

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

Тема работы
Проект реконструкции систем отопления и вентиляции отделения ООО «Сибметахим».

УДК [697.1+697.9].001.6-048.35:69.059

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-6502	Северушенков Дмитрий Валерьевич		20.06.2016

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Разва Александр Сергеевич	К.Т.Н.		20.06.2016

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Фигурко Аркадий Альбертович	К.Э.Н.		20.06.2016

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин Андрей Александрович	К.Т.Н.		20.06.2016

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
теоретической и промышленной теплотехники	Кузнецов Г.В.	профессор, д.ф.-м.н.		20.06.2016

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 (специальность) 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	Северушенков Дмитрий Валерьевич

Тема работы:

**Проект реконструкции систем отопления и вентиляции отделения
ООО «Сибметахим»**

Утверждена приказом директора (дата, номер)	20.04.2016, № 3016/с
---	----------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

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

*Отделение ООО «Сибметахим»;
Режим работы – постоянный;
Реализация метанол-ректификата, карбамидоформальдегидной смолы, формалина и концентрата (ККФ);
Соблюдение технологического процесса на протяжении всей работы;
Соблюдение правил безопасности эксплуатации энергетического оборудования.*

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <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>	Разработка проектных решений по реконструкции с целью повышения энергетической эффективности работы систем теплоснабжения ООО «Сбмтахим»; Дополнительные разделы для разработки отсутствуют; Заключение по работе.	
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1 План отопления. 2 План приточной вентиляции. 3 План вытяжной вентиляции. 4 План технического этажа. 5 Аксонометрическая схема системы отопления. 6 Аксонометрическая схема системы приточной вентиляции. 7 Аксонометрическая схема системы вытяжной вентиляции. 8 Аксонометрическая схема системы местной вентиляции. A2-8 листов,	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>		
Раздел	Консультант	Подпись
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Фигурко А.А. к.э.н., доцент	
Социальная ответственность	Сечин А.А., к.т.н., доцент	
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:		

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	20.04.2016 г.
--	----------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ст.преп.	Разва А.С	к.т.н.		20.04.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-6502	Северушенков Дмитрий Валерьевич		20.04.2016

Содержание

Реферат	5
Введение	7
1. Общие данные	9
2. Выбор системы отопления и параметров теплоносителя	10
3. Тепловая мощность системы отопления	15
3.1 Тепловой баланс помещения	15
3.2 Теплопотери помещения	16
3.3 Теплопоступления в помещение	21
4. Выбор и размещение отопительных приборов	35
5. Тепловой расчет отопительных приборов	37
6. Гидравлический расчет системы отопления	46
7. Подбор оборудования теплового пункта	58
8. Выбор принципиальных решений системы вентиляции	64
9. Определение требуемого воздухообмена в помещении	68
10. Аэродинамический расчет приточной и вытяжной вентиляции	73
11. Подбор вентиляционного оборудования	76
12. Расчет тепловых завес	81
13. Безопасность и экологичность проекта	84
14. Технико-экономическое обоснование проекта	103
15. Автоматизированный тепловой пункт	116
Заключение	126
Список использованной литературы	130
Приложение 1	134

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 140 с., 8 рис., 18 табл., 32 источников, 1 прил.

Ключевые слова: водяное отопление, гидравлический расчет, аэродинамический расчет, вытяжная вентиляция, приточная вентиляция, вентилятор, воздуховоды, калориферы.

Объектом исследования является отделение ООО «Сибметахим»

Цель работы – заключается в создании комфортных метеоусловий для проектируемого объекта.

В процессе исследования проводились расчет систем отопления и вентиляции, подбор оборудования для данных систем.

В результате исследования_____

ESSAY

Final qualifying work 140 pp., 8 fig., 18 tab., 32 sources, Appendix 1.

Keywords: water heating, hydraulic calculation, aerodynamic calculation, exhaust ventilation, forced ventilation, fans, air ducts, heaters.

The object of research is the separation of "Sibmetakhim"

Purpose - is to create a comfortable weather conditions for the projected object.

The study carried out calculation of the heating and ventilation systems, selection of equipment for these systems.

Введение

В данной выпускной квалификационной работе выполняется реконструкция систем отопления и вентиляции отделения вспомогательного ООО «Сибметахим», расположенного в г. Томске. ООО «Сибметахим» реализует метанол-ректификат, карбамидоформальдегидную смолу, формалин и концентрат (ККФ). Производству требуется глубокая модернизация и инструмент ее реализации. Создание научно-технической лаборатории путем реконструкции отделения и передачи его функции котельной «ФиКС» позволит осуществить этот проект. Процесс реконструкции отделения вписан в общезаводскую программу модернизации производства продукции и оптимизации затрат. Основным видом деятельности лаборатории будет проектирование и внедрение эффективных технологических решений, направленных на выполнение программы модернизации. Освоение и реализация инновационных отраслевых технологий позволит предприятию обеспечить конкурентоспособность на внутреннем и внешнем рынках.

Изменение назначения объекта требует реконструкции систем отопления и вентиляции. Прежние демонтируются и заменяются новыми спроектированными системами.

Основная задача проектирования системы отопления и вентиляции любого строения – создание благоприятных условий жизненной среды, отвечающей функциональным, эстетическим и физиологическим потребностям людей. Функциональные потребности обеспечиваются путём создания наиболее благоприятных удобных условий для всех видов жизнедеятельности в здании. Физиологические потребности людей отражаются в санитарно-гигиенических требованиях к физической части, качествам жизненной среды здания – температуре, влажности и чистоте воздуха.

Внутренняя среда помещений постоянного пребывания людей тесно связана с окружающей средой, в связи с чем требования к системе отопления здания находятся в прямой зависимости от природно-климатических условий и

др. местных условий. Система отопления и ограждающие конструкции должны быть рассчитаны на обеспечение в помещениях здания в течение отопительного периода при расчетных параметрах наружного воздуха для соответствующих районов строительства температуры внутреннего воздуха в допустимых пределах.

Системы отопления предназначены для длительной эксплуатации совместно с другими системами технического обеспечения жизни и деятельности людей и поэтому являются частью технологического оборудования зданий. Поэтому при проектировании отопления были решены задачи создания надежной и экономичной системы. Системы отопления зданий следует проектировать, обеспечивая равномерное нагревание воздуха помещений, гидравлическую и тепловую устойчивость, взрывопожарную безопасность и доступность для очистки и ремонта. От надёжной работы системы зависит обеспечение комфортных условий труда на рабочем месте.

Воздух как фактор жизнедеятельности человека рассматривается как среда обитания и как среда, с которой тело человека находит в постоянном контакте. Свежий воздух — одно из неперемняемых условий нашей жизни. Установка вентиляционного оборудования необходима для удаления из воздуха вредных веществ. Вентиляция необходима для создания и контроля хороших условий продуктивной и здоровой жизнедеятельности человека (регулирования температуры, скорости движения воздуха и влажности в помещении)

Расчет систем отопления и вентиляции обеспечит необходимые условия для работы персонала.

1 Общие данные

1.1 Краткое описание здания

Объект реконструкции находится в г.Томске. Здание 3-х этажное с чердаком. Высота этажа 3.9 метра. Чердак неотапливаемый. Здание ориентировано главным фасадом на юг. Наружные стеновые ограждения – однослойные керамзитобетонные навесные панели толщиной 400мм, перекрытия – железобетонные плиты.

1.2 Климатологические данные местности строительства

Для проектирования систем отопления и вентиляции примем расчетные температуры наружного воздуха:

- для проектирования отопления в холодный период года $t_n = -40^{\circ}\text{C}$;
- для проектирования вентиляции в теплый период года $t_n = +21,7^{\circ}\text{C}$;

Длительность отопительного периода 236 суток [1].

Средняя температура отопительного периода $t_{cp} = -8,4^{\circ}\text{C}$.

Расчетная скорость ветра:

- теплый период года – 1 м/сек;
- холодный период года – 3 м/сек.

1.3 Метеорологические условия в помещениях

Расчетные температуры внутреннего воздуха помещений приняты согласно СНиП 2.09.04-87* «Административные и бытовые здания» и ГОСТ12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» и

2 Выбор системы отопления и параметров теплоносителя

Выбор системы отопления начинается с определения источника теплоснабжения, существует несколько вариантов источников, тепловые сети центрального теплоснабжения, либо локальный источник теплоснабжения (собственная котельная) выбор зависит от местных условий. В качестве теплоносителя в системе отопления проектируемого объекта могут использоваться следующие теплоносители: вода, пар и воздух, но теплоносители: пар и воздух имеют ограничение в применение и могут использоваться не во всех промышленных и общественных объектах. В данной работе источником теплоснабжения является установка производства метанола завода ООО «Сибметахим», а в качестве теплоносителя циркулирует паровой конденсат температурой равной $150 - 70$ °С. Системы водяного отопления делятся на два типа циркуляции воды: естественную и искусственную.

Системы с естественной циркуляцией теплоносителя в трубопроводах системы происходит из-за гравитационного давления, возникающего в следствие разности удельных весов горячего и холодного теплоносителей.

Системы водяного отопления с искусственной циркуляцией функционируют за счет перемещения теплоносителя в замкнутой системе трубопроводов с помощью насоса или иного гидроустройства.

