

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

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт Электронного обучения
Специальность Промышленная теплоэнергетика
Кафедра Теоретической и промышленной теплотехники

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ (РАБОТА)

Тема работы
«Проектирование системы обеспечения микроклимата в ремонтном блоке ОАО Уссурийского авторемонтного завода.»

УДК 628.8:629.113.002(571.63)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-6502	Цзен В. Д.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ст.преподаватель	Молодежникова Л.И.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин А.А.	к.т.н.		

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Фигурко А. А.	к.э.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
теоретической и промышленной теплотехники	Кузнецов Г.В.	профессор, д.ф.-м.н.		

Томск – 2016 г.

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

Институт Электронного обучения
 Направление подготовки промышленная теплоэнергетика
 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
3-6502	Цзен Валерий Давидович

Тема работы:

«Проектирование системы обеспечения микроклимата в ремонтном блоке ОАО Уссурийского авторемонтного завода.»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(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.).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> -параметры наружного воздуха -24°С -параметры теплоносителя 95-70 оС -стена наружная толщиной 100 мм. $K=0.58 \text{Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ -кровельная панель толщиной 170 мм. $K=0.42 \text{Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ -остекление: для производственной части $K=2.53 \text{Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ для административно-бытовой $K=2 \text{Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ -входные двери $K=2,3 \text{Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ -наружные ворота $K=1,92 \text{Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><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>1 Исходные данные; 2 Расчетные параметры наружного и внутреннего воздуха; 3 Расчет тепловых потерь через ограждающие конструкции; 4 Расчет системы отопления; 5 Расчет и выбор системы вентиляции; 6 Тепловой пункт здания; 7 Энергосбережение при применении воздушных завес; 8 Расчет воздушной системы отопления; 9 Аэродинамические основы организации воздухообмена в помещении; 10 Производственная и экологическая безопасность при проектировании систем отопления и вентиляции; 11. Автоматическая система учета тепловой энергии; 12.Технико-экономические расчеты проекта отопления и вентиляции;</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>1.Отопление. Первый этаж. План 2.Отопление. Второй этаж. План 3.Аксонметрическая схема системы отопления 4.Вентиляция. Первый этаж. План 5. Вентиляция. Второй этаж. План 6.Аксонметрические схемы систем вентиляции П1-П5; В4; В10-В12; ВЕ5; ВЕ6 7.Схема теплоснабжения калориферов П1-П5; У1. Схема узла управления</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p style="text-align: center;">Раздел</p>	<p style="text-align: center;">Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p style="text-align: center;">Фигурко А.А. к.э.н., доцент</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p style="text-align: center;">Сечин А.А., к.т.н., доцент</p>

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ст.преп.	Молодежникова Л.И.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-6502	Цзен В.Д.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-6502	Цзен Валерий Давидович

Институт	Электронног о обучения	Кафедра	ТПТ
Уровень образования	Специалист	Направление/специальность	промышленная теплоэнергетика

<i>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</i>	
<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) 	<p><i>1.Проектирование систем отопления, вентиляции и кондиционирования</i> <i>Вредные факторы</i> <i>-Отклонение показателей микроклимата в помещении</i> <i>-недостаточная освещенность рабочей зоны</i> <i>-шум</i> <i>-электромагнитное излучение</i> <i>-нервно-психические перегрузки: умственное напряжение, монотонность труда</i> <i>-работа за ПЭВМ</i> <i>Опасные факторы</i> <i>-электрический ток</i> <i>-ионизирующее излучение</i> <i>-пожар</i></p>
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	<p style="text-align: center;">ГОСТ 12.0.003.-74 ССБТ СанПиН 2.2.4.548-96. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 СНиП 23-05-95. СанПиН 2.2.2.4.1340-03</p>
<i>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</i>	
<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) 	<p style="text-align: center;">-поражение электрическим током -механические травмы -пожар -ожоги ГОСТ 12.1.002-84 ГОСТ 12.1.006-84 СанПиН 2.2.4.1191-03</p>
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства 	<p><i>Показателями, характеризующими микроклимат являются:</i> <i>Температура воздуха;</i> <i>Относительная влажность;</i> <i>Скорость движения воздуха;</i> <i>Интенсивность теплового излучения.</i> <i>Производственного микроклимат.</i></p>

пожаротушения)	<p>Механические опасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - падение с высоты. - ожоги. - электробезопасность. - пожаровзрывобезопасность. <p>Пожаровзрывобезопасность</p> <ul style="list-style-type: none"> - Категория В4 каждые 100 м² уст (углекислотные огнетушители ОУ-2, ОУ-5 ОУ-8)
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> - защита селитебной зоны - анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); - анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); - анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); - разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p>Рассматриваемый в данном разделе вид деятельности (проектирование систем отопления и вентиляции) загрязняет окр. Среду посредством бытовых отходов (бумага, мебель, офисная техника и т.д.) а так же тепловым и ионизирующим излучение. Бытовые отходы следует централизованно вывозить на полигон для последующей утилизации</p>
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> - перечень возможных ЧС на объекте; - выбор наиболее типичной ЧС; - разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; - разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; - разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий 	<ul style="list-style-type: none"> - при возникновении пожара необходимо немедленно сообщить об инциденте вышестоящему оперативному персоналу, вызвать пожарных, произвести необходимые отключения и приступить к тушению собственными силами до прибытия пожарной команды, по их прибытию произвести допуск, дальнейшее руководство пожаротушения передается командиру бригады пожаротушения.
Перечень графического материала:	
<p>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - план расположения светильников.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин А.А.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-6502	Цзен В.Д.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-6502	Цзен Валерий Давидович

Институт	Электронного обучения	Кафедра	ТПТ
Уровень образования		Специальность	промышленная теплоэнергетика

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Смета затрат на подготовку проекта
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Затраты на материалы, затраты на аренду помещений, оплату тепловой и электрической энергии, затраты на ремонт зданий и сооружений, заработную плату административных сотрудников и т.д.
<i>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</i>	
1. Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)	Определение конкурентоспособности проекта
2. Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения ИР	Определение себестоимости ИР
3. Составление бюджета инженерного проекта (ИП)	Определение затрат проекта
<i>Перечень графического материала</i> (с точным указанием обязательных чертежей)	
1. Оценка конкурентоспособности ИР	
2. Основные показатели эффективности ИП	

<i>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</i>	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Фигурко А.А.	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-6502	Цзен Валерий Давидович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 148 страниц, 39 таблиц, 8 рисунков, 37 источников литературы, 7 листов графического материала.

СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ, СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦИИ, ОТОПИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ, МЕСТНЫЕ ОТСОСЫ, ТЕПЛОВАЯ НАГРУЗКА, ВОЗДУХООБМЕН, ВОЗДУХОПОДОГРЕВАТЕЛЬ, ВОЗДУШНО-ОТОПИТЕЛЬНАЯ ЗАВЕСА, ВЕНТИЛЯТОР, ШУМОГЛУШИТЕЛЬ, ФИЛЬТР.

Цель работы – проект отопления и вентиляции ремонтного блока АРЗ в г. Уссурийск.

В ходе проекта были рассчитаны системы отопления и вентиляции ремонтного блока, выбрано оборудование для вытяжных, приточных систем вентиляции административно-бытовых и производственных помещений. Проведен расчет технико-экономического обоснования выбранных отопительных приборов для системы отопления. Рассмотрены производственная и экологическая безопасность проекта, а также предусмотрена возможность установки системы автоматизации узла учета тепловой энергии.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2010 и представлена на бумаге формата А4 Графическая часть выполнена в среде AutoCAD 2010 (SPDS Graphics).

Содержание	С.
Введение	10
1 Исходные данные	11
2 Расчетные параметры наружного и внутреннего воздуха	13
3 Расчет тепловых потерь через ограждающие конструкции	15
4 Расчет системы отопления	31
4.1 Выбор схемы системы отопления и типа отопительных приборов	31
4.2 Определение количества отопительных приборов	31
4.2.1 Размещение отопительных приборов	31
4.2.2 Расчет теплоотдающей поверхности отопительных приборов	32
4.3 Гидравлический расчет системы отопления	37
5 Расчет и выбор систем вентиляции	46
5.1 Описание технологического процесса. Определение количества вредностей поступающих в помещение	47
5.2 Местные отсосы	48
5.3 Общеобменная вентиляция	53
5.3.1 Расчет воздухообмена	53
5.3.2 Аэродинамический расчет систем вентиляции	73
5.3.3 Расчет и выбор оборудования для систем вентиляции	78
5.3.4 Гидравлический расчет системы теплоснабжения калориферов	83
5.4 Расчет и выбор воздушно-отопительной завесы	85
6 Тепловой пункт здания	89
7 Энергосбережение при применении воздушных завес	90

8 Расчет воздушной системы отопления	94
9 Аэродинамические основы организации воздухообмена в помещении	97
10 Социальная ответственность при проектировании систем отопления, вентиляции	104
11 Автоматическая система узла учета тепловой энергии	120
12 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	131
Заключение	144
Список использованных источников	145

Введение

В настоящее время необходимо строительство новых и реконструкция существующих авторемонтных заводов (АРЗ). Очевидно, что наряду с архитектурными решениями возникает необходимость в инженерном обеспечении АРЗ. Говоря об инженерном обеспечении зданий АРЗ необходимо отметить, что решающую роль играет обеспечение микроклимата, т.е. создание комфортных условий посредством поддержания требуемой температуры и чистоты воздуха в помещении.

Рабочие проводят много времени в производственных и административно – бытовых помещениях авторемонтных заводов. Поэтому для создания нормальных условий работоспособности сотрудников АРЗ необходимо поддерживать в этих помещениях строго определенный тепловой режим. Тепловой режим в помещении, обеспечиваемый системой отопления, вентиляцией воздуха определяется правильно спроектированными системами отопления и вентиляции, также эффективно подобранным современным безопасным оборудованием для них. В связи с этим высокие требования предъявляются к выбору оборудования для систем отопления и вентиляции, что представляет сложную задачу, так как на рынке представлена широкая номенклатура соответствующего оборудования.

Целью данной выпускной квалификационной работы является расчет системы отопления и вентиляции ремонтного блока в г. Уссурийск, Приморского края. Важными вопросами данной выпускной квалификационной работы будут являться: расчет воздушного отопления, расчет экономии потребления тепловой энергии при применении воздушно-тепловой завесы.

1 Исходные данные

Выпускная квалификационная работа предусматривает разработку инженерного обеспечения микроклимата имеющегося ремонтного блока в г. Уссурийск.

Здание ремонтного блока предназначено для мойки и ремонта автомобилей, ремонта топливной аппаратуры, обеспечения сантехнических и электротехнических работ. В нем размещены ремонтный участок, участок мойки автомобилей, участок ремонта топливной аппаратуры, мастерские участков сантехнических и электротехнических работ, административно – бытовые, подсобные и иные вспомогательные помещения.

Район строительства: г. Уссурийск, Приморский край;

Параметры наружного воздуха: $t = - 24 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

Источник теплоснабжения: наружные тепловые сети;

Параметры теплоносителя: $95\text{-}70 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Здание каркасно-панельное двухэтажное, без подвала и чердака. Размеры в осях $48,6 \times 15 \text{ м}$. Высота первого этажа в осях «1-3», «10-11» $3,3 \text{ м}$, в осях «4-5» - $4,2 \text{ м}$. Высота второго этажа в осях «1-3», «10-11» $2,5 \text{ м}$, в осях «4-5» - $2,94 \text{ м}$. Поверхность крыши односкатная в осях «А-В» и «М-П», остальная поверхность крыши без уклона.. Главный вход расположен с Южной стороны здания, а вспомогательные с Северной и Восточной сторон соответственно.

На втором этаже расположены кабинет начальника цеха, кабинет старшего мастера, комната мастеров, кладовая спецодежды, женские и мужские гардеробные, комнаты отдыха, душевые и другие административно-бытовые помещения.

Характеристика ограждающих конструкций:

- Стена наружная из панелей типа «СЭНДВИЧ», толщиной 100 мм . $K=0,58 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{ }^{\circ}\text{C}$;

- Кровельная панель типа «СЭНДВИЧ», толщиной 170 мм. $K=0,42$ Вт/м²·°С;
- Остекление: двухкамерный стеклопакет: для производственной части $K=2,53$ Вт/м²·°С, для административно-бытовой $K=2$ Вт/м²·°С;
- входные двери $K=2,3$ Вт/м²·°С;
- наружные ворота $K=1,92$ Вт/м²·°С.

2 Расчетные параметры наружного и внутреннего воздуха

Рассматриваем здание ремонтного блока, находящееся в г. Уссурийск, Приморского края.

На рабочих местах показатели микроклимата всех видов производственных помещений выбираются по таблице 2 «Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений» СанПиН 2.2.4.548-96 и таблице 1 «Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений» ГОСТ 12.1.005-88. Категории труда, значения приняты по приложению 1 ГОСТ 12.1.005-88.

Расчетную температуру воздуха и кратность воздухообмена в административно-бытовых помещениях в холодный период года следует принимать по табл. 19 СНиП 2.09.04-87* .

Параметры наружного воздуха принимаются согласно рекомендациям [1] в соответствии с географическим районом расположения объекта. Различают два варианта наружного климата при проектировании вентиляции - параметры А и Б, выбор которых обуславливается следующими положениями.

Для холодного периода года:

параметры А принимают при общеобменной вентиляции (с естественным и механическим побуждением), предназначенной для удаления избытков теплоты, влаги, в том числе вентиляции с испарительным (адиабатическим) охлаждением воздуха. Расчетная температура наружного воздуха $t_3 = -16^\circ\text{C}$; расчетная скорость ветра $v_3 = 14,8 \text{ м/с}$;

параметры Б - при общеобменной вентиляции, предназначенной для удаления вредных веществ любого класса опасности, компенсации воздуха, удаляемого местными отсосами и технологическим оборудованием, при

вентиляции с испарительным (адиабатическим) охлаждением воздуха, воздушного душирования, воздушных завес, воздушного отопления (совмещенного с приточной вентиляцией), кондиционирования воздуха при проектировании системы отопления. Расчетная температура наружного воздуха $t_{ext} = -24^{\circ}\text{C}$; расчетная скорость ветра $v_3 = 13,5 \text{ м/с}$.

В переходных условиях для всех районов страны за наружную температуру воздуха принимают температуру $t_n = 8^{\circ}\text{C}$, удельную энтальпию $J = 22,5 \text{ кДж/кг}$,

Для теплого периода года:

параметры А принимают при любых вентиляционных системах, в том числе для вентиляции с адиабатным охлаждением воздуха. Расчетная температура наружного воздуха $t_n = 23,6^{\circ}\text{C}$; расчетная скорость ветра $v_n = 4,7 \text{ м/с}$;

параметры Б для систем кондиционирования воздуха. Расчетная температура наружного воздуха $t_n = 23,4^{\circ}\text{C}$; расчетная скорость ветра $v_n = 4,7 \text{ м/с}$.

Параметры внутреннего воздуха принимаются: административно-бытовые и вспомогательные помещения $t = 16 \div 25^{\circ}\text{C}$, производственные помещения $t = 16^{\circ}\text{C}$, влажность нормальная.

3 Расчет тепловых потерь через ограждающие конструкции

Теплопотери через ограждающие поверхности конструкции помещений $Q_{огр}$ складываются из теплопотерь через отдельные ограждения помещения, определяемые по формуле (8.4) [4, стр.34] Вт:

$$Q_{огр} = k \cdot A \cdot (t_{int} - t_{ext}) \cdot n \cdot (1 + \Sigma\beta), \quad (3.1)$$

где k – коэффициент теплопередачи ограждения, Вт/(м²·К), $k = 1/R_{о.пр.}$

$R_{о.пр.}$ – приведенное сопротивление теплопередаче ограждения, К·м²/Вт;

A – площадь ограждения, м²;

t_{int} – температура внутри помещения, °С;

t_{ext} – расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления, °С; для г. Уссурийск $t_{ext} = -24$ °С;

n – коэффициент, учитывающий положение наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху, принимается по табл. 5.2 [4, стр.20];

$(1 + \Sigma\beta)$ – коэффициент добавочных тепловых потерь, принимается согласно рекомендациям главы 8 [4, стр.36].

R_0 – приведенное сопротивление теплопередаче ограждения, К·м²/Вт;

Приведенное сопротивление теплопередаче ограждения определяется по формуле

$$R_0 = R_{в} + R_{к} + R_{н} = \frac{1}{\alpha_{в}} + \frac{\sum \delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{н}} \quad (3.2)$$

где $R_{в}$, $R_{н}$ – сопротивление теплообмену на внутренней и наружной поверхностях ограждения;

$R_{к}$ – термическое сопротивление материальных слоев ограждающей конструкции;

$\alpha_{в}$, $\alpha_{н}$ – коэффициенты теплообмена на внутренней и наружной

поверхностях ограждения, Вт/(м²·°С);

δ_i - толщина слоя материала в ограждении, м;

λ_i - расчетный коэффициент теплопроводности материала слоя, принимаемый по прил. 3 СНиП II-3-79** с учетом условий эксплуатации ограждающих конструкций.

Значения коэффициентов теплопередачи ограждения и приведенного сопротивления теплопередаче ограждения для ограждающих конструкций ремонтного блока приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения показателей тепловой защиты здания

Наименование ограждения	Коэффициент теплопередачи, Вт/м ² ·°С	Приведенное сопротивление теплопередаче R, м ² ·°С/Вт
Наружные стены	0,58	1,724
Покрытие	0,42	2,38
Окна в помещениях: административно-бытовых	2	0,5
производственных	2,53	0,395
Наружные ворота	1,92	0,52
Наружные двери	2,3	0,435

Добавочные потери теплоты β через ограждающие конструкции следует принимать в долях от основных потерь:

а) в помещениях любого назначения через наружные вертикальные и наклонные (вертикальная проекция) стены, двери и окна, обращенные на север, восток, северо-восток и северо-запад в размере 0,1; на юго-восток и запад — в размере 0,05; в угловых помещениях (имеющих две и более наружных стен) дополнительно — по 0,05 на каждую стену, дверь и окно;

б) через наружные двери, не оборудованные воздушными или воздушно-тепловыми завесами, при высоте зданий Н, м, от средней планировочной отметки земли до верха карниза, центра вытяжных отверстий фонаря или устья шахты в

размере 0,2Н — для тройных дверей с двумя тамбурами между ними; 0,27Н — для двойных дверей с тамбурами между ними; 0,34Н — для двойных дверей без тамбура; 0,22Н — для одинарных дверей;

в) через наружные ворота, не оборудованные воздушными и воздушно-тепловыми завесами, — в размере 3 при отсутствии тамбура.

Сопротивление теплопередаче следует определять:

а) для не утепленных полов на грунте и стен, расположенных ниже уровня земли, с коэффициентом теплопроводности $\lambda \geq 1,2$ Вт/(м²·°С) по зонам шириной 2 м, параллельным наружным стенам, принимая R_c , м²·°С /Вт, равным:

2,1 — для I зоны;

4,3 — " II " ;

8,6 — " III " ;

14,2 — " IV " ; (для оставшейся площади пола);

Расход теплоты Q_i , Вт, на нагревание инфильтрующегося воздуха следует определять по формуле

$$Q_i = 0,28 \cdot \Sigma G_i \cdot c \cdot (t_p - t_i) \cdot k, \quad (3.3)$$

где G_i - расход инфильтрующегося воздуха, кг/ч, через ограждающие конструкции помещения, определяемый в соответствии с п. 3 приложения 10 СНиП 2.04.05-91;

c - удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/(кг·°С);

t_p , t_i - расчетные температуры воздуха, °С, соответственно в помещении (средняя с учетом повышения для помещений высотой более 4 м) и наружного воздуха в холодный период года (параметры Б);

k - коэффициент учета влияния встречного теплового потока в конструкциях, равный 1 для окон со спаренными переплетами.

Расход инфильтрующегося воздуха в помещении G_i , кг/ч, через не плотности наружных ограждений следует определять по формуле

$$G_i = 0,216 \cdot \Sigma A_1 \cdot \Delta p_i^{0,67} / R_u + \Sigma A_2 \cdot G_H \cdot (\Delta p_i / \Delta p_1)^{0,67} \quad (3.4)$$

где A_1 , A_2 - площади наружных ограждающих конструкций, m^2 , соответственно световых проемов (окон, балконных дверей, фонарей) и других ограждений;

Δp_i , Δp_1 - расчетная разность между давлениями на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций соответственно на расчетном этаже при $\Delta p_1 = 10$ Па;

R_u - сопротивление воздухопроницанию, $m^2 \cdot ч \cdot Па / кг$, принимаемое по п. 5.1 СНиП II-3-79**:

$$R_u = \frac{\Delta p_i}{G_H}; \quad (3.5)$$

G_H - нормативная воздухопроницаемость наружных ограждающих конструкций, $кг / (m^2 \cdot ч)$, принимаемая в соответствии с табл. 12* СНиП II-3-79**:

Расчетная разность между давлениями на наружной и внутренней поверхностях каждой ограждающей конструкции Δp_i , Па, принимается после определения условно-постоянного давления воздуха в здании p_{int} , Па (отождествляется с давлениями на внутренних поверхностях наружных ограждающих конструкций), на основе равенства расхода воздуха, поступающего в здание ΣG_i , $кг / ч$, и удаляемого из него ΣG_{ext} , $кг / ч$, за счет теплового и ветрового давлений и дисбаланса расходов между подаваемым и удаляемым воздухом системами вентиляции с искусственным побуждением и расходуемого на технологические нужды.

Расчетная разность давлений Δp_i , определяется по формуле

$$\Delta p_i = (H - h_i) \cdot g \cdot (\gamma_i - \gamma_p) + 0,5 p_i \cdot v^2 \cdot (c_{e,n} - c_{e,p}) \cdot k_l - p_{int}, \quad (3.6)$$

где H - высота здания, m , от уровня средней планировочной отметки земли до верха карниза, центра вытяжных отверстий фонаря или устья шахты;

h_i - расчетная высота, м, от уровня земли до верха окон, балконных дверей, дверей, ворот, проемов или до оси горизонтальных и середины вертикальных стыков стеновых панелей;

γ_i, γ_p - удельный вес, Н/м³, соответственно наружного воздуха и воздуха в помещении, определяемый по формуле

$$\gamma = \frac{3463}{(273 + t)}, \quad (3.7)$$

ρ_i - плотность наружного воздуха, кг/м³;

v - скорость ветра, м/с, принимаемая по приложению 8 и в соответствии с п.3.2 СНиП 2.04.05-91. Расход инфильтрующегося воздуха следует определять, принимая скорость ветра по параметрам Б. $v = 13,5$ м/с.

$c_{e,n}, c_{e,p}$ - аэродинамические коэффициенты соответственно для наветренной и подветренной поверхностей ограждений здания, принимаемые по приложению 4 СНиП 2.01.07-85. Преобладающее направление ветра – южное. Как для отдельно стоящих плоских сплошных конструкций с вертикальными и отклоняющимися от вертикальных не более чем на 15° поверхностями: $c_{e,n} = 0,8$, $c_{e,p} = -0,6$;

k_1 - коэффициент учета изменения скоростного давления ветра в зависимости от высоты здания (14,1 м), принимаемый по табл. 6 СНиП 2.01.07-85. Для типа местности А - открытые побережья морей, озер и водохранилищ, пустыни, степи, лесостепи, тундра, $k_1 = 1,1025$.

p_{int} - условно-постоянное давление воздуха в здании, Па.

Условно-постоянное давление воздуха в здании при отсутствии организованной вентиляции принимается равным наибольшему избыточному давлению в верхней точке заветренной стороны здания, обусловленному действием гравитационного и ветрового давления, т.е.

$$p_{int} = 0,5 \cdot H \cdot g \cdot (\gamma_i - \gamma_p) + 0,25 \cdot \rho_i \cdot v^2 \cdot (c_{e,n} - c_{e,p}) \cdot k_1 \quad (3.8)$$

Вычисленное значение p_{int} принимается постоянным для всего здания, в лестничной клетке, в непосредственно соединенных с ней коридорах, а также в отдельных помещениях при свободном перетекании воздуха из помещения в коридоры.

С учетом выражения для p_{int} формула для определения расчетной разности давлений Δp_i будет иметь вид

$$\Delta p_i = g \cdot (0,5H - h_i) \cdot (\gamma_i - \gamma_p) + 0,25 p_i \cdot v^2 \cdot (c_{e,n} - c_{e,p}) \cdot k_l \quad (3.9)$$

Для примера рассчитаем теплопотери через ограждающие конструкции в помещении №102 (мойка машин).

Потери тепла через наружную стену по формуле (3.1) равны

$$Q_{н,с} = 0,58 \cdot 27,3 \cdot 1 \cdot (16 - (-24)) \cdot (1 + 0,1) = 721 \text{ Вт.}$$

Где $F=27,3 \text{ м}^2$; $K=0,58 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$; $t_{в}=16 \text{ °C}$; $t_{н} = -24 \text{ °C}$; $\beta = 0,1$; т.к. помещение обращено на восток; $n=1$, т.к. наружная поверхность ограждающей конструкции соприкасается с наружным воздухом.

Потери тепла через ворота по формуле (3.1) равны

$$Q_{вор} = 1,92 \cdot 12,96 \cdot 1 \cdot (16 - (-24)) \cdot (1 + 0,1) = 1369 \text{ Вт.}$$

Где $F=12,96 \text{ м}^2$; $K=1,92 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$; $t_{в}=16 \text{ °C}$; $t_{н} = -24 \text{ °C}$; $\beta = 0,1$; т.к. оконный проем обращен на восток; $n=1$, т.к. наружная поверхность ограждающей конструкции соприкасается с наружным воздухом.

Потери тепла через пол для I зоны.

$$Q_{пол1} = \frac{1}{2,1} \cdot 35 \cdot 1 \cdot (16 - (-24)) \cdot 1 = 672 \text{ Вт}$$

Где $F=35 \text{ м}^2$; $R=2,1 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$; $t_{в}=14 \text{ °C}$; $t_{н} = -24 \text{ °C}$; $n=1$.

Потери тепла через пол для II зоны.

$$Q_{пол2} = \frac{1}{4,3} \cdot 23 \cdot 1 \cdot (16 - (-24)) \cdot 1 = 212 \text{ Вт}$$

Где $F=35 \text{ м}^2$; $R=4,3 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$; $t_{в}=14 \text{ °C}$; $t_{н} = -24 \text{ °C}$; $n=1$.

Потери тепла через пол для III зоны.

$$Q_{\text{пол3}} = \frac{1}{8,6} \cdot 15 \cdot 1 \cdot (16 - (-24)) \cdot 1 = 60 \text{ Вт}$$

Где $F=35 \text{ м}^2$; $R=8,6 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$; $t_{\text{в}}=14 \text{ °C}$; $t_{\text{н}} = -24 \text{ °C}$; $n=1$

Суммарные потери через ограждающие конструкции помещения 102 будут равны

$$Q = Q_{\text{н.с.}} + Q_{\text{вор}} + Q_{\text{пол1}} + Q_{\text{пол2}} + Q_{\text{пол3}} = 721 + 1369 + 672 + 212 + 60 = 3369 \text{ Вт}$$

Остальные помещения рассчитаны аналогичным образом и сведены в таблицу 2 «Расчёт теплотерь через ограждающие конструкции здания». Приняты условные обозначения ограждений: Нс – наружная стена, Ок – двойное остекление, Дв – наружная дверь, Вор – наружные ворота, Пол – зоны пола по грунту, Пт – покрытие.

