х0,4	1,7	5 1	0,1 8	0,1	0,1		1,2	18,7	1487	
		1 2	Пол I	-		5,3 5	5 1	0,4 3				1	115,6		
		1 2	Пол II	-		5,3 5	5 1	0,2 1				1	56,1		
		1 2	Кровля	-	3х3,5 6	10,7	5 1	0,2					1		105,9
		1 2	Ворота	В	3х2,9	8,7 5	5 1	2,2 5	0,1	0,1			1,2		1190,7

Таблица 6 – Тепловые потери для АБК

Помещение			Характеристика ограждающих конструкций АБК										Теплопотери ∑Q <sub>огр</sub> , Вт	
№	Наименование	t <sub>в</sub> , °С	Обозначение	Ориентация по	Размеры, а·в, м <sup>2</sup>	F, м <sup>2</sup>	t <sub>н</sub> - t <sub>в</sub> , °С	k, Вт/м <sup>2</sup> ·К	Добавочные теплопотери в долях					Q <sub>огр</sub> , Вт
									На	На ветер β	Другие β	1+∑β		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
16(1 этаж)	Котельная	12	НС	С	2,7х5,3	14,4	51	0,1 1	0,1 1	0,1 1	0,1 1	1,2	95,7	1420,7
		12	НС	З	2,7х6,634	17,9 18	51	0,1 1	0,1 05	0,1 1	0,1 1	1,15	114,1	
		12	НС	В	2,7х4,967	13,4	51	0,1 1	0,1 1	0,1 1	0,1 1	1,2	89,1	

Продолжение таблицы 6

Помещение			Характеристика ограждающих конструкций АБК											Теплопотери $\Sigma Q_{огр}$ , Вт
№	Наименование	$t_{в}, ^\circ\text{C}$	Обозначение	Ориентация по	Размеры, а·в, м <sup>2</sup>	F, м <sup>2</sup>	$t_{н} - t_{в}, ^\circ\text{C}$	k, Вт/м <sup>2</sup> ·К	Добавочные теплопотери в долях				Q <sub>огр</sub> , Вт	
									На	На ветер $\beta$	Другие $\beta$	1+ $\Sigma\beta$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		12	Кровля	-	6х6,6 34	39,8	51	0,1 3				1	263 ,9	
		12	Дверь	С	2х0,9	1,8	51	2,2 2	0, 1	0, 1		1, 2	245 ,1	
		12	Окна (2)	В	1,5х1, 5	4,5	51	2,2 2	0, 1	0, 1		1, 2	612 ,8	
17(1 этаж)	Санузел	15	НС	З	2,7х2, 4	6,48	54	0,1 1	0, 05	0, 1		1, 15	44, 0	153,9
		15	ВС	С	2,7х2, 6	7,02	1	1,7 6	0, 1	0, 1		1, 2	16, 8	
		15	Пол I этаж	-		6,24	3	2,3 1				1	49, 0	
		15	Кровля	-	2,6х2, 4	6,24	54	0,1 3				1	44, 0	
18(1 этаж)	Комната отдыха персонала	18	НС	З	2,7х1, 83	4,95	57	0,1 1	0, 05	0, 1		1, 15	35, 7	1107,6
		18	НС	В	2,7х1, 66	4,5	57	0,1 1	0, 1	0, 1		1, 2	33, 9	
		18	ВС	Ю	2,7х4, 15	11,2	2	1,7 6	0 1	0, 1		1, 1	49, 3	
		18	Окно	В	1,5х1, 5	2,25	57	2,2 2	0, 1	0, 1		1, 2	347 ,0	
		18	Дверь пр	Ю	2х2,5	5	2	2,2 2	0 1	0, 1		1, 1	27, 7	
		18	Дверь	З	2х0,9	1,8	57	2,2 2	0, 05	0, 1		1, 15	266 ,0	
		18	Пол I этаж	-		15	6	2,3 1				1	235 ,8	
		18	Кровля	-	6х2,5	15	57	0,1 3				1	112 ,5	

Продолжение таблицы 6

Помещение			Характеристика ограждающих конструкций АБК										Теплопотери $\Sigma Q_{огр}$ , Вт		
№	Наименование	$t_{в}, ^\circ\text{C}$	Обозначение	Ориентация по	Размеры, а·в, м <sup>2</sup>	F, м <sup>2</sup>	$t_{н} - t_{в}, ^\circ\text{C}$	k, Вт/м <sup>2</sup> ·К	Добавочные теплопотери в долях					Q <sub>огр</sub> , Вт	
									На <small>ориентации</small>	На ветер $\beta$	Другие $\beta$	1+ $\Sigma\beta$			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
19(1 этаж)	Кабинет	18	НС	З	2,7x2,5	6,75	57	0,1 1	0,0 5	0, 1		1,1 5	48,7	1614,2	
		18	НС	В	2,7x2,7 6	7,47	57	0,1 1	0,1	0, 1		1,2	56,2		
		18	НС	Ю	2,7x4,3	11,7	57	0,1 1	0	0, 1		1,1	80,7		
		18	Пол I этаж	-		19,2	6	2,3 1					1		301, 8
		18	Окна(2)	Ю	1,5x1,5	4,5	57	2,2 2	0	0, 1		1,1	636, 2		
		18	Окно	В	1,5x1,5	2,25	57	2,2 2	0,1	0, 1		1,2	347, 0		
20(1 этаж)	Лестничная клетка	16	НС	В	2,7x2,1 4	5,79	55	2,2 2	0,1	0, 1		1,2	857, 9	1429,5	
		16	Пол I этаж	-		17,1 4	4	2,3 1				1	179, 6		
		16	Дверь	В	2x0,9	1,8	55	2,2 2	0,1	0, 1		1,2	266, 7		
		16	Кровля	-	2,81x6	17,1 4	55	0,1 3				1	123, 5		
25(1 этаж)	Коридор	18	НС	В	2,7x0,6	1,8	57	0,1 1	0,0 5	0, 1		1,1 5	13,0	453,0	
		18	Пол I этаж	-		5	4	2,3 1				1	52,4		
		18	Окно	В	1,5x1,5	2,25	57	2,2 2	0,1	0, 1		1,2	347, 0		
		18	Кровля	-	1,5x3,3	5	57	0,1 3				1	37,5		

Продолжение таблицы 6

Помещение		Характеристика ограждающих конструкций АБК											Теплопотери $\Sigma Q_{огр}$ , Вт	
№	Наименование	$t_{в}, ^\circ\text{C}$	Обозначение	Ориентация по	Размеры, а·в, м <sup>2</sup>	F, м <sup>2</sup>	$t_{н} - t_{в}, ^\circ\text{C}$	k, Вт/м <sup>2</sup> ·К	Добавочные теплопотери в долях					Q <sub>огр</sub> , Вт
									На ориентации	На ветер $\beta$	Другие $\beta$	1+ $\Sigma\beta$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
25(1 этаж)	Коридор	18	НС	В	2,7x0,6	1,8	57	0,1 1	0,0 5	0, 1		1,1 5	13,0	453,0
		18	Пол I этаж	-		5	4	2,3 1				1	52,4	
		18	Окно	В	1,5x1,5	2,25	57	2,2 2	0,1	0, 1		1,2	347, 0	
		18	Кровля	-	1,5x3,3	5	57	0,1 3				1	37,5	
21(2 этаж)	Кабинет	18	НС	С	2,7x5,1 6	13,9 5	57	0,1 1	0,1	0, 1		1,2	105, 0	1701,5
		18	НС	З	2,7x6,9 14	18,6 7	57	0,1 1	0,0 5	0, 1		1,1 5	134, 7	
		18	НС	В	2,7x5,2 5	14,1 6	57	0,1 1	0,1	0, 1		1,2	106, 6	
		18	Кровля	-	6x6,914	41,5	57	0,1 3				1	311, 1	
		18	Окно	С	1,5x1,5	2,25	57	2,2 2	0,1	0, 1		1,2	347, 0	
		18	Окна (2)	З	1,5x1,5	4,5	57	2,2 2	0,0 5	0, 1		1,1 5	665, 1	
22(2 этаж)	Санузел	15	НС	З	2,7x2,4	6,48	54	0,1 1	0,0 5	0, 1		1,1 5	44,0	105,8
		15	ВС	С	2,7x2,6	7,02	1	1,7 6	0,1	0, 1		1,2	16,8	
		15	Кровля	-	2,6x2,4	6,24	54	0,1 3				1	44,0	
23(2 этаж)	Коридор	16	НС	В	2,7x0,6	1,8	55	0,1 1	0,0 5	0, 1		1,1 5	12,5	381,9
		16	Окно	В	1,5x1,5	2,25	55	2,2 2	0,1	0, 1		1,2	333, 4	
		16	Кровля	-	1,5x3,3	5	55	0,1 3				1	36,0	

Продолжение таблицы 6

Помещение			Характеристика ограждающих конструкций АБК										Теплопотери $\Sigma Q_{огр}$ , Вт	
№	Наименование	$t_{в}, ^\circ\text{C}$	Обозначение	Ориентация по	Размеры, а·в, м <sup>2</sup>	F, м <sup>2</sup>	$t_{н} - t_{в}, ^\circ\text{C}$	k, Вт/м <sup>2</sup> ·К	Добавочные теплопотери в долях					Q <sub>огр</sub> , Вт
									На ориентации	На ветер $\beta$	Другие $\beta$	1+ $\Sigma\beta$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
24(2этаж)	Кабинет	18	НС	З	2,7x2,5	6,7 5	57	0,1 1	0,0 5	0, 1		1,1 5	48,7	1337,8
		18	НС	В	2,7x2,7 6	7,4 7	57	0,1 1	0,1 1	0, 1		1,2	56,2	
		18	НС	Ю	2,7x4,3	11, 7	57	0,1 1	0 1	0, 1		1,1	80,7	
		18	Окна(2)	Ю	1,5x1,5	4,6 7	57	2,2 2	0 1	0, 1		1,1	636, 2	
		18	Окно	В	1,5x1,5	2,2 5	57	2,2 2	0,1 1	0, 1		1,2	347, 0	
		18	Кровля	-	6x3,2	19, 2	57	0,1 3					1	
26-	Подвал	12	Пол	-	-	93, 8	51	0,2				1	953	953,0

### 3. Выбор и размещение отопительных приборов

В выпускной квалификационной работе в качестве отопительных приборов применяем чугунные радиаторы типа МС140-108. В помещениях 1,2 и 3 основного здания установлены регистры из гладких труб. Выбор отопительного прибора определяется прежде всего санитарно-гигиеническими требованиями к помещениям здания. В зданиях с повышенными требованиями следует применять приборы с гладкой, хорошо очищаемой от пыли поверхностью.



При выборе типа отопительного прибора следует иметь в виду, что его длина в зданиях с повышенными санитарно-гигиеническими требованиями должна быть, как правило, не менее 75 % длины светового проема.

Отопительные приборы располагают преимущественно под световыми проемами. При этом вертикальную ось прибора и оконного проема совмещают (допустимое отклонение не более 50 мм).

Приборы наносят на планы этажей в виде прямоугольников в соответствии с изображением типа прибора по ГОСТ.

#### 4. Тепловой расчет отопительных приборов

К установке принимаются чугунные радиаторы типа МС140-108, располагаемые открыто под заполнениями световых проемов (окнами) здания. Теплоноситель – вода с параметрами 95-70 °С. При расчете поверхности нагревательных приборов системы отопления теплоотдача от магистральных трубопроводов, стояков и подводок к нагревательным приборам не учитывается (при скрытой в стене или стяжке пола прокладке труб их теплоотдача не учитывается). Номинальный требуемый тепловой поток от отопительного прибора в помещение рассчитывается по выражению:

$$Q_{нт} = \frac{Q_{пр}}{\varphi_k}, \text{ Вт}, \quad (4.1)$$

где  $\varphi_k$  – комплексный коэффициент приведения номинального требуемого теплового потока от отопительного прибора в помещение к расчетным условиям, определяемый по формуле:

$$\varphi_k = \left[ \frac{\Delta t_{ср}}{70} \right]^{1+n} \cdot \left[ \frac{G_{пр}}{360} \right]^p \cdot b \cdot \psi \cdot c, \quad (4.2)$$

где  $Q_{пр}$  – необходимый тепловой поток от отопительного прибора в помещение, Вт

$\Delta t_{\text{ср}}$  – средняя расчетная разность температур первичного и вторичного теплоносителей, °С, рассчитываемая по формуле:

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{t_2 + t_0}{2} - t_{\text{в}}, \quad (4.3)$$

где  $t_2, t_0$  – температура соответственно в подающей и обратной магистральных тепловой сети, °С;

$G_{\text{пр}}$  – расход воды в отопительном приборе, кг/ч, определяемый по выражению:

$$G_{\text{пр}} = \frac{3,6 \cdot Q_{\text{пр}}}{c \cdot (t_2 - t_0)}, \quad (4.4)$$

где  $c$  – удельная теплоемкость воды, кДж/(кг·°С),  $c = 4,187$  кДж/(кг·°С);

$b$  – коэффициент учета атмосферного давления для отопительных приборов,  $b = 1$ );

$\psi$  – коэффициент учета направления движения теплоносителя воды в приборе, находящийся по формуле:

$$\psi = 1 - a \cdot (t_2 \cdot t_0), \quad (4.5)$$

где  $a, n, p, c$  – экспериментальные числовые показатели

$a = 0,006$ ,

$n = 0,3$ ,

$p = 0,02$ ,

$c = 1,039$ .

Для отопительного прибора в помещении 3:

$$Q_{\text{пр}} = 647 \text{ Вт},$$

$$G_{\text{пр}} = \frac{3,6 \cdot 647}{4,187 \cdot (95 - 70)} = 22,25 \frac{\text{кг}}{\text{ч}} \quad (4.6)$$

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{95 + 70}{2} - 18 = 64,5 \cdot \text{°С}. \quad (4.7)$$

$$\psi = 1 - 0,006 \cdot (95 - 70) = 0,85.$$

$$\varphi_{\text{к}} = \left[ \frac{64,5}{70} \right]^{1+0,3} \cdot \left[ \frac{22,25}{360} \right]^{0,02} \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 1,039 = 0,751$$

$$Q_{нт} = \frac{647}{0.751} = 861 \text{ Вт.}$$

Минимально допустимое число секций отопительного прибора рассчитывается по выражению:

$$N_{min} = \frac{Q_{нт} \cdot \beta_4}{q_{нт} \cdot \beta_3}, \text{ шт.} \quad (4.8)$$

Где  $q_{нт}$  – номинальный требуемый тепловой поток от одной секции радиатора типа МС140-108, Вт,  $q_{нт} = 185$ ;

$\beta_4$  – коэффициент учета способа установки нагревательного прибора,

$$\beta_4 = 1;$$

$\beta_3$  – коэффициент учета числа секций в нагревательном приборе,  $\beta_3 = 0,96$ .

$$N = \frac{861 \cdot 1}{185 \cdot 0.96} = 5 \text{ шт.}$$

Если расчетное число секций меньше трех, принимаем к установке две секции отопительного прибора, то есть их минимальное количество. На каждом отопительном приборе предусмотрено регулирование его теплоотдачи.

Площадь нагревательной поверхности открытой горизонтальной гладкой трубы: Ду 89х3,5 мм -  $f_3=0,465$  экм/м, Ду 108х4 мм -  $f_3=0,55$  экм/м; 1 экм=506 Вт.