В административно-бытовых помещениях системы отопления с естественной циркуляцией теплоносителя используются достаточно редко. Такие системы не рекомендуются применять в системах с радиусом действия более 30 м по горизонтали и более 3 м превышения середины нижних приборов отопления над серединой котла, для отопления помещения верхних зон высотных зданий. Исходя, из выше описанных соображений выбираем систему с искусственной циркуляцией [1].

По схеме присоединения отопительных приборов к трубопроводам системы бывают однотрубные и двухтрубные.

Двухтрубная система называется так, потому что для её работы необходимо две трубы – по одной (подающей) от котла подается горячий теплоноситель (горячая вода) в отопительные приборы, а по другой (отводящей) от отопительных приборов отводится остывший теплоноситель и подается снова в котел не заходя в другие отопительные приборы. С такой системой могут работать котлы любого типа на любом топливе. Могут быть использованы как принудительная, так и естественная циркуляция. Устанавливаются двухтрубные системы и в одноэтажных, и в двух- или многоэтажных зданиях.

В одноконтурных системах водяного отопления теплоноситель по направлению движения последовательно поступает в каждый из отопительных приборов. В этом и заключается основной недостаток. В первый радиатор поступает самый горячий теплоноситель. Часть тепла уходит на его нагрев. Теплоноситель становится холоднее, поступает в магистраль, и охлажденный теплоноситель поступает в следующий отопительный прибор. На данный момент времени одноконтурная система отопления является наиболее часто используемой, потому что в отличие от двухтрубных систем, они имеют меньшую массу и протяженность труб, что позволяет сократить затраты на монтаж данных систем. Так же, устойчивый гидравлический режим, позволяет отказаться от пусконаладочных работ по регулированию при сдаче данных систем в эксплуатацию [1].

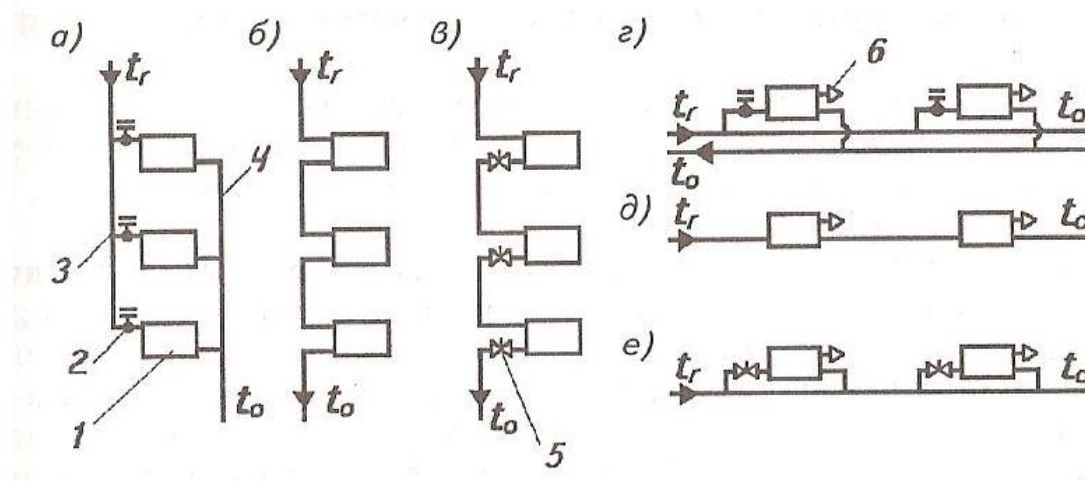


Рис.1 Присоединение отопительных приборов к трубопроводам системы водяного отопления. Вертикальные: двухтрубная (а), одноконтурная проточная

(б), однотрубная с осевыми замыкающими участками (в); горизонтальные: двухтрубная (г), однотрубная проточная (д), однотрубная с осевыми замыкающими участками (е); 1 – отопительный прибор; 2 – кран двойной регулировки; 3 – трубопровод горячей воды; 4 – трубопровод охлажденной воды; 5 – проходной вентиль; 6 – воздуховыпускной кран

Однотрубные и двухтрубные системы водяного отопления делятся на два типа: горизонтальные системы отопления- системы отопления, в которых распределительные трубы располагаются горизонтально, и вертикальные системы отопления- системы, в которых распределительные трубы располагаются вертикально.

От того как расположена подающая магистраль по отношению к системе водяного отопления, однотрубные и двухтрубные системы отопления делятся на системы с нижней разводкой- разводка при которой магистраль располагается в подвале или в подпольном канале, и системы отопления с верхней разводкой- разводка при которой магистраль проходит по чердаку объекта или верхнему этажу.

По направлению движения воды в подающей и обратной магистралях различают системы водяного отопления тупиковые (встречное движение воды) и с попутным движением воды (движение воды в одном направлении) [1]. Данные системы приведены на рис. 2.

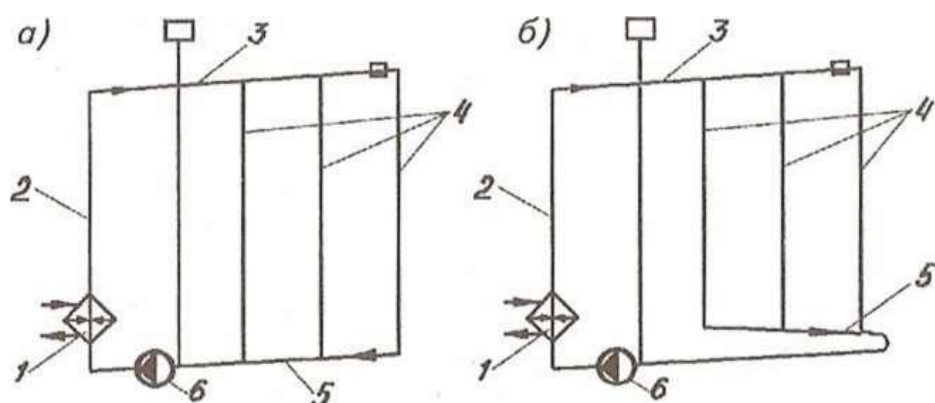


Рис. 2 Системы водяного отопления: тупиковая (а) и с попутным движением воды (б); 1 – генератор теплоты; 2 – главный стояк; 3 – подающая магистраль; 4 – стояки; 5 – обратная магистраль; 6 – насос

По способу присоединения к наружным трубопроводам системы отопления имеют зависимую и независимую схемы.

Зависимая схема (рис. 3 б) подключение системы к тепловой магистрали производится с гидроэлеватором. Данная схема использует элеватор для снижения температуры при подаче перегретого теплоносителя от теплоисточника с температурой сетевой воды от 130-150 °С до 95-105°С с помощью подмешивания охлажденной воды из обратного трубопровода системы. Для нормального функционирования гидроэлеватора необходима перепад давления между подающим и обратным трубопроводами: не менее 0,06 МПа и не более 0,4 МПа. Циркуляция теплоносителя в данной системе отопления происходит из-за перепада давлений в трубопроводах теплосети. Данные системы отопления просты и дешевы, но создают колоссальные проблемы в работе ТЭЦ и тепловых сетей, из-за того что в таких системах отопления теряется, химически очищенная вода себестоимость которой высока. В результате в пиковые нагрузки отопительного сезона в теплосеть приходит подача недостаточно очищенной воды, что приводит к образованию сильной коррозии трубопроводов системы и оборудования.

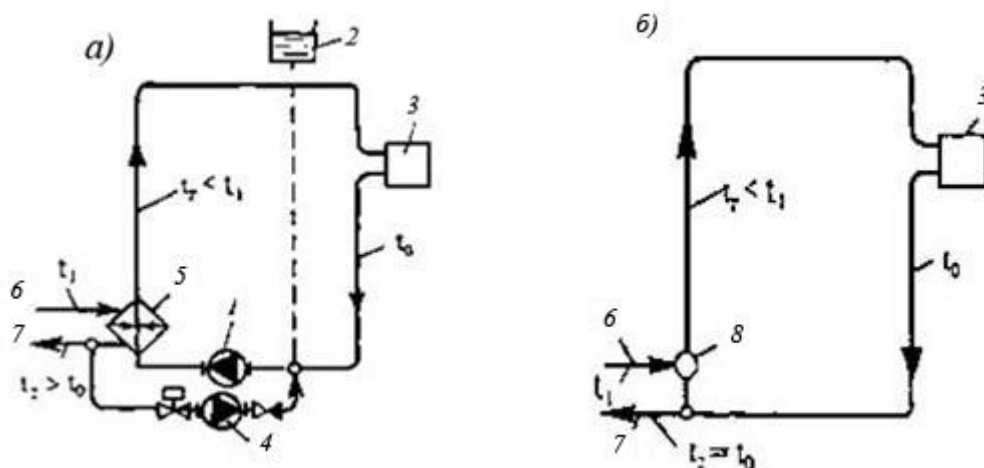


Рис. 3 Схемы системы насосного водяного отопления: а) с присоединением к наружным теплопроводам по независимой схеме; б) то же по зависимой схеме со смешением воды; 1 – циркуляционный насос; 2 –

расширительный бак; 3 – отопительные приборы; 4 – подпиточный насос; 5 – теплообменник; 6,7 – наружные, соответственно, подающий и обратный теплопроводы; 8 – смесительная установка

В схемах независимого теплоснабжения подключение к магистралям производится с помощью теплообменника. Данная система отопления является изолированной от тепловой сети, перепады давления в ней не влияют на давление в системе отопления. Утечки воды в системе отопления не влияют на наполненность воды в теплосети. Данное подключение может быть единственно подходящим для высоких зданий в тех случаях, когда давление в теплосети недостаточно для заполнения приборов отопления на верхних этажах здания. В данных системах теплообменник выступает в роли котла, при малой протяженности данная система может быть с естественной циркуляцией, при большой протяженности необходимо наличие насоса. Теплообменники, насосы и прочее оборудование устанавливаются в индивидуальных узлах учета тепловой энергии при теплоснабжении одного здания [2].