Таблица 2 - Расчёт теплотерь через ограждающие конструкции здания

№ помещений	Внутренняя температура $^{\circ}\text{C}$	Расчетная наружная температура, $^{\circ}\text{C}$	Ограждение	Ориентация	Длина, м	Высота, м	F, м	Разность температур $p, ^{\circ}\text{C}$	Коэффициент теплопередачи (Вт/ $\text{м}^2 \cdot \text{C}$)	Основные теплотери Q Вт	Добавки β		Коэффициент добавок $1 + \sum \beta$	Общие Теплотери Q (Вт)
											на ориентацию ограждения	Прочие		
Ремонтный участок 101	16	-24	Пол 1				96	40	0,48	1843	0		1	1843
	16	-24	Пол 2				96	40	0,23	883	0		1	883
	16	-24	Пол 3				96	40	0,1	384	0		1	384
	16	-24	Пол 4				81,6	40	0,06	196	0		1	196
	16	-24	Нс	С	16	2,5	38,8	40	0,6	930	0,1		1,1	1023
	16	-24	Нс	З	48	9	432	40	0,6	10368	0,05		1,05	10886
	16	-24	Вор	В	3,6	3,6	26	40	2,4	2488	0,1		1,1	2737
	16	-24	Ок	З	3	1,2	14,4	40	2,53	1457	0,05		1,05	1530
	16	-24	Ок	В	3	1,2	7,2	40	2,53	729	0,1		1,1	802
	16	-24	Пт				380	40	0,42	6384	0		1	6384
	Итого по помещению										25662			29335
Мойка машин 102	16	-24	Пол 1				35	40	0,48	672			1	672
	16	-24	Пол 2				23	40	0,23	212			1	212
	16	-24	Пол 3				15	40	0,1	60			1	60

	16	-24	Нс	В	6,5	4,2	27,3	40	0,6	655	0,1		1,1	721	
	16	-24	Вор	В	3,6	3,6	13	40	2,4	1244	0,1		1,1	1369	
	Итого по помещению										2843				3336
Вспомогательное помещение	16	-24	Пол 1				21	40	0,48	403			1	403	
102а	16	-24	Пол 2				9,3	40	0,23	86			1	86	
	16	-24	Нс	3	6,5	4,2	27,3	40	0,6	655	0,05		1,05	688	
	Итого по помещению										1144				1294
Ремонт топливной аппаратуры 103	16	-24	Пол 1				18	40	0,48	346			1	346	
	16	-24	Пол 2				11	40	0,23	101			1	101	
	16	-24	Ок	3	1,5	1,2	1,8	40	2,53	182	0,05		1,05	191	
	16	-24	Нс	3	7	3,3	23,1	40	0,6	554	0,05		1,05	582	
	Итого по помещению										1183				1342
Кладовая для инструментов 104	18	-24	Пол 1				10	42	0,48	202			1	202	
	18	-24	Пол 2				10	42	0,23	97			1	97	
	18	-24	Пол 3				10	42	0,1	42			1	42	
	18	-24	Нс	С	5	3,3	16,5	42	0,6	416	0,1		1,1	457	
	18	-24	Вор	С	2	2	4	42	2,4	403	0,1		1,1	444	
	Итого по помещению										1159				1365
Тепловой узел 105	16	-24	Пол 1				18	40	0,48	346			1	346	
	16	-24	Нс	С	7	3,3	23,1	40	0,6	554	0,1		1,1	610	
	16	-24	Дв	С	1	2	2	40	2,3	184	0,1		1,1	202	
	Итого по помещению										1084				1274

Лестничная клетка 106	16	-24	Пол 1				18	40	0,48	346			1	346
	16	-24	Пол 2				4	40	0,23	37			1	37
	16	-24	Нс	С	9,5	7	66,5	40	0,52	1383	0,1		1,1	1522
	16	-24	Пт				18	40	0,4	288			1	288
	16	-24	Ок	В	1,5	1,2	3,6	40	2	288	0,1		1,1	317
	Итого по помещению										2342			
Коридор 107	16	-24	Пол 1				2,6	40	0,48	50			1	50
	16	-24	Пол 2				12	40	0,23	110			1	110
	16	-24	Нс	С	1,4	3,3	4,62	40	0,52	96	0,1		1,1	106
	16	-24	Ок	С	1	1,2	1,2	40	2	96	0,1		1,1	106
	Итого по помещению										352			
Комната мастеров 108	18	-24	Пол 1				8,8	42	0,48	177			1	177
	18	-24	Пол 2				2	42	0,23	19			1	19
	18	-24	Нс	С	4,5	3,3	14,9	42	0,52	324	0,1		1,1	357
	18	-24	Ок	С	1,5	1,2	1,8	42	2	151	0,1		1,1	166
	Итого по помещению										672			
Помещение для охлаждения 109	22	-24	Пол 1				4,8	46	0,48	106			1	106
	22	-24	Пол 2				4,8	46	0,23	51			1	51
	22	-24	Пол 3				6	46	0,1	28			1	28
	22	-24	Нс	С	2,5	3,3	8,25	46	0,52	197	0,1		1,1	217
	22	-24	Ок	С	1	1,2	1,2	46	2	110	0,1		1,1	121
Комната уборочного	Итого по помещению									492				575
	16	-24	Пол 1				4,6	40	0,48	88			1	88

инвентаря 110														
	16	-24	Нс	С	2,8	3,3	9,24	40	0,52	192	0,1		1,1	211
	Итого по помещению									281				330
Санузел женский 111	16	-24	Пол 1				4,3	40	0,48	83			1	83
	16	-24	Нс	С	1,5	3,3	4,95	40	0,52	103	0,1		1,1	113
	Итого по помещению									186				215
Кроссовая 112	16	-24	Пол 1				2	40	0,48	38			1	38
	16	-24	Пол 2				2	40	0,23	18			1	18
	Итого по помещению									57				62
Мастерская 114	16	-24	Пол 1				36	40	0,48	691			1	691
	16	-24	Пол 2				24	40	0,23	221			1	221
	16	-24	Пол 3				16	40	0,1	64			1	64
	16	-24	Нс	Ю	19	3,3	61,4	40	0,6	1473	0		1	1473
	16	-24	Ок	Ю	1,5	1,2	3,6	40	2,53	364	0		1	364
	16	-24	Вор	Ю	2	2,1	4,2	40	2,4	403	0		1	403
Итого по помещению									3217				3538	
Мастерская 115	16	-24	Пол 1				12	40	0,48	230			1	230
	16	-24	Пол 2				12	40	0,23	110			1	110
	16	-24	Пол 3				24	40	0,1	96			1	96
	16	-24	Ок	3	1,5	1,2	3,6	40	2,53	364	0,05		1,05	383
	16	-24	Нс	3	6,1	3,3	20,1	40	0,6	483	0,05		1,05	507
	Итого по помещению									1284				1459
Кладовая 116	16	-24	Пл				15	40	0,2	120			1	120

	Итого по помещению									120				120
Санузел 117	16	-24	Пол 1				8	40	0,48	154			1	154
	16	-24	Пол 2				4	40	0,23	37			1	37
	16	-24	Нс	В	4,1	3,3	13,5	40	0,52	281	0,1		1,1	310
	Итого по помещению									472				550
Коридор 118	16	-24	Пол 1				3,8	40	0,48	73			1	73
	16	-24	Пол 2				3,04	40	0,23	28			1	28
	16	-24	Нс	3	1,9	3,3	6,27	32	0,52	104	0,05		1,05	110
	Итого по помещению									205				232
Кроссовая 119	16	-24	Пол 1				2	40	0,6	48			1	48
	16	-24	Пол 2				2	40	0,3	24			1	24
	Итого по помещению									72				79
Лестничная клетка 120	16	-24	Пол 1				18	40	0,48	346			1	346
	16	-24	Пол 2				4	40	0,23	37			1	37
	16	-24	Нс	В	9,5	7	66,5	40	0,52	1383	0,1		1,1	1522
	16	-24	Пт				18	40	0,42	302			1	302
	16	-24	Ок	Ю	1,5	1,2	3,6	40	2	288	0		1	288
	Итого по помещению									2356				2744
Коридор 201	16	-24	Нс	3	6,3	3,6	22,7	40	0,52	472	0,05		1,05	495
	16	-24	Дв	3	1	2	2	40	1,68	134	0,05		1,05	141
	16	-24	Пт				40	40	0,42	672			1	672
	Итого по помещению									1278				1308
Кабинет начальника цеха 202	18	-24	Нс	В	8,1	3,5	28,4	42	0,52	619	0,1		1,1	681
	18	-24	Ок	В	2,5	1,2	3	42	1,48	186	0,1		1,1	205

	18	-24	Пт				14	42	0,42	247			1	247
	Итого по помещению									1053				1246
Кабинет старшего мастера 203	18	-24	Нс	С	3,6	3,6	12,9	42	0,52	283	0,1		1,1	311
	18	-24	Ок	С	1,5	1,2	1,8	42	2	151	0,1		1,1	166
	18	-24	Пт				10	42	0,42	176			1	176
	Итого по помещению										611			719
Кладовая 204	16	-24	Пт				5	40	0,42	84			1	84
	Итого по помещению										84			84
Гардероб женский 205	23	-24	Нс	С	2,2	3,6	7,92	47	0,52	194	0,1		1,1	213
	23	-24	Пт				9	47	0,42	178			1	178
	Итого по помещению										371			430
Женская душевая 206	25	-24	Нс	С	2,5	3,6	9	49	0,52	229	0,1		1,1	252
	25	-24	Пт				5	49	0,42	103			1	103
	Итого по помещению										332			355
Санузел 207	16	-24	Пт				4	40	0,42	67			1	67
	Итого по помещению										67			74
Гардероб мужской 208	23	-24	Нс	С	2,3	3,6	8,28	47	0,52	202	0,1		1,1	223
	23	-24	Пт				10	47	0,42	197			1	197
	Итого по помещению										400			462
Преддушевая+ мужская душевая	25	-24	Нс	С	3,4	3,6	12,2	49	0,52	312	0,1		1,1	343

209+210	25	-24	Пт				14	49	0,42	288			1	288
	Итого по помещению										600			
Гардероб уличной одежды 211	23	-24	Нс	С	2,1	3,6	7,56	47	0,52	185	0,1		1,1	203
	23	-24	Пт				9	47	0,42	178			1	178
	Итого по помещению										362			
Комната отдыха 212	22	-24	Нс	С	6,7	3,8	25,5	46	0,52	609	0,1		1,1	670
	22	-24	Ок	С	1	1,2	1,2	46	2	110	0,1		1,1	121
	22	-24	Пт				9	46	0,42	174			1	191
	Итого по помещению										893			
Венткамера 214	16	-24	Нс	В	13	5	64	40	0,6	1536	0,1		1,1	1690
	16	-24	Нс	С	16	2,5	38,8	40	0,6	930	0,1		1,1	1023
	16	-24	Дв	В	1	2	2	40	2,3	184	0,1		1,1	202
	16	-24	Пт				95	40	0,45	1710			1	1710
	Итого по помещению										4360			
Коридор 216	16	-24	Нс	С	4	4,3	17,2	40	0,52	358	0,1		1,1	394
	16	-24	Дв	С	1	2	2	40	2,3	184	0,1		1,1	202
	16	-24	Ок	С	1	1,2	1,2	40	2	96	0,1		1,1	106
	16	-24	Пт				35	40	0,42	588			1	588
	Итого по помещению										1226			
Комната отдыха 217	22	-24	Нс	В	4	3,5	14	46	0,52	335	0,1		1,1	368
	22	-24	Пт				12	46	0,42	232			1	232
	Итого по помещению										567			
Комната обогрева	22	-24	Пт				10	46	0,42	193			1	193

218															
	Итого по помещению										193				193
Комната мастеров	18	-24	Нс	Ю	2,6	3,6	9,36	42	0,52	204	0		1	204	
219	18	-24	Ок	Ю	1,5	1,2	1,8	42	1,48	112	0		1	112	
	18	-24	Пт				10	42	0,42	176			1	176	
	Итого по помещению										493				542
Гардероб спецодежды	23	-24	Нс	С	2,3	3,6	8,28	47	0,52	202	0,1		1,1	223	
220	23	-24	Пт				10	47	0,42	197			1	197	
	Итого по помещению										400				420
Комната мастеров	18	-24	Нс	Ю	2,8	3,6	10,1	42	0,52	220	0		1	220	
221	18	-24	Ок	Ю	1,5	1,2	1,8	42	2	151	0		1	151	
	18	-24	Пт				11	42	0,42	194			1	194	
	Итого по помещению										565				622
Гардероб уличной одежды															
222	23	-24	Пт				15	47	0,42	296			1	296	
	Итого по помещению										296				326
Тамбур+душевая															
223+224	25	-24	Пт				8	49	0,42	165			1	165	
	Итого по помещению										165				181
Гардероб для женщин	23	-24	Нс	Ю	2,2	3,6	7,92	47	0,52	194	0		1	194	
225	23	-24	Пт				9	47	0,42	178			1	178	
	Итого по помещению										371				408

Душевая х 2 226+227	25	-24	Нс	Ю	2,5	3,6	9	49	0,52	229	0	1	229
	25	-24	Пт				6	49	0,42	123		1	123
	Итого по помещению										353		388
Гардероб для мужчин 229	23	-24	Нс	3	3,6	4,3	15,5	47	0,52	378	0,05	1,05	397
	23	-24	Пт				13	47	0,42	257		1	282
	Итого по помещению										635		680
Тамбур+душев ая 230+231	25	-24	Нс	3	2,4	4,2	10,1	49	0,52	257	0,05	1,05	270
	25	-24	Пт				9	49	0,42	185		1	185
	Итого по помещению										442		500
Гардероб для женщин 232	23	-24	Нс	3	6,5	4,2	27,3	47	0,52	667	0,05	1,05	701
	23	-24	Пт				8	47	0,42	158		1	158
	Итого по помещению										825		944
									Суммарные теплопотери по зданию,Вт		71056		

Суммарные тепловые потери ремонтного блока: $Q_P = 71056$ Вт.

4 Расчет системы отопления

4.1 Выбор схемы системы отопления и типа отопительных приборов

Принимается центральная двухтрубная, тупиковая с нижней разводкой магистральных трубопроводов, горизонтальная для производственных помещений и вертикальная для административно-бытовых помещений система отопления ремонтного блока. Теплоноситель – вода с температурой 95-70°C. Движение теплоносителя в приборе – сверху вниз - для обеспечения наибольшей теплоотдачи приборов.

В качестве отопительных приборов для производственных помещений приняты регистры из гладких труб ввиду повышенных требований к аварийной ситуации и необходимости обеспечения удобства монтажа и очистки. Для административно-бытовых помещений подобраны напольные медно-алюминиевые конвекторы "Элегант-Плюс" кимрского завода теплового оборудования «РАДИАТОР» напольного исполнения, отличающиеся высокой эстетичностью, доступностью, дешевизной и хорошими теплотехническими показателями [8].

Для установки в производственных помещениях принимаются регистры из стальных гладких труб диаметром 89х3,5 мм. Коэффициент теплопередачи с погонного метра труб регистра: $d=89 \times 3,5 \text{ мм} - k=179 \text{ Вт/м}$ при теплоносителе воде с параметрами 95-70°C (табл. III.22 и III.26 [34]).

Характеристики конвекторов: температура теплоносителя до 130°C, рабочее давление до 15 атм., опрессовочное давление 25 атм., все конвекторы комплектуются краном Маевского.

4.2 Определение типа и количества отопительных приборов

4.2.1 Размещение отопительных приборов

Наиболее предпочтительным является размещение приборов под световыми проёмами у наружных ограждений. Данное расположение способствует повышению температуры в нижней части наружной стены и уменьшает радиационное охлаждение. Потоки тёплого воздуха, поднимающиеся по стене, уменьшают проникновение холодного воздуха в рабочую зону.

При размещении приборов у наружных и внутренних ограждений их длина подбирается с учетом расстояния между несущими колоннами или входными проемами так, чтобы обеспечить удобство монтажа и последующей очистки. Регистры располагаются на расстоянии не менее 300 мм от пола.

4.2.2 Расчет теплоотдающей поверхности отопительных приборов

Для обеспечения в отапливаемом помещении расчетной температуры воздуха необходимо, чтобы количество теплоты, отдаваемой отопительными приборами и трубопроводами было равно тепловым потерям. Номинальный тепловой поток отопительного прибора не рекомендуется принимать меньше чем на 5% или на 60 Вт требуемого по расчету.

Дополнительные потери теплоты всегда существуют, поэтому нормами предлагается учитывать их в виде дополнительных коэффициентов при определении окончательной расчетной тепловой мощности системы отопления и теплопередачи отопительного прибора $Q_{ГП}$, Вт [7]:

$$Q_{ГП} = k \cdot Q_P \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \quad (4.1)$$

где Q_P - расчетные потери теплоты в помещении, Вт;

k - поправочный коэффициент, учитывающий (при определении тепловой мощности системы отопления в целом) дополнительные теплотери, связанные с охлаждением теплоносителя в магистралях, проходящих в не отапливаемых помещениях;

β_1 - коэффициент учета дополнительного теплового потока отопительных приборов за счет округления их площади сверх расчетной величины;

β_2 - коэффициент учета дополнительных потерь теплоты приборами, расположенными у наружных ограждений.

Дополнительные теплотери, связанные с охлаждением теплоносителя в магистралях отсутствуют, так как магистрали прокладываются в отапливаемых помещениях: $k = 1$.

Принимаем коэффициент $\beta_1 = 1$ по [8].

В зависимости от вида прибора и способа его установки у наружного ограждения величина β_2 может изменяться от 1,02 до 1,1. Принимаем $\beta_2 = 1,04$.

Тогда поправочный коэффициент для вычисления расчетного дефицита теплоты в помещении $k \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 = 1,04$.

Теплоотдача открыто проложенных трубопроводов принята в размере 10% теплотери помещения.

Конвекторы «Элегант-Плюс» для административно-бытовых помещений подбираются по каталогу продукции по потребной теплопередаче отопительного прибора.

Длина греющих труб для производственных помещений определяется по формуле

$$l = Q_{\text{ПР}} / (\pi \cdot d \cdot k), \quad (4.2)$$

где d – диаметр труб в регистре, мм,

k – коэффициент теплоотдачи стальных гладких труб, Вт/м².

После определения необходимой длины греющей трубы из принятого ряда регистров подбирается прибор с суммарной длиной труб в нем не меньше требуемой.

Расчетные таблицы и результаты расчета отопительных приборов приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Определение марки и количества отопительных приборов (конвекторов и регистров)

№ помещения	Наименование помещения, количество и температура	Теплопотери помещения, Qлом	Необходимая длина регистра, l	Марка и количество конвекторов или тип регистров
101	Ремонтный участок	29335	155,98	Регистр из 5-и гладких труб $\varnothing 89 \times 3,5$, l=4,5 м 3 шт. P1 Регистр из 5-и гладких труб $\varnothing 89 \times 3,5$, l=4 м 2 шт. P2 Регистр из 5-и гладких труб $\varnothing 89 \times 3,5$, l=3 м 3 шт. P3 Регистр из 4-х гладких труб $\varnothing 89 \times 3,5$, l=1,5 м P6
102	Мойка машин	3336	17,74	Регистр из 4-х гладких труб $\varnothing 89 \times 3,5$, l=4,5 м P5
102a	Вспомогательное помещение	1294	6,88	Регистр из 2-х гладких труб $\varnothing 89 \times 3,5$, l=3,5 м P7
103	Ремонт топливной аппаратуры	1342	7,12	Регистр из 4-х гладких труб $\varnothing 89 \times 3,5$, l=1,5 м. P6
104	Кладовая для инструментов	1365	7,26	Регистр из 2-х гладких труб $\varnothing 89 \times 3,5$, l=3,5 м P7
105	Тепловой узел	1274	-	-
106	Лестничная клетка	2760	-	Элегант-Плюс 400x130x2200-2
107	Коридор	409	-	Элегант-Плюс 400x130x600-1
108	Комната мастеров	792	-	Элегант-Плюс 400x130x900-1
109	Помещение для охлаждения	575	-	Элегант-Плюс 400x130x700-1
110	Комната уборочного инвентаря	330	-	Элегант-Плюс 400x130x500-1
111	Санузел женский	215	-	Элегант-Плюс 400x130x500-1
112	Кроссовая	62	-	-
114	Мастерская	3538	18,81	Регистр из 2-х гладких труб $\varnothing 89 \times 3,5$, l=3,5 м P7 Регистр из 4-х гладких труб $\varnothing 89 \times 3,5$, l=1,5 м 2 шт. P6
115	Мастерская	1459	7,76	Регистр из 2-х гладких труб $\varnothing 89 \times 3,5$, l=3,5 м P7
116	Кладовая	120	-	-

117	Санузел	550	-	Элегант-Плюс 400x130x700-1 и Элегант-Плюс 400x130x500-1
118	Коридор	232	-	Элегант-Плюс 400x130x500-1
119	Кроссовая	79	-	-
120	Лестничная клетка	2744	-	Элегант-Плюс 400x130x2200-2
201	Коридор	1308	-	Элегант-Плюс 400x130x500-1 и Элегант-Плюс 400x130x1100-1
202	Кабинет начальника цеха	1246	-	Элегант-Плюс 400x130x800-1 2 шт.
203	Кабинет старшего мастера	719	-	Элегант-Плюс 400x130x900-1
204	Кладовая	84	-	-
205	Гардероб женский	430	-	Элегант-Плюс 400x130x600-1
206	Женская душевая	355	-	Элегант-Плюс 400x130x700-1
207	Санузел	74	-	-
208	Гардероб мужской	462	-	Элегант-Плюс 400x130x600-1
209	Преддушевая	272	-	Элегант-Плюс 400x130x900-1
210	Мужская душевая	407	-	-
211	Гардероб уличной одежды	419	-	Элегант-Плюс 400x130x600-1
212	Комната отдыха	1081	-	Элегант-Плюс 400x130x1200-1
214	Венткамера	5088	27,05	Регистр из 4-х гладких труб ø89x3,5, l=1,5 м Р6 Регистр из 4-х гладких труб ø89x3,5, l=5 м Р4
216	Коридор	1418	-	Элегант-Плюс 400x130x800-1 2 шт.
217	Комната отдыха	660	-	Элегант-Плюс 400x130x800-1
218	Комната обогрева	193	-	Элегант-Плюс 400x130x500-1
219	Комната мастеров	542	-	Элегант-Плюс 400x130x800-1
220	Гардероб спецодежды	420	-	Элегант-Плюс 400x130x600-1
221	Комната мастеров	622	-	Элегант-Плюс 400x130x800-1
222	Гардероб уличной одежды	326	-	Элегант-Плюс 400x130x500-1
223	Тамбур	84	-	-
224	Душевая	103	-	Элегант-Плюс 400x130x500-1
225	Гардероб для женщин	408	-	Элегант-Плюс 400x130x600-1
226	Душевая	185	-	Элегант-Плюс 400x130x600-1
227	Душевая	172	-	-

228	Душевая	205	-	-
229	Гардероб для мужчин	680	-	Элегант-Плюс 400x130x800-1
230	Тамбур	152	-	Элегант-Плюс 400x130x500-1
231	Душевая	349	-	Элегант-Плюс 400x130x500-1
232	Гардероб для женщин	944	-	Элегант-Плюс 400x130x1200-1
		71056		

4.3 Гидравлический расчет системы отопления

Гидравлический расчет проводится в соответствии с законами гидравлики. Расчет основан на следующем принципе: при установившемся движении воды действующая в системе разность давления (насосного и естественного) полностью расходуется на преодоление гидравлического сопротивления движению.

Гидравлический расчет выполняют по пространственной схеме системы отопления, вычерчиваемой обычно в аксонометрической проекции.

Расход воды на участке $G_{у\text{ч}}$ при расчетной разности температуры воды в системе $t_r - t_0$ с учетом дополнительной теплопередачи в помещения:

$$G_{у\text{ч}} = Q_{у\text{ч}} \cdot 3,6 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 / c \cdot (t_r - t_0), \text{ кг/ч} \quad (4.1)$$

где $Q_{у\text{ч}}$ тепловая нагрузка участка;

β_1, β_2 - поправочные коэффициенты, учитывающие дополнительную теплопередачу в помещения;

c - удельная массовая теплоемкость воды, равная $4,187 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$;

$3,6$ – коэффициент перевода: $1 \text{ Вт} = 3600/1000 \text{ кДж/ч} = 3,6 \text{ кДж/ч}$

Тепловая нагрузка системы отопления в целом равна сумме тепловых нагрузок всех отопительных приборов (теплопотерь помещений). По общей теплопотребности для отопления здания определяют расход воды в системе отопления:

$$G_c = Q_c / c \cdot (t_r - t_0) = \Sigma Q_n \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 / c \cdot (t_r - t_0) \quad (4.2)$$

Гидравлический расчет двухтрубных систем отопления ведется по удельной линейной потере давления, подбирая диаметр труб при равных (или, как иногда говорят, постоянных) перепадах температуры воды во всех стояках и ветвях t_{CT}' соответствующих расчетному перепаду температуры воды во всей системе t_c

$$\Delta t_{CT} = \Delta t_c \quad (4.3)$$

Предварительно вычисляют расход воды на каждом участке. По найденным расходам воды по таблице II.1 приложения II Справочника проектировщика [4] принимаются диаметры обыкновенных газопроводных труб для участков системы отопления. Величиной, ограничивающей возможность снижения диаметров трубопроводов систем отопления, является предельная скорость теплоносителя в них, определяемая из условий бесшумной работы системы. При теплоносителе - воде эти скорости равны: для труб диаметром 15 мм - 0,5 м/с, а для труб 20, 25, 32 мм и более - соответственно 0,65; 0,8; 1,0 и 1,1 м/с.

Потери давления на трение и местные сопротивления на участке определяют отдельно по преобразованной формуле:

$$\Delta p_{\text{уч}} = \left(\frac{\lambda}{d_b} \right) \cdot \left(\frac{\rho w^2}{2} \right) l_{\text{уч}} + \sum \zeta_{\text{уч}} \left(\frac{\rho w^2}{2} \right) = R l_{\text{уч}} + Z \quad (4.4)$$

где $R = \left(\frac{\lambda}{d_b} \right) \cdot \left(\frac{\rho w^2}{2} \right)$ - удельная потеря давления на трение на длине 1 м,

Па/м;

$$Z = \sum \zeta_{\text{уч}} \left(\frac{\rho w^2}{2} \right) - \text{потери давления на местные сопротивления, Па.}$$

В нашем случае величина удельных потерь давления на участках определяется по таблице для гидравлического расчета. Значения коэффициентов местных сопротивлений на участках приняты по табл. II.10 - II.15 Справочника проектировщика [4].

Потери давления в циркуляционном кольце системы: при последовательном соединении N участков

$$\Delta p_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^N (R l_{\text{уч}} + Z)_i \quad (4.5)$$

т.е. равны сумме потерь давления на участках, составляющих кольцо; при параллельном соединении двух участков, стояков или ветвей

$$\Delta p_i = \Delta p_j \quad (4.6)$$

т.е. потери давления на параллельно соединенных участках, стояках или ветвях равны.

Расчет начинают с основного циркуляционного кольца системы.

Основным считают циркуляционное кольцо, в котором расчетное циркуляционное давление Δp_p , приходящееся на единицу длины кольца Σl , имеет наименьшее значение, т.е.

$$\Delta p_i = \frac{\Delta p_p}{\Sigma l} = \min \quad (4.7)$$

В двухтрубной системе это кольцо через нижний отопительный прибор наиболее нагруженного из удаленных от теплового пункта стояков при тупиковом движении воды в магистралях.

Второстепенные циркуляционные кольца состоят из общих участков основного кольца (уже рассчитанных) и дополнительных (не общих) еще не рассчитанных участков. Их гидравлический расчет проводится с увязкой потерь давления. Термин «увязка» означает получение равенства потерь давления на параллельно соединенных дополнительных участках какого либо второстепенного кольца и не общих участках основного кольца. Следовательно, в каждом новом кольце рассчитываются только дополнительные (не общие) участки, в данном случае только промежуточные стояки. Для увязки потери давления в любом промежуточном стояке должны равняться располагаемому циркуляционному давлению $\Delta p_{p,ст}$ фактически заданному в результате расчета основного кольца.

Таким образом, гидравлический расчет второстепенных циркуляционных колец в системе с тупиковым движением воды в магистралях сводится к расчету промежуточных стояков с получением равенства:

$$\Sigma(Rl+Z)_{ст} = \Delta p_{p,ст} \quad (4.8)$$

где $\Delta p_{p,CT}$ - располагаемое циркуляционное давление, полученное в результате расчета основного циркуляционного кольца.

Следовательно, располагаемое циркуляционное давление $\Delta p_{p,CT}$ должно быть равно потерям давления (уже известным) на участках основного кольца, замыкающих рассматриваемый стояк. Таким образом, для двухтрубной системы

$$\Delta p_{p,CT} = \Sigma(R1+Z)_{OCH} \quad (4.9)$$

При выборе диаметра труб в циркуляционном кольце исходят из принятого расхода теплоносителя и среднего ориентировочного значения удельной линейной потери давления R_{cp} , Па/м, определяемого по формуле (считая потери давления на трение равными 65% Δp_p)

$$R_{cp} = 0,65\Delta p_p / \Sigma l \quad (4.10)$$

где Σl - общая длина последовательно соединенных участков, составляющих основное циркуляционное кольцо, м.

Расчетное циркуляционное давление Δp_p в системе водяного отопления в общем виде можно определить по формуле

$$\Delta p_p = \Delta p_H + B\Delta p_E \quad (4.11)$$

где Δp_H - циркуляционное давление, создаваемое насосом

Δp_E - естественное циркуляционное давление, возникающее вследствие охлаждения воды (нагретой до расчетной температуры) соответственно в отопительных приборах и в трубах циркуляционного кольца системы.

B - поправочный коэффициент, учитывающий значение естественного циркуляционного давления в период поддержания расчетного гидравлического режима в системе.

Давление на вводе в систему отопления здания (исходные данные): $P_{под} = 3,3$ кгс/см²; $P_{обр} = 2,9$ кгс/см².

Таким образом, расчетное циркуляционное давление:

$$\Delta p_p = \Delta p_H = P_{под} - P_{обр} = 3,3 - 2,9 = 4 \text{ кПа.}$$

Расчет основного циркуляционного кольца:

Длину основного циркуляционного кольца определяем по аксонометрической схеме системы отопления: $\Sigma l = 160,84$ м.

Средняя удельная линейная потеря давления:

$$R_{cp} = 0,65 \cdot 4000 / 160,84 = 14,1 \text{ Па/м}$$

Заполняем в расчетном бланке колонки расходов воды на участках, из аксонометрической схемы заносим значения длин их, по расходу воды на участках выбираем диаметр труб D_y . Далее, ориентируясь на значение величины R_{cp} , записываем по таблицу скорость движения воды w и вычисляем действительные значения удельных линейных потерь давления R .

Основное циркуляционное кольцо выбирается через нижний отопительный прибор на первом этаже в помещении 120.

Выбираем второстепенное циркуляционное кольцо через ближний к тепловому пункту (в рассматриваемой системе) отопительный прибор на первом этаже в помещении 115.

Таблица 4 – Гидравлический расчет основного кольца системы отопления через стояк 33

Данные по участкам схемы			Принято						
№	G, кг/ч	l, м	D, мм	w, м/с	R, Па/м	Rl, Па	$\Sigma \xi$	Z, Па	Rl+Z, Па
1	2460,1	8,3	50	0,323	30	249	2,3	115,18	364,18
1"	2113,2	21,7	50	0,275	22	477,4	3	108,90	586,30
2	559,5	19,15	32	0,159	13	248,95	3	36,40	285,35
3	344,1	4,83	32	0,1	5,5	26,565	3	14,40	40,97
4	296,0	6,19	32	0,084	4	24,76	3	10,16	34,92
5	208,8	4,22	25	0,103	8,5	35,87	3,6	18,33	54,20
6	192,8	2,61	25	0,097	7,5	19,575	3,6	16,26	35,83
7	176,7	5,05	25	0,089	6,5	32,825	3,6	13,69	46,51
8	112	4,12	20	0,092	9,5	39,14	3	12,19	51,33
9	47,9	8,5	20	0,041	1,5	12,75	2,9	2,34	15,09
55	112	4,12	20	0,092	9,5	39,14	3	12,19	51,33
54	176,7	5,05	25	0,089	6,5	32,825	3,6	13,69	46,51
53	192,8	2,61	25	0,097	7,5	19,575	3,6	16,26	35,83
52	208,8	4,22	25	0,103	8,5	35,87	3,6	18,33	54,20
51	296,0	6,19	32	0,084	4	24,76	3	10,16	34,92
50	344,1	4,83	32	0,1	5,5	26,565	3	14,40	40,97

48	559,5	19,15	32	0,159	13	248,95	3	36,40	285,35
47"	2113,2	21,7	50	0,275	22	477,4	3	108,90	586,30
47	2460,1	8,3	50	0,323	30	249	2,3	115,18	364,18
		160,84				2320,92		693,36	3014,28

Таблица 5 – Гидравлический расчет второстепенного кольца системы отопления через стояк 25

Данные по участкам схемы			Принято						
№	G, кг/ч	l, м	D, мм	w, м/с	R, Па/м	Rl, Па	$\sum \xi$	Z, Па	Rl+Z, Па
96	59,1	0,74	20	0,048	1,9	1,41	4,3	4,76	6,16
97	59,1	0,74	20	0,048	1,9	1,41	4,3	4,76	6,16
98	12	7,48	20	0,014	0,5	3,74	2,3	0,22	3,96
		8,22				5,15		4,97	10,12

В результате гидравлического расчета системы отопления уточняются диаметры трубопроводов участков системы. Для увязки падений давления в пределах отдельных колец используются современные балансировочные клапаны MSV-BD производства датской компании Danfoss. Подбор балансировочных клапанов производится по техническому описанию «Ручные фланцевые балансировочные клапаны» фирмы Danfoss.

Пример подбора балансировочных клапанов.

На диаграмме для выбора диаметра и настройки клапанов линией соединяются точки значения расхода теплоносителя на участке 97 ($59,1 \text{ кг/ч} = 0,06 \text{ м}^3/\text{ч}$) и перепад давления $p_d = 2,6 \text{ кПа}$, которая продолжается до пересечения со шкалой K_v . Затем от точки на шкале K_v проводится горизонтальная линия которая пересекает шкалу со значениями настройки клапанов, допускаемых для выбора диаметров (15 и 20мм). Значение настройки для клапана на трубопроводе 20 мм – 1,3 (количество оборотов настроечной рукоятки).

Аналогичным образом рассчитываются остальные кольца системы отопления. Результаты сведены в таблицы 6-10. В результате гидравлического расчета систем отопления уточняются диаметры трубопроводов участков системы.