Следовательно, для регистров из ребристых труб 89х3,5 мм  $f_3=235,3$  Вт/м

Результаты расчета числа секций отопительных приборов приведены в таблицах 7 и 8 и наносятся на аксонометрическую схему системы отопления.

Таблица 7 – Расчет числа секций отопительных приборов (радиаторов)

№ помещения	$Q_{пр},$ Вт	$t_{в},$ °С	$\Delta t = t_{пр} - t_{в},$ °С	$\beta_3$	$G,$ кг/ч	$\psi$	$\phi_k$	$Q_{нт},$ Вт	N
5	343	18	64,5	0,9 6	11,80	0,8 5	0,74 2	463	3
6	762	18	64,5	0,9 9	26,21	0,8 5	0,75 3	1011	6
7	647	18	64,5	0,9 8	22,25	0,8 5	0,75 1	861	5

Продолжение таблицы 7

№ помещения	Q <sub>пр</sub> , Вт	t <sub>в</sub> , °С	Δt = t <sub>пр</sub> - t <sub>в</sub> , °С	β <sub>з</sub>	G, кг/ч	ψ	φк	Q <sub>нт</sub> , Вт	N
9	126	18	64,5	0,9 6	4,33	0,8 5	0,72 7	173	2
10	216	18	64,5	0,9 6	7,43	0,8 5	0,73 5	294	2
11	868,5	18	64,5	0,9 9	29,87	0,8 5	0,75 5	1150	6
	868,5	18	64,5	0,9 9	29,87	0,8 5	0,75 5	1150	6
12	237	18	64,5	0,9 6	8,15	0,8 5	0,73 6	322	2
	237	18	64,5	0,9 6	8,15	0,8 5	0,73 6	322	2
13	908	12	70,5	0,9 9	31,23	0,8 5	0,84 9	1070	6
15	1487	12	70,5	1	51,14	0,8 5	0,85 7	1735	9
16	653,5	12	70,5	0,9 7	22,48	0,8 5	0,84 3	775	4
	653,5	12	70,5	0,9 7	22,48	0,8 5	0,84 3	775	4
17	110	15	67,5	0,9 6	3,78	0,8 5	0,76 9	143	2
18	1072	18	64,5	1	36,87	0,8 5	0,75 9	1413	8
19	522	18	64,5	0,9 7	17,95	0,8 5	0,74 8	698	4
	522	18	64,5	0,9 7	17,95	0,8 5	0,74 8	698	4
	522	18	64,5	0,9 7	17,95	0,8 5	0,74 8	698	4
20	453	16	66,5	0,9 6	15,58	0,8 5	0,77 6	584	3
21	521	18	64,5	0,9 7	17,92	0,8 5	0,74 8	697	4
	521	18	64,5	0,9 7	17,92	0,8 5	0,74 8	697	4
	521	18	64,5	0,9 7	17,92	0,8 5	0,74 8	697	4

Продолжение таблицы 7

№ помещения	Q <sub>пр</sub> , Вт	t <sub>в</sub> , °С	Δt = t <sub>пр</sub> - t <sub>в</sub> , °С	β <sub>з</sub>	G, кг/ч	ψ	φк	Q <sub>нт</sub> , Вт	N
-------------	----------------------	---------------------	--	----------------	---------	---	----	----------------------	---

22	106	15	67,5	0,9 6	3,65	0,8 5	0,76 8	138	2
23	584	18	64,5	0,9 7	20,09	0,8 5	0,74 9	779	4
24	429	18	64,5	0,9 6	14,75	0,8 5	0,74 5	576	3
	429	18	64,5	0,9 6	14,75	0,8 5	0,74 5	576	3
	429	18	64,5	0,9 6	14,75	0,8 5	0,74 5	576	3
25	389	16	66,5	0,9 6	13,38	0,8 5	0,77 4	503	3
л.к	1430	16	66,5	1	49,18	0,8 5	0,79 4	1801	1 0
подвал	238	12	70,5	0,9 6	8,19	0,8 5	0,82 6	288	2
	238	12	70,5	0,9 6	8,19	0,8 5	0,82 6	288	2
	238	12	70,5	0,9 6	8,19	0,8 5	0,82 6	288	2
	238	12	70,5	0,9 6	8,19	0,8 5	0,82 6	288	2

Таблица 8 – Расчет отопительных приборов (регистров из гладких труб)

№ помещения	Q <sub>пр</sub> , Вт	t <sub>в</sub> , °С	Диаметр трубы, мм	Длина регистра, м	Число рядов
1	651	18	89x3,5	1	3
	651	18	89x3,5	1	3
	651	18	89x3,5	1	3
2	566	18	89x3,5	1	2
	566	18	89x3,5	1	2
3	1731	18	89x3,5	2	4
	1731	18	89x3,5	2	4
	2137	18	89x3,5	3	3

## 5. Конструирование системы отопления

Применяется водяная система отопления с температурным графиком 95-

70 ° С. В тамбуре рекомендуется установить воздушно-тепловую завесу для предотвращения проникновения холодного наружного воздуха в помещения. При отсутствии чердака (технического этажа) применяем систему с нижней разводкой и тупиковым движением теплоносителей.

В зданиях до трех этажей целесообразно применять двухтрубные стояки. При этом следует учитывать, что в этом случае не рекомендуется применять в качестве отопительного прибора конвектор, имеющий низкую тепловую эффективность при малом расходе теплоносителя.

Как правило, применяется одностороннее присоединение труб к приборам. В некоторых случаях применяем соединение на «цепке», когда при одностороннем присоединении труб к прибору (секционному радиатору) с ним допускается соединять второй прибор, установленный в е помещении на расстоянии не более 1,5 м от первого. Диаметры соединительных труб при этом должны быть не менее диаметра входного отверстия прибора (25...32 мм).

На подающей подводке к отопительному прибору устанавливается регулировочный кран, соответствующий выбранной схеме стояка. На выходе из прибора - специальный отключающий кран, дающий возможность при необходимости демонтировать прибор в действующей системе отопления. С помощью этого крана может быть осуществлена также монтажная регулировка системы отопления.

Прежде всего располагают стояки в наружных углах помещений, затем размещают остальные стояки с одно- или двухсторонним присоединением к ним отопительных приборов.

Трубопроводы системы отопления размещаются в стяжке пола или в каналах стен(скрытая прокладка).

Удаление воздуха из системы осуществляется через автоматические воздухоотводчики, установленные в верхних точках отопительных приборов.

Трубы прокладываются с уклоном 0,03 в сторону теплового пункта. В нижних точках устанавливаются спускники со штуцерами для присоединения шлангов для слива теплоносителя из системы.

## 6. Гидравлический расчет системы отопления

Целью гидравлического расчета является такой подбор диаметров трубопроводов, при котором при заданных тепловых нагрузках и расчетной величине располагаемого циркуляционного давления удовлетворяется равенство:

$$5\% \leq \frac{\Delta p_p - (R \cdot l + Z)}{\Delta p_p} \cdot 100\% \leq 10\%. \quad (6.1)$$

Гидравлический расчет произведен для двух циркуляционных колец. Рассчитываемое кольцо разбиваем по ходу движения теплоносителя на отдельные расчетные участки с неизменным расходом теплоносителя и постоянным диаметром.

Расчет ведется в следующем порядке:

1. Определим необходимый расход теплоносителя на участке

$$G = \frac{3.6 \cdot Q}{c \cdot (t_2 - t_0)}, \frac{\text{кг}}{\text{ч}} \quad (6.2)$$

где  $Q$  – расчетный расход тепла на участке, Вт;

$t_2$  и  $t_0$  – параметры теплоносителя в системе отопления (95 и 70 °С);

$c = 4.1868 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}$ , теплоемкость воды.

2. По найденным значениям  $R_{op}^{cp.yd}$  и  $G$ , пользуясь таблицей для гидравлического расчета систем водяного отопления, определим ориентировочный диаметр трубопровода и примем ближайший по стандарту. Далее по принятому диаметру и известному расходу определим фактическое значение удельного сопротивления  $R$  и скорости  $v$ .

$$R = AG^2 = \frac{G^2}{K_m} \frac{\text{м. вод. ст}}{\text{м}}, \quad (6.3)$$

где  $A$  - удельное сопротивление, зависящее от диаметра и шероховатости стенок,  $\text{с}^2/\text{л}^6$ ;

$K_m$ - удельная характеристика трубопровода,  $\text{л}^6/\text{с}^2$ ;

$G$  - расход воды,  $\text{л}/\text{с}$ .

Таблица 9 – Удельная гидравлическая характеристика стальных трубопроводов

Диаметр условного прохода, мм	Диаметр наружный, мм	Толщина стенки, мм	Удельная характеристика трубопровода
15	21,3	2,5	0,18
20	26,8	2,5	0,926
25	33,5	2,8	3,65
32	42,3	2,8	16,5
40	48	3,0	34,5
50	60	3,0	135
65	75,5	3,2	517
80	88,5	3,5	1262
90	101	3,5	2725
100	114	4,0	5205
125	140	4,0	16940
150	165	4,0	43000

3. Определим динамическое давление по формуле:

$$p_d = \frac{\rho \cdot v^2}{2}. \quad (6.4)$$

4. Определим коэффициенты местных сопротивлений на рассчитываемых участках. Сопротивления тройников учитываются со стороны долевых расходов и не учитываются с суммарной стороны.

5. Суммарные потери на участке определяются как:

$$\Delta p = RL + Z, \quad (6.5)$$

где  $RL$ -потери на трение;  $Z$ -потери на местные сопротивления;  $L$ -расчетная длина участка.

Потери на местные сопротивления определяются в долях динамического напора по формуле:

$$Z = \sum \zeta \frac{\rho \cdot v^2}{2}, \quad (6.6)$$

где  $\sum \zeta$ - суммарный коэффициент местного сопротивления на участке.



Таблица 10 – Коэффициенты местных сопротивлений (кольцо 1)

№ участка	Местное сопротивление	Коэффициент местного сопротивления $\zeta$
Циркуляционное кольцо 1 Подающий трубопровод		
1	Вентиль регулирующий Ду 15	2
	Отвод гнутый 90° (3 шт.)	4,5
	Радиатор	4,3
$\Sigma\zeta$		<b>10,8</b>
2	Тройник в проходе при делении потоков $G_{пр}/G_{сб}=0,34$	2,1
	$\Sigma\zeta$	
3	Тройник в проходе при делении потоков $G_{пр}/G_{сб}=0,44$	1
	$\Sigma\zeta$	
4	Тройник в проходе при делении потоков $G_{пр}/G_{сб}=0,4$	1
	Отвод гнутый 90° (4 шт.)	6
	Внезапное расширение	0,5
$\Sigma\zeta$		<b>7,5</b>
5	Тройник в проходе при делении потоков $G_{пр}/G_{сб}=0,84$	0,2
	Отвод гнутый 90°	1,5
$\Sigma\zeta$		<b>1,7</b>
6	Тройник в проходе при делении потоков $G_{пр}/G_{сб}=0,93$	0,2
	$\Sigma\zeta$	
7	Отвод гнутый 90° (2 шт.)	3
	Тройник в проходе при делении потоков $G_{пр}/G_{сб}=0,87$	0,2
	Вентиль	2
$\Sigma\zeta$		<b>5,2</b>
Циркуляционное кольцо 1 Обратный трубопровод		
1	Вентиль запорный Ду 15	2
	Отвод гнутый 90° (3 шт.)	4,5
$\Sigma\zeta$		<b>6,5</b>
2	Тройник в проходе при слиянии потоков $G_{пр}/G_{сб}=0,34$	8,8
	$\Sigma\zeta$	

Продолжение таблицы 10

№ участка	Местное сопротивление	Коэффициент местного сопротивления $\zeta$
3	Тройник в проходе при слиянии	5,2

	потоков $G_{пр}/G_{сб}=0,44$	
	$\sum \zeta$	<b>5,2</b>
4	Тройник в проходе при слиянии потоков $G_{пр}/G_{сб}=0,4$	5,2
	Отвод гнутый 90° (4 шт.)	6
	Внезапное сужение	0,5
	$\sum \zeta$	<b>11,7</b>
5	Тройник в проходе при слиянии потоков $G_{пр}/G_{сб}=0,84$	0,6
	Отвод гнутый 90°	1,5
	$\sum \zeta$	<b>2,1</b>
6	Тройник в проходе при слиянии потоков $G_{пр}/G_{сб}=0,93$	0,5
	$\sum \zeta$	<b>0,5</b>
7	Отвод гнутый 90° (2 шт.)	3
	Тройник в проходе при слиянии потоков $G_{пр}/G_{сб}=0,87$	0,5
	Вентиль	2
	$\sum \zeta$	<b>5,5</b>

Таблица 11 – Коэффициенты местных сопротивлений (кольцо 2)

№ участка	Местное сопротивление	Коэффициент местного сопротивления $\zeta$
Циркуляционное кольцо 2		
Подающий трубопровод		
1'	Вентиль регулирующий Ду 15	2
	Отвод гнутый 90° (4 шт.)	6
	Радиатор	4,3
	$\sum \zeta$	<b>12,3</b>
2'	Тройник в проходе при делении потоков $G_{пр}/G_{сб}=0,62$	0,4
	$\sum \zeta$	<b>0,4</b>
3'	Тройник в проходе при делении потоков $G_{пр}/G_{сб}=0,72$	0,3
	$\sum \zeta$	<b>0,3</b>

Продолжение таблицы 11

№ участка	Местное сопротивление	Коэффициент местного сопротивления $\zeta$
-----------	-----------------------	--

4'	Тройник в проходе при делении потоков $G_{пр}/G_{сб}=0,76$	0,2
	Отвод гнутый 90 ° (1 шт.)	1,5
$\Sigma \zeta$		<b>1,7</b>
5'	Тройник в проходе при делении потоков $G_{пр}/G_{сб}=0,81$	0,2
	$\Sigma \zeta$	<b>0,2</b>
6'	Тройник в проходе при делении потоков $G_{пр}/G_{сб}=0,84$	0,2
	Отвод гнутый 90 ° (4 шт.)	6
	Внезапное расширение	0,5
$\Sigma \zeta$		<b>6,7</b>
7'	Тройник в проходе при делении потоков $G_{пр}/G_{сб}=0,7$	0,3
	$\Sigma \zeta$	<b>0,3</b>
8'	Тройник в проходе при делении потоков $G_{пр}/G_{сб}=0,77$	0,2
	$\Sigma \zeta$	<b>0,2</b>
9'	Отвод гнутый 90 ° (2 шт.)	3
	Тройник в проходе при делении потоков $G_{пр}/G_{сб}=0,78$	0,2
	Вентиль	2
$\Sigma \zeta$		<b>5,2</b>
Циркуляционное кольцо 2		
Обратный трубопровод		
1'	Вентиль запорный Ду 15	2
	Отвод гнутый 90 ° (4 шт.)	6
$\Sigma \zeta$		<b>8</b>
2'	Тройник в проходе при слиянии потоков $G_{пр}/G_{сб}=0,62$	2,1
	$\Sigma \zeta$	<b>2,1</b>
3'	Тройник в проходе при слиянии потоков $G_{пр}/G_{сб}=0,72$	1,4
	$\Sigma \zeta$	<b>1,4</b>
4'	Тройник в проходе при слиянии потоков $G_{пр}/G_{сб}=0,76$	0,6
	Отвод гнутый 90 ° (1 шт.)	1,5
$\Sigma \zeta$		<b>2,1</b>