Т.к. протяженность системы отопления будет невелика, а также с учетом всех достоинств и недостатков рассмотренных систем, выбираем вертикальную однотрубную независимую систему с верхней разводкой магистралей так как верхняя разводка наиболее эффективна для работы системы, из нее проще удаляется воздух и в ней немного выше естественное давление, которое возникает за счет охлаждения воды в приборах отопления. Расчетная температура теплоносителя $105 - 65\text{ }^{\circ}\text{C}$. Принцип работы такой системы заключается в следующем. Горячий теплоноситель из теплообменника поднимается по главному трубопроводу в подающие магистрали, где распределяется по распределяющим стоякам и далее направляется в приборы отопления. Остывший в приборах отопления теплоноситель поступает в обратную магистраль и направляется обратно в теплообменник для повторного нагрева. Движение теплоносителя в системе происходит с помощью насоса.

3 Тепловая мощность системы отопления

3.1 Тепловой баланс помещения

В зданиях с постоянным тепловым режимом на протяжении отопительного сезона для поддержания температуры на заданном уровне сопоставляют теплопотери и теплопоступления в расчетном установившемся режиме, когда возможен дефицит или избыток теплоты.

В производственном здании при сведении теплового баланса принимают в расчет интервал технологического цикла с минимальными теплопоступлениями.

Тепловая мощность отопительной установки помещения $Q_{от}$ для компенсации дефицита теплоты равна [3]:

$$Q_{от} = Q_{ном} - Q_{выд}, \text{ Вт} \quad (3.1)$$

где $Q_{ном}$ и $Q_{выд}$ – теплопотери и тепловыделения в помещении в заданный момент времени, Вт

Основные теплопотери в помещениях складываются из теплопотерь через ограждающие конструкции $Q_{огр}$, теплотрат на нагревание наружного воздуха, поступающего через открываемые ворота, двери и другие проемы и щели в ограждениях Q_u .

$$Q_{ном} = Q_{огр} + Q_u, \text{ Вт} \quad (3.2)$$

Тепловыделения в данном помещении состояются из теплоотдачи людьми Q_l и тепловыделениями источниками искусственного освещения, т.е.

$$Q_{выд} = Q_l + Q_э, \text{ Вт} \quad (3.3)$$

3.2 Теплотери помещения

3.2.1 Определение потерь тепла через ограждающие конструкции

Потери теплоты помещениями через ограждающие конструкции помещений наземных зданий определяются путем суммирования потерь теплоты через отдельные наружные ограждения и потерь теплоты через внутренние ограждения, если температура воздуха в соседних помещениях ниже или выше температуры в данном помещении более чем на 4 °С.

Ограждающие конструкции здания должны иметь определенное значение сопротивления теплопередаче, от которой зависят затраты на эксплуатацию зданий и санитарно-гигиенические условия помещений.

Теплотери через ограждающие конструкции помещений складываются из теплотерь через отдельные ограждения или их части площадью A , m^2 :

$$Q_{огр} = k \times F \times (t_n - t_H) \times n \times (1 + \sum \beta_i), \text{ Вт} \quad (3.4)$$

где k - коэффициент теплопередачи ограждения, $Вт/(m^2 \cdot ^\circ C)$, равный

$$k = 1 / R_{огр}, \text{ Вт}/(m^2 \cdot ^\circ C) \quad (3.5)$$

$R_{огр}$ - приведенное сопротивление теплопередаче ограждения, $(m^2 \cdot K)/Вт$;

F - площадь ограждения, m^2 ;

t_n - температура внутри помещения (расчетные температуры внутреннего воздуха приняты согласно [4], [5]), $^\circ C$;

t_H - расчётная наружная температура на отопление, $^\circ C$;

β_i - поправка на добавочные потери теплоты в долях от основных потерь;

n - поправочный коэффициент к расчетной разности температур $(t_n - t_H)$, зависящий от положения наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху. Применяется в тех случаях, когда

ограждение не подвергается непосредственному воздействию наружного воздуха.

При расчетах теплотерь производственного помещения высотой более 4 м принимают для стен и световых проемов расположенных выше 4 м – среднюю температуру по высоте помещения

$$t_{cp} = 0,5(t_n + t_{в.з.}), \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3.6)$$

где $t_{в.з.}$ – температура воздуха в верхней зоне

$$t_{в.з.} = t_{в} + \Delta t(h_n - 2), \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3.7)$$

причём в помещении высотой $h_n, \text{ м}$ без значительных тепловыделений $\Delta t = 0,3 \div 0,7^\circ\text{C} / \text{м}$ [7, стр. 12].

β_i – поправка на добавочные потери теплоты в долях от основных потерь;

Площадь наружных ограждений при расчете теплотерь помещений вычисляют соблюдая правила обмера ограждений по планам и разрезам зданий, с точностью до $0,1 \text{ м}^2$. Эти правила учитывают сложность теплопередачи на границах ограждений, предусматривая условное увеличение или уменьшение площадей для соответствия фактическим теплотерям.

Для определения площади наружных стен длину стен угловых помещений измеряют (с точностью до $0,1 \text{ м}$) по внешней поверхности от наружных углов до осей внутренних стен, неугловых помещений – между осями внутренних стен.

Сопротивление теплопередаче стен, перекрытий, покрытий $R_0, (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$, определяют по формуле

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{в}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{г}}, \frac{\dot{Q} \cdot \hat{E}}{\hat{A} \cdot \delta}, \quad (3.8)$$

где $\alpha_{в}$ – коэффициент теплообмена на внутренней поверхности ограждения, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

δ_i – толщина i -го слоя конструкции, мм;

λ_i – коэффициент теплопроводности материала i -го слоя, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

α_n – коэффициент теплоотдачи на внешней поверхности ограждения, Вт/(м²·К).

Таблица 1

**Проектные значения показателей
ограждающих конструкций здания**

Наименование Ограждения	Коэффициент теплопередачи, Вт/м ² ·°С	Приведенное сопротивление теплопередаче R, м ² ·°С/Вт	Толщина ограждений δ , мм
Наружная стена	0,45	2,2	435
Внутренняя стена	1,23	0,81	130
Перекрытие м/у этажами	0,56	1,77	360
Чердачное перекрытие	0,30	3,35	405
Окно	1,92	0,52	-
Дверь	2,27	0,44	-
Ворота	0,59	1,54	39,5

**3.2.2 Определение потерь тепла через полы,
расположенные на грунте**

Количество тепла, передаваемого от воздуха помещений наружному воздуху через конструкцию пола и слой грунта, являющегося основанием пола, принято рассчитывать по зонам, так как, известно, что температурное поле грунта под полом неравномерно: в близости к наружной стене, температура грунта ниже.

Площадь пола, лежащего на грунте, для проведения расчета потерь теплоты делят на полосы шириной 2 м, параллельные наружным стенам, которые составляют четыре зоны расчета F_1, F_2, F_3, F_4 . Полосу, ближайшую к наружной стене, обозначают зоной I, следующие две полосы зоной II и III, а

остальную поверхность пола, вне зависимости от её площади – зоной IV (рис. 3.1).

Сопротивление теплопередаче полов, лежащих непосредственно на грунте, зависит от конструкции и расположения пола. В соответствии с [6, прил. 8] приведенное сопротивление теплопередаче R отдельных зон шириной 2 м холодных (неутепленных) полов на грунте: для I зоны $R_1 = 2,1 \text{ м}^2 \times K / \text{Вт}$; для II зоны – $R_2 = 4,3 \text{ м}^2 \times K / \text{Вт}$; для III зоны $R_3 = 8,6 \text{ м}^2 \times K / \text{Вт}$; для IV (т.е. для оставшейся площади пола) – $R_4 = 14,2 \text{ м}^2 \times K / \text{Вт}$.

Основные теплотери через полы определяются как

$$Q_{on} = \left(\frac{A_1}{R_1} + \frac{A_2}{R_2} + \frac{A_3}{R_3} + \frac{A_4}{R_4} \right) \times (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}), \quad (3.8)$$

где R – сопротивление теплопередаче пола, отнесённого к каждой из четырёх зон пола, $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$;

A_1, A_2, A_3, A_4 – площадь каждой из четырёх зон пола, м^2 ;

$t_{\text{в}}$ и $t_{\text{н}}$ – расчётные внутренняя и наружная температуры, $^{\circ}\text{C}$.