Таблица 6 – Гидравлический расчет кольца системы отопления через стояк 32

Данные по участкам схемы			Принято						
№	G, кг/ч	l, м	D, мм	w, м/с	R, Па/м	Rl, Па	$\sum \xi$	Z, Па	Rl+Z, Па
1	2460,1	8,3	50	0,323	30	249,00	2,3	115,18	364,18
1"	2113,2	21,7	50	0,275	22	477,40	3	108,90	586,30
2	559,5	19,15	32	0,159	13	248,95	3	36,40	285,35
49	156,3	1,73	25	0,077	5	8,65	3	8,54	17,19
10	144,3	2,48	25	0,073	4,5	11,16	3	7,67	18,83
11	132,3	3,29	25	0,066	3,8	12,50	3,6	7,53	20,03
12	120,3	3,09	25	0,06	3,2	9,89	3	5,18	15,07
13	104,3	2,78	25	0,051	2,4	6,67	3	3,75	10,42
14	12	4,04	20	0,014	0,5	2,02	3,9	0,37	2,39
15	80,2	6,47	20	0,064	5	32,35	3,6	7,08	39,43
16	44,1	1,86	20	0,035	1,3	2,42	3	1,76	4,18
17	24,1	10,94	20	0,02	0,75	8,21	3,9	0,75	8,95
63	44,1	1,86	20	0,035	1,3	2,42	3	1,76	4,18
62	80,2	6,47	20	0,064	5	32,35	3,6	7,08	39,43
61	12	4,04	20	0,014	0,5	2,02	3,9	0,37	2,39
60	104,3	2,78	25	0,051	2,4	6,67	3	3,75	10,42
59	120,3	3,09	25	0,06	3,2	9,89	3	5,18	15,07
58	132,3	3,29	25	0,066	3,8	12,50	3,6	7,53	20,03
57	144,3	2,48	25	0,073	4,5	11,16	3	7,67	18,83
74	156,3	1,73	25	0,077	5	8,65	3	8,54	17,19
48	559,5	19,15	32	0,159	13	248,95	3	36,40	285,35
47"	2113,2	21,7	50	0,275	22	477,40	3	108,90	586,30
47	2460,1	8,3	50	0,323	30	249,00	2,3	115,18	364,18
		160,72				2130,225		605,47	2735,70

Таблица 7 – Гидравлический расчет кольца системы отопления через стояк 16

Данные по участкам схемы			Принято						
№	G, кг/ч	l, м	D, мм	w, м/с	R, Па/м	Rl, Па	$\sum \xi$	Z, Па	Rl+Z, Па
1	2460,1	8,3	50	0,323	30	249,00	2,3	115,18	364,18
1"	2113,2	21,7	50	0,275	22	477,40	3	108,90	586,30
27	1553,7	2,16	50	0,2	12	25,92	3	57,60	83,52
18	1032,6	6,77	40	0,231	22	148,94	3,6	92,21	241,15
19	898,1	5,75	40	0,195	16	92,00	3	54,76	146,76
20	343,1	1,42	32	0,1	5,5	7,81	2,1	10,08	17,89
21	290,3	5,72	25	0,146	16	91,52	2,1	21,49	113,01
22	161,5	6,72	25	0,081	8,5	57,12	3,6	11,34	68,46
23	121,1	3,76	20	0,099	11	41,36	2,9	13,64	55,00
70	121,1	3,76	20	0,099	11	41,36	2,9	13,64	55,00
69	161,5	6,72	25	0,081	8,5	57,12	3,6	11,34	68,46
68	290,3	5,72	25	0,146	16	91,52	2,1	21,49	113,01
67	343,1	5,75	32	0,1	5,5	31,63	2,1	10,08	41,71

66	898,1	6,64	40	0,195	16	106,24	3	54,76	161,00
65	1032,6	6,77	40	0,231	22	148,94	3,6	92,21	241,15
34	1553,7	2,16	50	0,2	12	25,92	3	57,60	83,52
47"	2113,2	21,7	50	0,275	22	477,40	3	108,90	586,30
47	2460,1	8,3	50	0,323	30	249,00	2,3	115,18	364,18
		129,82				2420,20		970,38	3390,57

Таблица 8 – Гидравлический расчет кольца системы отопления через стояк 15

Данные по участкам схемы			Принято						
№	G, кг/ч	l, м	D, мм	w, м/с	R, Па/м	Rl, Па	$\sum \xi$	Z, Па	Rl+Z, Па
1	2460,1	8,3	50	0,323	30	249,00	2,3	115,18	364,18
1"	2113,2	21,7	50	0,275	22	477,40	3	108,90	586,30
27	1553,7	2,16	50	0,2	12	25,92	3	57,60	83,52
18	1032,6	6,77	40	0,231	22	148,94	3,6	92,21	241,15
19	898,1	5,75	40	0,195	16	92,00	3	54,76	146,76
24	403,6	4,74	25	0,196	28	132,72	3	55,32	188,04
25	302,7	5,05	25	0,15	17	85,85	3	32,40	118,25
26	151,4	6,68	20	0,122	16	106,88	2,9	20,72	127,60
73	151,4	7,87	20	0,122	16	125,92	2,9	20,72	146,64
72	302,7	5,33	25	0,15	17	90,61	3	32,40	123,01
71	403,6	9,01	25	0,11	5,5	49,56	3	17,42	66,98
66	898,1	6,64	40	0,195	16	106,24	3	54,76	161,00
65	1032,6	6,77	40	0,231	22	148,94	3,6	92,21	241,15
34	1553,7	2,16	50	0,2	12	25,92	3	57,60	83,52
47"	2113,2	21,7	50	0,275	22	477,40	3	108,90	586,30
47	2460,1	8,3	50	0,323	30	249,00	2,3	115,18	364,18
		128,9				303,5		1036,27	3628,56

Таблица 9 – Гидравлический расчет кольца системы отопления через стояк 11

Данные по участкам схемы			Принято						
№	G, кг/ч	l, м	D, мм	w, м/с	R, Па/м	Rl, Па	$\sum \xi$	Z, Па	Rl+Z, Па
1	2460,1	8,3	50	0,323	30	249,00	2,3	115,18	364,18
1"	2113,2	21,7	50	0,275	22	477,40	3	108,90	586,30
27	1553,7	2,16	50	0,2	12	25,92	3	57,60	83,52
28	521	0,64	32	0,152	12	7,68	3	33,27	40,95
29	420,2	5,95	32	0,118	7,5	44,63	3,6	24,06	68,69
30	285,6	6,5	32	0,082	3,8	24,70	3,6	11,62	36,32
31	201,4	15,02	25	0,1	8	120,16	4,2	20,16	140,32
32	141,3	3,44	20	0,113	14	48,16	3,6	22,06	70,22
33	100,9	0,88	20	0,08	7,5	6,60	3,6	11,06	17,66
35	60,1	3,28	20	0,049	2	6,56	3,7	4,26	10,82
36	36,1	1,44	20	0,03	1,1	1,58	3,6	1,56	3,14
83	36,1	1,44	20	0,03	1,1	1,58	3,6	1,56	3,14
82	60,1	3,28	20	0,049	2	6,56	3,7	4,26	10,82
80	100,9	5,4	20	0,08	7,5	40,50	3,6	11,06	51,56

79	141,3	3,44	20	0,113	14	48,16	3,6	22,06	70,22
78	201,4	15,02	25	0,1	8	120,16	4,2	20,16	140,32
77	285,6	1,32	32	0,082	3,8	5,02	4,2	13,56	18,57
76	420,2	7,12	32	0,118	7,5	53,40	3,6	24,06	77,46
75	521	4,95	32	0,152	12	59,40	3,6	39,92	99,32
34	1553,7	2,16	50	0,2	12	25,92	3	57,60	83,52
47"	2113,2	21,7	50	0,275	22	477,40	3	108,90	586,30
47	2460,1	8,3	50	0,323	30	249,00	2,3	115,18	364,18
97	24,1	3,13	20	0,02	0,75	2,35	1,5	0,29	2,64
		146,6			240,55			828,34	2930,18

Таблица 10 – Гидравлический расчет кольца системы отопления через стояк 10

Данные по участкам схемы			Принято						
№	G, кг/ч	l, м	D, мм	w, м/с	R, Па/м	Rl, Па	sumdzita	Z, Па	Rl+Z, Па
1	2460,1	8,3	50	0,323	30	249,00	2,3	115,18	364,18
37	347,6	3,59	32	0,1	5,5	19,75	3,6	17,28	37,03
38	307,5	2,29	32	0,09	4,5	10,31	3	11,66	21,97
39	291,5	2,22	32	0,082	3,8	8,44	3	9,68	18,12
40	263,4	3,97	25	0,13	13	51,61	3,6	29,20	80,81
41	247,4	6,19	25	0,125	12	74,28	4,2	31,50	105,78
42	200,3	0,79	25	0,1	8	6,32	3,6	17,28	23,60
43	180,2	1,73	25	0,089	6,5	11,25	3,6	13,69	24,93
44	144	2,75	25	0,073	4,5	12,38	3	7,67	20,05
45	88	10,72	25	0,043	1,3	13,94	4,2	3,73	17,66
46	40,1	2,58	20	0,033	1,2	3,10	6	3,14	6,23
93	40,1	2,58	20	0,033	1,2	3,10	6	3,14	6,23
92	88	10,72	25	0,043	1,3	13,94	4,2	3,73	17,66
91	144	2,75	25	0,073	4,5	12,38	3	7,67	20,05
90	180,2	1,73	25	0,089	6,5	11,25	3,6	13,69	24,93
89	200,3	0,79	25	0,1	8	6,32	3,6	17,28	23,60
88	247,4	6,19	25	0,125	12	74,28	4,2	31,50	105,78
87	263,4	3,97	25	0,13	13	51,61	3,6	29,20	80,81
86	291,5	2,22	32	0,082	3,8	8,44	3	9,68	18,12
85	307,5	2,29	32	0,09	4,5	10,31	3	11,66	21,97
84	347,6	3,59	32	0,1	5,5	19,75	3,6	17,28	37,03
47	2460,1	8,3	50	0,323	30	249,00	2,3	115,18	364,18
96	24,1	3,19	20	0,02	0,75	2,39	1,5	0,29	2,68
		93,45				923,09		520,32	1443,40

5 Расчет и выбор системы вентиляции

Назначение вентиляции – поддерживать химический состав и физическое состояние воздуха, удовлетворяющее гигиеническим требованиям, т.е. обеспечивать определенные метеорологические параметры воздушной среды и чистоту воздуха.

Вентиляция зданий служит поддержанию соответствующей санитарным нормам чистоты воздуха (газового состава) в помещениях. Вентиляция промышленных помещений входит в число обязательных мероприятий по подготовке к введению цехов в эксплуатацию.

Разработка проекта системы вентиляции ведется в соответствии с требованиями СНиП 41-01-2008 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

В рассматриваемом проекте в помещениях ремонтного блока запроектирована приточно-вытяжная вентиляция с механическим и естественным побуждением. Воздухообмен рассчитан на разбавление и удаление вредных газовойделений по расчету ассимиляции, обеспечивая требования ГОСТ 12.1.005. На участке мойки автомобилей подача приточного воздуха осуществляется рассредоточено в рабочую зону, вытяжка из верхней и нижней зоны поровну. В ремонтном участке подача приточного воздуха осуществляется рассредоточено в рабочую зону и в смотровую канаву, а вытяжка из верхней и нижней зоны поровну. Также запроектированы местные отсосы от рабочих мест с выделением вредностей.

Вентиляция в административно-бытовых помещениях запроектирована приточно-вытяжная с механическим и естественным побуждением. Воздухообмен по помещениям принимается по кратности и по расчету в соответствии с нормами.

Таблица 11 - Приточные и вытяжные системы вентиляции

Обозначение	Количество	Наименование обслуживаемого помещения (технологического оборудования)
П1	1	Административно-бытовые помещения в осях 10-11
П2	1	Ремонтный участок 101
П3	1	Участок мойки автомобилей 102
П4	1	Мастерские 114 и 115
П5	1	Административно-бытовые помещения в осях 1-3
В1	1	Административно-бытовые помещения в осях 10-11
В2	1	Душевые в осях 10-11
В3	1	Сан.узлы
В4	1	Ремонтный участок 101
В5	1	Ремонтный участок 101
В6	1	Участок мойки автомобилей 102
В7	1	Участок ремонта топливной аппаратуры 103, кладовая для инструментов 104
В10	1	Административно-бытовые помещения в осях 1-3
В11	1	Душевые в осях 1-3
В12	1	Мастерские 114 и 115
ВЕ1	1	Кладовая 204
ВЕ2	1	Сан.узел 207
ВЕ3	1	Тепловой узел 105, преддушевая 209 и душевая 210
ВЕ4	1	Венткамера 214
ВЕ5	1	Кладовая 116 кладовая, спец.одежды 218
ВЕ6	1	Сан.узел 117, кладовая спец.одежды 218
ВЕ7	1	Кладовая спец.одежды 218
ВЕ8	1	Комната уборочного инвентаря 228

5.1 Описание технологического процесса. Определение количества вредностей поступающих в помещения

В состав ремонтного блока входят помещения, в которых происходит выделение вредностей: ремонтный участок, участок мойки автомобилей, мастерская участка сантехнических работ.

Источником выделения вредностей в ремонтном участке (помещение 101) является точильно-шлифовальный станок двусторонний. Станок работает 4 часа в

смену. При этом локализовано выделяется металлическая пыль в количестве 0,24 кг/ч. Необходимо предусмотреть приток теплого воздуха в смотровую яму в соответствии с нормами. Происходит въезд и выезд 1 автомобиля в смену. Характеристики точильно - шлифовального станка: $d=300$ мм, $N=2$ кВт, $m=200$ кг.

В помещении зоны мойки автомобилей (помещение 102) происходит въезд и выезд 10 автомобилей в смену (2 автомобиля в час). При расчете принять грузовой автомобиль КАМАЗ.

Мастерская участка сантехнических работ (помещение 114) оснащена столами сварщика неповоротными в количестве двух штук. В стол сварщика встроен вентилятор с характеристиками: $N_{\text{вентилятора}}=0,55$ кВт, $V=1730$ м³/ч, диаметр присоединительного фланца 160 мм. ($H=500$ мм.) Выделяемые вредные вещества (сварочный аэрозоль на 1 стол) на кг расходуемого материала: пыль 36 г/час, окиси марганца 2,2 г/час, фтористый водород 4,6 г/час. Расход электродной проволоки: 0,7кг/ч. Данные взяты из спецификации оборудования и [25].

5.2 Местные отсосы

Предусматриваются местные отсосы для улавливания теплоты, влаги, газов и пыли у мест их образования. Местные отсосы позволяют обеспечить нормируемые параметры воздушной среды в помещениях при меньших, по сравнению с общеобменной вентиляцией, расходах воздуха.

Расход воздуха для отсоса от источника, выделяющего теплоту и газы, пропорционален характерному расходу воздуха в конвективном потоке, поднимающемся над источником:

$$L_{\text{отс}} = L_0 \cdot k_{\text{п}} \cdot k_{\text{в}} \cdot k_{\text{т}} \quad (5.1)$$

где L_0 - характерный расход, м³/ч;

k_n - безразмерный множитель, учитывающий влияние геометрических и режимных параметров, характеризующих систему «источник - отсос»;

k_b - коэффициент, учитывающий влияние скорости движения воздуха в помещении;

k_T — коэффициент, учитывающий токсичность вредных выделений.

Скорость воздуха v_o зависит от характера технологического процесса и токсичности вредных выделений и определяется обычно экспериментально.

- Точильно - шлифовальный станок двусторонний в помещении 101 – ремонтный участок.

Количество воздуха, удаляемого от шлифовальных станков с сухими кругами посредством отсасывающих воронок, определяют по формуле [23, с.132]:

$$L_{отс} = 3600 \cdot v \cdot x^2 \cdot \left(\frac{k}{\frac{v_n}{v_k} - 1} \right)^{1/4} \quad (5.2)$$

где v_n - необходимая начальная скорость вытяжного факела, равная скорости транспортирования отходов в воздуховоде, м/с: $v_n = 14 \dots 16$ – для тяжелой наждачной минеральной пыли, примем для расчета $v_n = 16$;

v_k - необходимая конечная скорость вытяжного факела у круга, $v_k = 2$ м/с;

x – рабочая длина вытяжного факела - расстояние от края круга до всасывающего отверстия воронки, м, примем $x = 0,1$;

k - коэффициент, зависящий от формы и отношения размеров воронки: $k = 9,1$ - для прямоугольного отверстия с соотношением сторон от 1:1 до 1:3.

$$L_{отс} = 3600 \cdot v_n \cdot x^2 \cdot \left(\frac{k}{\frac{v_n}{v_k} - 1} \right)^{1/4} = 3600 \cdot 16 \cdot 0,1^2 \cdot \left(\frac{9,1}{\frac{16}{2} - 1} \right)^{1/4} = 615 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Площадь сечения воронки определяется по формуле

$$f = \frac{L_{отс}}{3600 \cdot v_n} = \frac{615}{3600 \cdot 16} = 0,011 \text{ м}^2$$

Принимаем диаметр приемной воронки 100 мм.

В целях снижения нагрузки на общеобменную вентиляцию и уменьшения количества воздухопроводов, местный отсос выполняется как рециркуляционная система на базе стационарного воздушного фильтра МЕ-31, оснащенного вентилятором FUA-1800/SP и воздухоприемной магнитной воронкой, закрепленной на конце гибкого воздуховода. Такая конструкция позволяет легко перемещать отсасывающий патрубок в место выделения вредности. Данное оборудование производится ЗАО «СовПлим» [37].

- Стол сварщика в помещении 114 – мастерская участка сантехнических работ

Сварочные работы сопровождаются выделением теплоты, пыли и газов, удаление которых осуществляется местными отсосами различной конструкции. При сварке небольших деталей на фиксированных местах для удаления вредностей применяются панели С.А. Чернобережского размером 900×645. Ширина панели выбирается на 100÷200 мм. меньше ширины стола, т.е. 750 мм. Объем отсасываемого воздуха определяется по формуле [23, с.113]:

$$L_{\text{отс}} = 3600 \cdot f_{\text{ж.с.}} \cdot v = 3600 \cdot 0,23 \cdot F \cdot v \quad (5.3)$$

Где $f_{\text{ж.с.}}=0,23 \cdot F$ - площадь живого сечения панели, м^2 (F - ее габаритная площадь, м^2)

v-скорость воздуха в живом сечении, м/с: $v = 2 \div 3,5$ для вредных испарений и газов без пыли (по данным Ленпромстройпроекта), принимаем $v = 3,1$ м/с.

$$L_{\text{отс}} = 3600 \cdot 0,23 \cdot F \cdot v = 3600 \cdot 0,23 \cdot 0,675 \cdot 3,1 = 1730 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Так как в помещении 114 (мастерская участка сантехнических работ) расположены два абсолютно идентичных стола сварщика, следовательно, в этом помещении принимаем для позиции 49 два местных отсоса (панели С.А. Чернобережского размером 900×645).

- Выхлопные газы от автомобиля в помещении 101-ремонтный участок.

В помещениях для обслуживания и ремонта во время работы двигателей при перемещении автомобилей своим ходом и регулировке на постах технического обслуживания выделяются выхлопные газы. Для их отвода в атмосферу посты обслуживания оборудуются местным отсосом вытяжная катушка с механическим приводом производства ЗАО «СовПлим» в количестве двух штук, включающая в себя: вытяжной шланг, консольно-поворотное устройство, газоприемную насадку, вентилятор по [37].

Объем газовой смеси, удаляемой от каждого двигателя, принимается в зависимости от мощности последнего, принимаем $540 \text{ м}^3/\text{ч}$ – для автомобиля КАМАЗ по [23].

Таблица 12 - Местные отсосы

Помещение	Технологическое оборудование	Вредности	Тип отсоса	Объем вытяжки	Обозначение системы
Ремонтный участок (101)	Точильно-шлифовальный станок двусторонний	Металлическая пыль	Фильтр МЕ-31	615	ВР1
Ремонтный участок (101)	Автомобиль	Выхлопные газы	вытяжная катушка с механическим приводом	540 540	В8 В9
Мастерская участка сантехнических работ (114)	Стол сварщика (2 шт.)	Пыль, сварочный аэрозоль, содержащий окись марганца, фтористый водород	панели С.А. Чернобережского размером 900×645	1730 1730	ВТ1 ВТ2

Примечание: ВР – вытяжная рециркуляционная система

ВТ – вытяжная технологическая система

5.3 Общеобменная вентиляция

5.3.1 Расчет воздухообмена

Вентиляционные системы предназначены для организации благоприятного для здоровья человека воздухообмена в здании. Вентиляционные системы здания и их производительность выбирают в результате расчета воздухообмена. Расчет воздухообмена ведется по СНиП 41-01-2008. Расход приточного воздуха, м³/ч, для системы вентиляции и кондиционирования следует определять расчетом и принимать больший из расходов, требуемых для обеспечения:

- а) санитарно-гигиенических норм;
- б) норм взрывопожарной безопасности.

Расход воздуха следует определять отдельно для теплого и холодного периодов года и переходных условий по формулам (5.4) - (5.8) (при плотности приточного и удаляемого воздуха, равной 1,2кг/м³). Выбор формулы определяется назначением помещения и рекомендациями соответствующих разделов литературы.

- а) по избыткам явной теплоты:

$$G_{\text{я}} = G_{\text{рз}} + \frac{3,6Q_{\text{я}} - G_{\text{рз}} \cdot c \cdot (t_{\text{рз}} - t_{\text{пр}})}{c \cdot (t_{\text{ух}} - t_{\text{пр}})} \quad (5.4)$$

где $G_{\text{рз}}$ - расход воздуха, удаляемого из обслуживаемой или рабочей зоны помещения системами местных отсосов, и на технологические нужды, кг/ч;

$Q_{\text{я}}$ - избыточный явный тепловой поток в помещение, Вт;

c - теплоемкость воздуха, равная 1,005 кДж/(кг·°С);

$t_{\text{рз}}$ - температура воздуха, в рабочей зоне, °С;

$t_{\text{ух}}$ - температура воздуха, удаляемого из верхней зоны помещения, °С;

$t_{\text{пр}}$ - температура воздуха, подаваемого в помещение, °С.

Тепловой поток, поступающий в помещение от прямой и рассеянной солнечной радиации, следует учитывать при проектировании для теплого периода года;

б) по массе выделяющихся вредных или взрывоопасных веществ:

$$G_{\text{г}} = G_{\text{рз}} + \frac{1,2Z - G_{\text{рз}} \cdot (Z_{\text{рз}} - Z_{\text{пр}})}{Z_{\text{ух}} - Z_{\text{пр}}} \quad (5.5)$$

где Z - расход каждого из вредных или взрывоопасных веществ, поступающих в воздух помещения, мг/ч;

$Z_{\text{рз}}$, $Z_{\text{ух}}$ - предельно допустимая концентрация вредного или взрывоопасного вещества в воздухе, удаляемом соответственно из обслуживаемой или рабочей зоны помещения и за ее пределами, мг/м³;

$Z_{\text{пр}}$ - концентрация вредного или взрывоопасного вещества в воздухе, подаваемом в помещение, принимаемая не более 30% ПДК, мг/м³.

Используется также формула для вычисления требуемого объема вентиляционного воздуха для разбавления вредностей до ПДК (с.163, [23]):

$$L = \frac{1000 \cdot m_{\text{в}}}{Z_{\text{рз}}},$$

где $m_{\text{в}}$ – количество вредностей в воздухе помещения, г/ч.

При одновременном выделении в помещение нескольких вредных веществ, обладающих эффектом суммации действия, воздухообмен следует определять, суммируя расходы воздуха, рассчитанные по каждому из этих веществ. При одновременном выделении нескольких газов и паров, не обладающих однонаправленным действием, количество воздуха при расчете общеобменной вентиляции принимается по той вредности, которая требует подачи наибольшего объема чистого воздуха.

в) по нормируемой кратности воздухообмена:

$$L = V_p \cdot n \quad (5.6)$$

где V_p - объем помещения, м³; для помещений высотой 6 м и более следует принимать

$$V_p = 6A$$

A - площадь помещения, м²;

n - нормируемая кратность воздухообмена, ч⁻¹;

г) по нормируемому удельному расходу приточного воздуха:

$$L = Ak \quad (5.7)$$

$$L = Nm \quad (5.8)$$

где k - нормируемый расход приточного воздуха на 1 м² пола помещения, м³/(ч·м²);

N - число людей, рабочих мест, единиц оборудования;

m - нормируемый удельный расход приточного воздуха на 1 чел., м³/ч, на 1 рабочее место или единицу оборудования.

Параметры воздуха t_{pz} следует принимать равными расчетным параметрам в обслуживаемой или рабочей зоне помещения по разделу 5 [1], а Z_{pz} - равной ПДК в рабочей зоне помещения.

Нормируемая кратность воздухообмена для административно-бытовых помещений принимается по табл. 19 [16], нормируемый удельный расход приточного воздуха на 1 человека – по приложению М [1]. Помещения с преобладанием тепловыделений отсутствуют.

Расчет избыточного явного теплового потока в помещение Q ведется суммированием составляющих различного происхождения, определяемых по формулам и рекомендациям, приведенным ниже [23]:

- Теплопоступления от людей зависят от характера выполняемой работы, температуры и подвижности окружающего воздуха. В практических расчетах учитывают только явную теплоту. Тепло- и влаговыведения от людей в

промышленных помещениях следует учитывать, если объем помещения на одного человека составляет менее 40м^3 .

- Тепловыделения от источников освещения находим по формуле

$$Q_{\text{осв}} = E \cdot F \cdot q_{\text{осв}} \cdot \eta_{\text{осв}}, \quad (5.9)$$

где E - освещенность рабочих поверхностей, лк: $E = 150$ - кузнечные, термические, прессовые, холодноштамповочные, сборочные цехи и цехи металлопокрытий; 200 - механические, сборочно-сварочные цехи;

F - площадь пола помещения, м^2 ;

$q_{\text{осв}}$ - удельные тепловыделения от люминесцентных ламп, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{лк})$ (табл. 2.5 [23]);

$\eta_{\text{осв}}$ - доля теплоты, поступающей в помещение, $\eta_{\text{осв}}=0,45$ от люминесцентных ламп.

- Тепловыделения от электродвигателей работающих станков и оборудования находим по формуле:

$$Q_{\text{ст}} = 1000 \cdot N \cdot (1 - k_{\text{п}} \eta + k_{\text{т}} k_{\text{п}} \eta) \cdot k_{\text{с}} \quad (5.10)$$

где N - номинальная установочная мощность электродвигателя. кВт;

$k_{\text{п}}$ - коэффициент полноты загрузки электродвигателя: $k_{\text{п}} = 1$ при загрузке от 1 до 0,5 и $k_{\text{п}} = 0,9$ при загрузке менее 0,5;

η - КПД электродвигателя (табл. 2.11 [23]);

$k_{\text{т}}$ - коэффициент перехода теплоты в помещение: $k_{\text{т}}=1$ при работе металлорежущих станков без охлаждающей эмульсии; $k_{\text{т}}=0,9$ то же с применением охлаждающей эмульсии; $k_{\text{т}}=0,1$ для вентиляторов, $k_{\text{т}}=0$ для насосов;

$k_{\text{с}}$ - коэффициент спроса на электроэнергию;

- Тепловыделения от отдельно стоящих электродвигателей (кран-балки, мостовые краны, машинные залы)

$$Q_{\text{эл}} = 1000 \cdot N \cdot (1 - k_{\text{п}} \eta) \cdot k_{\text{с}} \quad (5.11)$$

- Теплопоступления от солнечной радиации: различают поступления через остекление и через покрытие.

Для промышленных цехов при расчете систем вентиляции с механическим и естественным побуждением теплопоступление в помещение через заполнения световых проемов следует определять по формуле

$$Q_{\text{макс}} = (q_c F_c + q_T F_T) \cdot k_{\text{оп}} \quad (5.12)$$

где q_c, q_T - тепловой поток, поступающий в помещение через 1 м^3 обычного одинарного стекла толщиной $\delta=2,4\dots3,2$ мм, освещенного солнцем и находящегося в тени, Вт/м^2 ;

F_c, F_T - площади заполнения световых проемов, освещенных солнцем и находящихся в тени, м^2 ;

$k_{\text{оп}}$ - коэффициент относительного проникания солнечной радиации через заполнение светового проема (табл. 2.14 [23]).

Расчетные теплопоступления в помещение, с учетом аккумуляции теплоты внутренними ограждающими конструкциями, находят при отсутствии наружных средств солнцезащиты световых проемов по формуле

$$Q_p = Q_{\text{макс}} \cdot \left(\frac{F_1 m_1 + F_2 m_2 + F_3 m_3 + 0,5 \cdot F_4 m_4 + 1,5 \cdot F_5 m_5}{F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5} \right) \quad (5.13)$$

Здесь F_1, F_2, F_3 - площади отдельных внутренних стен помещения, м^2 ;

F_4, F_5 - соответственно площади потолка и пола, м^2 ;

m_1, m_2, m_3, m_4, m_5 - коэффициенты, учитывающие аккумуляцию теплоты соответственно внутренними стенами, потолком и полом, принимаемые для каждой внутренней ограждающей конструкции помещения по табл. 2.19 [23].

Теплопоступление через покрытие определяется по формуле

$$Q_{\text{п}} = q_o + \beta A_q, \quad (5.14)$$

где β - коэффициент для любого часа суток, определяемый по табл. 2.20 [23];

q_o - среднесуточное поступление теплоты в помещение,

$$q_o = \frac{F}{R_o} (t_n^{усл} - t_{yx}) \quad (5.15)$$

Здесь F - площадь покрытия, m^2 ;

R_o - сопротивление теплопередачи покрытия, $(m^2 \cdot K)/Вт$, принимаемое по табл. 2.21 [23];

t_{yx} - температура уходящего воздуха под покрытием, для холодных цехов $t_{yx} = t_n^A + 5$;

t_n^A - температура наружного воздуха, принимаемая по параметрам климата А;

$t_n^{усл}$ - условная среднесуточная температура наружного воздуха, определяемая по формуле

$$t_n^{усл} = t_n' + \frac{\rho I_{cp}}{\alpha_n}, \quad (5.16)$$

где t_n' - расчетная температура наружного воздуха, принимаемая равной средней температуре июля (табл.2.22 [23])

ρ - коэффициент поглощения теплоты солнечной радиации наружной поверхностью покрытия: для шифера серебристо-серого $\rho = 0,75$;

I_{cp} - среднесуточный тепловой поток суммарной (прямой + рассеянной) солнечной радиации, поступающий в июле на горизонтальную поверхность, $Вт/m^2$ (принимается по табл. 2.23 [23]);

α_n - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции, $Вт/(m^2 \cdot K)$, $\alpha_n = 8,7 + 2,6v$ (v - расчетная скорость ветра, m/c по [17]);

A_q - амплитуда колебания теплового потока, $Вт$:

$$A_q = \alpha_b \cdot F \cdot A_{тв} \quad (5.17)$$

Здесь α_b - коэффициент тепловосприятия внутренней поверхностью покрытия, $\alpha_b = 8,7 Вт/(m^2 \cdot K)$;

$A_{\text{тв}}$ - амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности покрытия, °С,
 $A_{\text{тв}} = A_{\text{н}}^{\text{усл}} / \nu$, где $A_{\text{н}}^{\text{усл}}$ - амплитуда колебаний температуры наружного воздуха с учетом солнечной радиации, °С,

$$A_{\text{н}}^{\text{усл}} = \frac{\rho(I_{\text{макс}} - I_{\text{ср}})}{\alpha_{\text{н}}} + A_{\text{тн}} \quad (5.18)$$

здесь $I_{\text{макс}}$ - максимальное значение теплового потока суммарной (прямой + рассеянной) солнечной радиации за июль, поступающие на горизонтальную поверхность, Вт/м² (принимается по табл. 2.23 [23]);

$A_{\text{тн}}$ - максимальная амплитуда колебаний температуры наружного воздуха в июле, принимаемая с коэффициентом 0,5 (табл. 2.22);

ν - затухание амплитуды колебания температуры наружного воздуха в покрытии. Для инженерных расчетов принимается в соответствии с нормативным значением $\nu = 25$ по летней расчетной температуре для расчета вентиляции.