Продолжение таблицы 11

№	Местное сопротивление	Коэффициент местного
---	-----------------------	----------------------

участка		сопротивления $\zeta$
5'	Тройник в проходе при слиянии потоков $G_{пр}/G_{сб}=0,81$	0,6
$\Sigma\zeta$		<b>0,6</b>
6'	Тройник в проходе при слиянии потоков $G_{пр}/G_{сб}=0,84$	0,6
	Отвод гнутый 90° (4 шт.)	6
	Внезапное сужение	0,5
$\Sigma\zeta$		<b>7,1</b>
7'	Тройник в проходе при слиянии потоков $G_{пр}/G_{сб}=0,7$	1,4
$\Sigma\zeta$		<b>1,4</b>
8'	Тройник в проходе при слиянии потоков $G_{пр}/G_{сб}=0,77$	0,6
$\Sigma\zeta$		<b>0,6</b>
9'	Отвод гнутый 90° (2 шт.)	3
	Тройник в проходе при слиянии потоков $G_{пр}/G_{сб}=0,78$	0,6
	Вентиль	2
$\Sigma\zeta$		<b>5,6</b>

Таблица 12 – Коэффициенты местных сопротивлений (кольцо 3)

№ участка	Местное сопротивление	Коэффициент местного сопротивления $\zeta$
Циркуляционное кольцо 3		
Подающий трубопровод		
1''	Вентиль регулирующий Ду 15	2
	Радиатор	4,3
$\Sigma\zeta$		<b>6,3</b>
2''	Тройник в проходе при делении потоков $G_{пр}/G_{сб}=0,53$	0,6
	Отвод гнутый 90° (1 шт.)	1,5
$\Sigma\zeta$		<b>2,1</b>
3''	Тройник в проходе при делении потоков $G_{пр}/G_{сб}=0,39$	1
	Внезапное расширение	0,5
$\Sigma\zeta$		<b>1,5</b>

Продолжение таблицы 12

№	Местное сопротивление	Коэффициент местного
---	-----------------------	----------------------

участка		сопротивления $\zeta$
4''	Отвод гнутый 90° (3 шт.)	4,5
	Тройник в проходе при делении потоков $G_{пр}/G_{сб}=0,63$	0,4
	Вентиль	2
$\Sigma\zeta$		<b>6,9</b>
Циркуляционное кольцо 3		
Обратный трубопровод		
1''	Вентиль запорный Ду 15	2
$\Sigma\zeta$		<b>2</b>
2''	Тройник в проходе при слиянии потоков $G_{пр}/G_{сб}=0,53$	3,2
	Отвод гнутый 90° (1 шт.)	1,5
$\Sigma\zeta$		<b>4,7</b>
3''	Тройник в проходе при слиянии потоков $G_{пр}/G_{сб}=0,39$	5,2
	Внезапное сужение	0,5
$\Sigma\zeta$		<b>5,7</b>
4''	Отвод гнутый 90° (3 шт.)	4,5
	Тройник в проходе при слиянии потоков $G_{пр}/G_{сб}=0,63$	2,1
	Вентиль	2
$\Sigma\zeta$		<b>8,6</b>

Таблица 13 – Коэффициенты местных сопротивлений (кольцо 4)

№ участка	Местное сопротивление	Коэффициент местного сопротивления $\zeta$
Подающий трубопровод		
1'''	Вентиль регулирующий Ду 15	2
	Отвод гнутый 90° (1 шт.)	1,5
	Радиатор	4,3
$\Sigma\zeta$		<b>7,8</b>
2'''	Тройник в проходе при делении потоков $G_{пр}/G_{сб}=0,5$	0,6
$\Sigma\zeta$		<b>0,6</b>
3'''	Тройник в проходе при делении потоков $G_{пр}/G_{сб}=0,67$	0,3
$\Sigma\zeta$		<b>0,3</b>

Продолжение таблицы 13

№ участка	Местное сопротивление	Коэффициент местного сопротивления $\zeta$
4'''	Отвод гнутый 90° (4 шт.)	6
	Тройник в проходе при делении потоков $G_{пр}/G_{сб}=0,75$	0,2
	Вентиль	2
$\Sigma\zeta$		<b>8,2</b>
Циркуляционное кольцо 4		
Обратный трубопровод		
1'''	Вентиль запорный Ду 15	2
	Отвод гнутый 90° (1 шт.)	1,5
$\Sigma\zeta$		<b>3,5</b>
2'''	Тройник в проходе при слиянии потоков $G_{пр}/G_{сб}=0,5$	3,2
$\Sigma\zeta$		<b>3,2</b>
3'''	Тройник в проходе при слиянии потоков $G_{пр}/G_{сб}=0,67$	1,4
$\Sigma\zeta$		<b>1,4</b>
4'''	Отвод гнутый 90° (4 шт.)	6
	Тройник в проходе при слиянии потоков $G_{пр}/G_{сб}=0,75$	0,6
	Вентиль	2
$\Sigma\zeta$		<b>8,6</b>

Таблица 14 – Коэффициенты местных сопротивлений (кольцо 5)

№ участка	Местное сопротивление	Коэффициент местного сопротивления $\zeta$
Циркуляционное кольцо 5		
Подающий трубопровод		
1''''	Вентиль регулирующий Ду 15	2
	Отвод гнутый 90° (1 шт.)	1,5
	Радиатор	4,3
$\Sigma\zeta$		<b>7,8</b>
2''''	Тройник в проходе при делении потоков $G_{пр}/G_{сб}=0,46$	0,6
	Отвод гнутый 90° (1 шт.)	1,5
$\Sigma\zeta$		<b>2,1</b>
3''''	Тройник в проходе при делении потоков $G_{пр}/G_{сб}=0,31$	2,1
$\Sigma\zeta$		<b>2,1</b>

Продолжение таблицы 14

№ участка	Местное сопротивление	Коэффициент местного сопротивления $\zeta$
4''''	Тройник в проходе при делении потоков $G_{гр}/G_{сб}=0,74$	0,2
	Отвод гнутый $90^\circ$ (4 шт.)	6
$\Sigma \zeta$		<b>6,2</b>
5''''	Тройник в проходе при делении потоков $G_{гр}/G_{сб}=0,94$	0,2
	Отвод гнутый $90^\circ$	1,5
	Внезапное расширение	0,5
$\Sigma \zeta$		<b>2,2</b>
6''''	Отвод гнутый $90^\circ$ (5 шт.)	7,5
	Тройник в проходе при делении потоков $G_{гр}/G_{сб}=0,73$	0,3
	Вентиль	2
$\Sigma \zeta$		<b>9,8</b>
Циркуляционное кольцо 5		
Обратный трубопровод		
1''''	Вентиль запорный Ду 15	2
	Отвод гнутый $90^\circ$ (1 шт.)	1,5
$\Sigma \zeta$		<b>3,5</b>
2''''	Тройник в проходе при слиянии потоков $G_{гр}/G_{сб}=0,46$	3,2
	Отвод гнутый $90^\circ$ (1 шт.)	1,5
$\Sigma \zeta$		<b>4,7</b>
3''''	Тройник в проходе при слиянии потоков $G_{гр}/G_{сб}=0,31$	8,8
$\Sigma \zeta$		<b>8,8</b>
4''''	Тройник в проходе при слиянии потоков $G_{гр}/G_{сб}=0,74$	1,4
	Отвод гнутый $90^\circ$ (4 шт.)	6
$\Sigma \zeta$		<b>7,4</b>
5''''	Тройник в проходе при слиянии потоков $G_{гр}/G_{сб}=0,94$	0,5
	Отвод гнутый $90^\circ$	1,5
	Внезапное сужение	0,5
$\Sigma \zeta$		<b>2,5</b>
6''''	Отвод гнутый $90^\circ$ (5 шт.)	7,5
	Тройник в проходе при слиянии потоков $G_{гр}/G_{сб}=0,73$	1,4
	Вентиль	2
$\Sigma \zeta$		<b>10,9</b>

Таблица 15 - Гидравлический расчет циркуляционных колец

№ участка	Q, Вт	G, кг/ч	d, мм	v, м/с	$\Sigma \zeta$	R, Па/м	l, м	$\rho_d$ , Па	Z, Па	R·l, Па	(R·l+z), Па
1	237	8,15	15	0,01	10,8	0,28	1,8	0,08	0,86	0,51	1,37
2	690	23,73	15	0,04	2,1	2,41	3	0,68	1,42	7,24	8,66
3	1558,5	53,60	15	0,08	1	12,32	4,6	3,45	3,45	56,65	60,10
4	3914	134,61	15	0,21	7,5	77,68	6,2	21,74	163,03	481,59	644,61
5	4676	160,82	20	0,14	1,7	21,55	2,4	9,82	16,69	51,72	68,41
6	5019	172,61	20	0,15	0,2	24,83	2,7	11,31	2,26	67,03	69,30
7	5792	199,20	20	0,18	5,2	33,06	6	15,06	78,32	198,39	276,70
7	5792	199,20	20	0,18	5,5	33,06	6	15,06	82,84	198,39	281,22
6	5019	172,61	20	0,15	0,5	24,83	2,7	11,31	5,65	67,03	72,69
5	4676	160,82	20	0,14	2,1	21,55	2,4	9,82	20,61	51,72	72,33
4	3914	134,61	15	0,21	11,7	77,68	6,2	21,74	254,32	481,59	735,91
3	1558,5	53,60	15	0,08	5,2	12,32	4,6	3,45	17,92	56,65	74,57
2	690	23,73	15	0,04	8,8	2,41	3	0,68	5,94	7,24	13,19
1	237	8,15	15	0,01	6,5	0,28	1,8	0,08	0,52	0,51	1,03
<b><math>\Sigma(R \cdot l + z)</math>, Па</b>											2380,10
1'	908	31,23	15	0,05	12,3	4,18	4,7	1,17	14,39	19,65	34,04
2'	1474	50,69	15	0,08	0,4	11,02	2,6	3,08	1,23	28,64	29,88
3'	2040	70,16	15	0,11	0,3	21,10	2,6	5,90	1,77	54,86	56,63
4'	2691	92,55	15	0,15	1,7	36,72	5,8	10,27	17,47	212,96	230,43
5'	3342	114,94	15	0,18	0,2	56,63	5,2	15,85	3,17	294,48	297,65
6'	3993	137,33	15	0,22	6,7	80,84	5,9	22,62	151,57	476,97	628,55

Продолжение таблицы 15



№ участка	Q, Вт	G, кг/ч	d, мм	v, м/с	$\Sigma\zeta$	R, Па/м	l, м	p <sub>д</sub> , Па	Z, Па	R·l, Па	(R·l+z), Па
7'	5724	196,8 6	20	0,17	0,3	32,29	3,4	14,7 1	4,41	109,7 9	114,21
8'	7455	256,3 9	20	0,23	0,2	54,78	3,1	24,9 5	4,99	169,8 1	174,80
9'	9592	329,8 9	20	0,29	5,2	90,68	20	41,3 1	214,79	1813,64	2028,43
9'	9592	329,8 9	20	0,29	5,6	90,68	20	41,3 1	231,31	1813,64	2044,96
8'	7455	256,3 9	20	0,23	0,6	54,78	3,1	24,9 5	14,97	169,8 1	184,78
7'	5724	196,8 6	20	0,17	1,4	32,29	3,4	14,7 1	20,59	109,7 9	130,39
6'	3993	137,3 3	15	0,22	7,1	80,84	5,9	22,6 2	160,62	476,97	637,59
5'	3342	114,9 4	15	0,18	0,6	56,63	5,2	15,8 5	9,51	294,48	303,99
4'	2691	92,55	15	0,15	2,1	36,72	5,8	10,2 7	21,58	212,96	234,54
3'	2040	70,16	15	0,11	1,4	21,10	2,6	5,90	8,27	54,86	63,13
2'	1474	50,69	15	0,08	2,1	11,02	2,6	3,08	6,47	28,64	35,12
1'	908	31,23	15	0,05	8	4,18	4,7	1,17	9,36	19,65	29,01
<b><math>\Sigma(R \cdot l + z), \text{ Па}</math></b>											7258,1 1
№ участка	Q, Вт	G, кг/ч	d, мм	v, м/с	$\Sigma\zeta$	R, Па/м	l, м	p <sub>д</sub> , Па	Z, Па	R·l, Па	(R·l+z), Па
1''	584	20,09	15	0,03	6,3	1,73	1	0,48	3,05	1,73	4,78
2''	1105	38,00	15	0,06	2,1	6,19	3	1,73	3,64	18,57	22,21
3''	2830 ,5	97,35	15	0,15	1,5	40,62	6,2	11,3 7	17,05	251,86	268,91
4''	4526	155,6 6	20	0,14	6,9	20,19	6	9,20	63,46	121,14	184,60
4''	4526	155,6 6	20	0,14	8,6	20,19	6	9,20	79,09	121,14	200,23
3''	2830 ,5	97,35	15	0,15	5,7	40,62	6,2	11,3 7	64,80	251,86	316,66

Продолжение таблицы 15

№ участ ка	Q, Вт	G, кг/ч	d, мм	v, м/с	$\Sigma \zeta$	R, Па/м	l, м	$\rho_d$ , Па	Z, Па	R·l, Па	(R·l+z ) Па
2''	1105	38,00	15	0,06	4,7	6,19	3	1,73	8,14	18,57	26,72
1''	584	20,09	15	0,03	2	1,73	1	0,48	0,97	1,73	2,70
<b><math>\Sigma(R \cdot l + z)</math>, Па</b>											1026,80
1'''	238	8,19	15	0,01	7,8	0,29	4, 8	0,08	0,63	1,38	2,01
2'''	476	16,37	15	0,03	0,6	1,15	3, 8	0,32	0,19	4,37	4,56
3'''	714	24,56	15	0,04	0,3	2,58	4, 4	0,72	0,22	11,37	11,59
4'''	952	32,74	15	0,05	8,2	4,60	8	1,29	10,5 4	36,76	47,31
4'''	952	32,74	15	0,05	8,6	4,60	8	1,29	11,0 6	36,76	47,82
3'''	714	24,56	15	0,04	1,4	2,58	4, 4	0,72	1,01	11,37	12,39
2'''	476	16,37	15	0,03	3,2	1,15	3, 8	0,32	1,03	4,37	5,39
1'''	238	8,19	15	0,01	3,5	0,29	4, 8	0,08	0,28	1,38	1,66
<b><math>\Sigma(R \cdot l + z)</math>, Па</b>											132,72
1''''	389	13,38	15	0,02	7,8	0,77	3, 5	0,21	1,67	2,69	4,36
2''''	842	28,96	15	0,05	2,1	3,59	3, 7	1,01	2,11	13,30	15,41
3''''	2744	94,37	15	0,15	2,1	38,18	6	10,6 8	22,4 4	229,0 7	251,50
4''''	3695	127,0 8	15	0,20	6,2	69,23	5, 1	19,3 7	120, 11	353,0 5	473,16
5''''	3911	134,5 1	15	0,21	2,2	77,56	6, 7	21,7 0	47,7 5	519,6 3	567,37
6''''	5341	183,6 9	20	0,16	9,8	28,12	12	12,8 1	125, 51	337,3 9	462,89
6''''	5341	183,6 9	20	0,16	10, 9	28,12	12	12,8 1	139, 59	337,3 9	476,98
5''''	3911	134,5 1	15	0,21	2,5	77,56	6, 7	21,7 0	54,2 6	519,6 3	573,89
4''''	3695	127,0 8	15	0,20	7,4	69,23	5, 1	19,3 7	143, 35	353,0 5	496,41
3''''	2744	94,37	15	0,15	8,8	38,18	6	10,6 8	94,0 2	229,0 7	323,08

Продолжение таблицы 15

№ участка	Q, Вт	G, кг/ч	d, мм	v, м/с	$\sum \zeta$	R, Па/м	l, м	$\rho_d$ , Па	Z, Па	R·l, Па	(R·l+z), Па
2''''	842	28,96	15	0,05	4,7	3,59	3,7	1,01	4,73	13,30	18,03
1''''	389	13,38	15	0,02	3,5	0,77	3,5	0,21	0,75	2,69	3,44
$\sum(R \cdot l + z), \text{ Па}$											3666,53

Гидравлическая увязка производится посредством балансировочных клапанов.