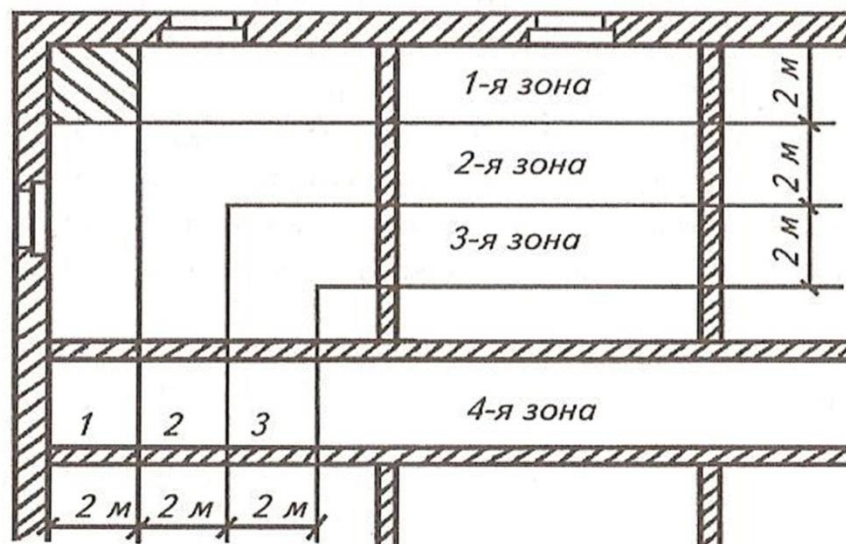


Рис. 4 Разделение поверхности пола, расположенного на грунте, на зоны

3.2.3 Добавочные теплопотери

Кроме разности температур по обе стороны ограждения, являющейся основной причиной возникновения теплового потока изнутри помещений наружу, на величину этого потока оказывают влияние и другие факторы, которые относят к добавочным теплопотерям. Добавочные теплопотери через ограждающие конструкции помещений определяют в процентах от основных теплопотерь ограждений, потерь на ориентацию по отношению к сторонам горизонта, на угловое помещение, добавками на поступление холодного воздуха через входы и на высоту помещений.

Возникающие дополнительные потери тепла принято учитывать введением установленных практикой добавок к основным теплопотерям. Действующими нормативами установлена следующая классификация и величина добавок к основным теплопотерям зданий любого назначения [1].

1. Добавка на ориентацию ограждений по сторонам горизонта, ее принимают для всех вертикальных и наклонных ограждений, обращенных на север, северо-восток, восток и северо-запад принимаются в размере 0,10, а на запад и юго-восток – 0,05 основных теплопотерь через эти ограждения.

2. Добавка на поступление холодного воздуха через входы в здание, не оборудованные воздушно-тепловыми завесами, принимают в зависимости от типа входных дверей и высоты здания H , м. При оборудовании ворот воздушными, или воздушно-тепловыми завесами расход теплоты на нагрев врывающегося наружного воздуха определяется расчетом завес, и добавка не вводится. В нашем случае двери и наружные ворота оборудованы воздушно-тепловыми завесами.

3. Добавка на высоту для помещений высотой более 4 м. Ее принимают в размере $\beta_{d.en} = 0,02$ на каждый метр высоты стен свыше 4 м, но не более 0,15. Эти добавки учитывают увеличение теплопотерь в верхней части помещения, т.к. температура воздуха возрастает с высотой [8].

При определении расчетных теплопотерь в помещениях учитываются теплозатраты Q_u , связанные с инфильтрацией наружного воздуха в помещение $G_{u.пом.}$ через наружное ограждение.

Как правило, поступление наружного воздуха в помещения административно-производственного здания малой этажности учитывается только через окна, балконные двери, фонари, ворота, двери и открытые проемы.

Т.к. по всему зданию установлены пластиковые стеклопакеты, обладающие высоким сопротивлением воздухопроницанию, и дверные проемы, оснащенные тепловыми завесами, потерями теплоты на нагревание инфильтрующегося наружного воздуха можно пренебречь.

3.3 Теплопоступления в помещение

3.3.1 Тепловыделения от работающих людей

При расчете мощности отопительной установки в тепловой баланс помещения вводят явные тепловыделения людей, учитывая интенсивность работы.

$$Q_L = n_q \cdot q_O, \text{ Вт} \quad (3.9)$$

где n_q – количество людей; находящихся в помещении в рассматриваемый момент;

q_O – количество теплоты, выделяемое одним человеком, кВт/чел.

Численные значения тепловыделений человеком приведены в табл. 2.

**Тепловыделения человеческого организма при выполнении работ
различной тяжести**

Категория работы	Характеристика выполняемой работы	Обозначение работы	Выделяемое тепло, Вт
Лёгкая	Человек в покое или выполняющий работы без физического напряжения.	I А	80-140
	Работа, выполняемая стоя, сидя, или с ходьбой, но без поднятия тяжестей	I Б	141-175
Средняя	Работа, связанная с постоянным перемещением и переносом тяжестей весом до 10 кг	II А	176-232
		II Б	232-290
Тяжёлая	Работа, связанная с постоянным перемещением и переносом тяжестей весом более 10 кг	III	Более 290

3.3.2 Тепловыделения при искусственном освещении

$$Q_3 = n \cdot N m, \text{ Вт} \quad (3.10)$$

где n – коэффициент перехода электрической энергии в тепловую для люминесцентных ламп $n=0,5$;

N – мощность осветительных приборов, Вт.

m – кол-во осветительных приборов, шт.

Расчет основных и добавочных тепловых потерь с учетом тепловыделений представлен в табл.3

Таблица 3

№	Помещение	тв, С	Характеристики ограждения			К, Вт/м2*С	(тв- тн), С	п	Осн. теплопотери, Вт	Коэф. доб. теплопотерь β	Характеристики помещения			Потери на инфильтрацию, Вт	q		
			Наименование	Ориент.	А, м2						Длина, м	Ширина, м	Площадь F, м2				
1-ый этаж																	
101	Административно-бытовое помещение	22	Нар. ст.	Север	23,4	0,41	62	1	594,83	0,1					654,31		
			Нар.ст.	Запад	12,78	0,41	62	1	324,87	0,05					341,11		
			Окно	Запад	10,62	1,92	62	1	1264,2	0,05					1327,41		
			I зона	-	24,6	0,476	62	1	726	0					726		
			II зона	-	12,6	0,2	62	1	156,24	0					156,24		
			III зона	-	4,6	0,11	62	1	31,37	0							
			IV зона	-	-	0,067	62	1	-	0							
															3205,07		
102	Административно-бытовое помещение	22	Нар. Ст.	Север	25,56	0,41	62	1	649,74	0,1					714,71		
			Окно	Север	10,62	1,92	62	1	1264,2	0,1					1390,62		
			Окно	Север	10,62	1,92	62	1	1264,2	0,1					1390,62		
			I зона	-	24	0,476	62	1	708,29	0					708,29		
			II зона	-	24	0,2	62	1	297,6	0					297,6		
			III зона	-	24	0,11	62	1	163,68	0							
			IV зона	-	46	0,067	62	1	191,08	0							
															4501,84		
103	Лаборатория	22	Нар. ст.	Север	18,18	0,41	62	1	462,14	0,1					508,35		
			Окно	Север	5,22	1,92	62	1	621,39	0,1					683,53		
			I зона	-	12	0,476	62	1	354,14	0					354,14		
			II зона	-	12	0,2	62	1	148,8	0					148,8		
			III зона	-	12	0,11	62	1	81,84	0					81,84		
			IV зона	-	19	0,067	62	1	78,93	0							
															1776,66		
			104	Лаборатория	22	Нар. ст.	Север	18,18	0,41	62					1	462,14	0,1
			Окно	Север	5,22	1,92	62	1	621,39	0,1	683,53						
			I зона	-	12	0,476	62	1	354,14	0	354,14						
			II зона	-	12	0,2	62	1	148,8	0	148,8						
			III зона	-	12	0,11	62	1	81,84	0	81,84						
			IV зона	-	19	0,067	62	1	78,93	0							
													1776,66				

Продолжение табл. 3

№	Помещение	тв, С	Характеристики ограждения			К, Вт/м2*С	(тв- тн), С	п	Осн. теплопотери, Вт	Коэф. доб. теплопотерь β	Характеристики помещения			Потери на инфильтрацию, Вт	q
			Наименование	Ориент.	А, м2						Длина, м	Ширина, м	Площадь F, м2		
1-ый этаж															
105	Лаборатория	22	Нар. ст.	Север	18,18	0,41	62	1	462,14	0,1					508,35
			Окно	Север	5,22	1,92	62	1	621,39	0,1					683,53
			I зона	-	12	0,476	62	1	354,14	0					354,14
			II зона	-	12	0,2	62	1	148,8	0					148,8
			III зона	-	12	0,11	62	1	81,84	0					81,84
			IV зона	-	19	0,067	62	1	78,93	0					
															1776,66
106	Лаборатория	22	Нар. ст.	Север	12,78	0,41	62	1	324,87	0,1					357,36
			Окно	Север	10,62	1,92	62	1	1264,2	0,1					1390,62
			I зона	-	12	0,476	62	1	354,14	0					354,14
			II зона	-	12	0,2	62	1	148,8	0					148,8
			III зона	-	12	0,11	62	1	81,84	0					81,84
			IV зона	-	19	0,067	62	1	78,93	0					
															2332,76
107	Лаборатория	22	Нар. ст.	Север	93,6	0,41	62	1	2379,31	0,1					2617,24
			Нар. ст.	Восток	76,68	0,41	62	1	1949,21	0,1					2144,13
			Нар. ст.	Юг	67,23	0,41	62	1	1708,99	0					1708,99
			Окно	Восток	10,62	1,92	62	1	1264,2	0,1					1390,62
			Окно	Восток	10,62	1,92	62	1	1264,2	0,1					1390,62
			Окно	Восток	10,62	1,92	62	1	1264,2	0,1					
			Окно	Юг	10,62	1,92	62	1	1264,2	0					
			Окно	Восток	10,62	1,92	62	1	1264,2	0,1					
			Окно	Восток	10,62	1,92	62	1	1264,2	0,1					
			Окно	Восток	10,62	1,92	62	1	1264,2	0,1					
			Ворота	Юг	15,75	1,64	62	1	1601,46	0					
			Пт	-	24	0,76	17	1	310,08	0					
			I зона	-	84	0,476	62	1	2479,01	0					
			II зона	-	30	0,2	62	1	372	0					
			III зона	-	22	0,11	62	1	150,04	0					
			IV зона	-	60	0,067	62	1	249,24	0					