- Тепловыделения от одного электросварочного поста в среднем составляют $Q_{\text{эп}} \approx 4640$ Вт.

- Количество воздуха, необходимое для разбавления газовых вредностей до допустимых концентраций, определяется по формуле [23]:

$$L = \frac{10^6 \cdot G}{C_{\text{р.з.}} - C_{\text{пр.}}}, \text{м}^3 / \text{ч} \quad (5.19)$$

G – количество окиси углерода, выделяющейся в помещение при работе двигателя, кг/час;

$C_{\text{р.з.}}$ – предельно-допустимая концентрация вредности в рабочей зоне, мг/м³;

$C_{\text{пр.}}$ – концентрация вредности в приточном воздухе, мг/м³;

$$C_{\text{пр.}} = 0,3 \text{Спдк мг/м}^3,$$

$$G = 15 \cdot B \cdot \frac{P \cdot T}{100 \cdot 60}, \text{кг/ч}, \quad (5.20)$$

B – расход топлива одним автомобилем в расчетный период, кг/час;

P – весовое содержание вредности в выхлопных газах, %;

T – время работы двигателя одного автомобиля, мин;

$$B = 0,6 \times V \text{ кг/час,}$$

V – рабочий объем цилиндров двигателя, л.

Количество воздуха, необходимое для разбавления газовых вредностей до допустимых концентраций, определяется в период разогрева и выезда автомобиля из помещения.

Расчет количества воздуха, необходимого для разбавления газовых вредностей до допустимых концентраций для помещения зоны мойки автомобилей (пом. 102)

Автомобиль КАМАЗ (карбюраторный двигатель) – по техническому заданию:

$$V = 10,85 \text{ л;}$$

$$P = 6\% \text{ (при разогреве и выезде из помещения);}$$

$$T = 3 \text{ мин (при разогреве и выезде из помещения);}$$

$$B = 0,6 \times 10,85 = 6,51 \text{ кг/час,}$$

$$G = 15 \cdot 6,51 \cdot \frac{6 \cdot 3}{100 \cdot 60} = 0,29 \text{ кг / ч}$$

$$\text{Ср.з.} = 200 \text{ мг/м}^3 \text{ [5]; } \text{Спр.} = 0,3 \times 200 = 60 \text{ мг/м}^3$$

$$L = \frac{10^6 \cdot 0,29}{200 - 60} = 2093 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Принимаем что выезжает один автомобиль и тогда значение потребного объема приточного, рассчитанное по количеству воздуха необходимого для разбавления газовых вредностей до допустимых концентраций составляет 2093 м³/ч воздуха. Для соблюдения вентиляционного баланса такое же количество воздуха необходимо удалять из помещения.

Расчет теплового баланса для помещения мастерская участка сантехнических работ (114)

По рекомендациям с. 210 [23] для сварочных отделений расчет ведем в соответствии с основным принципом вентиляции в них - местная вытяжка от столов сварщика при сварке и резке деталей и общеобменная приточно-вытяжная, предназначенная для разбавления неуловленной местными вытяжными устройствами части вредных веществ и ассимиляции тепlopоступлений в помещение.

Воздухообмен рассчитывают на разбавление до ПДК всех основных компонентов, входящих в состав сварочных вредностей сварочных материалов, и за расчетный принимают больший из них. Воздухообмен при сварке и резке на нефиксированных рабочих местах, а также части неуловленных местными отсосами газов и аэрозолей, составляет примерно 25 % их общего количества.

В помещении установлено 2 стола сварщика. Таким образом, количество неуловленных местными отсосами вредностей составит:

$$m_B^{\text{пыль}} = 0,7 \cdot 2 \cdot 36 \cdot 0,25 = 12,6 \text{ г/ч,}$$

$$m_B^{\text{MnO}_2} = 0,7 \cdot 2 \cdot 2,2 \cdot 0,25 = 0,77 \text{ г/ч,}$$

$$m_B^{\text{HF}} = 0,7 \cdot 2 \cdot 4,6 \cdot 0,25 = 1,61 \text{ г/ч.}$$

Данные вредные вещества не обладают суммацией вредного воздействия (с. 151, [23]), поэтому расчет ведется по наиболее превышающему ПДК. Предельно допустимые концентрации вредных веществ по [13]:

$$Z_{\text{pz}}^{\text{пыль}} = 4 \text{ мг/м}^3, Z_{\text{pz}}^{\text{MnO}_2} = 0,1 \text{ мг/м}^3, Z_{\text{pz}}^{\text{HF}} = 0,5 \text{ мг/м}^3.$$

Объемы воздуха для разбавления по каждому типу вредностей:

$$L^{\text{пыль}} = \frac{1000 \cdot 12,6}{4} = 3150 \text{ м}^3/\text{ч}, L^{\text{MnO}_2} = \frac{1000 \cdot 0,77}{0,1} = 7700 \text{ м}^3/\text{ч,}$$

$$L^{\text{HF}} = \frac{1000 \cdot 1,61}{0,5} = 3220 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Рассчитаем объем воздуха, необходимого для ассимиляции тепlopоступлений в помещение:

Так как объем помещения на одного человека составляет более 40м^3 , то теплоступления от людей не учитываются.

Тепловыделения от источников освещения:

Освещенность рабочих поверхностей $E=200$ лк - сборочно-сварочные цехи; площадь пола помещения $F=76,7 \text{ м}^2$; удельные тепловыделения от люминесцентных ламп $q_{\text{осв}}=0,073\text{Вт}/\text{м}^2$ - лк для помещений выше 3,6 м площадью $50 \div 200\text{м}^2$; $\eta_{\text{осв}}=0,45$.

$$Q_{\text{осв}} = 200 \cdot 76,7 \cdot 0,073 \cdot 0,45 = 503,9 \text{ Вт.}$$

Тепловыделения от электродвигателей работающих станков и оборудования: номинальная установочная мощность электродвигателей $N=76,5\text{кВт}$ (всего 2 двигателя); коэффициент полноты загрузки электродвигателя $k_{\text{п}}=1$ при загрузке от 1 до 0,5 (по заданию загрузка 0,85); коэффициент перехода теплоты в помещение $k_{\text{т}}=0,6$ для проектировочного расчета.

Таблица 13 - Тепловыделения от электродвигателей

Номинальная установочная мощность, кВт	КПД электродвигателя	Коэффициент спроса на электроэнергию	Тепловыделения, Вт
30	0,88	0,2	3888
11,8	0,86	0,2	1548,16
Итого:			
41,8	-	-	5436,16

Тепловыделения от электродвигателей работающих станков и оборудования составляют $Q_{\text{ст}}=5436,16 \text{ Вт}$.

Тепловыделения от отдельно стоящих электродвигателей (выпрямитель сварочный режим сварки): номинальная установочная мощность электродвигателя $N=23 \text{ кВт}$, коэффициент полноты загрузки электродвигателя $k_{\text{п}}=1$, КПД электродвигателя $\eta=0,88$, коэффициент спроса на электроэнергию $k_{\text{с}}=0,5$ – двигатели.

$$Q_{\text{эл}} = 1000 \cdot 23 \cdot (1 - 0,88) \cdot 0,5 = 1380 \text{ Вт}$$

Теплопоступление в помещение через заполнения световых проемов не вычисляется ввиду отсутствия последних.

Теплопоступление через покрытие:

Максимальное значение теплового потока суммарной (прямой + рассеянной) солнечной радиации за июль, поступающие на горизонтальную поверхность $I_{\text{макс}}=894\text{Вт/м}^2$ на широте 44° ; максимальная амплитуда колебаний температуры наружного воздуха в июле, принятая с коэффициентом $0,5$ $A_{\text{тн}}=8,25$; среднесуточный тепловой поток суммарной (прямой + рассеянной) солнечной радиации, поступающий в июле на горизонтальную поверхность $I_{\text{ср}}=331\text{Вт/м}^2$; коэффициент поглощения теплоты солнечной радиации наружной поверхностью покрытия: для шифера серебристо серого $\rho=0,75$; расчетная скорость ветра $v=4,7\text{м/с}$.

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции:

$$\alpha_n = 8,7 + 2,6 \cdot 4,7 = 20,9 \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Амплитуда колебаний температуры наружного воздуха с учетом солнечной радиации

$$A_n^{\text{усл}} = \frac{0,75 \cdot (894 - 331)}{20,9} + 8,25 = 28,5^\circ\text{С}$$

Затухание амплитуды колебания температуры наружного воздуха в покрытии $v = 25$, тогда амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности покрытия:

$$A_{\text{тв}} = 28,5 / 25 = 1,14^\circ\text{С}$$

Площадь покрытия $F=76,7 \text{ м}^2$ тогда амплитуда колебания теплового потока:

$$A_q = 8,7 \cdot 76,7 \cdot 1,14 = 760,7 \text{ Вт}$$

Расчетная температура наружного воздуха, принимаемая равной средней температуре июля $t'_h = 17,5^\circ\text{C}$; тогда условная среднесуточная температура наружного воздуха:

$$t_h^{\text{усл}} = 17,5 + \frac{0,75 \cdot 331}{20,9} = 29,4^\circ\text{C}$$

Сопротивление теплопередачи покрытия $R_o = 0,58$ ($\text{m}^2 \cdot \text{K}$)/Вт; температура наружного воздуха, принимаемая по параметрам климата А $t_h^A = 23,6^\circ\text{C}$; температура уходящего воздуха под покрытием, для холодных цехов $t_{yx} = 23,6 + 5 = 28,6^\circ\text{C}$.

Среднесуточное поступление теплоты в помещение:

$$q_o = \frac{76,7}{0,58} \cdot (29,4 - 28,6) = 105,8 \text{ Вт}$$

Коэффициент β для часа максимума поступления теплоты $\beta = 1$, тогда тепlopоступление через покрытие:

$$Q_{\text{п}} = 760,7 + 105,8 = 866,5 \text{ Вт.}$$

Тепlopоступления от электросварочных постов:

В помещении 2 сварочных поста, тепловыделения от одного электросварочного поста в среднем составляют $Q_{\text{эл}} \approx 4640$ Вт, тогда:

$$Q_{\text{эл}} = 4640 \cdot 2 = 9280 \text{ Вт.}$$

Суммарные тепlopоступления:

$$Q = Q_{\text{эл}} + Q_{\text{п}} + Q_{\text{эл}} + Q_{\text{ст}} + Q_{\text{осв}} = 9280 + 866,5 + 1380 + 5436,16 + 503,9 = 17467 \text{ Вт}$$

Расход воздуха, удаляемого из обслуживаемой или рабочей зоны помещения системами местных отсосов, и на технологические нужды $G_{\text{рз}} = 0$ кг/ч; температура воздуха, подаваемого в помещение при ассимиляции избытков теплоты $t_{\text{пр}} = t_{\text{рз}} - \Delta t_1 = 16 - 2,5 = 13,5^\circ\text{C}$, где Δt_1 берется по с.152 [23] вне зоны действия приточной струи; температура воздуха, удаляемого из верхней зоны

помещения, рассчитана выше $t_{yx}=28,6^{\circ}\text{C}$. Таким образом требуемое количество приточного воздуха для ассимиляции теплоступлений:

$$G_{\text{я}} = \frac{3,6 \cdot 17467}{1,005 \cdot (28,6 - 13,5)} = 4143,6 \text{ кг/ч} = 3452,9 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Наибольший расход воздуха требуется для разбавления оксидов марганца. Значение $L=7700 \text{ м}^3/\text{ч}$ принимается за расчетный расход приточного воздуха. Местные вытяжные системы являются рециркуляционными, поэтому влияния на воздушный баланс не оказывают.

Таким образом, для обеспечения вентиляционного баланса из помещения должно удаляться $7700 \text{ м}^3/\text{ч}$ воздуха. Удаляется $3460 \text{ м}^3/\text{ч}$ местными отсосами – панелями С.А. Чернобережского в количестве двух штук. Остальное удаление воздуха происходит через вытяжную систему вентиляции.

Расчет воздухообмена для кабинета начальника цеха (202)

В административных помещениях фактором, определяющим воздушный баланс, являются выделение углекислого газа при дыхании людьми и тепловыделения различного происхождения. За расчетное принимается наибольшее из двух значений.

Выделение углекислого газа CO_2 людьми зависит от интенсивности выполняемой работы:

$$m_{\text{CO}_2} = g \cdot n = 25 \cdot 1 = 25 \text{ г/ч}$$

где g – количество CO_2 , выделяемого одним человеком, г/ч, $g=25\text{г/ч}$ при легкой работе (табл. 2.1, с. 33 [23]);

n – количество людей в помещений, $n=1$.

Требуемый объем вентиляционного воздуха для разбавления вредности до ПДК при $Z_{\text{рз}}^{\text{CO}_2} = 1,75 \text{ г/кг}$:

$$L = \frac{1000 \cdot m_{\text{CO}_2}}{Z_{\text{рз}}} = \frac{25}{1,75} = 14,3 \text{ кг/ч} = 11,9 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Теплопоступления в помещение:

Теплопоступления от людей $q=151\text{Вт}$ при легкой работе и температуре в помещении 20°C (табл. 2.1, с.33 [23]). В помещении работает один человек. $Q_{\text{л}}=151\text{Вт}$.

Тепловыделения от источников освещения:

$$Q_{\text{осв}} = E \cdot F \cdot q_{\text{осв}} \cdot \eta_{\text{осв}} = 200 \cdot 13,1 \cdot 0,116 \cdot 0,45 = 137\text{Вт}$$

где E - освещенность рабочих поверхностей $E=200\text{лк}$ для кабинетов; площадь пола помещения $F=13,1\text{м}^2$; удельные тепловыделения от люминесцентных ламп $q_{\text{осв}}=0,116\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{лк})$ для помещений площадью менее 50м^2 со светильниками диффузного рассеянного света (табл. 2.5 [23]); $\eta_{\text{осв}}$ - доля теплоты, поступающей в помещение, $\eta_{\text{осв}}=0,45$ от люминесцентных ламп.

Теплоотдача от прочего оборудования:

$$Q_{\text{об}} = P_{\text{об}} \cdot Y_1 = P_{\text{ном}} \cdot Y_2 \cdot Y_3 \cdot Y_4 \cdot Y_1 = 600 \cdot 0,25 = 150 \text{ Вт.}$$

где Y_1 - коэффициент перехода тепла в помещение, зависящий от вида оборудования;

$$P_{\text{об}}, = P_{\text{ном}} \cdot Y_2 \cdot Y_3 \cdot Y_4 - \text{мощность, потребляемая оборудованием, Вт;}$$

$P_{\text{ном}}$ - номинальная (установленная) мощность электрооборудования помещения, $P_{\text{ном}}=600\text{Вт}$.

При ориентировочных расчетах произведение всех четырех коэффициентов можно принимать равным $Y_1 \cdot Y_2 \cdot Y_3 \cdot Y_4 = 0,25$.

Теплопоступление в помещение через заполнения световых проемов:

По таблице 2.15 (с. 48 [23]) максимальное поступление теплоты солнечной радиации в рабочее время для светового проема, ориентированного на Восток на широте 44 наблюдается с 8 до 9 ч по истинному солнечному времени: $q_{\text{п}}=490\text{Вт}/\text{м}^2$, $q_{\text{р}}=121\text{Вт}/\text{м}^2$ без учета поправочного коэффициента для двойного остекления $0,9$. По таблице 2.18 (с. 53 [23]) в этот час азимут солнца $A_c=78^\circ$. Азимут остекления $A_o=90^\circ$. По таблицам 2.16 и 2.17 (с. 52 [23]) коэффициент, учитывающий затенение остекления световых проемов переплетами и загрязнение

атмосферы $k_1=0,54$ для широты 44, в промышленных районах, световых проемов, облучаемых в расчетный час солнцем и двойного остекления в металлических переплетах; коэффициент, учитывающий загрязнение стекла $k_2=0,95$ для незначительного загрязнения стекла. Поскольку до полудня $A_{co}=A_c-A_0=-12^\circ < 90^\circ$, воспользуемся формулой:

$$q_c = (q_{п} + q_p) \cdot k_1 \cdot k_2 = (490 + 121) \cdot 0,9 \cdot 0,54 \cdot 0,95 = 282 \text{ Вт/м}^2.$$

Суммарная площадь остекления $F_c=3 \text{ м}^2$, по табл. 2.14 (с. [23]) коэффициент относительного проникания солнечной радиации через заполнение светового проема $k_{оп}=0,53$ для внутренних светлых жалюзи.

Теплопоступление в помещение:

$$Q_{\text{макс}} = q_c \cdot F_c \cdot k_{оп} = 282 \cdot 3 \cdot 0,53 = 448 \text{ Вт.}$$

Площади поверхности внутренних ограждающих конструкций: $F_1=F_2=13,8\text{м}^2$, $F_3=10,2\text{м}^2$, $F_4=F_5=15,8\text{м}^2$. Режим работы с 8 до 17 ч. По табл. 2.15 (с. 48 [23]) продолжительность прямой солнечной радиации для поверхности ориентированной на Восток: до полудня – 4ч., после полудня – 0ч., всего 4ч. По табл. 2.19 (с. 54 [23]) находим значения $m_1=m_2=m_3=0,37$ для внутренних стен, $m_4=m_5=0,34$ для пола и потолка.

Расчетные теплопоступления:

$$Q_p = 448 \cdot \left(\frac{13,8 \cdot 0,37 + 13,8 \cdot 0,37 + 10,2 \cdot 0,37 + 15,8 \cdot 0,34 + 15,8 \cdot 0,34}{13,8 + 13,8 + 10,2 + 15,8 + 15,8} \right) = 160 \text{ Вт}$$

Теплопоступление через покрытие:

Максимальное значение теплового потока суммарной (прямой + рассеянной) солнечной радиации за июль, поступающие на горизонтальную поверхность $I_{\text{макс}}=894\text{Вт/м}^2$ на широте 44° ; максимальная амплитуда колебаний температуры наружного воздуха в июле, принятая с коэффициентом 0,5 $A_{\text{тн}}=8,25$; среднесуточный тепловой поток суммарной (прямой + рассеянной) солнечной радиации, поступающий в июле на горизонтальную поверхность $I_{\text{ср}}=331\text{Вт/м}^2$; коэффициент поглощения теплоты солнечной радиации наружной поверхностью

покрытия: для шифера серебристо серого $\rho=0,75$; расчетная скорость ветра $v=4,7$ м/с.

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции:

$$\alpha_n = 8,7 + 2,6 \cdot 4,7 = 20,9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Амплитуда колебаний температуры наружного воздуха с учетом солнечной радиации

$$A_n^{\text{усл}} = \frac{0,75 \cdot (894 - 331)}{20,9} + 8,25 = 28,5^\circ\text{C}$$

Затухание амплитуды колебания температуры наружного воздуха в покрытии $v=50$, тогда амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности покрытия:

$$A_{\text{тв}} = 28,5 / 50 = 0,57^\circ\text{C}$$

Площадь покрытия $F=15,8 \text{ м}^2$ тогда амплитуда колебания теплового потока:

$$A_q = 8,7 \cdot 15,8 \cdot 0,57 = 78 \text{ Вт}$$

Расчетная температура наружного воздуха, принимаемая равной средней температуре июля $t'_n = 17,5^\circ\text{C}$; тогда условная среднесуточная температура наружного воздуха:

$$t_n^{\text{усл}} = 17,5 + \frac{0,75 \cdot 331}{20,9} = 29,4^\circ\text{C}$$

Сопротивление теплопередачи покрытия $R_o=0,89 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$; температура наружного воздуха, принимаемая по параметрам климата А $t_n^A = 23,6^\circ\text{C}$; температура уходящего воздуха под покрытием, для кабинетов высотой до 3 метров $t_{\text{yx}} = t_n^A + 1 = 23,6 + 1 = 24,6^\circ\text{C}$.

Среднесуточное поступление теплоты в помещение:

$$q_o = \frac{15,8}{0,89} \cdot (29,4 - 24,6) = 85 \text{ Вт}$$

Коэффициент β для часа максимума поступления теплоты $\beta=1$, тогда теплопоступление через покрытие: $Q_{\text{п}} = 78 + 85 = 163 \text{ Вт}$.

Таким образом суммарные теплопоступления

$$Q = Q_{\text{п}} + Q_{\text{р}} + Q_{\text{об}} + Q_{\text{осв}} + Q_{\text{л}} = 151 + 137 + 150 + 160 + 163 = 761 \text{ Вт}$$

Местных отсосов и технологического оборудования в помещении нет. Температура воздуха, подаваемого в помещение при ассимиляции избытков теплоты $t_{\text{пр}} = t_{\text{рз}} - \Delta t_1 = 20 - 1,5 = 18,5^\circ\text{C}$, где Δt_1 берется по с.13 [26] в зоне действия приточной струи; температура воздуха, удаляемого из верхней зоны помещения, рассчитана выше $t_{\text{yx}}=24,6^\circ\text{C}$. Таким образом потребное количество приточного воздуха для ассимиляции теплопоступлений:

$$G_{\text{я}} = \frac{3,6 \cdot 761}{1,005 \cdot (24,6 - 18,5)} = 180 \text{ кг/ч} = 150 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Значение потребного объема приточного, рассчитанное по теплопоступлениям превышает значение по разбавлению углекислого газа, поэтому в помещение следует подавать $150 \text{ м}^3/\text{ч}$ воздуха. Для соблюдения вентиляционного баланса такое же количество воздуха необходимо удалять из помещения.

Остальные помещения рассчитаны аналогичным образом по приведенным выше формулам и сведены в таблицу 14 «Расчет воздухообменов по помещениям».

Таблица 14 - Расчет воздухообменов по помещениям

Расчет воздухообмена в помещениях	Наименование помещения	t _{вн} , °С	V, м ³	Кратность		Вытяжка		Приток		Примечание
				вытяжка	приток	L, м ³ /ч	№ сист.	L, м ³ /ч	№ сист.	
101	Ремонтный участок	16	3500	по расчету	по расчету	10600	В4,В5	10600	П2	
102	Участок мойки автомобилей	16	270	по расчету	по расчету	2093	В6	2093	П3	
102а	Вспомогательное помещение	16	110	по расчету	по расчету	330	В6	330	П2	
103	Участок ремонта топливной аппаратуры	16	80	по расчету	по расчету	240	В7	240	-	
104	Кладовая для инструментов	18	100	1	-	100	В7	-	-	
105	Тепловой узел	16	40	1	-	40	ВЕ3	-	-	
106	Лестничная клетка	16	-	-	-	-	-	-	П1	
107	Коридор	16	-	-	по балансу	-	-	115	П1	
108	Комната мастеров	18	45	по расчету	по расчету	80	В1	80	П1	
109	Помещение для охлаждения	22	50	3	2	150	В1	100	-	
110	Комната уборочного инвентаря	16	15	1	-	15	В3	-	-	
111	Санузел	16	15	50х1 унитаза	-	50	В3	-	П1	
112	Кроссовая	18	18	1	-	20	В1	20	-	
113	Тамбур		-	-	-	-	-	-	П4	

114	Мастерская участка сантехнических работ	16	240	по расчету	по расчету	1730 1730 4240	ВТ1 ВТ2 В12	7700	П4	3460 - м.о.
115	Мастерская участка электротехнических работ	16	160	по расчету	по расчету	1800	В12	1950	-	
116	Кладовая	16	45	1	-	45	ВЕ5	-	-	
117	Санузел	16	35	50x1 унитаз	-	100	ВЕ6	-	П4	
118	Коридор	16	-	-	по балансу	-	-	100	-	
119	Тамбур	-	-	-	-	-	-	-	-	
120	Лестничная клетка	16	-	-	-	-	-	-	П4	
201	Коридор	16	-	-	по балансу	-	-	95	-	
202	Кабинет начальника цеха	18	45	по расчету	по расчету	150	В1	150	-	
203	Кабинет старшего мастера	18	35	по расчету	по расчету	110	В1	110	П1	
204	Кладовая спецодежды	16	15	1	-	15	ВЕ1	-	П1	
205	Женская гардеробная	23	30	-	по расчету	-	-	150	П1	вытяжка через душевую
206	Женская душевая	25	15	75x1 душ	-	150	В2	-	-	
207	Санузел женский	16	15	50x1 унитаз	-	50	ВЕ2	-	-	
208	Мужская гардеробная	23	35	5	5	175	В1	175	П1	
209	Преддушевая	23	25	-	-	-	-	-	-	
210	Душевая мужская	25	25	75x1 душ	-	300	В2	-	-	
211	Мужская гардеробная уличной одежды	23	30	-	по расчету	-	-	300	П1	вытяжка через душевую
212	Комната отдыха	22	30	3	2	225	В1	225	П1	
213	Лестничная клетка	16	-	-	-	-	-	-	-	

214	Венткамера	16	480	0,5	-	240	BE4	-	-	
215	Лестничная клетка	16	-	-	-	-	-	-	-	
216	Коридор	16	-	-	-	-	-	85	П5	
217	Комната отдыха и обогрева	22	40	3	2	235	B10	235	П5	
218	Кладовая спецодежды	16	30	1	-	30	BE7	-	-	
219	Комната мастеров	18	35	по расчету	по расчету	80	B10	80	П5	
220	Гардероб спецодежды для мужчин	23	40	5	5	200	B11	200	П5	
221	Комната мастеров	18	35	по расчету	по расчету	80	B10	80	П5	
222	Гардероб уличной и домашней одежды для мужчин	23	45	-	по расчету	-	-	150	П5	вытяжка через душевую
223	Тамбур	23	-	-	-	-	-	-	-	
224	Душевая	25	15	75x1 душ	-	150	B11	-	-	
225	Гардероб для женщин	25	30	-	по расчету	-	-	75	П5	вытяжка через душевую
226	Душевая	25	10	75x1 душ	-	75	B11	-	-	
227	Душевая	25	10	75x1 душ	-	75	B11	-	-	
228	Комната уборочного инвентаря	16	15	1	-	15	BE8	-	-	
229	Гардероб для мужчин	23	40	-	по расчету	-	-	150	П5	вытяжка через душевую
230	Тамбур	23	-	-	-	-	-	-	-	
231	Душевая	25	20	75x1 душ	-	150	B11	-	-	
232		23	30	-	-	-	-		П5	вытяжка через душевую

5.3.2 Аэродинамический расчет систем вентиляции

В ремонтном блоке запроектировано пять приточных систем вентиляции, десять вытяжных систем с механическим побуждением и восемь вытяжных систем с естественным побуждением. Аэродинамический расчет проводится с целью определения размеров поперечного сечения участков сети. При этом в системах с естественным побуждением движения располагаемое давление задано, а в системах с механическим побуждением движения потери давления определяют выбор вентилятора.

Расчет сети воздуховодов в общем виде сводится к определению потерь давления в них при данном расходе воздуха. Задаются сечением или диаметром воздуховодов и определяют скорость воздуха при проектируемом расходе и соответствующие потери давления в воздуховоде на 1 м длины.

Суммарные потери давления в воздуховодах определяются по формуле [27]

$$\Delta p = R \cdot l + Z, \text{ Па} \quad (5.24)$$

где R – потери давления на трение, Па/м;

l – длина воздуховода, м;

Z – потери давления на местные сопротивления, Па

Потери давления на местные сопротивления Z можно определить по формуле

$$Z = \sum \xi \cdot \left(\frac{v^2 \cdot \rho}{2} \right), \text{ Па} \quad (5.25)$$

где $\sum \xi$ - сумма коэффициентов местных сопротивлений на расчетном участке воздуховода;

ρ - плотность воздуха, $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$;

v - скорость воздушного потока.

Значения коэффициентов местных сопротивлений ξ в табличном виде приведены в таблицах 22.16 - 22.43 [20].

Для воздуховодов прямоугольного сечения за расчетную величину диаметра d принимают эквивалентный диаметр $d_{\text{экв}}$, который определяется по формуле

$$d_{\text{экв}} = \frac{2 \cdot A \cdot B}{A + B}, \quad (5.26)$$

где A и B – размеры сторон прямоугольного воздуховода, м.

Расчет ведется по методу допустимых скоростей:

1. Вычерчивается аксонометрическая схема системы воздуховодов. На схеме указывается порядковый номер каждого расчетного участка, количество воздуха, проходящего по нему L , м³/ч, и длина. Вначале просчитывается самый удаленный от вентилятора и наиболее нагруженный участок сети.

2. Задаются оптимальной скоростью воздуха по табл. VI.36 [27] и с. 86 [28]. По номограмме (рис. VI.37) задавая скорость движения воздуха, согласно требованиям для данного помещения, и зная количество воздуха L , проходящего по данному участку, выбирается диаметр каждого участка воздуховода d или размеры сечения прямоугольного воздуховода, затем определяется скоростное давление $v^2 \cdot \rho / 2$ и соответствующие потери на трение R по табл. 22.15 (с. 207 [20]).

3. По табличным данным определяется сумма коэффициентов местных сопротивлений $\sum \xi$.

4. Вычисляется величина потерь на местные сопротивления.

5. Определяются суммарные потери давления в воздуховодах.

Располагаемое давление для ответвлений сети определяется как сумма потерь давления на предыдущих участках сети. Необходимо увязать все ветви воздуховодов, то есть приравнять сопротивление каждой ветви к сопротивлению

наиболее нагруженной ветви, допускаемая невязка при этом 10%. Увязать ветви воздухопроводов между собой можно с помощью диафрагм, которые устанавливаются на наименее нагруженных участках воздухопроводов. Расчет диафрагм ведется по табл. 22.48 и 22.49 с. 232 [20].

Расчет системы приточной вентиляции П1

Система подает воздух на первый и второй этажи административно-бытовой части здания. Наиболее протяженный участок 1–11 необходимо уравновесить с ветвью 1–4.

После определения суммарных потерь давления получены следующие результаты:

$$\Delta p_{2-4}=193 \text{ Па}; \Delta p_{5-11}=323,9 \text{ Па};$$

$$\text{невязка: } \Delta = \frac{\Delta p_{5-11} - \Delta p_{2-4}}{\Delta p_{5-11}} \cdot 100\% = \frac{323,9 - 193}{323,9} = 39,9\% > 10\%$$

В начале ветви 2-4 для увязки потери давления устанавливается диафрагма, обеспечивающая потерю давления $\Delta p_d = \Delta p_{10-1} - \Delta p_{3-9} = 323,9 - 193 = 130,9 \text{ Па}$.

Данное падение давления соответствует значению

$$\xi = \frac{2 \cdot \Delta p_d}{v^2 \cdot \rho} = \frac{2 \cdot 130,9}{4,6^2 \cdot 1,2} = 10.$$

По табл. 22.49 [20] выбираем одну устанавливаемую на участке 2 диафрагму с размером отверстия 76x176 и $\xi = 10$.