## 7. Вентиляция

### 7.1. Параметры наружного и внутреннего воздуха

Установки для систем вентиляции по степени обеспечения заданного микроклимата в помещении согласно СНиП подразделяются в зависимости от расчётных параметров наружного воздуха на три группы: А, Б, В.

Для теплого периода расчётной температурой наружного воздуха являются: для группы А ( $t_a^T$ ) – средняя температура самого жаркого месяца в полдень; для группы В ( $t_B^T$ ) – максимальное значение температуры, которое было зарегистрировано за весь период наблюдений в данном географическом пункте; для группы Б ( $t_6^T$ ) – среднее значение из указанных выше температур

$$t_6^T = \frac{t_a^T + t_B^T}{2}. \quad (7.1)$$

Для холодного периода расчётной температурой наружного воздуха являются: для группы А ( $t_a^x$ ) – средняя температура самого холодного месяца в полдень; для группы Б ( $t_6^x$ ) – расчётная температура для проектирования отопления (средняя температура за пять наиболее холодных суток подряд); для группы В ( $t_B^x$ ) – минимальное значение температуры, которое зарегистрировано за весь период в данном географическом пункте.

Расчёт систем вентиляции воздуха для основной категории производственных помещений производится на расчётную температуру по группе Б, обеспечивающую «нормальное» состояние воздушной среды в помещении с отклонениями в экстремальных летних и зимних условиях.

Численные значения расчётных параметров наружного воздуха для конкретного региона принимаются по климатологическим данным в соответствии со СНиП.

Расчётная температура внутреннего воздуха в рабочей зоне помещения выбирается в зависимости от характеристики помещения и категории выполняемых работ.

Рабочей зоной считается пространство высотой до двух метров над уровнем пола или площадкой обслуживания, на котором находится рабочее место.

Постоянным рабочим местом считается то место, где работающий находится большую часть (более 50% или более двух часов непрерывно) своего рабочего времени.

При определении расчётных метеорологических условий в помещении учитываются способность человеческого организма к акклиматизации в разное время года, интенсивность производимой работы и характер тепловыделений в рабочем помещении.

Параметры воздуха нормируются в зависимости от периода года. Различают три периода года: холодный, тёплый и переходный. Переходным считается период, когда средняя температура наружного воздуха составляет +8 °С.

*Таблица 16 – Расчётные параметры наружного воздуха*

Период	Температура	Средняя
--------	-------------	---------

года	по группе Б t, °С	относительная влажность φ, %
теплый	23,0	71
холодный	- 33,0	83

Таблица 17 – Расчетные параметры внутреннего воздуха в рабочей зоне

Период года	Температура, °С	Относительная влажность, φ, %	Скорость воздуха не более, м/с
Холодный и переходный периоды года	17 - 19	40 - 60	0,3
Теплый период года	20 - 22	40 - 60	0,4

## 7.2. Расчет воздухообмена

Все оборудование, установленное в основном здании, имеет существующие системы местных отсосов и тепловую изоляцию. Системы местных отсосов позволяют удалить избыточные тепловыделения от установленного в основном здании оборудования. Таким образом, в выпускной квалификационной работе для основного здания рассмотрена общеобменная приточно-вытяжная механическая вентиляция для обеспечения требуемых параметров микроклимата без учета тепловыделений от технологического оборудования. Теплоступления от освещения могут быть рассчитаны как:

$$Q_{oc} = F \cdot q_{oc} \cdot k_B, \text{ Вт}, \quad (7.2)$$

где  $F$  – поверхность пола в помещении, м<sup>2</sup>;

$q_{oc} = 40 \text{ Вт/м}^2$  – норма освещённости 1м<sup>2</sup> в соответствии со СНиП;

$k_B$  – коэффициент одновременности работы осветительных установок (для теплого периода – 0,6, для холодного – 1).

Таблица 18 – Теплопоступления от освещения

№ помещения	Наименование помещения	F, м <sup>2</sup>	Q <sub>ос</sub> , Вт	
			ТП	ХП
1	Склад	33,5	804	1340
2	Слесарное отделение	35,4	849,6	1416
3	Кузовное отделение	170,6	4094,4	6824
4	Склад	6,2	148,8	248
5	Сход-развал	8,2	196,8	328
6	Склад	6,4	153,6	256
7	Комната отдыха персонала	7,0	168	280
8	Туалет	1,8	43,2	72
9	Душевая	2,0	48	80
10	Склад	5,4	129,6	216
11	Шиномонтаж	36,7	880,8	1468
12	Склад	5,4	129,6	216
13	Коридор-тамбур	17,9	429,6	716
14	Тамбур	5,6	134,4	224
15	Тамбур	10,7	256,8	428

Теплопоступления от обслуживающего персонала для холодного и тёплого периодов года рассчитываются из выражения:

$$Q_{ол} = m \left[ Q_{явн} + \frac{r \cdot W_{п}}{1000} \right] \cdot \frac{1}{3,6}, \text{ Вт}, \quad (7.3)$$

где  $m$  – число работников;

$Q_{явн}$  – явные тепловыделения от одного человека, кДж/ч;

$r = 2250$  кДж/кг – скрытая теплота парообразования;

$W_{п}$  – влаговыделения от одного человека, г/ч.

Численные значения  $Q_{явн}$  и  $W_{п}$  определяются в соответствии со СНиП в зависимости от температуры воздуха внутри помещения и степени тяжести труда: для теплого периода  $Q_{явн} = 310$  кДж/ч,  $W_{п} = 172$  г/ч; для холодного периода  $Q_{явн} = 335$  кДж/ч,  $W_{п} = 160$  г/ч

Таблица 19 – Теплопоступления от персонала

№ помещения	Наименование помещения	м, чел	F, м <sup>2</sup>	Q <sub>оп</sub> , Вт	
				ТП	ХП
1	Склад	1	33,5	193	194
2	Слесарное отделение	5	35,4	965	968
3	Кузовное отделение	5	170,6	965	968
4	Склад	1	6,2	193	194
5	Сход-развал	4	8,2	772	774
6	Склад	1	6,4	193	194
7	Комната отдыха персонала	5	7,0	965	968
8	Туалет	0	1,8	0	0
9	Душевая	0	2,0	0	0
10	Склад	2	5,4	386	387
11	Шиномонтаж	4	36,7	772	774
12	Склад	1	5,4	193	194
13	Коридор-тамбур	0	17,9	0	0
14	Тамбур	0	5,6	0	0
15	Тамбур	0	10,7	0	0

Теплопоступления через внешние ограждения извне за счёт более высокой температуры наружного воздуха при проектировании систем вентиляции рассчитываются для тёплого периода в том случае, если расчётная температура наружного воздуха превышает расчётную температуру воздуха внутри помещения на 5°C и более, то есть  $t_H^T - t_B^T \geq 5^\circ\text{C}$

$$Q_{\text{огр}} = F_{\text{огр}} \cdot k_{\text{огр}} \cdot (t_H^T - t_B^T), \text{Вт}, \quad (7.4)$$

где  $F_{\text{огр}}$  – поверхность внешнего ограждения за вычетом поверхности остекления,

м<sup>2</sup>;  $k_{\text{огр}}$  – коэффициент теплопередачи через ограждения, Вт/(м<sup>2</sup> °C);

$t_H^T=23,0^\circ\text{C}$  и  $t_B^T=20^\circ\text{C}$  - соответственно расчётная температура наружного воздуха и воздуха внутри помещения.

В нашем случае  $t_H^T - t_B^T < 5^\circ\text{C}$ , следовательно, теплопоступления через наружные ограждения можно не учитывать.

Таблица 20 – Общий баланс теплоступлений в помещения основного здания

№ помещения	Теплоступления от людей $Q_{оп}$ , Вт	Теплоступления от иск. освещения $Q_{ос}$ , Вт	Теплопотери и через наружные ограждения $Q_{н.огр.}$ , Вт	Суммарные теплопотери $Q$ , Вт
Теплый период				
1	193	804	0	997
2	965	849,6	0	1814,6
3	965	4094,4	0	5059,4
4	193	148,8	0	341,8
5	772	196,8	0	968,8
6	193	153,6	0	346,6
7	965	168	0	1133
8	0	43,2	0	43,2
9	0	48	0	48
10	386	129,6	0	515,6
11	772	880,8	0	1652,8
12	193	129,6	0	322,6
13	0	429,6	0	429,6
14	0	134,4	0	134,4
15	0	256,8	0	256,8
Сумма				14064,2
Холодный период				
1	194	1340	1953	-419
2	968	1416	1132	1252
3	968	6824	5192	2600
4	194	248	126	316
5	774	328	343	759
6	194	256	762	-312
7	968	280	647	601
8	0	72	57	15
9	0	80	126	-46
10	387	216	216	387
11	774	1468	1737	505
12	194	216	474	-64
13	0	716	908	-192
14	0	224	224	0
15	0	428	1487	-1059
Сумма				4343

Суммарные теплоступления для всех помещений основного здания



составят:

$$\text{ТП: } \sum Q = 14064 \text{ Вт}$$

$$\text{ХП: } \sum Q = 4343 \text{ Вт}$$

В помещения со значительными тепловыделениями объем приточного воздуха, необходимого для поглощения избытков тепла  $G$ , м<sup>3</sup>/ч, рассчитывают по формуле:

$$G = \frac{3600 \cdot Q}{c_p \cdot q \cdot (t_{уд} - t_{пр})}, \quad (7.5)$$

где  $Q$  - теплоизбытки, Вт;

$c_p$  - массовая удельная теплоемкость воздуха (1000 Дж/(кг·°C));  $q$  - плотность приточного воздуха (1,2 кг/м<sup>3</sup>);

$t_{уд} - t_{пр}$  - температура удаляемого и приточного воздуха °C.

$$G = \frac{3600 \cdot 14064.2}{1000 \cdot 1.2 \cdot 6} = 7032.1 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

Воздухообмен, рассчитываемый по норме свежего воздуха на одного человека:

$$G = m \cdot G_H, \quad (7.6)$$

Где  $G_H$  - норма наружного воздуха на одного человека, м<sup>3</sup>/ч;

$m$  - количество работающего персонала, чел.

$$G = 29 \cdot 60 = 1740 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

Максимальный расход воздуха получается при расчете воздухообмена по кратности, его принимают за расчетный.

Таблица 21 - Воздухообмен по кратности для основного здания

№,	Наименование	Кратность	Объем	Количество
----	--------------	-----------	-------	------------

п/п	помещения	воздухообмена, ч <sup>-1</sup>		помещения , м <sup>3</sup>	воздуха, м <sup>3</sup> /ч	
		вытяжка а	приток к		вытяжка а	приток к
1	Склад	2	-	164,5	329,0	0,0
2	Слесарное отделение	6	4	173,8	1042,9	695,3
3	Кузовное отделение	6	4	837,6	5025,9	3350, 6
4	Склад	2	2	30,4	60,9	60,9
5	Сход-развал	4	3	40,3	161,0	120,8
6	Склад	1	-	31,4	31,4	0,0
7	Комната отдыха персонала	4	5	34,4	137,5	171,9
8	Туалет	(50)	-	8,8	100,0	0,0
9	Душевая	(75)		9,8	300,0	0,0
10	Склад	2	2	26,5	53,0	53,0
11	Шиномонтаж	4	3	180,2	720,8	540,6
12	Склад	2	-	26,5	53,0	0,0
13	Коридор-тамбур	-	2	87,9	0,0	175,8
14	Тамбур	-	2	27,5	0,0	55,0
15	Тамбур	-	2	105,1	0,0	105,1
Сумма					8015,4	5328, 8

Таблица 22 - Воздухообмен по кратности для административно-бытового корпуса

№, п/п	Наименование помещения	Кратность воздухообмена, ч <sup>-1</sup>		Объем помещения, м <sup>3</sup>	Количество воздуха, м <sup>3</sup> /ч	
		вытяжка	приток		вытяжка	приток
16	Котельная	2	-	130,6	261,2	0
17	Санузел	50 м <sup>3</sup> /ч (на 1 унитаз)		20,5	50	0

Таблица 22 - Воздухообмен по кратности для административно-бытового корпуса

№, п/п	Наименование помещения	Кратность воздухообмена, ч <sup>-1</sup>		Объем помещения, м <sup>3</sup>	Количество воздуха, м <sup>3</sup> /ч	
		вытяжка	приток		вытяжка	приток
18	Комната отдыха персонала	2	-	49,2	98,4	0
19	Кабинет	2	-	63,0	126,0	0
20	Коридор	1	-	16,4	16,4	0
21	Кабинет	2	-	136,2	272,3	0
22	Санузел	50 м <sup>3</sup> /ч (на 1 унитаз)		20,5	50	0
23	Кабинет	2	-	49,2	98,4	0
24	Кабинет	2	-	63,0	126,0	0
25	Коридор	1	-	16,4	16,4	0
<b>Сумма</b>					<b>1115,1</b>	<b>0</b>

### 7.3. Конструктивное исполнение системы вентиляции

В основном здании функционирует система механической приточной и вытяжной вентиляции. Приточный воздух забирается через воздухозаборную решетку в стене венткамеры, очищается в фильтре и нагревается в калорифере приточной установки П1, по воздуховодам из листовой стали круглого сечения подается сверху вниз через стальные регулируемые решетки РС7. Решетки имеют один ряд горизонтальных поворотных жалюзи. Вытяжная вентиляция представлена системой В1. Удаление воздуха производится крышными вентиляторами, установленными на кровле здания.

В административно-бытовом корпусе запроектирована механическая вытяжная вентиляция, представленная системами В2, В3 и В4. Приток осуществляется через окна.

Для регулирования расхода приточного и вытяжного воздуха в режимах плавного регулирования и «открыто/закрыто» на ответвлениях предусмотрены универсальные воздушные клапаны Регуляр-Л с лючками для обслуживания.

Подробно системы приточной и вытяжной вентиляции представлены в графической части.

Для обеспечения требуемого воздухообмена в основном здании установлена приточная установка П1 производительностью 6300 м<sup>3</sup>/ч.