Продолжение табл. 3

№	Помещение	тв, С	Характеристики ограждения			К, Вт/м2*С	(тв- тн), С	п	Осн. теплотери, Вт	Коэф. доб. теплотерь β	Характеристики помещения			Потери на инфильтрацию, Вт	q		
			Наименование	Ориент.	А, м2						Длина, м	Ширина, м	Площадь F, м2				
1-ый этаж																	
108	Лаборатория	22	Нар. ст.	Юг	25,56	0,41	62	1	649,74	0					649,74		
			Окно	Юг	10,62	1,92	62	1	1264,2	0					1264,2		
			Окно	Юг	10,62	1,92	62	1	1264,2	0					1264,2		
			I зона	-	24	0,476	62	1	708,29	0					708,29		
			II зона	-	24	0,2	62	1	297,6	0					297,6		
			III зона	-	24	0,11	62	1	163,68	0					163,8		
			IV зона	-	-	0,067	62	1	0	0					0		
109	Административно-бытовое помещение	20	Нар. ст.	Юг	25,56	0,41	62	1	649,74	0							
			Окно	Юг	10,62	1,92	62	1	1264,2	0							
			Окно	Юг	10,62	1,92	62	1	1264,2	0							
			I зона	-	24	0,476	62	1	708,29	0							
			II зона	-	24	0,2	62	1	297,6	0							
			III зона	-	24	0,11	62	1	163,68	0							
			IV зона	-	-	0,067	62	1	0	0							
110	Административно-бытовое помещение	22	Нар. ст.	Запад	6,48	0,41	62	1	164,72	0,05							
			Окно	Запад	5,22	1,92	62	1	621,39	0,05							
			I зона	-	6	0,476	62	1	177,07	0							
			II зона	-	6	0,2	62	1	74,4	0							
			III зона	-	-	0,11	62	1	0	0							
			IV зона	-	-	0,067	62	1	0	0							
			101	Вестибюль	18	Нар. ст.	Запад	13,01	0,41	58					1	309,38	0,05
			Дверь	Запад	4	1,3	58	1	301,6	0,05	316,68						
			Окно	Запад	5,22	1,92	58	1	581,3	0,05	610,37						
			I зона	-	11,4	0,476	58	1	314,73	0	314,73						
			II зона	-	11,4	0,2	58	1	132,24	0	132,24						
			III зона	-	11,4	0,11	58	1	72,73	0							

Продолжение табл. 3

№	Помещение	тв, С	Характеристики ограждения			К, Вт/м2*С	(тв- тн), С	п	Осн. теплопотери, Вт	Коэф. доб. теплопотерь β	Характеристики помещения			Потери на инфильтрацию, Вт	q
			Наименование	Ориент.	А, м2						Длина, м	Ширина, м	Площадь F, м2		
1-ый этаж															
			IV зона	-	-	0,067	58	1	0	0					
														1698,87	
20	Коридор	18	Нар. ст.	Юг	9,7	0,41	58	1	230,67	0,05				242,2	
			Дверь	Юг	2	1,3	58	1	150,8	0,05				158,34	
			I зона	-	6	0,476	58	1	165,65	0				165,65	
			II зона	-	6	0,2	58	1	69,6	0				69,6	
			III зона	-	12	0,11	58	1	76,56	0					
			IV зона	-	66,1	0,067	58	1	256,86	0					
														635,79	
18	Сан.Узел	16	Нар. ст.	Юг	12,78	0,41	56	1	293,43	0				293,43	
			Окно	Юг	10,62	1,92	56	1	1141,86	0				1141,86	
			I зона	-	12	0,476	56	1	319,87	0				319,87	
			II зона	-	12	0,2	58	1	139,2	0				139,2	
			III зона	-	12	0,11	56	1	73,92	0				73,92	
			IV зона	-	-	0,067	58	1	0	0					
														1968,28	
21	Лестничная клетка	16	Нар. ст.	Запад	6,48	0,41	56	1	148,78	0,05				156,22	
			Нар.ст.	Юг	23,4	0,41	56	1	537,26	0				537,26	
			Окно	Запад	5,22	1,92	56	1	561,25	0,05				589,31	
			I зона	-	18	0,476	56	1	479,81	0				479,81	
			II зона	-	4	0,2	56	1	44,8	0				44,8	
			III зона	-	-	0,11	56	1	0	0					
			IV зона	-	-	0,067	56	1	0	0					
														1807,4	
11	Лестничная клетка	16	Нар. ст.	Юг	6,48	0,41	56	1	148,78	0,05				156,22	
			Окно	Юг	5,22	1,92	56	1	561,25	0,05				589,31	
			I зона	-	6	0,476	56	1	159,94	0				159,94	
			II зона	-	6	0,2	56	1	67,2	0				67,2	
			III зона	-	6	0,11	56	1	36,96	0					

Продолжение табл. 3

№	Помещение	тв, С	Характеристики ограждения			К, Вт/м2*С	(тв-тн), С	п	Осн. теплопотери, Вт	Коэф. доб. теплопотерь β	Характеристики помещения			Потери на инфильтрацию, Вт	q				
			Наименование	Ориент.	А, м2						Длина, м	Ширина, м	Площадь F, м2						
1-ый этаж																			
			IV зона	-	-	0,067	56	1	0	0					972,67				
2 этаж																			
201	Административно-бытовое помещение	22	Нар. ст.	Запад	8,76	0,41	62	1	222,68	0,05					233,81				
			Окно	Запад	5,22	1,92	62	1	621,39	0,05					652,46				
			Окно	Запад	1,62	1,92	62	1	192,84	0,05					202,48				
															4,8	3,6	17,28	1329,21	
																			2417,96
202	Административно-бытовое помещение	22	Нар. ст.	Запад	6,6	0,41	62	1	167,77	0,05					176,16				
			Нар. ст.	Север	23,4	0,41	62	1	594,83	0,1					654,31				
			Окно	Запад	9	1,92	62	1	1071,36	0,05					1124,93				
															4,8	3,6	17,28	1329,21	
																			3284,61
203	Административно-бытовое помещение	22	Нар. ст.	Север	25,56	0,41	62	1	649,74	0,1					714,71				
			Окно	Север	10,62	1,92	62	1	1264,2	0,1					1390,62				
			Окно	Север	10,62	1,92	62	1	1264,2	0,1					1390,62				
															4,8	3,6	17,28	1329,21	
																			4825,16
204	Лаборатория	22	Нар. ст.	Север	12,78	0,41	62	1	324,87	0,1					357,36				
			Окно	Север	10,62	1,92	62	1	1264,2	0,1					1390,62				
															4,8	2,4	11,52	886,14	
																			2634,12
205	Лаборатория	22	Нар. ст.	Север	12,78	0,41	62	1	324,87	0,1					357,36				
			Окно	Север	10,62	1,92	62	1	1264,2	0,1					1390,62				
															4,8	2,4	11,52	886,14	
																			2634,12
206	Лаборатория	22	Нар. ст.	Север	12,78	0,41	62	1	324,87	0,1					357,36				
			Окно	Север	10,62	1,92	62	1	1264,2	0,1					1390,62				
															4,8	3,6	17,28	854,7	
																			2374,97