Таблица 15 – Аэродинамический расчет приточной системы вентиляции П1

№ участка	Кол-во воздуха, L, м ³ /ч	Длина участка, l, м	Скорость воздуха, V, м/с	Размер воздуховода, мм	Потери давления на трение		Динамическое давление, Па	Сумма коэффициентов местного сопротивления	Потери давления на местные сопротивления, Z, Па	Общие потери давления на участке, Rl, Па
					Удельные, R, Па/м	На всем участке, Rl, Па				
1	1255	0,4	5	250x400	0,51	0,20	15,00	2,9	43,50	43,70
2	315	7	4,6	100x200	1,42	9,94	12,70	2,7	34,28	44,22
3	195	2,5	4,9	100x160	1,56	3,90	14,41	1,8	25,93	29,83

4	115	2,3	4,6	100x160	1,24	2,85	12,70	5,7	72,37	75,22
		12,20				16,90		13,10	176,08	192,97
1	1255	0,4	5	250x400	0,58	0,23	15,00	2,9	43,50	43,73
5	940	12,3	4,6	250x250	0,83	10,21	12,70	2,7	34,28	44,49
6	880	2,1	5,2	200x250	1,16	2,44	16,22	5,9	95,72	98,16
7	580	4,8	4,3	200x200	0,86	4,13	11,09	2,3	25,52	29,64
8	405	3,1	4,6	100x200	1,62	5,02	12,70	2,3	29,20	34,22
9	310	2,2	4,3	100x200	1,32	2,90	11,09	2,3	25,52	28,42
10	160	5,1	4,7	100x160	1,24	6,32	13,25	2,3	30,48	36,81
11	80	6,3	2	100x160	0,46	2,90	2,40	2,3	5,52	8,42
		36,30				34,15		23,00	289,74	323,89

Таблица 16 – Аэродинамический расчет приточной системы вентиляции ПЗ

№участка	Кол-во воздуха, L, м3/ч	Длина участка, l, м	Скорость воздуха, V м/с	Размер воздуховода, мм	Потери давления на трение		Динамическое давление, Па	Сумма коэффициентов местного сопротивления	Потери давления на местные сопротивления, Z, Па	Общие потери давления на участке, Rl, Па
					Удельные, R, Па/м	На всем участке, Rl, Па				
1	11982	2,7	5	800x800	0,25	0,68	15,00	3,1	46,50	47,18
2	1142	11,7	4,6	250x250	0,51	5,97	12,70	2,7	34,28	40,25
3	330	3,2	4,9	100x160	1,16	3,71	14,41	1,8	25,93	29,64
4	165	2,3	4,6	100x160	1,24	2,85	12,70	5,7	72,37	75,22
		19,90				13,21		13,30	179,08	192,28
1	11982	2,7	5	250x400	0,25	0,68	15,00	3,1	46,50	47,18
2	1142	11,7	4,6	250x250	0,51	5,97	12,70	2,7	34,28	40,25
5	812	1	4,6	200x250	1,16	1,16	12,70	2,7	34,28	35,44
6	609	2,2	4,3	160x200	1,36	2,99	11,09	3,9	43,27	46,26
7	406	2	4,2	100x200	1,62	3,24	10,58	2,3	24,34	27,58
8	203	2	4,2	100x160	1,28	2,56	10,58	2,3	24,34	26,90
		21,60				16,59		17,00	207,01	223,61

Таблица 17 – Аэродинамический расчет приточной системы вентиляции П4

№участка	Кол-во воздуха, L, м3/ч	Длина участка, l, м	Скорость воздуха, V м/с	Размер воздуховода, мм	Потери давления на трение		Динамическое давление, Па	Сумма коэффициентов местного сопротивления	Потери давления на местные сопротивления, Z, Па	Общие потери давления на участке, Rl, Па
					Удельные, R, Па/м	На всем участке, Rl, Па				
1	1255	0,4	5	250x400	0,51	0,20	15,00	2,9	43,50	43,70
2	315	7	4,6	100x200	1,62	11,34	12,70	2,7	34,28	45,62

3	195	2,5	4,9	100x160	1,56	3,90	14,41	1,8	25,93	29,83
4	115	2,3	4,6	100x160	1,24	2,85	12,70	5,7	72,37	75,22
		12,2								
		0				18,30		13,10	176,08	194,37
1	1255	0,4	5	250x400	0,58	0,23	15,00	2,9	43,50	43,73
5	940	12,3	4,6	250x250	0,83	10,21	12,70	2,7	34,28	44,49
6	880	2,1	5,2	200x250	1,16	2,44	16,22	5,9	95,72	98,16
7	580	4,8	4,3	200x200	0,86	4,13	11,09	2,3	25,52	29,64
8	405	3,1	4,6	100x200	1,62	5,02	12,70	2,3	29,20	34,22
9	310	2,2	4,3	100x200	1,32	2,90	11,09	2,3	25,52	28,42
10	160	5,1	4,7	100x160	1,24	6,32	13,25	2,3	30,48	36,81
11	80	6,3	2	100x160	0,46	2,90	2,40	2,3	5,52	8,42
		36,3				34,15		23,00	289,74	323,89

Таблица 15 – Аэродинамический расчет приточной системы вентиляции П5

№участка	Кол-во воздуха, L, м ³ /ч	Длина участка, l, м	Скорость воздуха, V м/с	Размер воздуховода, мм	Потери давления на трение		Динамическое давление, Па	Сумма коэффициентов местного сопротивления	Потери давления на местные сопротивления, Z, Па	Общие потери давления на участке, Rl, Па
					Удельные, R, Па/м	На всем участке, Rl, Па				
1	1255	0,4	5	250x400	0,51	0,20	15,00	2,9	43,50	43,70
2	315	7	4,6	100x200	1,62	11,34	12,70	2,7	34,28	45,62
3	195	2,5	4,9	100x160	1,56	3,90	14,41	1,8	25,93	29,83
4	115	2,3	4,6	100x160	1,24	2,85	12,70	5,7	72,37	75,22
		12,20				18,30		13,10	176,08	194,37
1	1255	0,4	5	250x400	0,58	0,23	15,00	2,9	43,50	43,73
5	940	12,3	4,6	250x250	0,83	10,21	12,70	2,7	34,28	44,49
6	880	2,1	5,2	200x250	1,16	2,44	16,22	5,9	95,72	98,16
7	580	4,8	4,3	200x200	0,86	4,13	11,09	2,3	25,52	29,64
8	405	3,1	4,6	100x200	1,62	5,02	12,70	2,3	29,20	34,22
9	310	2,2	4,3	100x200	1,32	2,90	11,09	2,3	25,52	28,42
10	160	5,1	4,7	100x160	1,24	6,32	13,25	2,3	30,48	36,81
11	80	6,3	2	100x160	0,46	2,90	2,40	2,3	5,52	8,42
		36,30				34,15		23,00	289,74	323,89

Расчет системы вытяжной системы вентиляции №4

Система осуществляет вытяжку воздуха на первом этаже производственной части здания. Необходимо рассчитать участок 1–3.

После определения суммарных потерь давления получены следующие результаты: $\Delta p_{1-3}=300$ Па;

Таблица 18 – Аэродинамический расчет вытяжной системы вентиляции В4

Меучастка	Кол-во воздуха, L, м ³ /ч	Длина участка, L, м	Скорость воздуха, V м/с	Размер воздуховода, мм	Потери давления на трение		Динамическое давление, Па	Сумма коэффициентов местного сопротивления	Потери давления на местные сопротивления, Z, Па	Общие потери давления на участке, Rl, Па
					Удельные, R, Па/м	На всем участке, Rl, Па				
1	5295	17,1	5	400x800	0,4	6,84	15,00	4,9	73,50	80,34
2	3530	4,3	4,9	400x450	0,6	2,58	14,41	2,7	38,90	41,48
3	1765	6	4,6	250x400	0,62	3,72	12,70	2,8	35,55	39,27
		27,40				13,14		10,40	147,95	161,09

Аналогичным образом производится аэродинамический расчет остальных систем вентиляции. В ходе расчета уточняются сечения воздуховодов и определяется полный напор в сети.

5.3.3 Расчет и выбор оборудования для системы вентиляции

Приточные установки предназначены для фильтрации свежего воздуха при необходимости его нагрева (в холодное время года) и подачи в систему воздуховодов для раздачи по помещениям [27].

Приточные вентиляционные установки состоят из корпуса, в котором смонтированы: фильтр, водяной или электрический калорифер, вентилятор, система автоматики, звукоизоляционный материал.

Для подбора приточных вентиляционных установок используются:

1. Производительность по воздуху (м³/ч). Благодаря широкому модельному ряду может составлять от нескольких десятков до нескольких десятков тысяч м³/ч.
2. Мощность подогревателя (кВт). Величина мощности определяется на условия подогрева в зимнее время свежего воздуха от температуры наиболее холодной пятидневки (параметры Б: -24°С для Уссурийска) до температуры подачи воздуха в помещения (18-20°С).

3. Напор или внешнее статическое давление.

4. Уровень шума (Дб).

Определение мощности нагревателя ведется по методике расчета калориферов (с. 202 [30]). Расход тепла для нагревания воздуха определяется по формулам:

Определяем расход тепла Q , кДж/кг, на нагрев воздуха по формуле:

$$Q = c \cdot G \cdot (t_k - t_n) \quad (5.27)$$

где G - количество нагреваемого воздуха, кг/ч;

c - теплоемкость воздуха, кДж/(кг °С);

t_n - начальная температура нагреваемого воздуха, °С;

t_k - конечная температура нагретого воздуха, °С

Поверхность нагрева калориферной установки определяется из выражения

$$F = \frac{Q}{k \Delta t_{cp}} \quad (5.28)$$

где k - коэффициент теплопередачи калорифера, кДж/(м²·ч·°С);

Δt_{cp} - средняя разность температур теплоносителя и воздуха, °С;

$$\Delta t_{cp} = \frac{t_z + t_o}{2} - \frac{t_k - t_n}{2} \quad (5.29)$$

где t_r - температура горячей воды на входе в калорифер, °С;

t_o - температура обратной воды на выходе из калорифера, °С

Массовая скорость воздуха в живом сечении калориферной установки определяется по формуле

$$v \rho = \frac{G}{3600 f_{ж}} \quad (5.30)$$

где $f_{ж}$ - площадь живого сечения для прохода воздуха, м²;

Расход воды определяется по формуле

$$W = \frac{Q}{t_z - t_o} \quad (5.31)$$

Скорость воды в трубках калориферной установки определяется по формуле

$$W = \frac{W}{1000 \cdot 3600 f_{гр}} \quad (5.32)$$

где $f_{гр}$ - площадь живого сечения трубок калориферной установки для прохода теплоносителя, м²;

Вытяжные установки удаляют из помещения загрязненный или нагретый воздух. Вытяжная вентиляционная установка состоит из: воздухозаборного устройства (из помещения), системы воздуховодов, вентиляторов, жалюзийных решеток, дефлекторов, фильтров.

Значение температуры воздуха подаваемого в помещения принимается равным 20°C в административно-бытовых помещениях и 18°C в производственных помещениях.

Необходимая компоновка вентиляционных установок для помещений ремонтного блока подбиралась по программе подбора вентиляционного оборудования фирмы «KORF» для выбора наиболее эффективной при расчетных параметрах компоновки и проверялась по каталогу [31]. Все приведенное ниже оборудование произведено отечественной компанией «KORF». Оборудование канальных вентиляционных установок комплектуется как составляющее современной модульной приточно-вытяжной вентиляционной установки ANR. В приточных установках осуществляется очистка наружного воздуха и его подогрев до нормируемой температуры.

Для снижения уровня аэродинамического шума, поступающего в систему воздуховодов и окружающую среду, все системы вентиляции комплектуются шумоглушителями серии SG x, где x – обозначение вентилятора.

Для очистки приточного воздуха приточные вентиляционные установки комплектуются также фильтрующими модулями N2 или фильтрами серии FK x, где – обозначение вентилятора. Данные фильтры применяются для грубой очистки класса EU4 с эффективностью очистки 90%.

Таблица 19 - Оборудование системы вентиляции

№ системы	Расход воздуха, м ³ /ч	Полное давление, Па	Вентилятор	Мощность нагревателя, кВт	Воздуонагреватель + фильтр
П1	1255	350	Канальный WRH50-30/25.4D	19	N2 – Водяной WWN50-30/2+ FK 50-30
П2	10840	400	Канальный ANR6L/K1/P1/A1.2. P50.R4×15/P1	152,5	В комплекте 2-х рядный+ фильтрование EU4
П3	1140	300	Канальный WRW50-25/22.4D	16	N2 – Водяной WWN50-25/2+ FK 50-25
П4	4565	350	Канальный WRW70-40/35.4D	64,2	N2 – Водяной WWN70-40/3+ FK 70-40
П5	975	300	Канальный WNK315/1	14,2	N2 – Водяной WWK315+ FK 50-30
В1	500	350	Канальный WNK200/1	-	-
В2	625	250	Канальный WNK200/1	-	-
В3	65	-	Канальный WNK 160/1	-	-
В4	5300	380	Канальный WRW70-40/35.4D	-	-
В5	5300	120	Крышный KW 56/40-4D	-	-
В6	1140	300	Канальный WNK 315/1	-	-
В7	340	250	Канальный WNK160/1	-	-
В8, В9	540	1500	FUA-1800/SP	-	-
В10	280	250	Канальный WNK160/1	-	-
В11	650	250	Канальный WNK200/1	-	-
В12	960	250	Канальный WNK315/1	-	-

Воздухораспределительная сеть выполняется из воздуховодов круглого и прямоугольного сечения из тонколистовой оцинкованной стали толщиной 0,7мм по ГОСТ 14918-80* и в соответствии с размерным рядом приложения Н [1].

В качестве присоединительных патрубков применяются гибкие воздуховоды ALUDUCT фирмы «Арктос». Воздуховоды данного типа легки, что

позволяет использовать их в помещениях с подвесными потолками, достаточно термостойки и при горении не выделяют токсичных веществ и газов.

В производственных помещениях для подачи приточного воздуха из верхней зоны вертикальными и коническими потоками устанавливаются нерегулируемые воздухораспределители панельные модульные штампованные типа ПМШ-В, серия 5.904-63 производства фирмы «Экострой», а также приточно-вытяжные решетки цилиндрические РС-ГЦ производства ООО «Вентоборудование» для установки в круглом воздуховоде с горизонтальными пластинами для регулировки диапазона действия и направления воздушного потока.

Для удаления и подачи воздуха вентиляционные системы производственных помещений, мастерских и складов выполняются с приточно-вытяжными решетками вентиляционными РС-Г производства ООО «Вентоборудование» (с горизонтальными жалюзи без блока управления) и решетками вентиляционными регулируемые РС-Г/Б (с горизонтальными жалюзи и блоком управления) для регулирования диапазона действия и направления воздушного потока.

Системы приточно-вытяжной вентиляции административных помещений комплектуются диффузорами ДПУ-М производства ООО «Вентоборудование». В диффузорах ДПУ-М при перемещении обтекателя с закручивателем соответственно вдоль оси корпуса изменяются вид формируемой приточной струи (от вертикальной смыкающейся конической до горизонтальной веерной) и ее дальнобойность, что позволяет реализовать посезонное регулирование систем вентиляции и кондиционирования воздуха.

В системах приточно-вытяжной вентиляции бытовых помещений применяются вентиляционные решетки АМР производства ООО «Вентоборудование», оснащенные регуляторами расхода воздуха.

5.3.4 Гидравлический расчет системы теплоснабжения калориферов

Гидравлический расчет заключается в определении диаметров трубопроводов, необходимых для перемещения определенного количества (расхода) теплоносителя в зависимости от располагаемого давления [27].

Расчет ведется по методу применения удельных потерь давления. Поэтому методы раздельно определяют потери давления на трение и потери его в местных сопротивлениях в каждом расчетном участке системы.

По табл. П.1 приложения [4] по принятым скоростям и расходам теплоносителя определяется диаметр трубопровода и соответствующие ему потери давления на трение на 1 пог.м. длины. Суммарные потери на участке 1 длины будут $\Delta p = R \cdot l$.

Потери давления на участке на местные сопротивления определяются как произведение суммы коэффициентов местного сопротивления на динамический напор:

$$Z = \sum \zeta_{\text{уч}} \left(\frac{\rho w^2}{2} \right) \quad (5.33)$$

Общие потери давления на участке трубопровода выражаются суммой потерь давления на трение и в местных сопротивлениях:

$$\Delta p_{\text{общ}} = \Delta p_{\text{тр}} + \Delta p_{\text{мс}} \quad (5.34)$$

Определяются потери давления на участке трубопровода наиболее нагруженного, т.е. самого удаленного участка от источника теплоснабжения.

$$\Delta p = \Sigma(R \cdot l + Z) \quad (5.35)$$

Затем увязываем, т.е. приравниваем потери давления в каждом последующем ответвлении с потерями давления на наиболее нагруженном участке. Допустимое расхождение может составлять до 15%.

Расчет системы теплоснабжения вентиляционных установок П1, П2, П3, П4, П5, У1 (помещение венткамеры №214).

Для проведения гидравлического расчета вычерчивается аксонометрическая схема системы теплоснабжения, на которой отмечаются длины, расходы и диаметры участков. В соответствии со схемой заполняется расчетная таблица, и вычисляются общие потери давления на участках трубопроводов.

За основное принято кольцо 1-12. После определения располагаемого давления в сети, параллельно подключенные участки трубопроводов (5-8 и 13-15; 4-9 и 16-18; 3-10 и 19-21, 2-11 и 22-24, 1-12 и 25-27) были увязаны путем изменения диаметров. Установка дроссельных устройств при этом не потребовалась. В ходе расчета были изменены диаметры следующих участков: №17 и 26 с $d=25\text{мм.}$ на $d=20\text{мм.}$; №19,21, 22 и 24 с $d=76\text{мм.}$ на $d=89\text{мм.}$

Таблица 20 – Гидравлический расчет системы теплоснабжения вентиляционных установок П1, П2, П3, П4, П5

Данные по участкам схемы			Принято						
№	G, кг/ч	l, м	D, мм	w, м/с	R, Па/м	Rl, Па	$\sum \xi$	Z, Па	Rl+Z, Па
1	12921	2,5	89x3,5	0,825	126,0	315,0	5,4	1764,2	2079,2
2	12268	31,4	89x3,5	0,805	121,0	3799,4	1	311,1	4110,5
3	8492	4,1	76x3,5	0,740	137,0	561,7	1	262,8	824,5
4	3247	2,7	50x3,5	0,422	50,0	135,0	1	85,5	220,5
5	2697	17,3	50x3,5	0,335	24,0	415,2	4,6	247,8	663,0
6	489	3,4	25x3,2	0,237	40,0	136,0	5	134,8	270,8
7	489	3,4	25x3,2	0,237	40,0	136,0	5	134,8	270,8
8	2697	17,3	50x3,5	0,335	24,0	415,2	4,6	247,8	663,0
9	3247	2,7	50x3,5	0,422	50,0	135,0	1	85,5	220,5
10	8492	4,1	76x3,5	0,740	137,0	561,7	1	262,8	824,5
11	12268	2,7	89x3,5	0,805	121,0	326,7	1	311,1	637,8
12	12921	2,5	89x3,5	0,825	126,0	315,0	5,4	1764,2	2079,2
		94,10				7251,9		5612,3	12864,2
13	2208	0,8	50x3,5	0,342	24,0	19,2	7,4	415,5	434,7
14	2208	1,9	50x3,5	0,342	24,0	45,6	5,8	325,6	371,2
15	2208	1	50x3,5	0,342	24,0	24,0	7,4	415,5	439,5
		3,70				88,8		1156,5	1245,3
16	550	1,2	25x3,2	0,38	75,0	90,0	7,4	512,9	602,9
17	550	3,9	20x2,8	0,38	75,0	292,5	5,8	402,0	694,5
18	550	1,2	25x3,2	0,38	75,0	90,0	7,4	512,9	602,9

		6,30				472,5		1427,8	1900,3
19	5245	1,2	89x3,5	0,72	129,0	154,8	7,8	1940,9	2095,7
20	5245	2	76x3,5	0,94	53,0	106,0	6,8	2884,1	2990,1
21	5245	1,2	89x3,5	0,72	129,0	154,8	7,8	1940,9	2095,7
		4,40				415,6		6765,8	7181,4
22	3776	13,3	89x3,5	0,53	137,0	1822,1	7,8	1051,7	2873,8
23	3776	2	76x3,5	0,74	71,0	142,0	6,8	1787,4	1929,4
24	3776	13,3	89x3,5	0,53	137,0	1822,1	7,8	1051,7	2873,8
		28,60				3786,2		3890,7	7676,9
25	653	5,2	25x3,2	0,33	75,0	390,0	7,4	386,8	776,8
26	653	2,1	20x2,8	0,75	110,0	231,0	6,8	1836,0	2067,0
27	653	5,2	25x3,2	0,33	75,0	390,0	7,4	386,8	776,8
		12,50				1011,0		2609,6	3620,6

5.4 Расчет воздушно – тепловой завесы

Воздушные завесы предназначены для предотвращения поступления наружного воздуха через открытые проемы ворот и дверей производственных и общественных зданий. Кроме того, они служат препятствием перетеканию загрязненного воздуха из одного помещения в другое. Согласно СНиП 2.04.05.86 воздушные или воздушно-тепловые завесы надлежит устраивать в таких случаях: у постоянно открытых проемов в наружных стенах помещений, а также у ворот и проемов в наружных стенах, не имеющих тамбуров и открывающихся более пяти раз или не менее чем на 40 мин. в смену в районах с расчетной температурой наружного воздуха минус 15 °С и ниже (параметры Б); у ворот технологических проемов для любых расчетных температур и любой продолжительности открывания при соответствующем обосновании. Для промышленных зданий используются завесы шиберующего типа. Так как для помещения мойки автомобилей требуется установка воздушно-тепловой завесы, следовательно произведем расчет завесы по [24; с.92]:

1. Расход воздуха завесы G_z , кг/ч, определяется по формуле:

$$G_z = 3600 \cdot H \cdot B \cdot g \cdot \mu_{np} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h \cdot (\rho_n - \rho_e) \cdot \rho_{cm}}, \text{ кг/ч}; \quad (5.36)$$

Где Н, В - длина и ширина проема, м, Н=В=3,6 м. (по техническому заданию);

g - относительный расход воздуха завесы, принимаем g=0,6;

$\mu_{пр}$ - коэффициент расхода проема, принимаемый по [24,табл.IV.11], $\mu_{пр}=0,27$;

$\rho_n, \rho_v, \rho_{см}$ - плотность воздуха, соответствующая температуре наружного, внутреннего воздуха и воздуха смеси, кг/м³, принимаем $\rho_n=1,42$ кг/м³ при t=-24⁰С, $\rho_v=1,22$ кг/м³ при t=16⁰С, $\rho_{см}=1,24$ кг/м³/ (согласно табл. IV.9 [24] принимаем $t_{см}=8$ ⁰С).

h – расстояние от середины ворот до нейтральной зоны по [24,с.95], принимаем h=1,8 м.

2. Температура воздуха завесы t_3 , ⁰С, определенная на основании уравнения теплового баланса равна:

$$t_3 = [t_{см} - (1 - \bar{q}) \cdot t_n] / [\bar{q} \cdot (1 - \bar{Q})], ^\circ C; \quad (5.37)$$

Q - отношение количества теплоты, теряемой с воздухом, уходящим через открытый проем наружу, к тепловой мощности калориферов завесы, принимается по табл.IV.12., Q=0,11.

3. Количество теплоты $Q_{доп}$, Вт, необходимой для компенсации дополнительных тепловых потерь помещением вследствие поступления воздуха через проем, оборудованный завесой, определяется зависимостью:

$$Q_{доп} = 0,278 \cdot C_p \cdot G_3 \cdot (1/\bar{q} - 1) \cdot (t_3 - t_n) \cdot \tau / 60; \quad (5.38)$$

$C_p=1$ кДж/(кг·К)- удельная теплоемкость воздуха; τ -время работы завесы, $\tau=15$ мин. по заданию.

4.Тепловая мощность калориферов завесы Q_3 , Вт, равна:

$$Q_3 = 0,278 \times C_p \times G_3 \times (t_3 - t_{см}); \quad (5.39)$$

5. Ширина щели завесы $v_{щ}$, м, определяется по формуле:

$$v_{щ} = F_{np} / (2 \cdot H \cdot \bar{F}) = 0,5 \cdot B / \bar{F} \text{ и округляется до 5 мм.} \quad (5.40)$$

6. Скорость воздуха в щели воздушной завесы $V_{щ}$, м/с, равна:

$$V_{щ} = G_3 / (2 \cdot 3600 \cdot H \cdot e_{щ}^1 \cdot \rho_3); \quad (5.41)$$

где $v_{щ}$ - округленная до 5 мм. ширина щели, ρ_3 - плотность воздуха, соответствующая температуре завесы t_3 , кг/м³.

Для помещения 102 (мойка машин) рассчитаем воздушно-тепловую завесу:

1. Расход воздуха завесы:

$$G_3 = 3600 \cdot 3,6 \cdot 3,6 \cdot 0,6 \cdot 0,27 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 1,8 \cdot (1,42 - 1,22)} \cdot 1,24 = 22368,4 \text{ кг/ч};$$

2. Температура воздуха завесы:

$$t_3 = [8 - (1 - 0,6) \cdot (-24)] / [0,6 \cdot (1 - 0,11)] = 32,9^\circ \text{C};$$

Плотность воздуха, соответствующая $t=32,9^\circ \text{C}$, равна $\rho_3=1,15$ кг/м³.

3. Количество теплоты для компенсации дополнительных тепловых потерь помещением вследствие поступления воздуха через проем:

$$Q_{дон} = 0,278 \cdot 22368,4 \cdot (1/0,6 - 1) \cdot (16 - (-24)) \cdot 15/60 = 44219,8 \text{ Вт};$$

4. Тепловая мощность калориферов завесы:

$$Q_3 = 0,278 \cdot 22368,4 \cdot (32,9 - 12) = 109964,9 \text{ Вт};$$

5. Ширина щели завесы:

$$e_{щ} = 0,5 \cdot 3,6 / 20 = 0,09 \text{ м};$$

Принимаем $v_{щ}=0,1$ м

6.Скорость выхода воздуха из щелей завесы:

$$V_{щ} = 22368,4 / (2 \cdot 3600 \cdot 3,6 \cdot 0,1 \cdot 1,15) = 7,5 \text{ м/с};$$

По объему подаваемого воздуха $L_3 = 22368,4$ м³/ч и по тепловой мощности $Q_3=109964,9$ Вт подберем вертикальную воздушно-тепловую завесу производства ООО «ВЕТЕРРА ВЕНТКОМПЛЕКТ»: Воздушно-тепловая завеса ТЗК-ИННОВЕНТ -6,3-4ИК-3,6В-110В с характеристиками: [32]

Максимальная производительность по воздуху: 22000 м³/ч (на каждый стоек).

- б – диаметр рабочего колеса вентилятора, дм;
- З – число полюсов электродвигателя;
- 4ИК-3 – встроенная система шумопоглощения;
- б – длина раздаточного короба, м;
- В – вертикальное расположение завесы;
- 110 – тепловая мощность, кВт;
- В – теплоноситель вода.

6 Тепловой пункт здания

Тепловые пункты предназначены для установления и поддержания параметров теплоносителя (давления, температуры и расхода) на заданном уровне, необходимом для надежной и экономичной работы теплопотребляющих установок [33].

Оборудование теплового пункта включает в себя водо-водяной теплообменник горячего водоснабжения, приборы для регулирования и контроля параметров сетевой воды и водяные фильтры.

К тепловой сети система отопления здания присоединяется по зависимой схеме. Такой способ обусловлен тем, что давление в обратном трубопроводе тепловой сети не превышает допустимое рабочее давление в системе [34]. Калориферы вентиляционных систем присоединяются по схеме с непосредственной подачей перегретой воды в калориферы. Присоединение системы горячего водоснабжения осуществляется по закрытой системе теплоснабжения через водоводяной скоростной подогреватель. В месте присоединения системы отопления к тепловой сети на подающем и обратном трубопроводах устанавливаются шаровые краны NAVAL. Для контроля параметров сетевой воды – термометр, манометр и датчик температуры прибора учета тепла. Для того чтобы защитить систему отопления от загрязнения на трубопроводе монтируются сетчатые фильтры. Для возможности промывки к фильтрам подведен водопровод и организован слив в канализацию. Далее для контроля загрязнения фильтра и арматуры по изменению падения давления установлен манометр.

7 Энергосбережение при применении воздушных завес

Энергосберегающие мероприятия для промышленных потребителей тепла позволяют значительно снизить издержки, к тому же экономия тепловой энергии от внедрения некоторых мероприятий может быть получена расчетным путем [35].

Создание воздушных завес – один из известных методов экономии энергии. Предлагается выполнить оценку эффекта от применения воздушной завесы для следующих условий. Расчетная температура внутреннего воздуха равна 16. Коэффициент расхода $\mu=0,27$. Расчетная температура наружного воздуха -24°C . Скорость воздуха согласно климатологическим данным составляет 3,7 м/с. Средняя за отопительный период температура наружного воздуха составляет $-4,5^{\circ}\text{C}$. Продолжительность отопительного периода составляет 196 суток (для Уссурийска). Ставится задача: оценить энергосберегающий эффект от применения в воротах воздушной завесы с углом подачи воздуха 45° и рассчитать начальный расход воздуха в завесе при принятом коэффициенте $Kq=0,4$. Ширина ворот равна 3,6 метров, высота $H=3,6$ метров. Отношение площади щели для подачи воздуха и площади ворот составляет 1/30. Для производственных помещений массовый расход наружного воздуха $G_{вр}$ (кг/с), поступающего через ворота при отсутствии завесы можно найти, руководствуясь правилами расчета аэрации. Для зданий со сравнительно небольшими тепловыделениями:

$$G_{вр} = A + (\alpha + K\nu) \cdot F \quad (7.1)$$

Где A, α – расходы воздуха, определяемые в зависимости от t_n расчетной температуры наружного воздуха при проектировании отопления; K – условный коэффициент, для ворот размером $3,6 \times 3,6$ метров $K=0,23$; ν – скорость ветра в м/с; F – площадь сечения шахт и открываемых фрамуг в фонарях в м^2 .

С учетом действия ветра объемный расход воздуха, врывающегося через дверь или ворота:

$$L_{ep} = BH \cdot \left[0,333 \cdot \mu \cdot (g \cdot H \cdot \Delta\rho)^{0,5} + 0,25 \cdot v / 2 \right] \quad (7.2)$$

Где В – ширина двери; Н – высота двери; μ – коэффициент расхода; $g=9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения; $\Delta\rho$ – разница плотностей воздушных масс; ρ – средняя плотность воздушных масс; v – скорость ветра под углом к двери, м/с; 0,25 – частотный фактор направления ветра. Общий расход воздуха через открытую дверь представляет собой сумму расходов, образующихся вследствие разности давлений и воздействия ветра.

Тепловая мощность (кВт), необходимая для нагрева воздуха, врывающегося в ворота, без завесы находится по формуле:

$$Q = G_{ep} \cdot c_p \cdot (t_b - t_n) \quad (7.3)$$

Где $G_{вр}$ – массовый расход врывающегося воздуха (кг/с); $c_p=1 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К}$ – теплоемкость воздуха; t_b – температура внутреннего воздуха; t_n – температура наружного воздуха.