П1: приточная установка КЦКП

1. Моноблок

$dP_B=151,1$ Па; ВхНхL: 2200х2000х2400мм; m=698кг

1.1. Камера промежуточная

Исп.: базовое; L=2200мм; Сторона обл.: справа;  $dP_B=1,1$ Па; ВхНхL: 2200х2000х2200 мм; m =560 кг

1.2. Фильтр панельный

Индекс: ФВП-III-XX-32-G3; Класс: G3; Материал: винилпластовые сетки;  $dP_B$  загрязн.50%=109Па; Сторона обл.: справа;  $dP_B=150$ Па;

ВхНхL: 2200х2000х250мм; m =138 кг

2. Воздухонагреватель жидкостный

Насос: установлен; Индекс: ВНВ243.1-185-180-02-2,0-04-2; прямоток;  $F_{ТО}=166,5$  м<sup>2</sup>;  $L_B=6300$  м<sup>3</sup>/ч;  $t_{ВН}=-39$ °С;  $t_{ВК}=18$ °С;  $t_{ЖН}=95$ °С;  $t_{ЖК}=39,3$ °С; w=1,1м/с;  $dP_{ж}=15,2$  кПа;

сторона обл.: справа;  $dP_B=53,1$ Па; ВхНхL: 2200х2000х360мм; m =353кг

3. Вентилятор, выхлоп по оси

Индекс: ВР-84-97-9; Выхлоп: по оси; Выхлоп ВхН: 1125х1117мм;  $P_{контд}=205$  Па;  $P_{сеть}=500$ Па;  $L_B=6300$  м<sup>3</sup>/ч;  $P_{полн}=708$  Па;  $V_{вых}=8,84$ м/с;  $n_{рк}=862$ мин<sup>-1</sup>; Гиб.вставка: 1113х1113мм; Эл.двиг: АИР160S6;  $N_y=11$ кВт;  $n_{дв}=970$ мин<sup>-1</sup>; Ремень: SPA-3350; Шкив вент. 3-SPA-315мм; Шкив двиг. 3-SPA-280мм;

$L_{\text{центр}}=1208\text{мм}$ ; Сторона обл.: справа; ВхНхL: 2200х2000х2450мм;  $m =1343\text{кг}$

4. Секция рециркуляции ВхНхL: 2200х2000х1000мм

#### 7.4. Аэродинамический расчет

Аэродинамический расчет воздуховодов начинают с вычерчивания аксонометрической схемы (М 1: 100), проставления номеров участков, их нагрузок  $L$  ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) и длин  $l$  (м). Определяют направление аэродинамического расчета - от наиболее удаленного и нагруженного участка до вентилятора. При сомнениях при определении направления рассчитывают все возможные варианты.

Расчет начинают с удаленного участка: определяют диаметр  $D$  (м) круглого или площадь  $F$  ( $\text{м}^2$ ) поперечного сечения прямоугольного воздуховода.

$$D = \sqrt{\frac{L}{2826 \cdot v_{\text{рек}}}}; F = \frac{L}{3600 \cdot v_{\text{рек}}}. \quad (7.7)$$

Таблица 23 – Рекомендуемые скорости воздуха в системе вентиляции

Назначение зданий	в начале системы	вблизи вентилятора
Административные здания	4...5 м/с	8...12 м/с
Производственные здания	5...6 м/с	10...16 м/с

Скорость растет по мере приближения к вентилятору.

По справочным данным принимают ближайшие стандартные значения:  $D_{\text{ст}}$  или  $(a \times b)_{\text{ст}}$  (м).

Фактическая скорость (м/с):

$$v_{\text{факт}} = \frac{L}{2826 \cdot D_{\text{ст}}^2}. \quad (7.8)$$

$$v_{\text{факт}} = \frac{L}{3600 \cdot (a \cdot b)_{\text{ст}}}. \quad (7.9)$$

Гидравлический радиус прямоугольных воздуховодов (м):

$$D_L = \frac{2 \cdot a \cdot b}{a + b} \quad (7.10)$$

Критерий Рейнольдса:

$$Re=64100 \cdot D_{ст} \cdot v_{факт} \text{ (для прямоугольных воздуховодов } D_{ст}=D_L).$$

Коэффициент гидравлического трения:  $\lambda=0,3164 Re^{-0,25}$  при  $Re \leq 60000$ ,  $\lambda=0,1266 Re^{-0,167}$  при  $Re > 60000$ .

Потери давления на расчетном участке (Па):

$$\Delta p = \left[ \frac{\lambda \cdot l}{D_{ст}} + \sum \zeta \right] \cdot 0,6 \cdot v_{факт}^2, \quad (7.11)$$

где  $\sum \zeta$  – сумма коэффициентов местных сопротивлений на участке воздуховодов.

Местные сопротивления на границе двух участков (тройники, крестовины) относят к участку с меньшим расходом.

Коэффициенты местных сопротивлений даны в табл.24.

Таблица 24 – Коэффициенты местных сопротивлений

№ участков	Наименование местного сопротивления	Коэффициент местного сопротивления
<b>В1</b>		
1	Тройник в проходе	0,2
	Решетка	1,2
	Переход	0,1
$\sum \zeta$		<b>1,5</b>
2	Тройник в проходе	0,2
	Отвод	0,4
$\sum \zeta$		<b>0,6</b>
3	Тройник в проходе	0,2
	Переход	0,1
$\sum \zeta$		<b>0,3</b>
4	Тройник в проходе	0,2
$\sum \zeta$		<b>0,2</b>
5	Тройник в проходе	0,2
$\sum \zeta$		<b>0,2</b>
6	Тройник в проходе	0,2
	Переход	0,1
$\sum \zeta$		<b>0,3</b>
7	Тройник в проходе	0,2
$\sum \zeta$		<b>0,2</b>

Продолжение таблицы 24

№ участков	Наименование местного сопротивления	Коэффициент местного сопротивления
8	Тройник в проходе	0,2
	Отвод	0,4
$\Sigma\zeta$		<b>0,6</b>
9	Тройник в ответвлении	1
	Переход	0,1
$\Sigma\zeta$		<b>1,1</b>
10	Узел прохода	1
$\Sigma\zeta$		<b>1</b>
1'	Тройник в проходе	0,2
	Решетка	1,2
$\Sigma\zeta$		<b>1,4</b>
2'	Тройник в проходе	0,2
	Переход	0,1
$\Sigma\zeta$		<b>0,3</b>
3'	Тройник в проходе	0,2
$\Sigma\zeta$		<b>0,2</b>
4'	Тройник в проходе	0,2
$\Sigma\zeta$		<b>0,2</b>
5'	Тройник в проходе	0,2
$\Sigma\zeta$		<b>0,2</b>
6'	Тройник в проходе	0,2
	Отвод	0,4
$\Sigma\zeta$		<b>0,6</b>
7'	Тройник в ответвлении	1
$\Sigma\zeta$		<b>1</b>
<b>B2</b>		
1	Решетка	1,2
	Тройник в проходе	0,2
$\Sigma\zeta$		<b>1,4</b>
2	Узел прохода	1
$\Sigma\zeta$		<b>1</b>
<b>B3</b>		
1	Решетка	1,2
	Тройник в проходе	0,2
$\Sigma\zeta$		<b>1,4</b>
2	Отвод	0,4
	Тройник в проходе	0,2
$\Sigma\zeta$		<b>0,6</b>
3	Узел прохода	1
$\Sigma\zeta$		<b>1</b>

Продолжение таблицы 24

№ участков	Наименование местного сопротивления	Коэффициент местного сопротивления
<b>В4</b>		
1	Решетка	1,2
	Тройник в проходе	0,2
$\Sigma\zeta$		<b>1,4</b>
2	Отвод	0,4
	Тройник в проходе	0,2
$\Sigma\zeta$		<b>0,6</b>
3	Узел прохода	1
$\Sigma\zeta$		<b>1</b>
<b>П1</b>		
1	Решетка	1,2
	Тройник в проходе	0,2
	Переход	0,1
$\Sigma\zeta$		<b>1,5</b>
2	Тройник в проходе	0,2
$\Sigma\zeta$		<b>0,2</b>
3	Тройник в проходе	0,2
	Переход	0,1
$\Sigma\zeta$		<b>0,3</b>
4	Тройник в проходе	0,2
$\Sigma\zeta$		<b>0,2</b>
5	Тройник в проходе	0,2
$\Sigma\zeta$		<b>0,2</b>
6	Тройник в проходе	0,2
	Отвод	0,4
$\Sigma\zeta$		<b>0,6</b>
7	Тройник в проходе	0,2
$\Sigma\zeta$		<b>0,2</b>
8	Отвод	0,4
	Тройник в проходе	0,2
	Переход	0,1
$\Sigma\zeta$		<b>0,7</b>
9	Отвод	0,4
$\Sigma\zeta$		<b>0,4</b>
1'	Решетка	1,2
	Тройник в проходе	0,2
$\Sigma\zeta$		<b>1,4</b>
2'	Тройник в проходе	0,2
	Переход	0,1
$\Sigma\zeta$		<b>0,3</b>



Продолжение таблицы 24

№ участков	Наименование местного сопротивления	Коэффициент местного сопротивления
3'	Тройник в проходе	0,2
$\Sigma \zeta$		<b>0,2</b>
4'	Тройник в проходе	0,2
$\Sigma \zeta$		<b>0,2</b>
5'	Тройник в проходе	0,2
$\Sigma \zeta$		<b>0,2</b>
6'	Тройник в ответвлении	1
	Отвод	0,4
$\Sigma \zeta$		<b>1,4</b>

Таблица 25 - Аэродинамический расчет вытяжной системы вентиляции

№ участков	Подача $L, \text{ м}^3/\text{ч}$	Длина $l, \text{ м}$	Сечение $a \times b, \text{ м}$	$F, \text{ м}^2$	$v_{\text{ф}}, \text{ м/с}$	$D_{\text{в}}, \text{ мм}$	$Re$	$\lambda$	$K_{\text{inc}}$	Потери на участке $\Delta p,$ $\text{ Па}$
B1										
1	537,5	2,8	200x200	0,04	3,73	200	47852	0,021	0,3	5,01
2	698,5	2,0	250x250	0,0625	3,10	250	49749	0,021	0,2	2,14
3	759,4	1,3	250x250	0,0625	3,38	250	54086	0,021	0,2	2,10
4	790,8	7,2	250x250	0,0625	3,51	250	56323	0,021	0,3	6,61
5	1511,6	4,3	300x300	0,09	4,67	300	89716	0,019	0,2	6,14
6	1564,6	3,4	300x300	0,09	4,83	300	92862	0,019	0,6	11,37
7	1617,6	7,2	300x300	0,09	4,99	300	96008	0,019	1,1	23,14
8	8015,4	2,5	500x500	0,25	8,91	500	285437	0,016	1	51,29
$\Sigma$										121,19
1'	1005,2	2,6	400x400	0,16	1,75	400	44745	0,022	1,4	2,82
2'	2010,4	2,4	400x400	0,16	3,49	400	89491	0,019	0,3	3,02
3'	3015,6	2,8	500x500	0,25	3,35	500	107389	0,018	0,2	2,04
4'	4020,7	2,7	500x500	0,25	4,47	500	143182	0,017	0,2	3,52
5'	5025,9	2,1	500x500	0,25	5,58	500	178978	0,017	0,2	5,06
6'	5354,9	10,1	500x500	0,25	5,95	500	190694	0,017	0,6	19,88
7'	6397,8	4,4	500x500	0,25	7,11	500	227833	0,016	1	34,62
$\Sigma$										122,24

Продолжение таблицы 25

№ участка	Подача $L, \text{м}^3/\text{ч}$	Длина $l, \text{м}$	Сечение $a \times b, \text{м}$	$F, \text{м}^2$	$v_{\text{ф}}, \text{м/с}$	$D_1, \text{мм}$	Re	$\lambda$	$K_{\text{мс}}$	Потери на участке $\Delta p,$ па
B2										
1	50	3	100x100	0,01	1,39	100	8903	0,033	1,4	2,75
2	100	4	100x100	0,01	2,78	100	17806	0,027	1	9,70
										12,45
B3										

Таблица 26 - Аэродинамический расчет приточной системы вентиляции

№ участка	Подача $L, \text{м}^3/\text{ч}$	Длина $l, \text{м}$	Сечение $a \times b, \text{м}$	$F, \text{м}^2$	$v_{\text{ф}}, \text{м/с}$	$D_1, \text{мм}$	Re	$\lambda$	$K_{\text{мс}}$	Потери на участке $\Delta p,$ па
П1										
1	171,9	2,4	200x200	0,04	1,19	200	15304	0,028	1,5	1,57
2	292,7	3,5	250x250	0,0625	1,30	250	20847	0,026	0,2	0,58
3	353,6	2,8	250x250	0,0625	1,57	250	25184	0,025	0,3	0,86
4	458,7	5,3	300x300	0,09	1,42	300	27225	0,025	0,2	0,76
5	999,3	3,9	300x300	0,09	3,08	300	59310	0,020	0,2	2,65
6	1052,3	3,5	300x300	0,09	3,25	300	62456	0,020	0,6	5,28
7	1107,3	2,2	300x300	0,09	3,42	300	65720	0,020	0,2	2,42
8	1283,1	6,3	300x300	0,09	3,96	300	76154	0,019	0,7	10,42
9	5328,8	2	500x500	0,25	5,92	500	189764	0,017	0,4	9,81
										34,35
1'	670,1	2,4	400x400	0,16	1,16	400	29829	0,024	1,4	1,25
2'	1340,2	2,4	400x400	0,16	2,33	400	59658	0,020	0,3	1,37
3'	2010,4	2,7	500x500	0,25	2,23	500	71593	0,020	0,2	0,92
4'	2680,5	3,0	500x500	0,25	2,98	500	95456	0,019	0,2	1,66
5'	3350,6	4,8	500x500	0,25	3,72	500	119319	0,018	0,2	3,10
6'	4045,9	3,0	500x500	0,25	4,50	500	144079	0,017	1,4	18,24
9	5328,8	2	500x500	0,25	5,92	500	189764	0,017	0,4	9,81
										36,35

## 8. Разработка энергосберегающих мероприятий. Подбор индивидуального котельного агрегата для отопления автокомплекса

Суммарная тепловая мощность объекта составляет:

$$Q_{\text{сум}} = 5792 + 9592 + 4526 + 952 + 5341 = 26203 \text{ Вт}$$

Для отопления автокомплекса подбираем водогрейный отопительный котел Viessmann Vitoplex-370.

Водогрейный отопительный котел Viessmann Vitoplex-370 предназначен для нагрева воды, которая используется для отопления. Нагрев воды (теплоносителя) осуществляется за счет тепла, выделяющегося при сжигании топлива.

В горелку поступает топливо – в данном случае газ, и воздух. Воздух подается принудительно, от вентилятора. От искры, подаваемой в горелке, полученная газоздушная смесь воспламеняется. Тепло, выделяемое в топочной камере при горении, отдается через поверхности нагрева теплоносителю – воде, поступающей в котел. В таблице 27 приведены основные технические характеристики котельного агрегата.