Продолжение табл. 3

№	Помещение	тв, С	Характеристики ограждения			К, Вт/м2*С	(тв- тн), С	п	Осн. теплопотери, Вт	Коэф. доб. теплопотерь β	Характеристики помещения			Потери на инфильтрацию, Вт	q				
			Наименование	Ориент.	А, м2						Длина, м	Ширина, м	Площадь F, м2						
2-ой этаж																			
207	Лаборатория	22	Нар. ст.	Север	12,78	0,41	62	1	324,87	0,1					357,36				
			Окно	Север	10,62	1,92	62	1	1264,2	0,1					1390,62				
															4,8	3,6	17,28	986,31	
																			3260,83
208	Лаборатория	22	Нар. ст.	Юг	12,78	0,41	62	1	324,87	0					324,87				
			Окно	Юг	10,62	1,92	62	1	1264,2	0					1264,2				
															4,8	3,6	17,28	748,84	
																			4256,53
209	Лаборатория	22	Нар. ст.	Юг	25,56	0,41	62	1	649,74	0					649,74				
			Окно	Юг	10,62	1,92	62	1	1264,2	0					1264,2				
			Окно	Юг	10,62	1,92	62	1	1264,2	0					1264,2				
															4,8	3,6	17,28	1329,21	
																			4507,35
210	Административно-бытовое помещение	22	Нар. ст.	Юг	16,68	0,41	62	1	424,01	0					424,01				
			Окно	Юг	10,62	1,92	62	1	1264,2	0					1264,2				
															4,8	2,4	11,52	886,14	
																			2574,35
2	Коридор	18	Нар. ст.	Запад	2,16	0,41	58	1	51,36	0,05					53,93				
			Нар. ст.	Юг	6,48	1,92	58	1	721,61	0					721,61				
			Окно	Запад	5,22	1,92	58	1	581,3	0,05					610,37				
			Окно	Запад	5,22	1,92	58	1	581,3	0,05									
			Окно	Юг	5,22	1,92	58	1	581,3	0									
															4,8	4,8	23,04	1657,95	
																			3043,86
19	Сан.Узел	16	Нар. ст.	Юг	10,68	0,41	56	1	245,21	0					245,21				
			Окно	Юг	8,82	1,92	56	1	948,33	0					948,33				
															4,8	4,8	23,04	1600,77	
																			2794,31
113	Лестничная клетка	16	Нар. ст.	Запад	6,48	0,41	56	1	148,78	0,05					156,22				
			Нар. ст.	Юг	23,4	0,41	56	1	537,26	0					537,26				

Продолжение табл. 3

№	Помещение	тв, С	Характеристики ограждения			К, Вт/м2*С	(тв-тн), С	п	Осн. теплотери, Вт	Коеф. доб. теплопотерь β	Характеристики помещения			Потери на инфильтрацию, Вт	q	
			Наименование	Ориент.	А, м2						Длина, м	Ширина, м	Площадь F, м2			
2-ой этаж																
			Окно	Запад	5,22	1,92	56	1	561,25	0,05						
												4,8	2,4	11,52	800,39	
															1493,87	
114	Лестничная клетка	16	Нар. ст.	Юг	6,48	0,41	56	1	148,78	0					148,78	
			Окно	Юг	5,22	1,92	56	1	561,25	0					561,25	
												4,8	3,6	17,28	1200,58	
															1910,61	
3 этаж																
301	Административно-бытовое помещение	22	Нар. ст.	Запад	19,26	0,41	62	1	489,59	0,05					514,07	
			Нар. ст.	Север	36,18	0,41	62	1	919,7	0,1					1011,67	
			Окно	Запад	5,22	1,92	62	1	621,39	0,05					652,46	
			Окно	Запад	10,62	1,92	62	1	1264,2	0,05						
			Окно	Север	10,62	1,92	62	1	1264,2	0,05						
			БчП	-	112,1	0,31	62	0,9	1939,11	0						
												4,8	3,6	17,28	1329,21	
															3507,41	
302	Административно-бытовое помещение	22	Нар. ст.	Север	25,56	0,41	62	1	649,74	0,1					714,71	
			Окно	Север	10,62	1,92	62	1	1264,2	0,1					1390,62	
			Окно	Север	10,62	1,92	62	1	1264,2	0,1					1390,62	
			БчП	-	115,2	0,31	62	0,9	1992,73	0						
												4,8	3,6	17,28	1329,21	
															4825,16	
303	Лаборатория	22	Нар. ст.	Север	12,78	0,41	62	1	324,87	0,1					357,36	
			Окно	Север	10,62	1,92	62	1	1264,2	0,1					1390,62	
			БчП	-	55,6	0,31	62	0,9	961,77	0						
												4,8	3,6	17,28	1257,93	
															1835,47	
304	Лаборатория	22	Нар. ст.	Север	12,78	0,41	62	1	324,87	0,1					357,36	
			Окно	Север	10,62	1,92	62	1	1264,2	0,1					1390,62	
			БчП	-	55,6	0,31	62	0,9	961,77	0						

Продолжение табл. 3

№	Помещение	тв, С	Характеристики ограждения			К, Вт/м2*С	(тв- тн), С	п	Осн. теплотери, Вт	Коэф. доб. теплотерь β	Характеристики помещения			Потери на инфильтрацию, Вт	q
			Наименование	Ориент.	А, м2						Длина, м	Ширина, м	Площадь F, м2		
3-ий этаж															
											4,8	2,4	11,52	886,14	
															2634,12
305	Лаборатория	22	Нар. ст.	Север	12,78	0,41	62	1	324,87	0,1					357,36
			Окно	Север	10,62	1,92	62	1	1264,2	0,1					1390,62
			БчП	-	59,3	0,31	62	0,9	1025,77	0					
											4,8	2,4	11,52	886,14	
															2634,12
306	Лаборатория	22	Нар. ст.	Север	23,4	0,41	62	1	594,83	0,1					654,31
			БчП	-	56,7	0,31	62	0,9	980,8	0					
											4,8	3,6	17,28	1257,93	
															1963,26
307	Гардеробная	18	Нар. ст.	Север	23,4	0,41	58	1	556,45	0,1					612,1
			Нар. ст.	Восток	31,86	0,41	58	1	757,63	0,1					833,39
			Окно	Восток	10,62	1,92	58	1	1182,64	0,1					1300,9
			Окно	Восток	10,62	1,92	58	1	1182,64	0,1					
			Окно	Восток	5,4	1,92	58	1	601,34	0,1					
			БчП	-	86,6	0,31	58	0,9	1401,36	0					
											4,8	3,6	17,28	1243,46	
															3989,85
308	Комната приема пищи	20	Нар. ст.	Восток	6,48	0,41	60	1	159,41	0,1					175,35
			Нар. ст.	Юг	23,4	0,41	60	1	575,64	0					575,64
			Окно	Восток	5,22	1,92	60	1	601,34	0,1					661,47
			БчП	-	15,5	0,31	62	0,9	268,12	0					
											4,8	3,6	17,28	967,36	
															3623,67
309	Электрощитовая	5	Нар. ст.	Юг	15,6	0,41	45	1	287,82	0					287,82
			БчП	-	23,1	0,31	45	0,9	290,02	0					
											4,8	3,6	17,28	964,75	
															1252,57
310	Административно-бытовое помещение	22	Нар. ст.	Юг	6,48	0,41	62	1	164,72	0					164,72

Продолжение табл. 3

№	Помещение	тв, С	Характеристики ограждения			К, Вт/м2*С	(тв-тн), С	п	Осн. теплопотери, Вт	Коэф. доб. теплопотерь β	Характеристики помещения			Потери на инфильтрацию, Вт	q
			Наименование	Ориент.	А, м2						Длина, м	Ширина, м	Площадь F, м2		
3-ий этаж															
			Окно	Юг	5,22	1,92	62	1	621,39	0				621,39	
			БчП	-	17,4	0,31	62	0,9	300,99	0					
											4,8	2,4	11,52	886,14	
															1672,25
311	Лаборатория	22	Нар. ст.	Юг	25,56	0,41	62	1	649,74	0				649,74	
			Окно	Юг	10,62	1,92	62	1	1264,2	0				1264,2	
			Окно	Юг	10,62	1,92	62	1	1264,2	0				1264,2	
			БчП	-	72	0,31	62	0,9	1245,46	0					
											4,8	4,8	23,04	1772,29	
															4950,43
312	Лаборатория	22	Нар. ст.	Юг	12,78	0,41	62	1	324,87	0				324,87	
			Окно	Юг	10,62	1,92	62	1	1264,2	0				1264,2	
			БчП	-	35,6	0,31	62	0,9	615,81	0					
											4,8	4,8	23,04	1772,29	
															3361,36
313	Административно-бытовое помещение	22	Нар. ст.	Юг	7,53	0,41	62	1	191,41	0				191,41	
			Окно	Юг	6,12	1,92	62	1	728,52	0				728,52	
			БчП	-	55,7	0,31	62	0,9	963,5	0					
											4,8	2,4	11,52	886,14	
															1806,07
314	Административно-бытовое помещение	22	Нар. ст.	Юг	9,15	0,41	62	1	232,59	0				232,59	
			Окно	Юг	4,5	1,92	62	1	535,68	0				535,68	
			БчП	-	55,7	0,31	62	0,9	963,5	0					
											4,8	3,6	17,28	1329,21	
															2097,48
315	Административно-бытовое помещение	22	Нар. ст.	Запад	6,48	0,41	62	1	164,72	0,05				172,96	
			Окно	Запад	5,22	1,92	62	1	621,39	0,05				652,46	
			БчП	-	55,7	0,31	62	0,9	963,5	0					
											4,8	3,6	17,28	1329,21	
															1953,51