Расход тепла (кВт·ч) за период времени n (в часах без действующей завесы):

$$Q_n = G_{ep} \cdot c_p \cdot (t_b - t_n) \cdot n \cdot k \quad (7.4)$$

Где k – коэффициент, учитывающий время открывание дверей в течении часа ($k=\tau/60$, τ – время открывания ворот в минутах).

Тепловая мощность (кВт), необходимая для нагрева воздуха, врывающегося в ворота с работающей завесой, находится по формуле:

$$Q_3 = G_{ep}^3 \cdot c_p \cdot (t_b - t_{cp}) \cdot k \quad (7.5)$$

t_{cp} – средняя температура воздуха, которая находится по формуле:

$$t_{cp} = \frac{G_{ep}^3 \cdot t_n^{cp} + G_3 \cdot t_3}{G_{ep}^3 + G_3} \quad (7.6)$$

Где G_3 – расход воздуха, создаваемый завесой; t_3 – температура воздуха, подаваемого завесой (если воздух забирается из рабочей зоны вентилятором, то $t_3 = t_B$).

Расход тепла (кВт·ч) за период времени n (в часах) с действующей завесой:

$$Q_{zn} = G_{ep} \cdot c_p \cdot (t_e - t_{cp}) \cdot n \cdot k \quad (7.7)$$

Где k – коэффициент, учитывающий время открывание дверей в течении часа ($k = \tau/60$, τ - время открывания ворот в минутах).

Массовый расход наружного воздуха $G_{вр}$ (кг/с), поступающего через ворота при отсутствии завесы:

$$G_{ep} = 12,15 + (1,5 + 0,23 \cdot 3,7) \cdot 3,1 = 19,4 \text{ кг/с},$$

A, α – расходы воздуха, найдем по [36]: $A = 12,15$; $\alpha = 1,5$

Объемный расход воздуха, врывающегося через ворота:

$$L_{ep} = 3,6 \cdot 3,6 \cdot \left[0,333 \cdot 0,27 \cdot (9,81 \cdot 3,6 \cdot 0,2)^{0,5} + 0,25 \cdot 3,7/2 \right] = 12,9 \text{ м}^3/\text{с},$$

Тепловая мощность (кВт), необходимая для нагрева воздуха, врывающегося в ворота, без завесы

$$Q = 19,4 \cdot 1 \cdot (16 - (-24)) = 444,4 \text{ кВт},$$

Расход тепла (кВт·ч) за период времени n (в часах без действующей завесы):

$$Q_n = 19,4 \cdot 1 \cdot (16 - (-24)) \cdot 196 \cdot 24 \cdot \left(\frac{15}{60} \right) = 83,7 \text{ МВт} \cdot \text{ч},$$

Результаты расчета при отсутствии завесы

$L_{вр}$	$L_{вр}$	$G_{вр}$	$G_{вр}$	Q	Q_n
$\text{м}^3/\text{с}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	кг/с	кг/ч	кВт	МВт·ч
12,9	46440	19,4	69,8	444,4	83,7

Расход воздуха, врывающегося в помещении, при действующей завесе:

$$G_{ep}^3 = Kq \cdot G_{ep} = 0,4 \cdot 19,4 = 7,78 \text{ кг/с},$$

Расход воздуха, создаваемый завесой:

$$G_3 = q \cdot G_{ep} = 0,35 \cdot 19,4 = 6,79 \text{ кг/с},$$

Значение q определили из графика на рис.4.5.3. по кривой 2 и $\mu=0,4$ [с. 332, 35].

Полагая, что воздух вентилятором завесы забирается из помещения, найдем среднюю температуру воздуха, проникающего в помещение при действии воздушной завесы:

$$t_{cp} = (7,78 \cdot (-4,5) + 6,79 \cdot 16) / (7,78 + 6,79) = 5,1^{\circ} \text{C},$$

Тепловая мощность (кВт), необходимая для нагрева воздуха, врывающегося в ворота с работающей завесой, находится по формуле:

$$Q_3 = 7,78 \cdot 1 \cdot (16 - 5,1) = 84,8 \text{ кВт},$$

Расход теплоты на нагрев воздуха за отопительный период:

$$Q_{3n} = 7,78 \cdot 1 \cdot (16 - 5,1) \cdot 196 \cdot 24 \cdot \left(\frac{1}{24} \right) = 16,62 \text{ МВт} \cdot \text{ч}.$$

Сравним с результатами при отсутствии завесы:

$$Q_{экон} = \frac{83,7}{16,62} = 5$$

Сравнение с результатами при отсутствии завесы показывает, что потребление тепловой энергии при действующей завесе снижается примерно в 5 раз.

8 Расчет воздушной системы отопления

Воздушное отопление основано на принципе передачи тепла отапливаемым помещениям путем охлаждения теплоносителя. В центральной системе воздушного отопления имеется генератор тепла — центральная установка для нагревания воздуха и теплопроводы — каналы для перемещения теплоносителя — воздуха. В системе воздушного отопления отсутствуют отопительные приборы: горячий воздух передает аккумулированное им тепло непосредственно отапливаемому помещению, смешиваясь с внутренним воздухом и двигаясь вдоль поверхности ограждений [13].

Для воздушного отопления характерно также повышение санитарно-гигиенических показателей воздушной среды помещения. Могут быть обеспечены подвижность воздуха, благоприятная для нормального самочувствия людей, равномерность температуры помещения, а также смена, очистка и увлажнение воздуха. Кроме того, при устройстве системы воздушного отопления достигается экономия металла.

Применяются несколько типов систем воздушного отопления, среди них рециркуляционная, с частичной рециркуляцией и прямоточная. Рециркуляционная система воздушного отопления отличается меньшими первоначальными вложениями и эксплуатационными затратами, но может применяться в тех помещениях, в которых вопросы гигиены не имеют существенного значения.

Воздух для отопления помещения нагревается до такой температуры, чтобы в результате его смешения с внутренним воздухом и теплообмена с поверхностью ограждений поддерживалась заданная температура помещения. Тогда количество аккумулированного им тепла, кДж/ч, равняется теплотерям помещения $Q_{\text{п}}$:

$$G_{\text{от}} \cdot c \cdot (t_{\text{г}} - t_{\text{в}}) = Q_{\text{п}} \quad (8.1)$$

где c — массовая теплоемкость воздуха, кДж/(кг·К),

t_r – температура воздуха, подаваемого воздушным отопительным агрегатом в помещение. °С

t_b – температура воздуха в помещении, °С

$G_{от}$ – массовое количество воздуха для отопления помещения, кг/ч

Отсюда массовое количество воздуха, кг/ч, для отопления помещения

$$G_{от} = \frac{Q_{п}}{c \cdot (t_r - t_b)} \quad (8.2)$$

Температура горячего воздуха t_r должна быть возможно более высокой для уменьшения количества подаваемого воздуха, в связи с чем соответственно сокращаются размеры каналов, а также снижается расход электроэнергии в вентиляторной системе.

Однако правилами гигиены устанавливается определенный предел температуры — воздух не следует нагревать выше 70°С с тем, чтобы он не терял своих свойств как среда, вдыхаемая людьми. Эта температура принимается для системы воздушного отопления помещений с постоянным или длительным (более 2 ч) пребыванием людей, если горячий воздух свободно выпускается в верхнюю зону (выше 0,4 $h_{п}$ от пола, где $h_{п}$ —высота помещения, м).

Расход тепла на нагревание воздуха

$$Q = G_{от} \cdot c \cdot (t_r - t_b) \quad (8.3)$$

Расчет системы воздушного отопления для помещения 101.

Теплопотери помещения 29335Вт, высота помещения 9 м, температура внутреннего воздуха $t_b=16^{\circ}\text{C}$.

Примем схему расположения отопительных агрегатов в помещении, приведенную на рисунке 1. Такое расположение позволит наиболее равномерно прогревать относительно большое помещение 101. Воздух для отопления будет подаваться на высоте 4 метра.

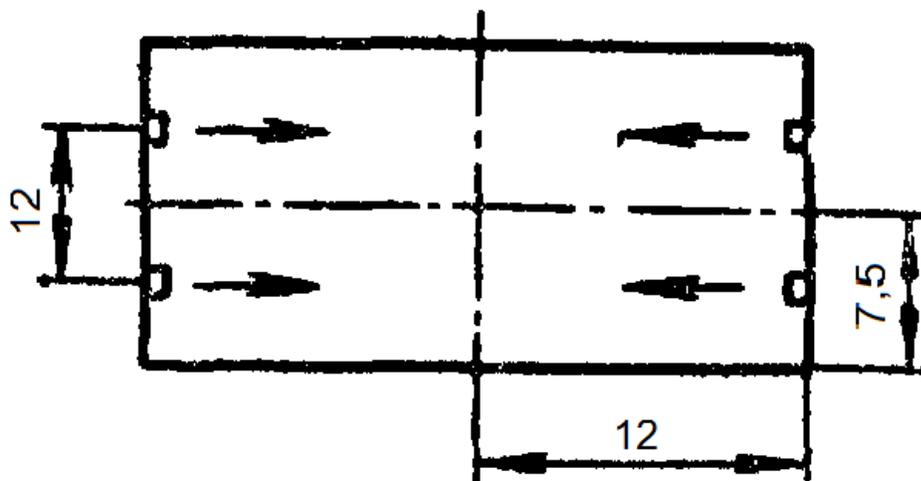


Рис. 1 Схема расположения отопительных агрегатов в помещении 101

Теплопроизводительность каждого агрегата составит

$$Q = \frac{Q_{\text{п}}}{4} = \frac{29335}{4} = 7,3 \text{ кВт}$$

Примем к установке 4 современных отопительных вентиляционных агрегата Volcano VR1 производства компании EuroHeat. По каталогу производителя выбираем 1-ую скорость вентилятора (расход воздуха $800 \text{ м}^3/\text{ч}$) и расход воды через воздухонагреватель $0,4 \text{ м}^3/\text{ч}$. При таких параметрах температура нагретого воздуха составит $t_r = 33^\circ\text{C}$, а мощность нагревателя $7,2 \text{ кВт}$.

Суммарный расход воздуха, подаваемого в помещение составит $3200 \text{ м}^3/\text{ч}$, суммарный расход сетевой воды на нагрев воздуха $1,6 \text{ м}^3/\text{ч} = 1920 \text{ кг/ч}$

9 Аэродинамические основы организации воздухообмена в помещении

Целью данного расчета является определение взаимного расположения и количества приточных и вытяжных отверстий.

Вентилирование помещений любого назначения представляет собой процесс переноса определенных объемов воздуха, вытекающего из приточных отверстий. Скорость и направление истечения воздуха из отверстий, форма и количество отверстий, их расположение, а также температура воздуха в струе определяют характер воздушных потоков в помещении. Приточные струи взаимодействуют между собой, с тепловыми струями, возникающими около нагретых поверхностей, и с потоками воздуха, образующимися вблизи вытяжных отверстий. Строительные конструкции помещения (колонны, стены, пол, потолок) и технологическое оборудование при набегании на них потоков воздуха оказывают существенное влияние на скорость и направление их дальнейшего распространения. Кроме того, в производственных помещениях на скорость и направление движения воздуха большое влияние могут оказывать действие различных механизмов технологического оборудования, а также струи, истекающие из отверстий или неплотностей оборудования, находящегося под избыточным давлением. Воздушные потоки — струи, образующиеся в помещении, — переносят поступающие в воздух вредные выделения (конвективное тепло, пары, газы и пыль) и формируют в объеме воздуха помещения поля скоростей, температур и концентраций. [29].

При распределении приточного воздуха в вентилируемом помещении необходимо учитывать все особенности распространения приточных струй, с тем чтобы в рабочей или обслуживаемой зоне помещения обеспечить требуемые параметры воздуха: температуру, подвижность и допустимые концентрации вредных выделений (включая влажность). Учет всех особенностей движения воздуха в помещении представляет собой задачу большой сложности, так как не

все факторы, обуславливающие это движение, поддаются точному учету — к настоящему времени некоторые из них еще недостаточно изучены.

Выбранное помещение 102 сравнительно больших размеров и температура приточного воздуха, выходящего из воздуховодов равна температуре воздуха в помещении, следовательно рассматриваем свободную изотермическую струю.

Свободная изотермическая струя.

В теории свободных струй исходным положением для выявления закономерностей их развития является равенство статических давлений в струе и окружающем воздухе. Вследствие этого положения импульс внешних сил будет равен нулю, а количество движения секундной массы воздуха в струе должно

быть постоянным:

$$J_o = J_x = const \quad (8.1)$$

Расчетные формулы для круглой струи.

Относительный радиус струи:

$$\bar{R}_x = \frac{R_x}{R_o} = 0,22 \cdot (\bar{x} - \bar{x}_o) \quad (8.2)$$

Где $\bar{x} = \frac{x}{R_o}$ - относительное расстояние; $\bar{x}_o = \frac{x_o}{R_o}$ - относительная абсцисса

полюса основного участка струи.

β_0 -поправочный коэффициент на количество движения на выходе из отверстия.

Относительная средняя по площади скорость:

$$\bar{V}_F = \frac{V_F}{V_o} = \frac{3,2 \cdot \sqrt{\beta_0}}{\bar{x} - \bar{x}_o} \quad (8.3)$$

Где V_F и V_o — средняя по площади скорость движения воздуха в рассматриваемом сечении и на выходе из отверстия.

Относительная средняя по расходу скорость:

$$\bar{V}_M = \frac{V_M}{V_o} = \frac{\int_0^L v \rho dL}{\rho L_x} \cdot \frac{1}{v_o}$$

где V_M — средняя по расходу скорость; V_o — скорость в любой точке поперечного сечения струи, dL — элементарный объемный расход воздуха в струе.

Так как количество движения во всех сечениях струи остается постоянным и равным количеству движения в начале струи, то

$$\bar{V}_M = \frac{\beta_o \rho L_o v_o}{\rho L_x v_o} = \frac{\beta_o \pi R_o^2 v_o^2}{\pi R_x^2 v_F v_o} = \frac{\beta_o}{R_x v_F} = \frac{\sqrt{\beta_o} \cdot \sqrt{\beta}}{(\bar{x} - \bar{x}_o) \cdot \operatorname{tg} \alpha} = \frac{6,45 \cdot \sqrt{\beta_o}}{\bar{x} - \bar{x}_o} \quad (8.4)$$

Относительная осевая скорость:

$$\bar{V}_{oc} = \frac{V_{oc}}{V_o} = \frac{12,4 \cdot \sqrt{\beta_o}}{\bar{x} - \bar{x}_o} \quad (8.5)$$

где V_{oc} — скорость на оси струи (осевая скорость) в сечении, находящемся на расстоянии x от начала истечения.

Относительный объемный расход:

$$\bar{L}_x = \frac{L_x}{L_o} = 0,155 \cdot \sqrt{\beta_o} \cdot (\bar{x} - \bar{x}_o) \quad (8.6)$$

L_x и L_o — объемный расход воздуха соответственно в рассматриваемом сечении и на выходе из отверстия.

Относительная средняя по расходу избыточная концентрация:

$$\Delta \bar{C}_M = \frac{C_M - C_{окр}}{C_o - C_{окр}} = \frac{6,45}{\sqrt{\beta_o} \cdot (\bar{x} - \bar{x}_o)} \quad (8.7)$$

Относительная кинетическая энергия:

$$\bar{E}_x = \frac{E_x}{E_o} = \frac{6,42 \cdot \beta_o \cdot \sqrt{\beta_o}}{(3\beta_o - 2) \cdot (\bar{x} - \bar{x}_o)} \quad (8.8)$$

Относительная избыточная концентрация на оси струи:

$$\Delta \bar{C}_{oc} = \frac{C_{oc} - C_{окр}}{C_0 - C_{окр}} = \frac{9,24}{\sqrt{\beta_0 \cdot (\bar{x} - \bar{x}_0)}} \quad (8.9)$$

Расчет свободной изотермической струи.

Выбираем воздуховод с размерами 100×160 мм (d=140 мм) в помещении 102. Тогда R_{в-да}=70 мм. Для определения β₀ может быть использовано предложение В. В. Батурина о примерном равенстве коэффициента местного сопротивления насадка ξ и поправочного коэффициента на скоростное давление α, т. е. α. Тогда β₀ ≈(ξ +2)/3. Коэффициент местного сопротивления насадка ξ принимаем ξ=1,8 по таблице 22.22 [20], $\bar{x}_0 = -5,2$ принимаем по [30] Сведем результаты расчетов в таблицу 21.

Таблица 21 - Расчет характеристик изотермической круглой струи

Относительная величина	Значения относительных величин									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
\bar{x}	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
β_0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
\bar{x}_0	-5,2	-5,2	-5,2	-5,2	-5,2	-5,2	-5,2	-5,2	-5,2	-5,2
\bar{R}_x	1,14	1,36	1,58	1,8	2,02	2,24	2,46	2,68	2,90	3,12
\bar{V}_F	0,67	0,57	0,49	0,43	0,38	0,34	0,31	0,29	0,27	0,25
\bar{V}_M	1,36	1,14	0,98	0,86	0,77	0,69	0,63	0,58	0,54	0,50
\bar{V}_{oc}	2,61	2,19	1,89	1,66	1,48	1,33	1,21	1,11	1,03	0,96
\bar{L}_x	0,88	1,05	1,22	1,39	1,56	1,73	1,90	2,07	2,24	2,41
$\Delta \bar{C}_M$	1,13	0,95	0,82	0,72	0,64	0,58	0,53	0,48	0,45	0,41
\bar{E}_x	1,01	0,85	0,73	0,64	0,57	0,52	0,47	0,43	0,4	0,37
$\Delta \bar{C}_{oc}$	1,62	1,36	1,17	1,03	0,92	0,83	0,75	0,69	0,64	0,59

Рисунок 2 - Схема турбулентной струи

Картина движения воздуха около вытяжных и около приточных отверстий совершенно различна. При всасывании воздух подтекает к отверстию со всех сторон, а при нагнетании он истекает из отверстия в виде струи с углом раскрытия примерно 25° (рис.3).

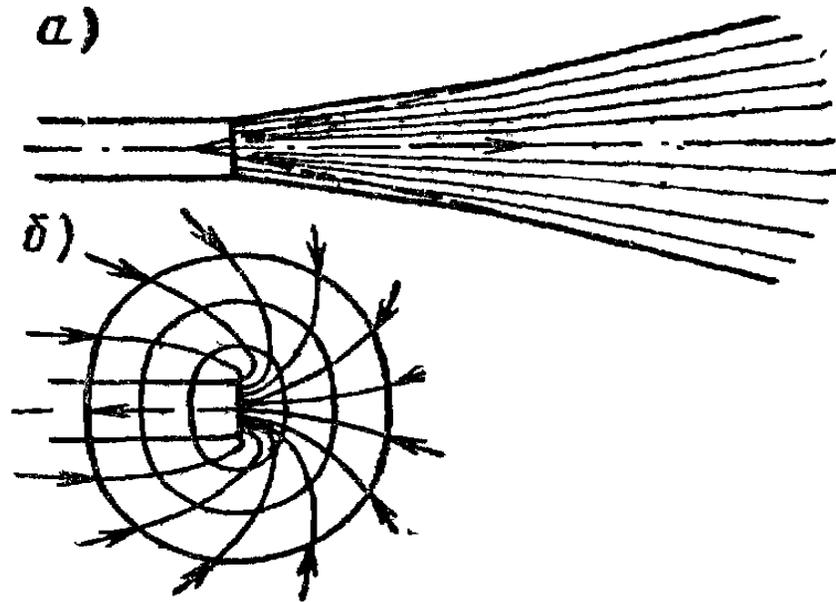


Рис.3 Движение воздуха около приточного (а) и вытяжного (б) отверстий.

Закономерности движения воздуха около всасывающих отверстий исследовались многими отечественными и зарубежными авторами. Ниже приводятся аналитические исследования И. А. Шепелева для стока воздуха в круглое отверстие. [30]

Через круглое отверстие радиусом R_0 в плоской стенке удаляется воздух со скоростью V_0 в количестве L_0 . Элементарный расход воздуха через площадку dF вызовет элементарную скорость воздуха в пространстве около отверстия. Полагая, что поле равных скоростей около отверстия представляет собой половину сферической поверхности радиуса R , можем записать равенство

$$V_0 \cdot r \cdot d \cdot \phi dr = 2 \cdot \pi \cdot R^2 dV \quad (8.15)$$

откуда элементарная скорость

$$dV = \frac{V_o}{2 \cdot \pi \cdot R^2} \cdot r d\phi dr \quad (8.16)$$

Элементарная скорость на оси стока

$$dV_{oc} = dV \frac{x}{R} \quad (8.17)$$

Интегрирование этого выражения по углу ϕ в пределах от нуля до 2π и вторично по радиусу r в пределах от нуля до R_o дает значение скорости на оси симметрии потока:

$$V_{oc} = V_o \cdot \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{R_o}{x}\right)^2}} \right) \quad (8.18)$$

Схемы движения воздуха в вентилируемых помещениях

Чтобы правильно расположить отверстия для подачи воздуха в помещение и для удаления его, необходимо выяснить влияние взаимного расположения этих отверстий на движение воздуха в помещении. При рассмотрении свободной струи установлено, что количество воздуха в струе непрерывно увеличивается по мере удаления рассматриваемых сечений от приточного отверстия, а подтекание воздуха из окружающего пространства происходит по всей длине струи и охватывает некоторый контур «замкнутой системы». Заметим, что количество воздуха в струе при равномерном начальном поле скоростей на расстоянии, например, $x=40R_o$ будет в 6,2 раза больше поданного через приточное отверстие, т. е. объем воздуха, присоединившегося к струе из окружающего пространства, составляет $5,2L_o$.

С помощью аэродинамической организации воздухообмена было рассмотрено распределение воздухообмена в помещении, т.е. подобрано взаимное расположение и количество приточных и вытяжных отверстий. Например, в

помещении 102 было решено разместить приточные и вытяжные отверстия в противоположных торцовых стенах в количестве четырех штук соответственно.

10 Социальная ответственность при проектировании систем отопления и вентиляции

В данном разделе рассмотрены основные проблемы производственной и экологической безопасности при проектировании систем отопления и вентиляции в проектных институтах с использованием ПЭВМ

10.1 Производственная безопасность

Классификация потенциальных опасных (вызывающих травмы) и вредных (вызывающих профессиональные заболевания или снижение работоспособности) производственных факторов (ОВПФ) проводится с использованием «Классификации вредных и опасных производственных факторов по ГОСТ 12.0.003–74 (с измен. № 1, октябрь 1978 г., переиздание 1999 г.)».

К опасным факторам относятся: электрический ток, ионизирующее излучение. К вредным факторам относятся: работа за персональным компьютером, отклонение показателей микроклимата помещения, недостаточная освещенность рабочей зоны, шум, электромагнитное излучение и нервно-психические перегрузки. Данные факторы занесем в таблицу 22.

Таблица 22 - Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы.

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	Ф а к т о р ы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ)	
	Вредные	Опасные
Проектирование систем отопления, вентиляции и кондиционирования	1) отклонение показателей микроклимата в помещении; 2) недостаточная освещенность рабочей зоны; 3) шум; 4) электромагнитное излучение; 5) нервно-психические перегрузки: -умственное напряжение, -монотонность труда; 6) работа за ПЭВМ	1)электрический ток 2)ионизирующее излучение 3)пожар

10.2 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

Требования к микроклимату и содержанию вредных химических веществ в воздухе на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ.

При проведении работ в помещениях указываются допустимые микроклиматические условия рабочей зоны с учетом избытков тепла, времени года и тяжести выполняемой работы согласно СанПиН 2.2.4.548–96.

Согласно НТД при нормировании параметров микроклимата выделяют холодный период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха, равной $+10^{\circ}\text{C}$ и ниже и теплый период года, со среднесуточной температурой выше $+10^{\circ}\text{C}$. Разграничение работ по категориям осуществляется на основе интенсивности общих энергозатрат организма в ккал/ч (Вт).

Проектировочное помещение относится к категории Ia (работы с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч, производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением).

Допустимые параметры микроклимата помещения данной категории представлены в таблице 23.

Таблица 23 - Допустимые параметры микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ	Температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$		Температура поверхностей, $t^{\circ}\text{C}$	Относительная влажность воздуха, $\varphi\%$	Скорость движения воздуха, м/с	
		Нижнее значение	Верхнее значение			Если $t^{\circ} < t^{\circ}_{\text{опт}}$	Если $t^{\circ} > t^{\circ}_{\text{опт}}$ "***"
Холодный	Ia	20,0	25,0	19,0 - 26,0	15 - 75 "***"	0,1	0,1

Теплый	Ia	21,0	28,0	20,0 - 29,0	15 - 75 ""*	0,1	0,2
--------	----	------	------	-------------	-------------	-----	-----

""* При температурах воздуха 25°С и выше максимальные величины относительной влажности воздуха не должны выходить за пределы:

70% - при температуре воздуха 25° С; 65% - при температуре воздуха 26° С;

60% - при температуре воздуха 27° С; 55% - при температуре воздуха 28° С.

""** При температурах воздуха 26 - 28°С скорость движения воздуха в теплый период года должна соответствовать диапазону 0,1 - 0,2 м/с - при категории работ Ia;

В помещениях, в которых работа с использованием ПЭВМ является основной (диспетчерские, операторские, расчетные, залы вычислительной техники) и связана с нервно-эмоциональным напряжением, должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата для категории работ Ia и Ib в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами микроклимата производственных помещений. В помещениях, оборудованных ПЭВМ, проводится ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы на ПЭВМ.

Содержание вредных химических веществ в воздухе производственных помещений, в которых работа с использованием ПЭВМ является основной не должно превышать предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест в соответствии с действующими гигиеническими нормативами.

Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ

Оценка освещенности рабочей зоны необходима для обеспечения нормативных условий работы в помещениях и проводится в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03.

Рабочие столы следует размещать таким образом, чтобы видеодисплейные терминалы были ориентированы боковой стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал преимущественно слева. Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПЭВМ должно осуществляться системой общего

равномерного освещения. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 - 500 лк. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк. Следует ограничивать прямую блесккость от источников освещения, при этом яркость светящихся поверхностей (окна, светильники и др.), находящихся в поле зрения, должна быть не более 200 кд/м².

В качестве источников света при искусственном освещении следует применять преимущественно люминесцентные лампы типа ЛБ и компактные люминесцентные лампы. При устройстве отраженного освещения в производственных и административно-общественных помещениях допускается применение металлогалогенных ламп.

Применение светильников без рассеивателей и экранирующих решеток не допускается. При отсутствии светильников с ЭПРА лампы многоламповых светильников или рядом расположенные светильники общего освещения следует включать на разные фазы трехфазной сети.

Требования к освещению ряда производственных помещений представлены в таблице 24.

Таблица 24 - Нормируемые параметры естественного и искусственного освещения

Помещение	Рабочая поверхность и плос-кость нормирования КЕО и освещенности (Г – горизонталь-ная, В - вертикальная) и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное освещение		
		КЕО e_n , %		КЕО e_n , %		Освещенность, лк		
		при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при комбинированном освещении		при общем освещении
всего	от общего							
Помещения для работы с дисплеями и видеотерминалами, залы ЭВМ	Г-0,8	3,5	1,2	2,1	0,7	500	300	400
	Экран монитора: В-1,2	-	-	-	-	-	-	200

- Прочерки в таблице означают отсутствие предъявляемых требований.

10.3 Расчет искусственного освещения

Правильно спроектированное и рационально выполненное освещение производственных помещений оказывает положительное воздействие на работающих, способствует повышению эффективности и безопасности труда, снижает утомление и травматизм, сохраняет высокую работоспособность.

Основной задачей светотехнических расчётов для искусственного освещения является определение требуемой мощности электрической осветительной установки для создания заданной освещённости.

В расчётном задании должны быть решены следующие вопросы:

- выбор системы освещения;
- выбор источников света;
- выбор светильников и их размещение;
- выбор нормируемой освещённости;
- расчёт освещения методом светового потока.

1. Выбор системы освещения

Помещения для эксплуатации ПЭВМ должны иметь естественное и искусственное освещение. Эксплуатация ПЭВМ в помещениях без естественного освещения допускается только при соответствующем обосновании и наличии положительного санитарно-эпидемиологического заключения, выданного в установленном порядке.

2. Выбор источников света

Источники света, применяемые для искусственного освещения, делят на две группы – газоразрядные лампы и лампы накаливания.

Для общего освещения, как правило, применяются газоразрядные лампы как энергетически более экономичные и обладающие большим сроком службы. Наиболее распространёнными являются люминесцентные лампы. По спектральному составу видимого света различают лампы дневного света (ЛД),

дневного света с улучшенной цветопередачей (ЛДЦ), холодного белого (ЛХБ), тёплого белого (ЛТБ) и белого цвета (ЛБ). Наиболее широко применяются лампы типа ЛБ. При повышенных требованиях к передаче цветов освещением применяются лампы типа ЛХБ, ЛД, ЛДЦ. Лампа типа ЛТБ применяется для правильной цветопередачи человеческого лица.

Кроме люминесцентных газоразрядных ламп (низкого давления) в производственном освещении применяют газоразрядные лампы высокого давления, например, лампы ДРЛ (дуговые ртутные люминесцентные) и др., которые необходимо использовать для освещения более высоких помещений (6-10м).

3. Выбор светильников и их размещение

При выборе типа светильников следует учитывать светотехнические требования, экономические показатели, условия среды [9].

Для помещения, предназначенного для проектирования энергетического оборудования выбираем открытые двухламповые светильники типа АОД-2-40 со следующими геометрическими характеристиками:

длина - 1,241м,

ширина - 0,255м.

Размещение светильников в помещении определяется следующими размерами:

$H=3,5\text{м}$ – высота помещения;

$h_c=0,3\text{м}$ – расстояние светильников от перекрытия (свес);

$h_n = H - h_c=3,5-0,3=3,2\text{м}$ - высота светильника над полом, высота подвеса;

$h_p=0,7\text{м}$ – высота рабочей поверхности над полом;

$h = h_n - h_p=3,2-0,7=2,5\text{м}$ – расчётная высота, высота светильника над рабочей поверхностью.

Расстояние между светильниками L определяется как: $L=\lambda \cdot h$,

где λ – интегральный критерий качества оптимальности расположения светильников; для светильников типа АОД $\lambda=1,1..1,3$ [9].

$$L=1,2 \cdot 2,5=3,0\text{м.}$$

4. Выбор нормируемой освещенности

Основные требования и значения нормируемой освещенности рабочих поверхностей изложены в СНиП 23-05-95. Выбор освещенности осуществляется в зависимости от размера объема различения (толщина линии, риски, высота буквы), контраста объекта с фоном, характеристики фона. Для рассматриваемого вида деятельности выбираем $E_n=400$ лк (для разряда зрительной работы IIв).

На рисунке 5 показана схема помещения с необходимыми для расчетов размерами.