Таблица 27 - Основные технические параметры котельного агрегата

Параметры	Обозначение
Давление газа, Па (мм вод.ст.) природного: - номинальное	1274 (130)
- минимальное / максимальное сжиженного: - номинальное	635 (65) / 1764 (180)
- минимальное / максимальное	2940 (300)
Номинальная тепловая мощность, Вт (Ккал/ч)	1960 (200) / 3528 (360)
Расход газа: - природного с плотностью 0,73 кг/м <sup>3</sup> при давлении 1274 Па (130 мм вод. ст.) м <sup>3</sup> /ч, не более	29075 (25000)
- сжиженного с плотностью газовой фазы 2,0 кг/м <sup>3</sup> , при давлении 2940 Па (300 мм вод.ст.) м <sup>3</sup> /ч (кг/ч), не более	3,18
	1,085 (2,17)

Продолжение таблицы 27

Параметры	Обозначение
Разрежение в дымоходе, Па (мм.вод.ст.) Минимальное/максимальное	2,94 (0,3)/29,4 (3,0)
Герметичность газовых коммуникаций, запорного устройства, клапана безопасности, клапана терморегулятора. Допускается утечка воздуха, см <sup>3</sup> /ч, не более	70
Время розжига, с, не более	60
Индекс окиси углерода, об.%, не более	0,05
Диапазон поддержания температуры воды, °С	50-95
Тип горелки	Инжекционный
Наружный диаметр присоединительного патрубка газоотводящего устройства, мм	140±2
Давление воды в системе отопления, кПа, не более	100
Расстояние от пола до оси входного патрубка газопровода, мм	120±5
Расстояние от пола до конца выходного патрубка теплообменника, мм	1050±5
Расстояние от пола до оси входного патрубка теплообменника, мм	292±5
Расстояние от пола до оси входного патрубка змеевика, мм	587±5
Расстояние от пола до оси выходного патрубка змеевика, мм	927±5
Габаритные размеры, мм: высота x ширина x глубина	1050±5 x 420±5 x 480±5

Аппарат выполнен в виде напольного шкафа цилиндрической формы.  
В нижней части аппарата установлен блок управления.

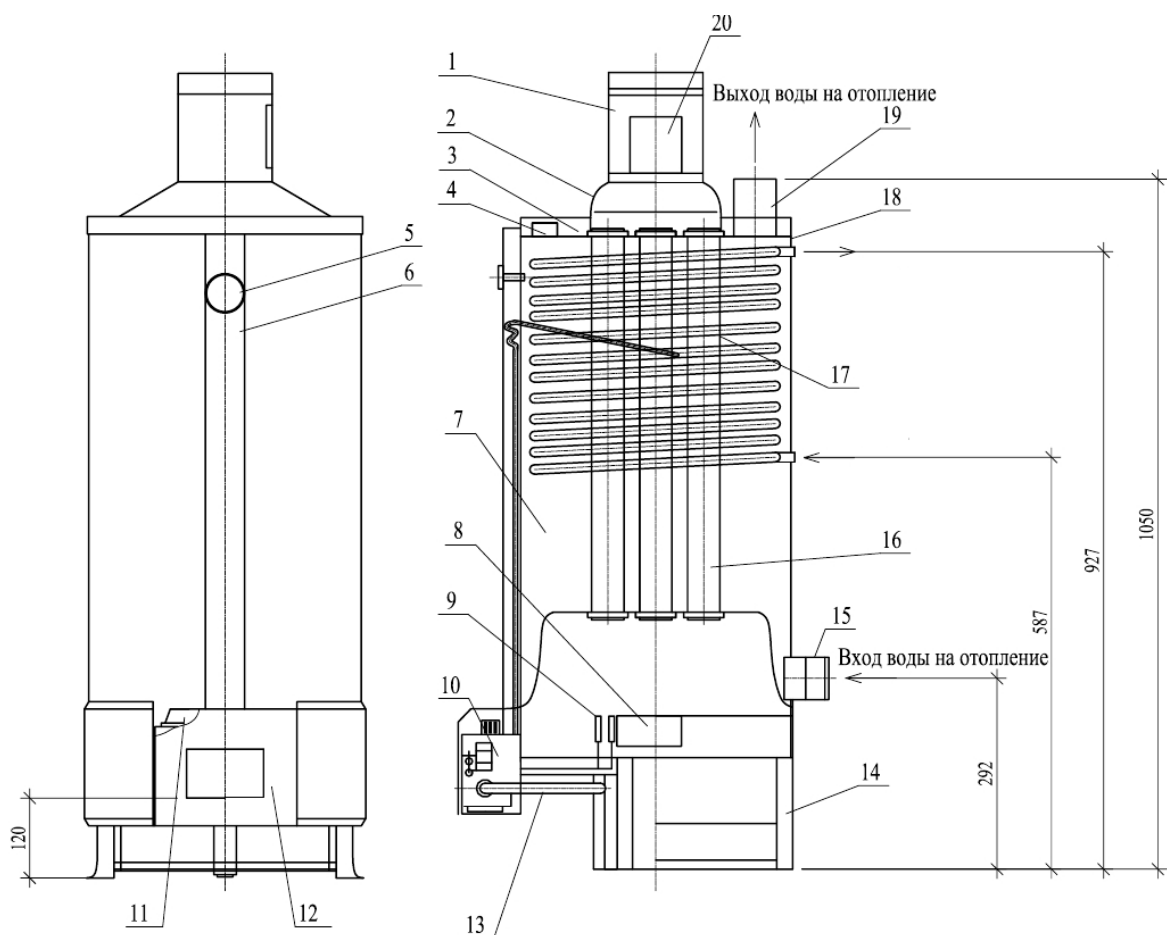


Рисунок 1 - Аппарат комбинированный (отопительный) газовый бытовой Viessmann Vitoplex-370: 1 – тягопрерыватель; 2 - кожух; 3 - автоматика по тяге; 4 - автоматика по перегреву; 5 – термометр; 6 - желоб; 7 - бак-теплообменник; 8 - горелка; 9 - устройство запальное; 10 - блок управления; 11 - зеркало; 12 - кожух блока; 13 – газопровод; 14 – основание; 15 -труба подвода воды из СО; 16 – турбулятор; 17 - термодатчик термостата; 18 - змеевик (для АКГВ-45-3 Комфорт); 19 - труба отвода воды в СО

## **9. Социальная ответственность**

### **9.1. Общие положения**

Корпоративная социальная ответственность – это концепция, в соответствии с которой организации учитывают интересы общества, возлагая на себя ответственность за результаты деловых операций. Это обязательство предполагает, что организации добровольно принимают дополнительные меры для повышения качества жизни работников и их семей, а также местного сообщества и общества в целом.

Индивидуальная социальная ответственность – ответственность человека за результаты своей деятельности (прикладывает усилия, чтобы не наносить вред сотрудникам, предприятию, всему обществу или природе).

Социальная ответственность (корпоративная и индивидуальная) – важная составляющая устойчивого будущего человечества.

Для создания благоприятных условий для высокопроизводительного труда, усиления его творческого характера необходимо всемерное сокращение ручного, малоквалифицированного и тяжелого физического труда путем внедрения мероприятий по охране труда. Вопросам охраны труда уделяется большое внимание во всех промышленно развитых странах.

Охрана труда в нашей стране, согласно ГОСТ 12.0.002-80 [1], определяется как “система законодательных актов, социально-экономических, организационных, технических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда”. При создании системы законодательных актов принимают соответствующие меры, направленные на сохранение здоровья и повышение производительности труда. Меры воздействия могут быть как медицинского, так технического характера. Практически, во всем мире изучение проблем охраны труда проводится по этим двум научным направлениям.

Техническое направление включает рассмотрение вопросов техники безопасности и производственной санитарии. Научной основой технического направления охраны труда является сбор информации и анализ причин несчастных случаев, случаев травматизма на отдельном производстве и в целом по стране. Полученные данные используются для разработки коллективных и индивидуальных мер защиты здоровья работающих от опасных и вредных факторов в процессе труда.

Научной основой медицинского направления охраны труда является сбор информации и анализ состояния здоровья в отдельных коллективах и в целом по стране. Полученные данные позволяют разработать соответствующие медико-профилактические мероприятия.

Критерием оптимальности действий научной и практической служб охраны труда в целом является снижение травматизма и профессиональных заболеваний, надлежащий уровень здоровья работающих и их высокая работоспособность. Соблюдение требований по охране труда может оцениваться как показателями достигнутого экономического эффекта, так и отсутствием экономических потерь.

В целях дальнейшего совершенствования охраны труда в народном хозяйстве Госстандарт совместно с привлечением заинтересованных ведомств разработали единую систему стандартов безопасности труда (ССБТ).

Рассмотрим вопросы охраны труда и безопасности деятельности в помещении, где установлен отопительный котельный агрегат. Вся система запроектирована для работы в автономном режиме, то есть без постоянного присутствия людей. Люди будут находиться в помещении котельной только во время наладки системы автоматизации и технологической системы. В процессе наладки технологической системы и системы автоматизации на человека могут воздействовать такие вредные факторы как: электрический ток, горячие трубопроводы и дымоходы, загазованность, вибрация. В качестве топлива используется природный газ. Температура подаваемой воды от котельного агрегата к системам отопления равна 95°C, температура обратной воды

возвращаемой в котел равна 70°C.

Котельная расположена в помещении 16 административно-бытового корпуса. В помещении расположен водогрейный котёл, обеспечивающий мощность 26 кВт. От котла проведен дымоход для удаления продуктов сгорания. В котельной проведены трубопроводы и газопроводы.

В помещении котельной все оборудование расставлено с учетом «Правил устройства и безопасной эксплуатации паровых котлов с давлением пара не более 0,07 МПа, водогрейных котлов и водоподогревателей с температурой нагрева воды не выше 115°C». Расстояние от фронта котла или выступающих частей топки до противоположной стены котельной для котлов, работающих на жидком или газообразном топливе, должно составлять не менее 1 м.

В проектируемой котельной это требование выполнено. Вблизи стен или колонн обмуровка котлов не должна вплотную примыкать к стене котельного помещения, и отстоять от нее не менее чем на 70 мм. Это условие выполняется.

## **9.2. Источники опасных и вредных веществ**

Определим категорию электроопасности здания. Согласно ПУЭ помещение котельной относится к помещениям с повышенной опасностью. Согласно СП «Проектирование автономных источников теплоснабжения» автономные котельные в части надежности электроснабжения следует относить к электроприемникам не ниже II категории.

Прокладка кабелей питающих и распределительных сетей выполнена в коробах, трубах по СП «Проектирование автономных источников теплоснабжения». Прокладка транзитных кабелей и проводов в помещении котельной не допускается.

Согласно СП 41.104.2000 «Проектирование автономных источников теплоснабжения», в автономных котельных следует предусматривать



блокировку электродвигателей и механизмов подачи топлива в котельную.

Для металлических частей электроустановок, не находящихся под напряжением, и трубопроводов газообразного топлива предусматривается заземление.

Во избежание взрывов согласно СП «Проектирование автономных источников теплоснабжения» на подводящем газопроводе котельной должны быть установлены:

- отключающее устройство с изолирующим фланцем на наружной стене здания на высоте не более 1,8 м;

- быстродействующий запорный клапан с электроприводом внутри помещения котельной;

Вводы газопроводов согласно СП «Проектирование автономных источников теплоснабжения» следует предусматривать непосредственно в помещения, где установлены котлы, или коридоры. Открытые участки газопровода прокладываются по наружной стене здания.

Согласно СП «Проектирование автономных источников теплоснабжения», в котельных без постоянного обслуживающего персонала, работающих на жидком и газообразном топливе, предусмотрено автоматическое закрытие быстродействующего запорного клапана на вводе топлива в котельную:

- при отключении электроэнергии;

- при сигнале загазованности котельной, работающей на газе.

Во избежание термических ожогов, согласно СП «Проектирование автономных источников теплоснабжения», для оборудования, трубопроводов, арматуры и фланцевых соединений предусматривается тепловая изоляция, обеспечивающая температуру на поверхности теплоизоляционной конструкции, расположенной в рабочей или обслуживаемой зоне помещения, для теплоносителей с температурой выше 100°C – не более 45°C, а с температурой

ниже 100°C – не более 35°C.

Толщина основного теплоизоляционного слоя для арматуры и фланцевых соединений принимается равной толщине основного теплоизоляционного слоя трубопровода, на котором они установлены.

Согласно «Проектирование автономных источников теплоснабжения», в автономных котельных предусматривается приточно-вытяжная вентиляция с естественным побуждением. Приток воздуха осуществляется через воздушный клапан, установленный на наружной стене, вытяжка – вытяжным вентилятором.

Воздухообмен котельного зала принят трехкратный с учетом притока воздуха, идущего на горение топлива.

В помещении котельной установлены звукопоглощающие опоры, которые входят в комплект поставки котельного агрегата.

### **9.3. Анализ вредных и опасных производственных факторов при работе котельного агрегата**

Анализ условий труда в котельной позволил определить опасные и вредные негативные факторы, перечень и параметры которых приведены в таблице 28.

Таблица 28 - Опасные и вредные факторы в помещении 16

Рабочие места в помещении	Опасные и вредные факторы	Параметры		Средства защиты
		Фактические	Нормативные	
1	2	3	4	6
Рабочая зона	Параметры микроклимата (для категории работ Iб):			Нормализация параметров микроклимата с помощью систем вентиляции, отопления и герметизации технологического оборудования
	-температура воздуха в холодный период (теплый период), °С	22(23)	21-23 (22-24)	
	-относительная влажность воздуха, %	35(60)	30-60	
	-подвижность воздуха, м/с	0,2	≤0,3	
Рабочая зона	Концентрация пыли (пыль не содержащая SiO <sub>2</sub> и примесей токсичных веществ), мг/м <sup>3</sup>	3-4	10	Систематический контроль за состоянием запыленности

Продолжение таблицы 28

Рабочие места в помещении	Опасные и вредные факторы	Параметры		Средства защиты
		Фактические	Нормативные	
1	2	3	4	6
Рабочая зона	Освещение рабочих мест (характеристика зрительной работы: общее наблюдение за процессом; разряд и подразряд зрительной работы: VIII, г) искусственным светом Е, ЛК	200	200	Нормализация искусственного освещения путем установления люминесцентных ламп; предусмотрение регулярной очистки ламп от загрязнений; своевременная замена отработавших свой срок службы ламп; контроль напряжения питания осветительной сети; регулярная и рациональная окраска стен, потолка и оборудования

Продолжение таблицы 28

Рабочие места в помещении	Опасные и вредные факторы	Параметры		Средства защиты
		Фактические	Нормативные	
1	2	3	4	6
Рабочая зона	Параметры электрического тока линий электропривода оборудования:			Использование систем защитного заземления, зануления и отключения; размещение проводов и кабелей в недоступных местах
	-напряжение, <i>V</i>	380/220	до 1000	
	-сила тока, <i>A</i>	200	до 500	
	-мощность источника тока, <i>кВА</i>	7,5	до 100	
Рабочая зона	Шум от работы оборудования			Присоединение вентиляторов к воздуховодам через гибкие вставки; установление шумоглушителей; использование персоналом индивидуальных средств защиты: наушников
	Суммарный уровень звукового давления <i>L</i> , <i>дБ</i>	79	84	
	Уровень звукового давления <i>L</i> , <i>дБ</i> , на звуковых частотных полосах, <i>Гц</i>			
	63		99	
	125		92	
	250		86	
	500		83	
	1000		80	
	2000		78	
4000		76		

#### 9.4. Оценка отключающейся способности зануления линии электроснабжения котельной

Определим, обеспечивается ли отключающая способность зануления воздушной линии 380/220 В длиной  $l=200$  м, к которой подключен электродвигатель, защищенный автоматом с номинальным током расцепителя  $I_{дв} = 80$  А. Фазные провода и нулевой провод сети выполнен из алюминия и имеет сечение соответственно 25 и 16 мм<sup>2</sup>. Сеть питается от трансформатора 6/0,4 кВ мощностью  $P_n = 250$  кВА.