Продолжение табл. 3

№	Помещение	тв, С	Характеристики ограждения			К, Вт/м2*С	(тв-тн), С	п	Осн. теплопотери, Вт	Коэф. доб. теплопотерь β	Характеристики помещения			Потери на инфильтрацию, Вт	q
			Наименование	Ориент.	А, м2						Длина, м	Ширина, м	Площадь F, м2		
3-ий этаж															
4	Коридор	18	Нар. ст.	Запад	6,48	0,41	58	1	154,09	0,05					161,79
			Нар. ст.	Юг	4,38	0,41	58	1	104,16	0					104,16
			Вс	-	37	1,23	13	1	591,63	0					591,63
			Дверь	-	2	1,3	13	1	33,8	0					
			Окно	Запад	5,22	1,92	58	1	581,3	0,05					
			Окно	Юг	3,42	1,92	58	1	380,85	0					
			БчП	-	113,5	0,31	58	0,9	1836,66	0					
							4,8	3,6	17,28	278,71					
														1136,29	
21	Сан.Узел	16	Нар. ст.	Юг	14,28	0,41	56	1	327,87	0					327,87
			Окно	Юг	5,22	1,92	56	1	561,25	0					561,25
			БчП	-	30	0,31	56	0,9	468,72	0					
							4,8	3,6	17,28	264,73					
304	Лестничная клетка	16	Нар. ст.	Запад	6,48	0,41	56	1	148,78	0,05					156,22
			Нар. ст.	Юг	23,4	0,41	56	1	537,26	0					537,26
			Окно	Запад	5,22	1,92	56	1	561,25	0,05					
			БчП	-	18,8	0,31	56	0,9	293,73	0					
							4,8	2,4	11,52	800,39					
305	Лестничная клетка	16	Нар. ст.	Юг	6,48	0,41	56	1	148,78	0					148,78
			Вс	-	23,4	1,23	11	1	316,6	0					316,6
			Окно	Юг	5,22	1,92	56	1	561,25	0					
			БчП	-	18,9	0,31	56	0,9	295,29	0					
							4,8	2,4	11,52	157,22					
Технический этаж															
401	Бытовое помещение	20	Нар. ст.	Запад	7,12	0,87	54	1	334,5	0,05					351,23
			Окно	Запад	1,92	1,75	54	1	181,44	0,05					190,51
			Дверь балк.	Запад	1,76	2,8	54	1	266,11	0,05					279,42

Продолжение табл. 3

№	Помещение	тв, С	Характеристики ограждения			К, Вт/м2*С	(тв- тн), С	п	Осн. теплопотери, Вт	Коэф. доб. теплопотерь β	Характеристики помещения			Потери на инфильтрацию, Вт	q
			Наименование	Ориент.	А, м2						Длина, м	Ширина, м	Площадь F, м2		
Технический этаж															
											4,8	3,6	17,28	1157,7	
															1978,86
402	Бытовое помещение	20	Нар. ст.	Запад	7,12	0,87	54	1	334,5	0,05					351,23
			Окно	Запад	1,92	1,75	54	1	181,44	0,05					190,51
			Дверь балк.	Запад	1,76	2,8	54	1	266,11	0,05					279,42
											4,8	3,6	17,28	1157,7	
															1978,86
403	Бытовое помещение (угловое)	20	Нар. ст.	Запад	7,6	0,87	54	1	357,05	0,05					374,9
			Нар. ст.	Юг	3,6	0,87	54	1	169,13	0					169,13
			Окно	Запад	3,2	1,75	54	1	302,4	0,05					317,52
											4,8	3,6	17,28	1157,7	
															2019,25
404	Бытовое помещение	20	Нар. ст.	Запад	5,28	0,87	54	1	248,05	0,05					260,45
			Окно	Запад	1,92	1,75	54	1	181,44	0,05					190,51
															4,8
															1222,76
405	Бытовое помещение	20	Нар. ст.	Запад	5,28	0,87	54	1	248,05	0,05					260,45
			Окно	Запад	1,92	1,75	54	1	181,44	0,05					190,51
															4,8
															1222,76
406	Бытовое помещение (угловое)	20	Нар. ст.	Запад	7,6	0,87	54	1	357,05	0,05					374,9
			Нар. ст.	Север	3,6	0,87	54	1	169,13	0,1					186,04
			Окно	Запад	3,2	1,75	54	1	302,4	0,05					317,52
											4,8	3,6	17,28	1157,7	
															2036,16
407	Бытовое помещение	20	Нар. ст.	Запад	7,12	0,87	54	1	334,5	0,05					351,23
			Окно	Запад	1,92	1,75	54	1	181,44	0,05					190,51
			Дверь балк.	Запад	1,76	2,8	54	1	266,11	0,05					279,42
											4,8	3,6	17,28	1157,7	
															1978,86

Продолжение табл. 3

Лестничная клетка											
000	-	18	Нар. ст.	Восток	68,4	0,87	52	1	3094,42	0,1	3403,86
			Потолок	-	23,04	0,66	52	0,9	711,66	0	711,66
			Окна	Восток	23,04	1,75	52	1	2096,64	0,1	2306,3
			Нар. дверь. двойная с тамб.	Восток	2,64	2,4	52	1	329,47	5,4	2108,61
											8530,43

Суммарные тепловые потери	87391,63	кВт
---------------------------	----------	-----

4 Выбор и размещение отопительных приборов

После принятия основных решений по конструкции системы отопления намечают места установки нагревательных приборов. Размещение вертикального отопительного прибора в помещении возможно как у наружной, так и у внутренней стены (рис. 5). На первый взгляд, целесообразна установка прибора у внутренней стены помещения (рис. 5, б), что сокращает длину труб, подающих и отводящих теплоноситель от прибора, т.к. при этом требуется один стояк на два прибора. Кроме того, увеличивается теплопередача такого прибора радиатора в помещение (примерно на 7 % в равных температурных условиях), вследствие интенсификации лучистого теплообмена и устранения дополнительной теплопотери через наружную стену. Все же подобное размещение прибора допустимо лишь в южных районах России с короткой и теплой зимой, так как оно сопровождается неблагоприятным для здоровья людей движением воздуха с пониженной температурой у пола помещений.

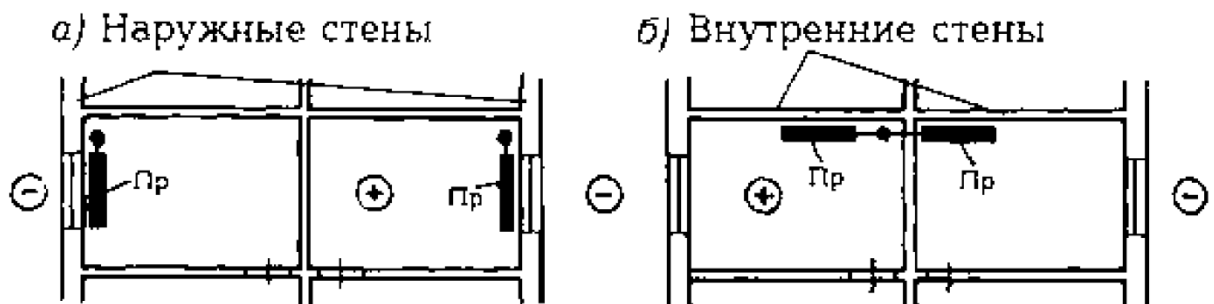


Рис.5 Размещение отопительных приборов в помещениях (в плане): а — под окнами; б — у внутренних стен; Пр — отопительный прибор

В средней полосе и северных районах России целесообразно устанавливать отопительный прибор вдоль наружной стены помещения и особенно под окном (рис. 5, а). При таком размещении прибора возрастает температура внутренней поверхности в нижней части наружной стены и окна,

что повышает тепловой комфорт помещения, уменьшая радиационное охлаждение людей [2].

Вертикальный отопительный прибор следует размещать как можно ближе к полу помещения, но не ближе 60 мм от пола для удобства очистки под приборного пространства от пыли. При значительном подъеме прибора над полом в помещении создается охлажденная зона, так как циркуляционные потоки нагреваемого воздуха, замыкаясь на уровне установки прибора, не захватывают и не прогревают в этом случае нижнюю часть помещения.

Исходя из особенности теплового режима помещений, места и длительность пребывания в них людей, противопожарные, противовзрывные и повышенные санитарно-гигиенические требования к отопительной системе, следует выбрать приборы конвективно-радиационные с гладкой поверхностью, секционные с размещением их открытым способом у стены, под оконными проемами на расстоянии не менее 25 мм от стены и 60 мм от пола. Выберем и рассчитаем 2 варианта отопительных приборов для проектного здания алюминиевые секционные радиаторы Extra THERM Nova Florida S.r.l [24], с характеристиками (одной секции):

Номинальный тепловой поток одной секции – 199 Вт.

Площадь наружной поверхности нагрева – 0,426 м².

Плотность номинального теплового потока – 467 Вт/м².

Расстояние между осями присоединительных трубопроводов – 500мм.

Максимально допустимая температура теплоносителя – 120°C.

Чугунные секционные радиаторы TOPRAK TD-134/500 [25], с характеристиками (одной секции):

Номинальный тепловой поток одной секции – 160 Вт

Площадь наружной поверхности нагрева – 0,34 м²

Плотность номинального теплового потока – 470 Вт/м²

Расстояние между осями присоединительных трубопроводов – 500мм

Максимально допустимая температура теплоносителя – 130°C

7 Подбор оборудования теплового пункта

7.1 Тепловой расчет пластинчатого теплообменника

Пластинчатые теплообменники бывают различных конструкции, применяются в основном, когда коэффициенты теплообмена для обоих теплоносителей приблизительно равны. В настоящее время эти теплообменники очень компактны и по технико – экономическим и по эксплуатационным показателям превосходят большинство кожухотрубных теплообменников. Однако эксплуатировать эти аппараты при сверх высоких давлениях и температурах сложнее по сравнению с кожухотрубными.