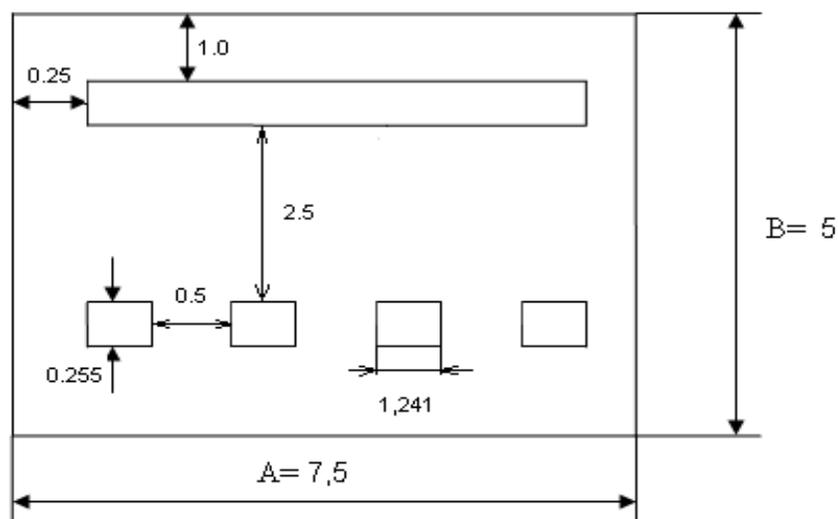


Рис. 5 План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами

5. Расчет общего равномерного освещения

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен.

Световой поток группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$\Phi = E_n \cdot S \cdot K_3 \cdot Z \cdot 100 / (n \cdot \eta)$, где $E_n = 400$ лк – нормируемая минимальная освещённость по СНиП 23-05-95;

$S = A \cdot B = 7,5 \cdot 5 = 37,5 \text{ м}^2$ – площадь освещаемого помещения;

$K_3 = 1,4$ – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника;

$Z = 1,1$ – коэффициент неравномерности освещения; $n = 8$ – число светильников; $\eta = 44$ – коэффициент использования светового потока; коэффициент использования светового потока показывает, какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность.

$$\Phi = 400 \cdot 37,5 \cdot 1,4 \cdot 1,1 \cdot 100 / (8 \cdot 44) = 6563 \text{ лм.}$$

Рассчитав световой поток Φ , выбираем лампы ЛБ, мощностью 40 Вт, со световым потоком 3200 лм.

Отклонение светового потока используемых ламп от расчетного значения не должно выходить за пределы:

$$- 10\% < (\Phi_{\text{СТ}} - \Phi_{\text{РАСЧ}}) \cdot 100\% / \Phi_{\text{СТ}} > + 20\%$$

$$(3200 - 3282) \cdot 100\% / 3200 = -2,5\%$$

Отклонение светового потока используемых ламп от расчетного значения лежит в допустимых пределах.

Рассчитываем электрическую мощность всей электрической системы:

$$N = 40 \cdot 16 = 640 \text{ Вт.}$$

Таким образом, помещение должно освещаться люминесцентными лампами дневного света в светильниках типа АОД -2-40 в количестве 8 штук. Мощность всей электрической системы 640Вт.

Требования к уровням шума на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ

В производственных помещениях при выполнении основных или вспомогательных работ с использованием ПЭВМ уровни шума на рабочих местах не должны превышать предельно допустимых значений, установленных для данных видов работ в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами.

Шумящее оборудование (печатающие устройства, серверы и т.п.), уровни шума которого превышают нормативные, должно размещаться вне помещений с ПЭВМ. Допустимые уровни шума указаны в таблице 25.

Таблица 25 - Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука.

Рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Конструкторские бюро, программисты, лаборатории	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Требования к уровням электромагнитных полей на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ

Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах пользователей, согласно СанПиН 2.2.2.4.1340-03 ПЭВМ представлены в таблице 26.

Таблица 26 - Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

Организация безопасной работы на персональных компьютерах и видеодисплейных терминалах (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03).

Гигиенические требования к ПЭВМ:

ПЭВМ и ВДТ должны иметь гигиенический сертификат соответствия требованиям экологических стандартов безопасности, установленным в нормативных документах Star, Nutek, TCO 1992, VESA DPMS (энергоснабжение), ISO 924, MPR -II, TCO 2000 (защита от излучений), FCC класс В (радиочастотные помехи) и т.д.;

При работе с ПЭВМ и ВДТ необходимо обеспечить наилучшие значения визуальных параметров в пределах оптимального диапазона, указанного в таблице 27.

Таблица 27 - Допустимые визуальные параметры устройств отображения информации

Параметры	Допустимые значения
Яркость белого поля	Не менее 35 кд/м ²
Неравномерность яркости рабочего поля	Не более ±20%
Контрастность (для монохромного режима)	Не менее 3:1

Допустимые параметры неионизирующих электромагнитных полей (ЭМП) и ионизирующих излучений при работе ПЭВМ и ВДТ должны удовлетворять требованиям СанПиН 2.2.2.4.1340-03 ПЭВМ. При больших значениях этих излучений следует применять экранные фильтры. Фильтрами полной защиты пользователей являются фильтры Ergostat, UNUS и UMAX MP – 196, а также отечественные фильтры «Русский щит» и Defender Ergan.

Требования к организации и оборудованию рабочих мест с ПЭВМ:

Высота рабочей поверхности стола для пользователей должна регулироваться в пределах 680 - 800 мм; при отсутствии такой возможности высота рабочей поверхности стола должна составлять 725 мм. Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной - не менее 500 мм,

глубиной на уровне колен - не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног - не менее 650 мм.

Рабочее место пользователя ПЭВМ следует оборудовать подставкой для ног, имеющей ширину не менее 300 мм, глубину не менее 400 мм, регулировку по высоте в пределах до 150 мм и по углу наклона опорной поверхности подставки до 20 град. Поверхность подставки должна быть рифленой и иметь по переднему краю бортик высотой 10 мм. Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100 - 300 мм от края, обращенного к пользователю, или на специальной, регулируемой по высоте рабочей поверхности, отделенной от основной столешницы.

Гигиенические критерии оценки тяжести и напряженности работы пользователей ПЭВМ:

Организация работы с ПЭВМ осуществляется в зависимости от вида и категории трудовой деятельности. Виды трудовой деятельности разделяются на 3 группы: группа А - работа по считыванию информации с экрана с предварительным запросом; группа Б - работа по вводу информации; группа В - творческая работа в режиме диалога с ПЭВМ.

Для видов трудовой деятельности устанавливается 3 категории тяжести и напряженности работы с ПЭВМ, которые определяются для группы В по суммарному времени непосредственной работы с ПЭВМ за рабочую смену, но не более 6 ч за смену.

В зависимости от категории трудовой деятельности и уровня нагрузки за рабочую смену при работе с ПЭВМ устанавливается суммарное время регламентированных перерывов, которое для группы В при общем времени работы с ПЭВМ за смену до 6 часов составляет: при 8-часовой смене 90 минут, при 12-часовой смене – 140 минут.

10.4 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

Электробезопасность

Известно, что поражение человека электрическим током возможно лишь при замыкании электрической цепи через тело, т. е. при прикосновении человека к сети не менее чем в двух точках. При этом повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека, является опасным фактором.

Безопасность при работе с электроустановками обеспечивается применением различных технических и организационных мер. Технические средства защиты от поражения электрическим током делятся на коллективные и индивидуальные.

Основные коллективные способы и средства электрозащиты: изоляция токопроводящих частей (проводов) и ее непрерывный контроль; установка ограждений устройств; предупредительная сигнализация и блокировки; использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов; применение малых напряжений; защитное заземление и зануление; защитное отключение.

Индивидуальные основные изолирующие электрозащитные средства способны длительно выдерживать рабочее напряжение электроустановок, поэтому ими разрешается касаться токоведущих частей под напряжением. В установках до 1000 В – это диэлектрические перчатки, инструмент с изолированными рукоятками, указатели напряжения. Индивидуальные дополнительные электрозащитные средства обладают недостаточной электрической прочностью и не могут самостоятельно защитить человека от поражения током. Их назначение – усилить защитное действие основных изолирующих средств, с которыми они должны применяться. В установках до 1000 В – диэлектрические боты, диэлектрические резиновые коврики, изолирующие подставки.

Повышенный уровень электромагнитных излучений и его оценка проводится при выполнении ряда работ с компьютерами и прочим электрическим

оборудованием. Источником электромагнитных полей промышленной частоты являются чаще всего токоведущие части действующих электроустановок.

Неблагоприятное воздействие токов промышленной частоты проявляются только при напряженности магнитного поля 160–200 А/м. Практически при обслуживании и нахождении даже в зоне мощных электроустановок высокого напряжения магнитная напряженность поля не превышает 20–25 А/м, поэтому оценку потенциальной опасности воздействия электромагнитного поля промышленной частоты достаточно производить по величине электрической напряженности поля.

В соответствии с ГОСТ 12.1.002–84 нормы допустимых уровней напряженности электрических полей зависят от времени пребывания человека в контролируемой зоне. Время допустимого пребывания в рабочей зоне в часах составляет $T=50/E-2$. Работа в условиях облучения электрическим полем с напряженностью 20–25 кВ/м продолжается не более 10 минут.

Основными источниками высоко - и низкочастотных электромагнитных полей являются компьютеры.

Количественно величины уровней ЭМП измеряются приборами. При отсутствии измерительных приборов выводы о соответствии величины ЭМП нормативным значениям делаются по паспортным данным компьютера и монитора, в которых отмечается их соответствие нормам ТСО–03 и т. д.

При работе с электро- и радиотехническими устройствами и оборудованием допустимые уровни ЭМП нормируются ГОСТ 12.1.006–84 и СанПиН 2.2.4.1191–03. При несоответствии условий труда указанным требованиям выбираются способы и средства коллективной и индивидуальной защиты от воздействия ЭМП.

Таблица 28 - Классификация помещений по опасности поражения людей электрическим током

<p>1. <i>Особо опасные помещения</i> по поражению людей электротоком характеризуются наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> • особая сырость – 100%, потолок, стены, пол, и предметы в помещении покрыты влагой); • химически активная или органическая среда, разрушающая изоляцию и токоведущие части электрооборудования; • одновременная реализация двух и более условий повышенной опасности. Примером таких помещений могут служить бани, душевые, складские помещения под землей и т.д.
<p>2. Помещения <i>с повышенной опасностью</i> поражения людей электрическим током характеризуются наличием в них одного из следующих условий:</p> <ul style="list-style-type: none"> • влажность, превышающая 75%; • токопроводящая пыль; • токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные); • высокая температура (выше + 35°С); • возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединения с землей металлоконструкциям зданий, механизмов, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования – с другой. Примером таких помещений могут служить буровые установки, нефтеперекачивающие станции, цеха механической обработки материалов, складские не отапливаемые помещения и др.
<p>3. Помещения <i>без повышенной опасности</i> поражения людей электрическим током характеризуются отсутствием условий, создающих повышенную или особую опасность. К ним относятся жилые помещения, лаборатории, конструкторские бюро, заводоуправление, конторские помещения и другие</p>

Проектировочное помещение относится к помещениям без повышенной опасности поражения людей электрическим током, так характеризуются отсутствием условий, создающих повышенную или особую опасность.

Оценка повышенных уровней ионизирующих излучений

Оценка повышенных уровней ионизирующих излучений в рабочей зоне проводится при работе с компьютерами, оснащенными мониторами с электроннолучевой трубкой, радиоактивными материалами и прочими источниками ионизирующих излучений (ИИ). Определение мощности ИИ производится при помощи дозиметров-радиометров. Нормативы мощности, дозы ИИ и правила вычисления допустимого времени работы с источником ИИ приведены в НРБ-99.

При работе с компьютером необходимо учитывать, что мощность экспозиционной дозы мягкого рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от экрана и корпуса монитора (на электроннолучевой трубке) при любых положениях регулировочных устройств не должна превышать 1 мкЗв/ч (100 мкР/ч). Для мониторов, отвечающих требованиям, ТСО–03, эти нормативы выполняются.

Пожарная безопасность

Категории помещений и зданий предприятий и учреждений по взрывопожарной и пожарной опасности определяются на стадии проектирования зданий и сооружений в соответствии с настоящими нормами и ведомственными нормами технологического проектирования.

Категории помещений и зданий, определенные в соответствии с настоящими нормами, следует применять для установления нормативных требований по обеспечению взрывопожарной и пожарной безопасности указанных помещений и зданий в отношении планировки и застройки, этажности, площадей, размещения помещений, конструктивных решений, инженерного оборудования.

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1 — В4, Г и Д, а здания - на категории А, Б, В, Г и Д. Категории взрывопожарной и пожарной опасности помещений и зданий определяются для наиболее неблагоприятного в отношении пожара или взрыва периода, исходя из вида находящихся в помещениях горючих веществ и материалов, их количества и пожароопасных свойств. Определение пожароопасных свойств веществ и материалов производится на основании результатов испытаний или расчетов по стандартным методикам с учетом параметров состояния (давления, температуры и т.д.).

Допускается использование справочных данных, опубликованных головными научно-исследовательскими организациями в области пожарной

безопасности или выданных Государственной службой стандартных справочных данных.

Определение пожароопасной категории помещения осуществляется путем сравнения максимального значения удельной временной пожарной нагрузки на любом из участков с величиной удельной пожарной нагрузки, приведенной в таблице 29.

Таблица 29 - Категории помещений по пожарной безопасности

Категория помещения	Удельная пожарная нагрузка g на участке, $МДж \cdot м^{-2}$
V1	Более 2200
V2	1401 — 2200
V3	181 — 1400
V4	1 — 180

Помещения проектно-конструкторских бюро относятся к категории V4. Согласно Типовым правилам пожарной безопасности для промышленных предприятий, в данных помещениях на каждые 100 м² площади должны предусматриваться один ручной углекислотный огнетушитель (ОУ-2, ОУ-5 или ОУ-8) и один пенный (химический, воздушно-пенный или жидкостный).

10.5 Экологическая безопасность

Раздел экологическая безопасность разрабатывается в соответствии с требованиями СНиП 11-01-95. При этом анализируются возможные источники вредных воздействий техногенной деятельности при разработке и реализации ВКР на различные природные среды окружающей среды.

Рассматриваемый в данном разделе вид деятельности (проектирование систем отопления и вентиляции) загрязняет окружающую среду посредством бытовых отходов (бумага, вышедшая из строя офисная техника и мебель и т. д.), а так же тепловым и ионизирующим излучением, исходящим от используемого оборудования.

Бытовые отходы следует централизованно вывозить на полигон для последующей утилизации.

11 Автоматическая система узла учета тепловой энергии

11.1 Описание оборудования узла учета

В области теплоснабжения учет тепловой энергии лежит в основе энергосберегающих мероприятий. Процедура учета тепловой энергии необходима для обеспечения цивилизованной формы расчетов за потребляемую тепловую энергию между потребителем и поставщиком. Бывает, что расчетное потребление превышает фактическое. Это связано с тем, что энергоснабжающие организации при расчете тепловых схем завышают значения тепловых нагрузок, списывая на потребителей дополнительные расходы. Избежать подобных ситуаций поможет установка приборов учета тепловой энергии.

Согласно правилам учета тепла, в узле учета потребления тепловой энергии и расхода теплоносителя должны определяться и регистрироваться следующие основные параметры:

- время работы приборов узла учета;
- количество полученной тепловой энергии;
- качественные параметры теплоносителя (температура и давление);
- количество теплоносителя;
- среднечасовую и среднесуточную температуру теплоносителя ГВС в подающем и обратном трубопроводах узла учета.

В системах теплоснабжения, подключенных по независимой схеме, дополнительно должно определяться количество теплоносителя, расходуемого на подпитку системы. В открытых системах теплоснабжения дополнительно определяются количество теплоносителя, израсходованного на водоразбор в системах ГВС и среднечасовое давление теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах узла учета.

Среднечасовые и среднесуточные значения параметров теплоносителя как в ручном, так и в автоматическом режиме, определяются на основании показаний приборов, регистрирующих параметры теплоносителя.

Количество тепловой энергии и теплоносителя, полученные потребителем, определяются энергоснабжающей организацией на основании показаний приборов узла учета.

11.2 Устройства автоматизированного теплового пункта

Принципиальная схема автоматизированного теплового пункта здания представлена на рис.6. В состав такого теплового пункта должны входить приборы для измерения, вычисления и передачи следующих параметров:

1 Для системы отопления:

- температура и давление теплоносителя в подающем и обратном трубопроводе системы отопления;
- расход воды в подающем трубопроводе системы отопления;
- расход воды на подпитку системы отопления;
- количество тепловой энергии, переданной зданию.

2 Для системы горячего водоснабжения:

- температура и давление в подающем и обратном трубопроводе;
- расход воды на входе теплообменников ГВС;
- расход воды в обратном трубопроводе;
- количество переданной тепловой энергии;
- расход воды на подпитку системы горячего водоснабжения.

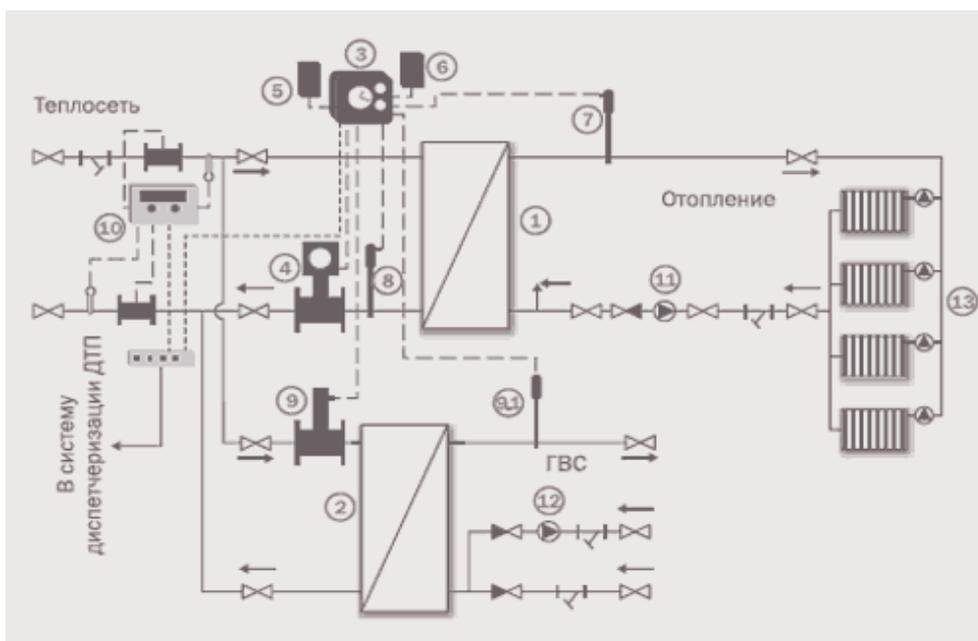


Рис. 6 Принципиальная схема автоматизированного теплового пункта.

1 – теплообменник системы отопления; 2 – теплообменник системы ГВС; 3 – электронный контроллер системы отопления; 4 – клапан с электроприводом, регулирующий подачу теплоносителя для нагрева воды системы отопления; 5 – датчики температуры внутреннего воздуха; 6 – датчик температуры наружного воздуха; 7 – датчик температуры теплоносителя в подающей магистрали; 8 – датчик температуры воды в обратной магистрали; 9 – клапаны прямого действия, регулирующие подачу теплоносителя для нагрева воды ГВС; 10 – узлы учета тепловой энергии; 11 – циркуляционный насос системы отопления; 12 – циркуляционный насос системы ГВС; 13 – отопительные приборы (радиатор, система теплого пола, полотенцесушители и др.); 14 – термостатические клапаны для управления теплосъемом с батареи отопления.

Данные системы (автоматизации и диспетчеризации) позволяют при относительно низких денежных затратах обеспечить высокое качество климатических условий отапливаемых помещений и снизить расходы на эксплуатацию за счет уменьшения энергопотребления и повышения надежности работы оборудования. Ценность такой системы в том, что заказчик в дальнейшем сам сможет эксплуатировать такой объект. И стоимость такой системы стоит рассматривать не только стоимостью ее установки, но и стоимостью системы с учетом ее эксплуатации в течение 6 – 10 лет, потому что именно такой срок безотказной работы гарантируют производители, что подтверждается опытом эксплуатации подобных объектов. Если грамотно подходить к реализации поставленных задач, то можно значительно экономить тепловую энергию за счет эффективного использования самой тепловой энергии и установок. Такая экономия тепловой и электрической энергии снижает себестоимость эксплуатации здания, поскольку расчет с поставщиком тепла и электрической энергии ведется по факту ее использования. При корректной эксплуатации и использования систем автоматического управления, возможно снижение расхода тепла на 10–20 % и таким образом достижение экономии эксплуатационных расходов.

11.3 Выбор схемы регулирования объекта

Для того чтобы учесть потребление тепловой энергии, которое может учитывать также потребление горячей воды (ГВС), необходимо знать несколько параметров, главными из которых являются расход воды и ее температура.

Существуют два основных типа систем теплоснабжения: закрытые (замкнутые), в которых сетевая вода, циркулирующая в тепловой сети, используется только как теплоноситель, и из сети не разбирается; и открытые (разомкнутые), в которых сетевая вода частично (редко полностью) разбирается у абонентов на нужды горячего водоснабжения.

Поскольку в данной работе используется закрытая система теплоснабжения, рассмотрим схему автоматизированного учета тепла в закрытой системе теплоснабжения. На рис. 7 изображена схема узла учета с обозначением основных элементов.

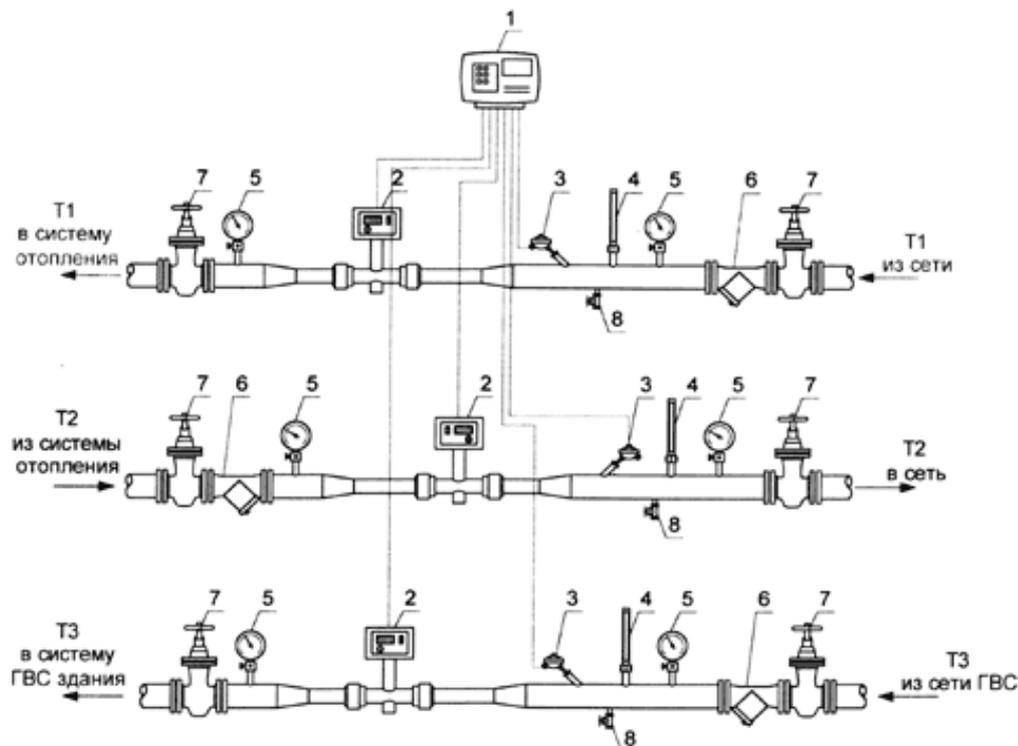


Рис. 7 Стандартная схема узла учета тепла

Обозначения схемы узла учета тепловой энергии.

1. Теплосчетчик
2. Первичный преобразователь расхода
3. Датчики температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах
4. Термометр в защитной оправе
5. Манометр
6. Фильтр сетчато-магнитный
7. Задвижка

На рис. 8 представлена функциональная схема узла учета тепловой энергии.

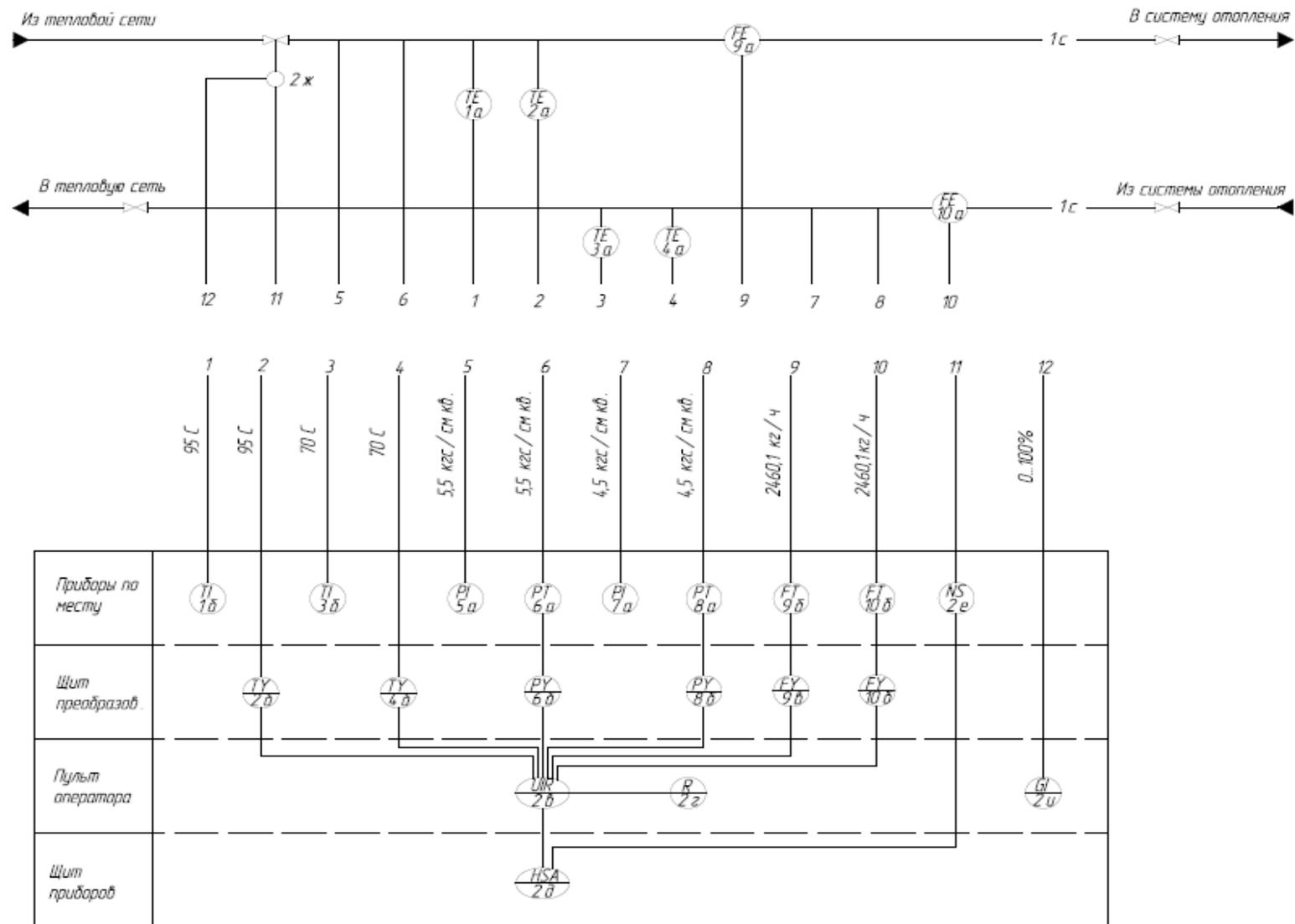


Рис.8 Функциональная схема узла учета

11.4 Выбор средств измерения и аппаратуры для схемы узла учета тепловой энергии

На отечественном рынке представлен большой спектр тепловычислителей отечественных и зарубежных производителей. Наиболее популярными среди отечественных моделей теплосчетчиков являются СПТ-941, -941К, -942К, -943, -961, -961М, -961К, -9943 (ЗАО НПФ «Логика», г. Санкт-Петербург), ТЭМ-104, -05М, -05М-3, -05М-1, -106 (ООО НПФ «ТЭМ-прибор», г. Москва), Метран-300ПР (Завод ПГ «Метран» г. Челябинск) и др.

В данной работе выбираем тепловычислитель СПТ-961, предназначенный для открытых и закрытых систем теплоснабжения, который способен обслуживать одновременно пять трубопроводов с водой, конденсатом, перегретым паром, сухим или влажным насыщенным паром.

Интегрированные функциональные возможности тепловычислителя обеспечивают комплексное решение широкого круга задач:

- коммерческий учет потребления тепловой энергии и массы воды, перегретого и насыщенного пара;
- контроль режимов теплопотребления;
- организация систем диспетчеризации и контроля потребления тепловой энергии и теплоносителя.

Входными данными для тепловычислителя являются:

- температура в подающем и обратном трубопроводе;
- давление в подающем и обратном трубопроводе;
- расход в подающем и обратном трубопроводе.

Сигнал по температуре формируется при помощи первичного измерительного преобразователя (чувствительный элемент) для измерения температуры, установленного по месту (термопара, датчик пирометра и т.д.). Термопреобразователи сопротивления: термопреобразователь сопротивления погружаемый НСХ 100М, класс допуска В, длина монтажной части 120мм. Тип прибора ТСМ-0193-02-120, в количестве 4 штук. ПГ «Метран» г.

Челябинск; термопреобразователь сопротивления погружаемый НСХ 100М, класс допуска В, длина монтажной части 120мм.

Так же на местах установлены приборы измерительные показывающие: измерительный прибор аналоговый, показывающий, предел допускаемой основной приведенной погрешности $\pm 0,5\%$. Выходной сигнал 4...20мА. Первый канал шкала 0...150 °С, НСХ 100М. Тип А100-Н-211. ПГ «Метран» г. Челябинск; измерительный прибор аналоговый, показывающий, предел допускаемой основной приведенной погрешности $\pm 0,5\%$. Выходной сигнал 4...20мА. Первый канал шкала 0...100°С, НСХ 50М. Тип А100-Н-221. ПГ «Метран» г. Челябинск.

Сигналы от термопреобразователей сопротивления поступают на нормирующие преобразователи для формирования унифицированных сигналов постоянного тока (4...20мА): преобразователь измерительный, нормирующий НСХ 100М, диапазон измеряемых температур 0...150°С, выходной сигнал 4...20мА, класс точности 0,25. Тип Ш9321-3-09-0-1. ПГ «Метран» г. Челябинск; преобразователь измерительный, нормирующий НСХ 50М, диапазон измеряемых температур 0...100 °С, выходной сигнал 4...20мА, класс точности 0,25. Тип Ш9321-2-08-0-1. ПГ «Метран» г. Челябинск.

При помощи преобразователя давления давление преобразуется в унифицированный токовый сигнал: преобразователь избыточного давления 0...1МПа, предел допускаемой основной погрешности 0,2% , выходной сигнал 4...20 мА. Тип Метран-43-Ех-ДИ-3141-01-0,2%-630кПа-4...20мА, в количестве 2 штук. ПГ «Метран» г. Челябинск.

Сигнал поступает на вторичный преобразователь сигнала, блок питания с линейной характеристикой, напряжение питания 220 В, климатическое исполнение DIN, выходной сигнал 4...20 мА. Тип Метран-602-Ех-42-2-DIN, в количестве 2 штук. ПГ «Метран» г. Челябинск.