Определим наименьшее допустимое значение тока короткого замыкания:

$$I_{кз} > 3I_{пл.вст.}^H = 3 \cdot 80 = 240 \text{ А}, \quad (9.1)$$

Произведем расчет сопротивления фазы трансформатора току однофазного короткого замыкания:

$$Z_{\phi m} = \frac{26}{250} = 0,104 \text{ Ом}$$

Учитывая, что проводники выполнены из цветных металлов и  $X_B = X_n = 0$ , определяем полное сопротивление петли фаза-ноль:

$$Z_n = 200 \cdot \sqrt{[(1,34 + 2) \cdot 10^{-3} + 0,6 \cdot 10^{-3}]} = 0,687 \text{ Ом} \quad (9.2)$$

Производим расчет тока короткого замыкания, проходящего по петле фаза-ноль:

$$I_{кз} = \frac{U_{\phi}}{Z_{\phi m} + Z_n} = \frac{220}{0,104 + 0,687} = 281 \text{ А}, \quad (9.3)$$

Производим оценку отключающей способности системы зануления. Так как полученное расчетное значение тока короткого замыкания  $I_{кз} = 281$  А превышает наименьший допустимый ток короткого замыкания автомата защиты  $I_{кз} = 240$  А, отключающая способность системы зануления обеспечена.

## 9.5. Чрезвычайные ситуации

Согласно ГОСТ Р 22.0.02-94, чрезвычайной ситуацией называется состояние, при котором в результате возникновения источника чрезвычайной ситуации на объекте, определенной территории или акватории, нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей среде.

Различают чрезвычайные ситуации по характеру источника (природные, техногенные, биолого-социальные и военные) и по масштабам (глобальные или национальные, региональные, местные и локальные или частные).

Источник ЧС:

- опасное природное явление;
- авария или опасное техногенное происшествие;
- широко распространенная инфекционная болезнь людей;
- сельскохозяйственных животных и растений;
- применение современных средств поражения.

Наиболее возможной чрезвычайной ситуацией в котельной может быть пожар. При возникновении пожара ответственный за происшествие должен:

- отключить напряжение;
- принять меры к эвакуации людей;
- по телефону 01 сообщить дежурному пожарной охраны о случившемся;
- при необходимости вызвать скорую помощь;
- до прибытия пожарных начать тушить пожар самостоятельно при помощи углекислотного огнетушителя.

Пожар представляет собой неконтролируемое горение, развивающееся во времени и пространстве, опасное для людей и наносящее материальный ущерб.

Опасными факторами, воздействующими на людей и материальные ценности при пожаре, являются:

- пламя и искры;

- повышенная температура окружающей среды;
- токсичные продукты горения и термического разложения;
- дым;
- пониженная концентрация кислорода.

К вторичным проявлениям опасных факторов пожара, воздействующих на людей и материальные ценности, относятся:

- осколки, части разрушившихся аппаратов, агрегатов, установок, конструкций;
- радиоактивные и токсичные вещества и материалы, вышедшие из разрушенных аппаратов и установок;
- электрический ток, возникший в результате выноса высокого напряжения на токопроводящие части конструкций, аппаратов, агрегатов;
- огнетушащие вещества.

Пожар сопровождается химическими и физическими явлениями: химической реакцией горения, выделением и передачей тепла, выделением и распространением продуктов сгорания, газовым обменом. Все эти явления на пожаре взаимосвязаны и протекают на основе общих законов физики.

Пожары в зданиях и сооружениях характеризуются быстрым повышением температуры, задымлением помещений, распространением огня открытыми путями и потерей конструкциями несущей способности.

## **9.6. Заключение**

Системы отопления, вентиляции автокомплекса запроектированы с учетом требований техники безопасности при их эксплуатации. Не наносят вреда окружающей среде и не нарушают санитарно-гигиенические нормы, соответствуют нормальным условиям отдыха. Технические решения, принятые в технологических процессах эксплуатации системы отопления и системы вентиляции автокомплекса позволят:



- снизить влияние факторов, которые могут оказать негативные последствия и нанести ущерб здоровью человека;

- повысить эффективность работы системы отопления и системы вентиляции.

Проблемы деградации окружающей среды и повышения напряженности в социальной сфере однозначно оказывают влияние на снижение качества жизни человека. Лично я участвовал в проведении инструктажей по технике безопасности, разработке и внедрении энергосберегающих мероприятий на производстве, которые позволяют снизить расход топливно-энергетических ресурсов. Моя профессиональная деятельность связана с эксплуатацией теплоэнергетического оборудования, в связи с чем постоянно сталкиваюсь с разработкой решений по минимизации вредного влияния на окружающую среду.

## **10. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **10.1. Технико-экономическое обоснование установки котельного агрегата на нужды отопления**

В современных условиях постоянного роста тарифов на электрическую и тепловую энергию очень выгодно иметь собственный источник энергии, т.к. он позволяет получать более дешёвую и качественную энергию. Потребитель становится независимым от деятельности местных энергетических компаний. Наличие собственного источника энергии позволит осуществить более быстрое и чёткое регулирование нагрузок для обеспечения наиболее комфортных условий.

Для получения конкретных данных о выгоде использования автономного источника энергии проведён расчёт и анализ капитальных и эксплуатационных затрат, а затем полученные данные сравнивались с альтернативой покупки тепловой энергии у местных энергетических компаний.

### **10.2. Расчёт капитальных затрат на систему отопления с индивидуальным котельным агрегатом**

Капитальные затраты на сооружение автономного источника тепла на отопление состоят из:

- затрат на приобретение исходных материалов и вспомогательного оборудования;
- затрат на выполнение строительно-монтажных работ;
- прочих затрат.

Затраты на приобретение материалов и вспомогательного оборудования ведём в табличной форме (табл. 29).

Таблица 29 - Перечень необходимых материалов и оборудования

Наименование материала или оборудования	Ед. измерения	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
<i>1. Оборудование</i>				
1. Котёл «Viesmann-Vitoplex-370»	шт.	1	56000	56000
2. Насос «Gründig»	шт.	1	13400	13400
<b>ИТОГО:</b>				<b>69400</b>
<i>2. Трубопроводная арматура</i>				
1. Кран шаровой муфтовый проходной	шт.	4	360	1440
- Ду 20 мм	шт.	2	490	980
- Ду 25 мм				2420
Итого:				
2. Фильтр осадочный сетчатый фланцевый:				
- Ду 80 мм	шт.	1	2000	2000
<b>ИТОГО:</b>				<b>4420</b>
<i>3. Кабели и провода</i>				
1. Провод монтажный гибкий с медной жилой с поливинилхлоридной изоляцией:				
- для монтажа на щите: ПВЗ 0,75 380	м	1,38	120	27,60
<b>ИТОГО:</b>				<b>165,6</b>
<i>4. Электроаппаратура</i>				
1. Розетка	шт.	1	130	130
<b>ИТОГО:</b>				<b>130</b>
<i>5. Трубы</i>				
1. Труба холоднодеформированная бесшовная:				
Ду 20	п.м.	24	100	2400
Ду 15	п.м.	124,4	100	12440
Ду 20	п.м.	15,0	100	1500
Ду25	п.м.	15,0	150	2250
Итого:				18590
6. Отводы 90°	шт.	26	200	5200
<b>ИТОГО:</b>				<b>5200</b>
7. Запорная арматура	шт.	12	450	5400
<b>ИТОГО:</b>				<b>5400</b>
8. Вентиль регулирующий	шт.	22	500	11000
<b>ИТОГО:</b>				<b>11000</b>
9. Тройник	шт.	22	300	6600
<b>ИТОГО:</b>				<b>6600</b>

Продолжение таблицы 29

Наименование материала или оборудования	Ед. измерения	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
10. Воздушный кран	шт.	22	300	6600
<b>ИТОГО:</b>				<b>6600</b>
11. Радиаторы				
чугунные секционные	шт.	22	2000	44000
<b>ИТОГО:</b>				<b>44000</b>
<b>Сумма на всю систему</b>				<b>171506</b>

Затраты на приобретение исходных материалов и оборудования составляют:

$$Z_{\text{мат}} = \sum_{i=1}^n Z_{\text{мат},i} = 171506. \quad (10.1)$$

Затраты на строительные-монтажные работы составят:

$$Z_{\text{смп}} = 0,3 \cdot Z_{\text{мат}} = 0,3 \cdot 171506 = 51452 \text{руб.} \quad (10.2)$$

Прочие затраты составят:

$$Z_{\text{пр}} = 0,1 \cdot Z_{\text{мат}} = 0,1 \cdot 171506 = 17151 \text{руб.} \quad (10.3)$$

Общие капитальные затраты:

$$Z_{\text{кап}} = Z_{\text{мат}} + Z_{\text{смп}} + Z_{\text{пр}} = 171506 + 51452 + 17151 = 240108 \text{руб.} \quad (10.4)$$

### 10.3. Расчёт годовых эксплуатационных затрат

Затраты на эксплуатацию системы отопления включают в себя:

1. Энергетические затраты,  $Z_{\text{эн}}$ .
2. Затраты на текущий ремонт,  $Z_{\text{тр}}$ .
3. Прочие затраты,  $Z_{\text{пр}}$ .

1) При эксплуатации системы отопления возникают затраты на :

- природный газ;
- электроэнергию.

а) Затраты на природный газ.

Годовое количество тепла, необходимое на отопления коттеджа

определяется по формуле:

$$Q_{\text{год}}^{\text{от}} = N_k \cdot h, \quad (10.5)$$

где  $N_k$  – мощность отопительного котла, кВт;

$h$  – длительность отопительного периода, 5664 ч.

$$Q_{\text{год}}^{\text{от}} = 26 \cdot 5664 = 147264 \frac{\text{кВт}}{\text{ч}} = 530150400 \frac{\text{кДж}}{\text{год}} \quad (10.6)$$

Для получения такого количества тепла необходимо использовать природный газ в количестве:

$$V_{\text{пр.газ}} = \frac{530150400}{33910} = 15634 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}, \quad (10.7)$$

где 33910 кДж/м<sup>3</sup> – низшая теплота сгорания природного газа.

Затраты на природный газ составят:

$$Z_{\text{пр.газ}} = 15634 \cdot 4,7 = 73480 \frac{\text{руб.}}{\text{год}}, \quad (10.8)$$

где 4,7 руб. – цена 1 м<sup>3</sup> природного газа.

б) Затраты на электроэнергию.

Затраты на электроэнергию определяются по формуле:

$$Z_{\text{ээ}} = N_{\text{уст}} \cdot h \cdot C_{\text{ээ}} = 0,6 \cdot 5664 \cdot 2,09 = 7103 \frac{\text{руб.}}{\text{год}}, \quad (10.9)$$

где  $N_{\text{уст}}$  – мощность насоса, кВт,

$h$  – длительность отопительного периода, ч,

$C_{\text{ээ}}$  – тариф на электроэнергию, руб./кВт·ч.

Общие затраты составляют:

$$Z_{\text{эн}} = Z_{\text{пр.газ}} + Z_{\text{гвс}} + Z_{\text{ээ}} = 73480 + 7103 = 80583 \frac{\text{руб.}}{\text{год}}. \quad (10.10)$$

2) Затраты на текущий ремонт складываются из:

- затрат на вспомогательные материалы;
- затрат на запасные части.

Затраты на вспомогательные материалы равны:

$$Z_{\text{вм}} = 0,0045 \cdot Z_{\text{кап}} = 0,0045 \cdot 240108 = 1081 \frac{\text{руб.}}{\text{год}} \quad (10.11)$$

Затраты на запасные части равны:

$$Z_{\text{зп}} = 0,005 \cdot Z_{\text{кап}} = 0,005 \cdot 240108 = 1201 \frac{\text{руб.}}{\text{час}} \quad (10.12)$$

Общие затраты на текущий ремонт равны:

$$Z_{\text{т.р.}} = 1081 + 1201 = 2282 \frac{\text{руб.}}{\text{год}} \quad (10.13)$$

3) Прочие расходы составляют 10% от всех предыдущих эксплуатационных затрат:

$$Z_{\text{пр}} = 0,1 \cdot (80583 + 2282) = 8287 \frac{\text{руб.}}{\text{год}} \quad (10.14)$$

Годовые эксплуатационные затраты на систему отопления составляют:

$$Z_{\text{год}} = 80583 + 2282 + 8287 = 91152 \frac{\text{руб.}}{\text{год}} \quad (10.15)$$

4) Расчёт себестоимости 1 Гкал тепла.

Годовое количество вырабатываемого тепла равно:

$$Q_{\text{год}} = \frac{530150400 \text{ кДж}}{4,18 \cdot 10^6 \frac{\text{кДж}}{\text{Гкал}}} = 126,8 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}} \quad (10.16)$$

Себестоимость 1 Гкал равна:

$$C_{\text{T}} = \frac{Z_{\text{год}}}{Q_{\text{год}}} = \frac{91152}{126,8} = 718,6 \text{ руб.} \quad (10.17)$$

Цена 1 Гкал поставляемой центральной котельной равна  $C_{\text{т.центр}}=1999,9$  руб.

Годовой экономический эффект от внедрения проекта составит:

$$\Delta_{\text{год}} = (C_{\text{т.центр}} - C_{\text{T}}) \cdot Q_{\text{год}} - E_{\text{H}} \cdot K \quad (10.18)$$

$$\Delta_{\text{год}} = (1999,9 - 718,6) \cdot 126,8 - 0,15 \cdot 240108 = 126453 \text{ руб.} \quad (10.19)$$

Простой срок окупаемости:

$$T_{\text{ок}} = \frac{\sum Z_{\text{кап}}}{\Delta_{\text{год}}} = \frac{240108}{126453} = 1,9 \text{ лет.} \quad (10.20)$$

## 10.4. Определение капитальных вложений в стоимость проекта

### 10.4.1. Планирование разработки проекта реконструкции системы теплоснабжения

Разобьем проект на основные части, и определим время и количество человек, необходимые для выполнения каждой части. Результаты занесем в таблицу 30.