Так же для измерения давления установлены приборы по месту: манометр, диапазон показаний 0...10кгс/см², предел допускаемой основной

погрешности $\pm 1,5\%$. Тип МПЗ-У-10кгс/см²-1,5, в количестве 2 штук. АО «Манотомь» г. Томск.

Для измерения расхода методом переменного перепада давлений используется диафрагма (сужающее устройство): диафрагма камерная, условное давление 10 МПа, условный диаметр 150 мм. Тип ДКС-10-150 в количестве 2 штук. ПГ «Метран» г. Челябинск.

Посредством измерительного преобразователя разность давлений преобразуется в унифицированный токовый сигнал: преобразователь разности давлений, аналоговый, предел допускаемой основной погрешности $\pm 0,5\%$, верхний предел измерений 100 кПа, предельно допускаемое рабочее избыточное давление 6 МПа, выходной сигнал 4...20 мА. Тип Метран-43Ф-ВН-ДД-3494-02-0,5%-100кПа-6МПа-4..20мА в количестве 2 штук. ПГ «Метран» г. Челябинск.

Затем сигнал поступает на преобразователь расхода, блок питания с корнеизвлекающей характеристикой, напряжение питания 220В, климатическое исполнение DIN-43700, выходной сигнал 4...20мА. Тип Метран-602-42-2-DIN. ПГ «Метран» г. Челябинск.

Затем со всех вторичных преобразователей (температуры, давления, расхода), сигналы поступают на тепловычислитель СПТ961. Поступающая на него информация регистрируется, показывается на табло. А затем дополнительно для хранения, учета и архивации поступает на персональный ЭВМ и блок ручного управления БРУ-22 ОАО «ЗЭиМ», г.Чебоксары для световой сигнализации положения цепей и управления исполнительным механизмом МЭОФ-630/63-0,25Р-97 который перемещает положение шарового запорно-регулирующего крана на подаче из теплосети.

Для индикации положения задвижки используется дистанционный указатель положения выходного вала электрического исполнительного механизма с реостатным датчиком ДУП-М.

Таблица 29 - Заказная спецификация приборов и средств автоматизации

Позиция	Наименование, техническая характеристика приборов и средств автоматизации	Тип и марка прибора	Кол-во
1а, 2а, 3а, 4а	Термопреобразователь сопротивления погружаемый НСХ 100М, класс допуска В, длина монтажной части 120мм. ПГ «Метран» г. Челябинск	ТСМ-0193-02-120	4
1б	Измерительный прибор аналоговый, показывающий, предел допускаемой основной приведенной погрешности $\pm 0,5\%$. Выходной сигнал 4...20мА. Первый канал шкала 0...150 ⁰ С, НСХ 100М. ПГ «Метран» г. Челябинск	А100-Н-211	1
2б	Преобразователь измерительный, нормирующий НСХ 100М, диапазон измеряемых температур 0...150 ⁰ С, выходной сигнал 4...20мА, класс точности 0,25. ПГ «Метран» г. Челябинск	Ш9321-3-09-0-1	1
2в	Тепловычислитель. ПГ «Метран» г. Челябинск	Метран-300ПР	1
2г	Персональная ЭВМ.		1
2д	Блок ручного управления. ОАО «ЗЭИМ», г.Чебоксары	БРУ-22	1
2е	Пускатель реостатный реверсивный. ОАО «ЗЭИМ», г.Чебоксары	ПБР-3А	1
2ж	Механизм электроисполнительный однооборотный фланцевый с номинальным значением момента на валу 630Н·м, номинальное значение полного хода 10с, номинальное значение полного хода 0,25 об.. в составе с реостатным блоком сигнализации положения выходного вала; год разработки – 1997. ОАО «ЗЭИМ», г.Чебоксары	МЭОФ-630/63-0,25Р 97	1
2и	Дистанционный указатель положения выходного вала электрического исполнительного механизма с реостатным датчиком. ОАО «ЗЭИМ», г.Чебоксары	ДУП-М	1
3б	Измерительный прибор аналоговый, показывающий, предел допускаемой основной приведенной погрешности $\pm 0,5\%$. Выходной сигнал 4...20мА. Первый канал шкала 0...100 ⁰ С, НСХ 50М. ПГ «Метран» г. Челябинск.	А100-Н-221	1
4б	Преобразователь измерительный, нормирующий НСХ 50М, диапазон измеряемых температур 0...100 ⁰ С, выходной сигнал 4...20мА, класс точности 0,25. ПГ «Метран» г. Челябинск.	Ш9321-2-08-0-1.	1
5а, 7а	Манометр, диапазон показаний 0...10 кгс/см ² , предел допускаемой основной погрешности $\pm 1,5\%$. АО «Манотомь» г. Томск.	МПЗ-У-10кгс/см ² -1,	2
6а, 8а	Преобразователь избыточного давления 0...630кПа МПа,	Метран-42-Ех-ДИ-	2

	предел допускаемой основной погрешности 0.2%, выходной сигнал 4...20мА. ПГ «Метран» г. Челябинск.	3141-01-0,2%- 630кПа-4...20 мА	
6б, 8б	Блок питания Метран-602-Ех с линейной характеристикой, напряжение питания 220В, климатическое исполнение DIN, выходной сигнал 4...20мА. ПГ «Метран» г. Челябинск.	Метран-602-Ех-42-2 DIN	2
9а, 10а	Диафрагма камерная, условное давление 0,6МПа, условный диаметр 125мм. ПГ «Метран» г. Челябинск.	ДКС-0,6-125	2
9б, 10б	Преобразователь разности давлений, аналоговый, предел допускаемой основной погрешности $\pm 0,5\%$, верхний предел измерений 100кПа, предельно допускаемое рабочее избыточное давление 6МПа, выходной сигнал 4...20мА. ПГ «Метран» г. Челябинск.	Метран-43Ф-ВН-ДД 3494-02-0,5%- 100кПа-6МПа- 4..20мА	2
9в, 10в	Блок питания Метран-602 с корнеизвлекающей характеристикой, напряжение питания 220В, климатическое исполнение DIN 43700, выходной сигнал 4...20мА. ПГ «Метран» г. Челябинск.	Метран-602-42-2- DIN	2

12 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Планирование разработки проекта отопления и вентиляции ремонтного блока, находящегося в городе Уссурийск.

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

Таблица 30 - График выполнения проекта

№ п/п	Содержание работы	Оценка длительности в неделях	Потребная численность, человек
1	Ознакомление с материалом проекта, изучение литературы по теме	1	3
2	Теплотехнический расчет ограждающих конструкций, расчет потерь теплоты	1	2
3	Выбор и расчет системы отопления. Выбор и расчет количества и размеров отопительных приборов. Гидравлический расчет системы отопления	2	1
4	Выбор и расчет системы вентиляции, определение объемов местной вытяжки, выбор конструкций и расчет местных отсосов	2	1
5	Аэродинамический расчет систем вытяжной и приточной вентиляции	1	1
6	Выбор оборудования для систем вентиляции	2	2
7	Расчет и выбор воздушных завес	1	2
8	Обеспечение микроклимата в офисных помещениях	1	2
9	Разработка системы автоматизации	2	1
10	Разработка рабочих чертежей	3	2
11	Составление отчета	2	2

В выполнении проекта участвуют три человека: один – руководитель проекта, и двое – исполнители проекта.

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.

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

Наименование	Количество	Общая стоимость, руб
Бумага писчая	1000 листов	450

Бумага формата А1 для черновых чертежей	25 листов	750
Бумага формата А1 для чертежей	15 листов	1050
Краска для принтера	1 картридж	800
Прочее		300
Всего		3350

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.

При выполнении проекта на базе ТПУ заработная плата рассчитывается следующим образом:

Месячная заработная плата работника 13 разряда (руководителя):

$$ЗП_{ЗП}^{15} = (ЗП_{баз} + 3000) \cdot K_{район}$$

$ЗП_{баз}$ - базовая заработная плата, для работника 13 разряда $ЗП_{баз} = 10500 \text{ руб} / \text{мес}$;

$K_{район}$ - районный коэффициент.

$$ЗП^{15} = (10500 + 3000) \cdot 1,3 = 17550 \text{ руб/мес}$$

Месячная заработная плата работника 9-го разряда:

$$ЗП^9 = (ЗП_{баз} + 3000) \cdot K_{район}$$

$$ЗП^9 = (6500 + 3000) \cdot 1,3 = 12350 \text{ руб/мес}$$

Всего затрат на оплату труда в месяц:

$$3\Pi^{MEC} = 3\Pi^{15} + 3\Pi^9 \cdot 2 = 17550 + 12350 \cdot 2 = 42250 \text{ руб/мес}$$

Всего за время проведения работы (время работы над проектом отопления и вентиляции ремонтного блока составило 4,5 мес. по графику выполнения работ):

$$C_{3\Pi\Pi}^{\Sigma} = 3\Pi^{MEC} \cdot T = 42250 \cdot 4,5 = 190125 \text{ руб}$$

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 (26%) от затрат на оплату труда:

$$C_{COI}^{MEC} = 0,26 \cdot C_{3\Pi\Pi}^{MEC} = 0,26 \cdot 42250 = 10985 \text{ руб/мес}$$

Всего за время проведения работы: $C_{COI}^{\Sigma} = C_{COI}^{MEC} \cdot T = 10985 \cdot 4,5 = 49433 \text{ руб}$

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 (компьютер) и печатающее устройство (принтер), таблица 32.

Таблица 32 - Основные фонды при выполнении проекта

Вид техники	Количество	Общая стоимость	Норма амортизации
Компьютер	2	60000	20%
Принтер	1	10000	20%

Амортизационные отчисления найдем по формуле: $I_{AM} = \Phi \cdot H_{AM} \cdot \frac{T}{12}$

Где Φ - стоимость основных фондов;

$$H_{AM} \text{ - норма амортизации; } H_{AM} = \frac{1}{T_{cl}} \cdot 100\%$$

$$H_{AM} = \frac{1}{5} \cdot 100\% = 20\%$$

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

T - время использования основных фондов.

$$I_{AM}^{КОМП} = 60000 \cdot 0,20 \cdot \frac{4,5}{12} = 4500 \text{ руб}$$

$$I_{AM}^{ПП} = 10000 \cdot 0,2 \cdot \frac{4,5}{12} = 750 \text{ руб}$$

Сумма амортизационных отчислений по основным фондам:

$$I_{AM,ОСН}^{\Sigma} = I_{AM}^{КОМП} + I_{AM}^{ПП} = 4500 + 750 = 5250 \text{ руб}$$

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

При выполнении проекта используются следующие программные продукты: Microsoft Office 2007, AutoCAD 2010 Commercial SLM, Herz С.О. версия 3.59 (программа для гидравлического расчета системы отопления) (таблица 33).

Таблица 33 - Программные продукты, используемые при выполнении проекта

Вид продукта	Стоимость	Норма амортизации
Microsoft Office 2007	6000	25%
AutoCAD 2010 Commercial SLM	15000	
Herz С.О. версия 3.5	3000	

Амортизация нематериальных активов:

$$I_{AM}^{ПРОГ} = \Sigma C \cdot H_{AM} \cdot \frac{T}{12} = (6000 + 15000 + 3000) \cdot 0,25 \cdot \frac{4,5}{12} = 2250 \text{ руб}$$

$$H_{AM} = \frac{1}{T_{cl}} \cdot 100\% = \frac{1}{4} \cdot 100\% = 25\%$$

Суммарные амортизационные отчисления:

$$I_{AM}^{\Sigma} = I_{AM.OCH}^{\Sigma} + I_{AM}^{PROG} = 5250 + 2250 = 7500 \text{ руб}$$

Накладные затраты

К накладным затратам проекта относятся оплата электрической энергии, вознаграждения за изобретения и рационализаторские предложения, затраты на командировки и т.д.:

$$C_{НР} = 0,2(C_{МАТ} + C_{ЗПЛ}^{\Sigma} + C_{СОЦ}^{\Sigma} + I_{AM}^{\Sigma}) = 0,2(3350 + 190125 + 49433 + 7500) = 50082 \text{ руб.}$$

Время работы над проектом отопления и вентиляции ремонтного блока = 4,5 мес.

Полученные результаты по всем пунктам занесем в таблицу 34.

Таблица 34 - Смета затрат

Элементы затрат	Сумма затрат, руб
1 Материальные затраты	3350
2 Затраты на оплату труда	190125
3 Отчисления на социальные нужды	49433
4 Амортизация основных фондов и нематериальных активов	7500
5 накладные затраты	50082

Технико-экономические показатели вариантов установки конвекторов и радиаторов

Проведем сравнение по технико-экономическим показателям конвекторов, предназначенных к установке в ремонтном блоке и радиаторов.

Алюминиевые радиаторы elegance

Производитель: Industrie Pasotti S.p.A, Италия

Общие характеристики прибора:

- полностью адаптирован для использования в российских системах центрального отопления;
- рабочее давление: 16 атм.;
- опрессовочное давление: 24 атм.;
- максимальная температура теплоносителя: 110 °С;
- цвет: белый (RAL 9010);
 - срок эксплуатации: 20 лет

В ремонтный блок для компенсации тепловых потерь требуется к установке 40 радиаторов производства Industrie Pasotti S.p.A, Италия

Конвекторы "ЭЛЕГАНТ - ПЛЮС"

«Кимрский завод теплового оборудования «РАДИАТОР»

- температура теплоносителя до 115°с ;
- могут монтироваться в системах с медной, стальной и металлопластковой трубой, в однотрубных и двухтрубных системах отопления;
- любой цвет полимерного покрытия;
- рабочее давление - 15 атм.; опрессовочное до - 25 атм.;
- комплектация терморегулирующей арматурой;
- присоединительные размеры: боковое и нижнее подключение-g1/2 (внутренняя резьба);
- длина приборов до 2200 мм;
- теплоотдача приборов до 10068 вт.
- для овальных помещений- радиусное исполнение.
- срок эксплуатации: 20 лет

В ремонтный блок для компенсации тепловых потерь требуется к установке 34 конвектора производства «Кимрский завод теплового оборудования «РАДИАТОР»

Технико-экономические показатели для конвекторов.

Материальные затраты

Стоимость установки 34 конвекторов составляет: $K=163\,214$ руб.

Запасные части для ремонта (прокладки, краны шаровые EAGLE, кран Маевского, термостатические клапаны): 15530 руб.

Затраты на оплату труда

Для обслуживания и ремонта конвекторов требуется один слесарь.

Месячная заработная плата работника 9-го разряда (слесаря):

$$ЗП^9 = (ЗП_{баз} + 3000) \cdot K_{район}$$

$$ЗП^9 = (6500 + 3000) \cdot 1,3 = 12350 \text{ руб/мес}$$

Затраты на оплату труда за один год: $ЗП^{\Sigma} = ЗП^{МЕС} \cdot T = 12350 \cdot 12 = 148200$ руб

Отчисления на социальные нужды

Затраты на социальные нужды рассчитываются как доля (26%) от затрат на оплату

труда: $C_{соц}^{МЕС} = 0,26 \cdot C_{зпл}^{МЕС} = 0,26 \cdot 12350 = 3211$ руб/мес

Отчисления за социальные нужды за один год:

$$C_{соц}^{\Sigma} = C_{соц}^{МЕС} \cdot T = 3211 \cdot 12 = 38532 \text{ руб}$$

Амортизация основных фондов и нематериальных активов

К основным фондам при функционировании ремонтного блока относятся конвекторы, таблица 35.

Таблица 35 - Основные фонды при выполнении проекта

Вид техники	Количество	Общая стоимость	Норма амортизации
Конвекторы	34	163214	5%

Амортизационные отчисления найдем по формуле:

$$И_{ам} = \Phi \cdot H_{ам} \cdot \frac{T}{12}$$

Где Φ - стоимость основных фондов;

$H_{ам}$ - норма амортизации; $H_{ам} = \frac{1}{T_{сл}} \cdot 100\%$

$$H_{AM} = \frac{1}{20} \cdot 100\% = 5\%$$

$T_{сл}$ – срок службы; $T_{сл}=20$ лет (для конвекторов)

$$T - \text{время использования основных фондов, } I_{AM}^{KOHВ} = 163214 \cdot 0,05 \cdot \frac{12}{12} = 8161 \text{ руб}$$

К нематериальным активам относятся нематериальные объекты, используемые в течении долгосрочного периода в хозяйственной деятельности и приносящие доход: патенты, лицензии, программные продукты. В процессе функционирования ремонтного блока нематериальные активы не понадобятся.

Прочие затраты

Прочие затраты рассчитаем как 20% от суммы материальных затрат, затрат на заработную плату и отчислений на социальные нужды и амортизационных отчислений:

$$C_{ПП} = 0,2(C_{МАТ} + C_{ЗПЛ}^{\Sigma} + C_{СОЦ}^{\Sigma} + I_{AM}^{\Sigma}) = 0,2(178744 + 148200 + 38532 + 17874) = 76670 \text{ руб.}$$

Накладные расходы: так как помещение ремонтного блока находится в собственности ОАО Уссурийский АРЗ, следовательно накладные расходы не учитываем.

Таблица 36 - Смета затрат

Элементы затрат	Сумма затрат, руб
1 Материальные затраты	178744
2 Затраты на оплату труда	148200
3 Отчисления на социальные нужды	38532
4 Амортизация основных фондов и нематериальных активов	9714
5 Прочие затраты	76670

Технико-экономические показатели для радиаторов.

Материальные затраты

Стоимость установки 40 радиаторов составляет: $K=255613$ руб.

Запасные части для ремонта (прокладка, переходник «радиатор – труба» с прокладкой, пробка - заглушка, ручной клапан для выпуска воздуха, угловой двухсторонний кронштейн, клапан безопасности): 25640 руб.

Затраты на оплату труда

Для обслуживания и ремонта радиаторов требуется один слесарь.

Месячная заработная плата работника 9-го разряда (слесаря):

$$ЗП^9 = (ЗП_{баз} + 3000) \cdot K_{район}$$

$$ЗП^9 = (6500 + 3000) \cdot 1,3 = 12350 \text{ руб/мес}$$

Затраты на оплату труда за один год: $ЗП^{\Sigma} = ЗП^{МЕС} \cdot T = 12350 \cdot 12 = 148200$ руб

Отчисления на социальные нужды

Затраты на социальные нужды рассчитываются как доля (26%) от затрат на оплату

труда: $C_{соц}^{МЕС} = 0,26 \cdot C_{ЗПл}^{МЕС} = 0,26 \cdot 12350 = 3211$ руб/мес

Отчисления за социальные нужды за один год: $C_{соц}^{\Sigma} = C_{соц}^{МЕС} \cdot T = 3211 \cdot 12 = 38532$ руб

Амортизация основных фондов и нематериальных активов

К основным фондам при функционировании ремонтного блока относятся радиаторы, таблица 37.

Таблица 37 - Основные фонды при выполнении проекта

Вид техники	Количество	Общая стоимость	Норма амортизации
Радиаторы	34	255613	5%

Амортизационные отчисления найдем по формуле: $I_{AM} = \Phi \cdot H_{AM} \cdot \frac{T}{12}$

Где Φ - стоимость основных фондов;

H_{AM} - норма амортизации; $H_{AM} = \frac{1}{T_{сл}} \cdot 100\%$, $H_{AM} = \frac{1}{20} \cdot 100\% = 5\%$

$T_{сл}$ – срок службы; $T_{сл}=20$ лет (для радиаторов)

T - время использования основных фондов.

$$I_{AM}^{РАД} = 255613 \cdot 0,05 \cdot \frac{12}{12} = 12781 \text{ руб}$$

К нематериальным активам относятся нематериальные объекты, используемые в течении долгосрочного периода в хозяйственной деятельности и приносящие доход: патенты, лицензии, программные продукты. В процессе функционирования ремонтного блока нематериальные активы не понадобятся.

Прочие затраты

Прочие затраты рассчитаем как 20% от суммы материальных затрат, затрат на заработную плату и отчислений на социальные нужды и амортизационных отчислений:

$$C_{\text{ПР}} = 0,2(C_{\text{МАТ}} + C_{\text{ЗПЛ}}^{\Sigma} + C_{\text{СОЦ}}^{\Sigma} + I_{\text{АМ}}^{\Sigma}) = 0,2(281253 + 148200 + 38532 + 28125) = 99222 \text{ руб.}$$

Накладные расходы

Так помещение ремонтного блока находится в собственности ОАО Уссурийск АРЗ, следовательно накладные расходы не учитываем.

Таблица 38 - Смета затрат для радиаторов

Элементы затрат	Сумма затрат, руб
1 Материальные затраты	281253
2 Затраты на оплату труда	148200
3 Отчисления на социальные нужды	38532
4 Амортизация основных фондов	14063
5 Прочие затраты	99222

Таблица 39 - Техничко-экономические показатели сравниваемых отопительных приборов

В проекте предусмотрена установка конвекторов		В проекте предусмотрена установка радиаторов	
Фирма, производитель оборудования			
«Кимрский завод теплового оборудования «РАДИАТОР»		Industrie Pasotti S.p.A, Италия	
1 Технические показатели оборудования систем			
1.1 Режим работы			
1.1.1 Отопление			
Отопительный сезон, 24 час/сутки		Отопительный сезон, 24 час/сутки	
1.2 Потребление тепловой энергии			
1.2.1 Отопление кВт			
Расчетная нагрузка 71		Расчетная нагрузка 71	
1.3 Средний срок эксплуатации			
25 лет		20 лет	
2 Экономические показатели			
2.1 Капиталовложения, руб.			
Затраты на оборудование и монтаж	178744	Затраты на оборудование и монтаж	281253
Затраты на проектирование	1002635	Затраты на проектирование	1002635
Суммарные	1181379	Суммарные	1283888
Разница капиталовложений $\Delta K=102509$ руб.			
2.2 Эксплуатационные издержки, руб./год			
Материальные затраты	15530	Материальные затраты	25640
ЗП и отчисления на социальные нужды	186732	ЗП и отчисления на социальные нужды	186732
Амортизация основных фондов	8161	Амортизация основных фондов	12781
Прочие затраты	76670	Прочие затраты	99222
Суммарные	287093	Суммарные	324375
Разница эксплуатационных издержек $\Delta И=37282$ руб/год			
2.3 Цена тепловой энергии, руб./Гкал			
1391			
2.4 Издержки на тепловую энергию руб./год			
2.4.1 Отопление			
410647,53		410647,53	
Разница капиталовложений и эксплуатационных издержек			
$\Delta И=37282$ руб/год, $\Delta K=102509$ руб			
Удельные затраты на 1 Гкал, руб./Гкал			
2530			

Расчеты показали, что вариант установки конвекторов дает незначительную экономию по сравнению с вариантом установки радиаторов, поэтому затраты на реализацию обоих вариантов можно считать примерно равными и при выборе вида устанавливаемых отопительных приборов руководствоваться исключительно техническими и эстетическими соображениями.

Так как стоимость установки и эксплуатации конвекторов меньше стоимости и эксплуатации радиаторов и по техническим характеристикам конвекторы превосходят радиаторы, выбираем к установке в производственном корпусе конвекторы производства КЗТО «Радиатор».

Себестоимость потребляемой тепловой энергии с учетом затрат на проект и эксплуатацию отопительных приборов:

$$c_{\text{Гкал}} = c_{\text{пок}} + \frac{K/T_{\text{сл}} + И}{Q},$$

где $c_{\text{Гкал}}$ – цена покупной тепловой энергии, $c_{\text{Гкал}} = 1391$ руб./Гкал;

K – суммарные капиталовложения в проект, руб.;

$T_{\text{сл}}$ – срок службы отопительных приборов, лет;

Q – тепловая мощность отопительных приборов за отопительный период 196 дней, Гкал/год.

$$Q = \frac{71 \cdot 10^3 \text{ Вт} \cdot 196 \text{ дн} \cdot 3600 \text{ с} \cdot 24 \text{ ч}}{4,187 \text{ Дж/кал}} = 2,872 \cdot 10^{11} \text{ кал} = 287,2 \text{ Гкал/год}$$

$$c_{\text{Гкал}} = 1391 + \frac{1002635/25 + 287093}{287,2} = 1391 + 1139 = 2530 \text{ руб./Гкал.}$$

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были рассчитаны теплотери для всех помещений ремонтного блока АРЗ в г. Уссурийск, на основании этого был осуществлен выбор отопительных приборов для производственных и административно- бытовых помещений.

Для проектирования принята горизонтальная двухтрубная система отопления с нижней разводкой магистральных трубопроводов для производственных помещений и вертикальная соответственно для административно-бытовых. Рассчитаны гидравлические и местные сопротивления для нахождения величины потери давления в системе и определения диаметров трубопроводов.

Для того чтобы удалить вредности от технологического оборудования были спроектированы местные отсосы, также по рассчитанному воздухообмену была спроектирована общеобменная вентиляция. Проведен аэродинамический расчет приточных и вытяжных систем. Выбрано оборудование для приточных и вытяжных установок.

Произведен анализ системы приточно-вытяжной вентиляции в соответствии с аэродинамической организацией воздухообмена в помещении. В целях энергосбережения при проектировании использовалось современное экономичное оборудование. Также проведен расчет экономии потребления тепловой энергии при применении воздушно-тепловой завесы. Рассмотрен вариант системы воздушного отопления для производственных помещений.

Выбрана схема и оборудование для теплового пункта здания. В целях энергосбережения предложена автоматическая система узла учета тепловой энергии.

Список использованных источников

1. СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование» /Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2003. – 71 с.
2. СНиП II-3-79* «Строительная теплотехника» /Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 1979 – 49 с.
3. СНиП 2.04.05-91* «Отопление, вентиляция и кондиционирование» /Госстрой СССР. – М.: ГУП ЦПП, 1991. – 81 с.
4. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно–технические устройства. Под ред. И.Г. Староверова. Изд-е 4-е. Часть I. Отопление. М.: Стройиздат – 1990 г – 344 с.
5. ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» /Госстрой СССР. – М.: ГУП ЦПП, 1988. – 47 с.
6. СНиП 3.05.01-85 «Внутренние санитарно-технические системы» /Госстрой СССР. – М.: ГУП ЦПП, 1985. – 25 с.
7. А.Н. Сканава, Л.М. Махов. Отопление: Учебник для студентов вузов. М.: АСВ – 2002 г – 576 с.
8. Прайс-лист продукции предприятия «Кимрский завод теплового оборудования «РАДИАТОР», г.Кимры. www.ntcradiator.ru – 48 с.
9. Расчет искусственного освещения. Методическое указание к выполнению индивидуальных заданий по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для студентов всех специальностей. – Томск. Изд. ТПУ. 1997. – 28с.
10. СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия» /Госстрой СССР. – М.: ГУП ЦПП, 1985. – 48 с.
11. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» /Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 1996. – 53 с.
12. ГОСТ 3262-75 «Трубы стальные водогазопроводные. Технические условия» /Госстрой СССР. – М.: ГУП ЦПП, 1975. – 32 с.

13. Отопление и вентиляция. Учебник для вузов. В 2-х ч. Ч. I. Отопление, Изд 3-е перераб. и доп. Авт.: П. Н. Каменев, А. Н. Сканави, В. Н. Богословский и др. М., Стройиздат, 1975. - 483 с.

14. НПБ 105-2003 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» /Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2001. – 35 с.

15. Рекомендации по применению «Кимрский завод теплового оборудования «РАДИАТОР»

16. СНиП 2.09.04-87 «Административные и бытовые здания» /Госстрой СССР. – М.: ГУП ЦПП, 1987. – 28 с.

17. СНиП 23-01-99 «Строительная климатология» /Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 1999. – 60 с.

18. СНиП 31-03-2001 «Производственные здания» /Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2001. – 45 с.

19. Внутренние санитарно–технические устройства. В 3 ч. Ч. 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн. 1. / В.Н. Богословский, А.И. Пирумов, В.Н. Посохин и др.; Под ред. Н.Н. Павлова, Ю.И. Шиллера. - 4-е изд-е., перераб. и доп. - М.: Стройиздат – 1992. – 319 с.: ил. – (Справочник проектировщика)

20. Внутренние санитарно–технические устройства. В 3 ч. Ч. 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн. 2. / В.Н. Богословский, А.И. Пирумов, В.Н. Посохин и др.; Под ред. Н.Н. Павлова, Ю.И. Шиллера. - 4-е изд-е., перераб. и доп. - М.: Стройиздат – 1992. – 319 с.: ил. – (Справочник проектировщика)

21. Вентиляция производственных зданий. Учебное пособие /Родин А.К. Саратов. гос. технич. унив-т. Саратов. 1997 – 122 с.

22. Молодежникова Л.И. Отопление и вентиляция промышленного здания: учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 104 с.
23. Проектирование вентиляции промышленного здания. Учебное пособие /Волков О.Д. Выща школа. Харьков. 1997. – 240 с.
24. Сборник задач по расчету систем кондиционирования микроклимата зданий/ Под общей редакцией канд.техн. наук, доц. Э.В. Сазонова: Учеб. пособие – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1988.-296 с.
25. ГОСТ 2246-70 «Проволока стальная сварочная» /Госстрой СССР. – М.: ГУП ЦПП,1970. – 27 с.
26. Курсовое и дипломное проектирование по вентиляции гражданских и промышленных зданий: Учеб. пособие для вузов / В.П. Титов, Э. В. Сазонов, Ю. С. Краснов, В. И. Новожилов. - М.: Стройиздат, 1985. - 208 с.
27. Ананьев В.А. и др. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика. 2001, 416 с. Третье издание.
28. Краснов Ю.С., Борисоглебская А.П., Антипов А.В. Системы вентиляции и кондиционирования. Рекомендации по проектированию, испытаниям и наладке. – М.: Термокул. – 2004.- 358 с.
29. Батулин В.В. Основы промышленной вентиляции. Учебное пособие. - М.: Профиздат. – 1990. – 448 с.
30. Отопление и вентиляция. Учебник для вузов. В 2-х ч. Ч.2. Вентиляция. Авт. В.Н. Богословский, В.И. Новожилов, Б.Д. Симаков, В.П. Титов, под ред. В.Н. Богословского. М., Стройиздат, 1976. - 439 с.
31. Каталог оборудования фирмы «KORF» <http://www.po-korf.ru/catalog>
32. Каталог оборудования ООО "ВЕТЕРРА" <http://www.ventcomplekt.ru/catalog>
33. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: Учебник для вузов. – 7-е изд., стереот. – М.: Издательство МЭИ, 2001. – 472 с.: ил.

34. Справочник по теплоснабжению и вентиляции (издание 4-е, переработанное и дополненное). Книга 1-я. Р.В. Щекин, С.М. Корневский, Г. Е. Бем, Ф.И. Скороходько, Е.И. Чечик, Г.Д. Соболевский, В.Л. Мельник, О.С. Корневская. Киев, «Будівельник», 1976, стр. 416.

35. Практическое пособие по выбору и разработке энергосберегающих проектов./В семи разделах. Под общей редакцией д.т.н. О.Л. Данилова. П.А. Костюченко, 2006. - 668 с.

36. Рысин С.А. Вентиляционные установки машиностроительных заводов. Справочник. –М.: Машгиз, 1956. - 575 с.

37. Каталог оборудования фирмы ЗАО «СовПлим»
<http://www.sovplym.ru/exhaust/catalogue>