В выполнении проекта участвуют два человека: один – руководитель проекта, другой – исполнитель проекта, время на выполнение проекта  $T=52$  дня.  
Таблица 30 - Перечень работ и оценка времени их выполнения

№	Наименование работы	Количество исполнителей	Продолжительность дней
1	Выдача и получение задания	Инженер 10 р. Научный руководитель 13 р.	1 1
2	Поиск, подготовка, сбор материалов для работы	Инженер 10 р.	10
3	Разработка плана и аксонометрической схемы системы отопления	Инженер 10 р.	5
4	Разработка плана и аксонометрической схемы системы вентиляции	Инженер 10 р.	3
5	Расчет тепловых потерь	Инженер 10 р.	2
6	Расчет отопительных приборов	Инженер 10 р.	2
7	Гидравлический расчет системы отопления	Инженер 10 р.	2
8	Проверка расчетов, сбор теоретических материалов	Инженер 10 р. Научный руководитель	2 2
9	Расчет воздухообмена	Инженер 10 р.	5
10	Проверка расчетов с помощью ЭВМ	Научный руководитель	2
11	Аэродинамический расчет системы вентиляции	Инженер 10 р.	2

Продолжение таблицы 30

№	Наименование работы	Количество исполнителей	Продолжительность дней
12	Подбор отопительного котельного агрегата	Инженер 10 р.	5
13	Разработка вопросов охраны труда и безопасности жизнедеятельности	Инженер 10 р.	3
14	Расчет и анализ экономических показателей проекта	Инженер 10 р	3
15	Разработка графической части	Инженер 10 р	3
16	Разработка отчета, доклада.	Инженер 10 р. Научный руководитель	2 2
Итого:.....Инженер 10 р. Научный руководитель			52 5

#### 10.4.2. Расчет затрат и договорной цены на проектирование и проведение НИОКР

Затраты на проектирование и НИОКР подразделяются на капитальные (единовременные) и текущие.

Капитальные затраты на НИР включают в себя:

- стоимость оборудования,
- приборов,
- необходимых для проведения исследований и проектных работ.

Состав текущих затрат:

- заработная плата,
- начисления на заработную плату,
- командировочные расходы,
- затраты на проектирование и конструирование изделий.

Определение затрат по запланированным работам осуществляется в форме сметной калькуляции, для расчета которой используются действующие



рыночные цены, а так же данные производственных и научно-исследовательских подразделений.

Обычно затраты на любой вид деятельности рассчитываются по следующим элементам расходов с последующим суммированием:

1. Материальные затраты (за вычетом стоимости возвратных отходов).
2. Затраты на оплату труда.
3. Отчисления на социальные нужды (единый социальный налог).
4. Амортизация основных фондов и нематериальных активов.
5. Прочие затраты.

#### 10.4.2.1. Материальные затраты

Этот раздел отражает стоимость, приобретенных со стороны, сырья и материалов, которые входят в состав вырабатываемой продукции, образуя ее основу, или являются необходимыми компонентами при проведении работ.

Основными затратами в этом разделе являются канцелярские товары, используемые при проведении расчетов (таблица 31).

Таблица 31-Основные материальные затраты при проведении расчетов

<b>Наименование</b>	<b>Количество</b>	<b>Общая стоимость, руб.</b>
Бумага писчая	100 листов	205
Бумага формат А1	4 листа	160
Краска для принтера	1 картридж для принтера	825
Прочее		500
Всего		1690

$$C_{\text{мат}}=3300 \text{ руб.}$$

### 10.4.2.2. Затраты на оплату труда

В состав затрат на оплату труда включаются:

- выплаты заработной платы за фактически выполненные работы, исходя из сдельных расценок, тарифных ставок и должностных окладов в соответствии с принятыми на предприятии нормами и системами оплаты труда;
- выплаты стимулирующего характера по системным положениям;
- выплаты, обусловленные районным регулированием оплаты труда;
- оплата в соответствии с действующим законодательством очередных и дополнительных отпусков;

оплата труда работников, не состоящих в штате предприятия за выполнение ими работ по заключенным договорам.

Заработная плата рассчитывается следующим образом:

Месячная заработная плата работника 13 разряда (руководителя):

$$ЗП_{зпл}^{13} = ЗП_{баз} \cdot K_{рай} \cdot K_{отп}, \quad (10.21)$$

где  $ЗП_{баз}$  - базовая заработная плата, для работника 13 разряда,

$$ЗП_{баз} = 19500$$

$K_{рай}$  - районный коэффициент, для города Томска

$$K_{рай} = 30\% ;$$

$K_{отп}$  - коэффициент, учитывающий начисление отпускных,

$$K_{отп} = 10\%$$

$$ЗП_{зпл}^{13} = ЗП_{баз} \cdot K_{рай} \cdot K_{отп} = 19500 \cdot 1,3 \cdot 1,1 = 27885 \frac{\text{руб.}}{\text{мес}} \quad (10.22)$$

Фактическая заработная плата работника 13 разряда (руководителя):

$$ЗП_{ф}^{13} = \frac{ЗП_{мес}}{21} \cdot n \frac{27885}{21} \cdot 5 = 6639 \text{руб.} \quad (10.23)$$

Месячная заработная плата работника 10-го разряда:

$$ЗП_{зпл}^{10} = ЗП_{баз} \cdot K_{рай} \cdot K_{отп} \quad (10.24)$$

$$ЗП_{зпл}^{10} = 17000 \cdot 1,3 \cdot 1,1 = 24310 \frac{\text{руб.}}{\text{мес}}$$

Фактическая заработная плата работника 10 разряда:

$$ЗП_{\Phi}^{10} = \frac{ЗП_{\text{мес}}}{21} \cdot n \frac{24310}{21} \cdot 52 = 60196 \text{руб.} \quad (10.25)$$

Всего затрат на оплату труда:

$$C_{\text{зп}}^{\Sigma} = ЗП_{\text{зп}}^{13} + ЗП_{\text{зп}}^{10} = 6639 + 60196 = 66835 \text{руб.} \quad (10.26)$$

#### 10.4.2.3. Отчисления на социальные нужды

Данная статья отражает обязательные отчисления по установленным законодательным нормам органам государственного социального страхования, пенсионного фонда, государственного фонда занятости и медицинского страхования.

Затраты на социальные нужды рассчитываются как доля 30% от затрат на оплату труда:

$$C_{\text{соц}}^{\Sigma} = 0,3 \cdot C_{\text{зп}}^{\Sigma} = 0,3 \cdot 66835 = 20051 \text{руб.} \quad (10.27)$$

#### 10.4.2.4. Амортизация основных фондов и нематериальных активов

Отражает сумму амортизационных отчислений на полное восстановление основных производственных фондов, рассчитанную исходя из балансовой стоимости и утвержденных норм амортизации.

К основным фондам при выполнении проекта относятся электронная вычислительная техника (компьютеры) и печатающее устройство (принтеры)

Таблица 32-Основные фонды при выполнении проекта

Вид техники	Количество	Общая стоимость	Норма амортизации
Компьютер	2	30000	20%
Принтер	1	20000	20%

Амортизационные отчисления найдем по формуле:

$$И_{\text{ам}} = \Phi \cdot N_{\text{ам}} \cdot \frac{T}{12}, \quad (10.28)$$

где  $\Phi$  - стоимость основных фондов;

$$H_{AM} - \text{норма амортизации}; H_{AM} = \frac{1}{T_{сл}} \cdot 100\%, \quad (10.29)$$

где:

$T_{сл}$  – срок службы; принимаем  $T_{сл}=5$  лет (компьютер),  $T_{сл}=5$  лет (принтер).

$T$  – время использования основных фондов.

$$H_{AM} = \frac{1}{5} \cdot 100\% = 20\% \quad (10.30)$$

$$I_{ам}^{комп} = \Phi \cdot H_{AM} \cdot \frac{T}{12} = 60000 \cdot 0,2 \cdot \frac{2}{12} = 2000 \text{руб.} \quad (10.31)$$

$$I_{ам}^{прин.} = \Phi \cdot H_{AM} \cdot \frac{T}{12} = 20000 \cdot 0,2 \cdot \frac{2}{12} = 667 \text{руб.} \quad (10.32)$$

Сумма амортизационных отчислений по основным фондам:

$$I_{ам.осн.}^{\Sigma} = I_{ам}^{комп} + I_{ам}^{прин.} = 2000 + 667 = 2667 \text{руб.} \quad (10.33)$$

К нематериальным активам относятся нематериальные объекты, используемые в течение долгосрочного периода в хозяйственной деятельности и приносящие доход: патенты, лицензии, программные продукты.

При выполнении проекта используются следующие программные продукты: Microsoft Office 2007, Autocad 2011.

Таблица 33 - Программные продукты, используемые при выполнении проекта

Вид продукта	Стоимость	Норма амортизации
Microsoft Office 2007	6000	25%
Autocad 2011	150000	25%

Амортизация нематериальных активов:

$$I_{ам}^{прог.} = \sum C \cdot H_{AM} \cdot \frac{T}{12} = (6000 + 150000) \cdot 0,25 \cdot \frac{2}{12} = 6500 \text{руб.} \quad (10.34)$$

где  $H_{AM}$  - норма амортизации составляет

$$H_{AM} = \frac{1}{T_{сл}} \cdot 100\% = \frac{1}{4} \cdot 100\% = 25\% \quad (10.35)$$

Суммарные амортизационные отчисления:

$$I_{ам.}^{\Sigma} = I_{ам.осн.}^{\Sigma} + I_{ам}^{прог.} = 2667 + 6500 = 9167 \text{руб.} \quad (10.36)$$

#### 10.4.2.5. Прочие затраты

К прочим затратам себестоимости проекта относятся налоги, отчисления во внебюджетные фонды, оплата электрической и тепловой энергии, вознаграждения за изобретения и рационализаторские предложения, затраты на командировки и т.д. Прочие затраты рассчитаем как 10% от суммы материальных затрат, затрат на заработную плату и отчислений на социальные нужды и амортизационных отчислений:

$$C_{\text{пр.}} = 0,1 \cdot (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}}^{\Sigma} + C_{\text{зп}}^{\Sigma} + I_{\text{ам.}}^{\Sigma}) \quad (10.37)$$

$$C_{\text{пр.}} = 0,1 \cdot (3300 + 66835 + 20051 + 9167) = 9935 \text{руб.}$$

#### 10.4.2.6. Накладные расходы

В стоимости проекта учитываются накладные расходы, включающие в себя затраты на аренду помещений, оплату тепловой и электрической энергии, затраты на ремонт зданий и сооружений, заработную плату административных сотрудников и т.д. Накладные расходы рассчитываются как 200% от затрат на оплату труда.

$$C_{\text{накл}} = 2 \cdot C_{\text{зпл}}^{\Sigma} = 2 \cdot 66835 = 133670 \quad (10.38)$$

Таблица 34-Смета затрат на разработку проекта

Элементы затрат	Сумма затрат, руб.
Материальные затраты	3300
Затраты на оплату труда	66835
Отчисления на социальные нужды	20051
Амортизация основных фондов и нематериальных активов	9167
Прочие затраты	9935
Накладные расходы	133670
<b>Итого (K<sub>пр</sub>):</b>	<b>242958</b>

## **Заключение**

Выпускная квалификационная работа посвящена проектированию систем отопления и вентиляции автокомплекса, расположенного в пос. Аэропорт в Томском районе Томской области. Автокомплекс представляет собой существующее одноэтажное здание с размерами в плане 27,48x18 (осях), высотой до низа фермы 5 м, административный корпус – двухэтажную пристройку к нему с наличием подвала с внутренними размерами в плане 18x6, высотой до низа балки 7,0 м.

Первый этаж предназначен для размещения складских помещений, слесарного и кузовного отделений, шиномонтажа.

Источником централизованного теплоснабжения служит котельная с теплоносителем вода 95-70 °С. Ввод теплоносителя в здание к распределительной гребенке предусмотрен по оси Б / 7-8.

Был произведен расчет тепловых потерь здания, суммарные теплопотери всего здания – 26 кВт

На производственных участках и на складах выполнено отопление местными отопительными приборами и регистрами из гладких труб Ø89x3,5, в пристройке – предусматриваем установку радиаторов. Системы отопления двухтрубные, тупиковые с нижней разводкой трубопроводов. Удаление воздуха из верхних точек систем отопления и теплоснабжения предусмотрено через воздухоотводчики в конструкции отопительных приборов.

Разводка всех трубопроводов отопления и теплоснабжения предусмотрена от распределительной гребенки, расположенной на вводе теплоносителя по оси Б / 7-8.

В основном здании предусмотрена местная и общеобменная приточно-вытяжная вентиляция с механическим побуждением. В качестве местных отсосов служат вытяжные зонты от оборудования. Подача приточного воздуха в здание выполнена в верхнюю зону через воздухораспределители.

Приточные установки размещены в выгороженных вентиляционных камерах. В

приточные венткамеры предусмотрена подача приточного воздуха в объеме 2х-кратного воздухообмена в час.

Вентиляция в административном корпусе проектируется отдельно от существующей системы вентиляции основного здания автокомплекса. Кроме того, если в основном здании проектируется местная вентиляция от существующего технологического оборудования и общеобменная приточно-вытяжная вентиляция с механическим побуждением, то в административном корпусе предполагается только вытяжная вентиляция с механическим побуждением, приток осуществляется путем проветривания. Это наиболее распространенные системы вентиляции общественных зданий, воздухообмен рассчитывается по рекомендуемым нормам кратности.

Предлагается установка собственного котельного агрегата, обеспечивающего нужды отопления всего кооператива. Данное мероприятие позволит сократить затраты на теплоснабжение автокомплекса.

Для отопления автокомплекса подбираем водогрейный отопительный котел Viessmann Vitoplex-370.

Рассмотрены вопросы охраны труда и безопасности деятельности в помещении, где установлен отопительный котельный агрегат.

По результатам экономического расчета капитальные затраты на реконструкцию системы отопления с установкой собственного котла составили 240 тыс руб., годовые эксплуатационные затраты -53 тыс.руб., срок окупаемости мероприятия – 1,9 лет.

## Список литературы

1. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная версия.
2. Варфоломеев Ю.М., Кокорин О.Я. Отопление и тепловые сети: Учебник М.: ИНФРА-М,2006
3. Документация на котлы водогрейные производства Viessmann
4. Правила безопасной эксплуатации водогрейных котлов с температурой нагрева воды до 115 °С
5. Правила эксплуатации теплотребляющих установок и тепловых сетей
6. Руководство по расчету систем отопления-2006, Покотилов (HERZ)
7. Ильин А.К., Фокин В.М. Теплогенерирующие установки систем теплоснабжения М.: «Издательство Машиностроение-1»,2006.
8. СП60.13330.2012. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха
9. Хрусталеv Б.М., Кувшинов Ю.Я., Копко В.М. и др. «Теплоснабжение и вентиляция» М.: Издательство Ассоциации строительных вузов,2008. – 783 с.
10. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий»
11. ГОСТ 21-208-2013. «Автоматизация технологических процессов»
12. СП 41-104-2000 «Проектирование автономных источников теплоснабжения»
13. Соколов Б.А. Контрольно-измерительные приборы и автоматика котлов М.: Издательский центр «Академия», 2012
14. СП 89.13330.2012 «Котельные установки»
15. Сканави А.Н., Махов Л.М. Отопление: Учеб. для вузов. - М.: Издательство АСВ, 2002.
16. Крупнов Б.А. Руководство по проектированию систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха/Крупнов Б.А., Шарафудинов Н.С. . – М.:Вена, 2008.-220 с.



17. ГОСТ 21.602-2003 «Правила выполнения рабочей документации отопления, вентиляции и кондиционирования
18. Теплоснабжение и вентиляция/ под ред. Б.М. Хрусталева. – М.:Изд-во АСВ, 2008. – 784 с.
19. Е. А. Штокман, Т. А. Скорик Основы отопления и вентиляции – М: Строительство (Феникс), 2011
20. Отопление и тепловые сети: Учебник. Варфоломеев Ю.М., Кокорин О.Я. -М.: ИНФРА-М, 2006