Условное обозначение теплообменного пластинчатого аппарата: первые буквы обозначают тип аппарата – теплообменник Р (РС) разборный (полусварной); следующее обозначение – тип пластины; цифры после тире – толщина пластины, далее – площадь поверхности теплообмена аппарата (кв.м), затем – конструктивное исполнение (в соответствии с табл. 2 в прил. 8 СП 41-101-95), марка материала пластины и марка материала прокладки (в соответствии с табл. 3 в прил. 8 СП 41-101-95).

В прил. 8 СП 41-101-95 рассматриваются теплообменники с тремя типами пластин – 0,3р, 0,6р и 0,5Пр. При высоких давлениях целесообразнее применение теплообменников РС 0,5Пр, поскольку эти теплообменники надежно работают при рабочем давлении до 1,6 МПа (16 кгс/кв.см). Для своего расчета выбираем теплообменник с пластинами типа 0,6р, так как эти пластины большей площади (0,6 кв.м) и сам теплообменный аппарат получается меньше по габаритам. Максимальный расход греющей воды, проходящей по межтрубному пространству теплообменника:

$$Q = G_1 c_1 (t_1' - t_1'') = G_2 c_2 (t_2'' - t_2'), \text{ Вт} \quad (7.1)$$

Тогда расход

$$G_1 = \frac{Q}{c_1 (t_1' - t_1'')} \text{ и } G_2 = \frac{Q}{c_2 (t_2'' - t_2')}, \text{ кг/с} \quad (7.2)$$

Теплоемкость греющей воды при ср. температуре $t_{1cp} = \frac{t_1' + t_1''}{2} = \frac{150 + 70}{2} = 110^\circ\text{C}$ принимается равной $c_1 = 4,22 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ и плотность $\rho_1 = 958,4 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ [9, стр. 103-104].

$$G_1 = \frac{127915}{4,22 \cdot 10^3 \cdot (150 - 70)} = 0,43 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Теплоемкость воды при ср. температуре $t_{2cp} = \frac{t_2' + t_2''}{2} = \frac{105 + 65}{2} = 85^\circ\text{C}$ принимается равной $c_2 = 4,200 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ и плотность $\rho_2 = 968,6 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ [8].

$$G_2 = \frac{127915}{4,208 \cdot 10^3 \cdot (105 - 65)} = 0,87 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Соотношение числа ходов для греющей X_1 и нагреваемой X_2 воды находится по формуле:

$$\frac{X_1}{X_2} = \left(\frac{G_{zp}}{G_{нагр}} \right)^{0,636} \cdot \left(\frac{\Delta P_{zp}}{\Delta P_{нагр}} \right)^{0,364} \cdot \frac{1000 - t_{ср}^{нагр}}{1000 - t_{ср}^{zp}} \quad (7.3)$$

$\Delta P_{zp} = 38 \text{ кПа}$ и $\Delta P_{нагр} = 500 \text{ кПа}$ (из гидравлического расчета). Подставив числовые данные, получаем:

$$\frac{X_1}{X_2} = \left(\frac{0,43}{0,87} \right)^{0,636} \cdot \left(\frac{38}{500} \right)^{0,364} \cdot \frac{1000 - 85}{1000 - 92,5} = 0,31$$

Полученное соотношение ходов не превышает 2, значит для повышения скорости воды и, следовательно, для эффективного теплообмена целесообразна симметричная компоновка (рис. 4)

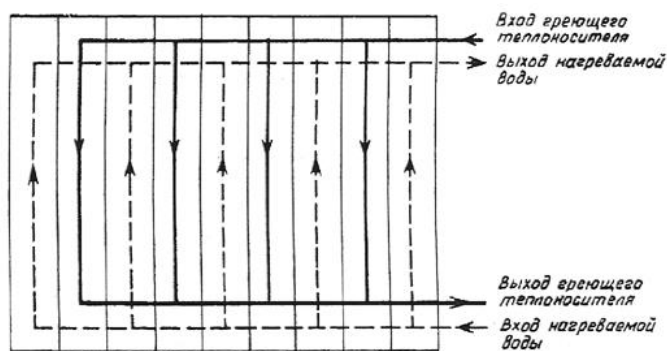


Рис. 6 Симметричная компоновка пластинчатого водоподогревателя

При расчете пластинчатого водоподогревателя оптимальная скорость воды в каналах принимается по ГОСТ 15515 равной $w_{\text{опт}} = 0,5$ м/с. Основные технические параметры пластины 0,6р занесем в табл. 7.

Теперь по оптимальной скорости находим требуемое количество каналов по нагреваемой воде $m_{\text{нагр}}$:

$$m_{\text{нагр}} = \frac{G_1}{\omega_{\text{опт}} f_k \rho_1} \quad (7.4)$$

где f_k – живое сечение одного межпластинчатого канала. Для выбранного теплообменника $f_k = 0,00245 \text{ м}^2$, тогда

$$m_{\text{нагр}} = \frac{0,87}{0,5 \cdot 0,00245 \cdot 968} = 0,73 \approx 1$$

Компоновка водоподогревателя симметричная, т.е. $m_{\text{гр}} = m_{\text{нагр}}$. Общее живое сечение каналов в пакете по ходу греющей и нагреваемой воды:

$$f_{\text{гр}} = f_{\text{нагр}} = m_{\text{нагр}} \cdot f_k, \text{ м}^2 \quad (7.5)$$

$$f_{\text{гр}} = f_{\text{нагр}} = 1 \cdot 0,00245 = 0,00245 \text{ м}^2$$

Таблица 7

Технические параметры пластины 0,6р

Показатель	Числовое значение
Габариты (длина х ширина х толщина), мм	1375х600х1
Поверхность теплообмена, кв.м	0,6
Вес (масса), кг	5,8
Эквивалентный диаметр канала, м	0,0083
Площадь поперечного сечения канала, кв.м	0,00245
Смачиваемый периметр в поперечном сечении канала, м	1,188
Ширина канала, мм	545
Зазор для прохода рабочей среды в канале, мм	4,5
Приведенная длина канала, м	1,01
Площадь поперечного сечения коллектора	0,0243
Наибольший диаметр условного прохода присоединяемого штуцера, мм	200
Коэффициент общего гидравлического сопротивления	15
Коэффициент гидр. сопротивления штуцера ζ	1,5

Коэффициенты:	
А	0,492
Б	3,0

Теперь по оптимальной скорости находим требуемое количество каналов по греющей воде m_{cp} :

$$m_{cp} = \frac{G_1}{\omega_{opt} f_k \rho_1} \quad (7.6)$$

где f_k – живое сечение одного межпластинчатого канала. Для выбранного теплообменника $f_k = 0,00245 \text{ м}^2$, тогда

$$m_{cp} = \frac{0,43}{0,5 \cdot 0,00245 \cdot 958} = 0,37 \approx 1$$

Находим фактические скорости греющей и нагреваемой воды, м/с

$$\omega_{cp} = \frac{G_1}{f_{cp} \rho_1} = \frac{0,43}{0,00245 \cdot 958} = 0,18 \text{ м/с}$$

$$\omega_{нагр} = \frac{G_2}{f_{нагр} \rho_2} = \frac{0,87}{0,00245 \cdot 968} = 0,40 \text{ м/с}$$

Коэффициент теплоотдачи $\alpha_1, \text{Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ от греющей воды к стенке пластины определяется по формуле [3]:

$$\alpha_1 = 1,16 A [23000 + 283 t_{1cp} - 0,63 t_{1cp}^2] \cdot \omega_{cp}^{0,73} \quad (7.7)$$

$$\alpha_1 = 1,16 \cdot 0,492 [23000 + 283 \cdot 105 - 0,63 \cdot 105^2] \cdot 0,18^{0,73} = 7445$$

где А – коэффициент, зависящий от типа пластин, для типа выбранных пластин $A=0,492$ (см. табл. 7).

Коэффициент тепловосприятия $\alpha_2, \text{Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ от стенки пластины к нагреваемой воде принимается по формуле (7.7)

$$\alpha_2 = 1,16 \cdot 0,492 [23000 + 283 \cdot 85 - 0,63 \cdot 85^2] \cdot 0,4^{0,73} = 12371$$

Коэффициент теплопередачи $k \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ определяется по формуле:

$$k = \frac{\beta}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}}}, \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C} \quad (7.8)$$

где β – коэффициент, учитывающий уменьшение коэффициента теплопередачи из-за термического сопротивления накипи и загрязнений на пластине, в зависимости от качества воды принимается равным 0,7 – 0,85. Толщина пластины и коэффициент теплопроводности пластины для пластинчатых теплообменников по ГОСТ 15518 равны соответственно:

$$\delta_{cm} = 1 \text{ мм} = 0,001 \text{ м} \text{ и } \lambda_{cm} = 16 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$k = \frac{0,8}{\frac{1}{7445} + \frac{1}{12371} + \frac{0,001}{16}} = 2963$$

Теперь определим необходимую поверхность нагрева F_{mp} по формуле:

$$F_{mp} = \frac{Q}{k\Delta t} = \frac{127915}{2963 \cdot 15,5} = 2,8 \text{ м}^2 \quad (7.9)$$

Количество ходов в теплообменнике X :

$$X = \frac{F_{mp} + f_{nl}}{2mf_{nl}} = \frac{5,4 + 0,6}{2 \cdot 0,6} = 2,8 \quad (7.10)$$

где f_{nl} – поверхность нагрева одной пластины, кв.м.

Число ходов округляется до целой величины, в нашем случае до 3.

В одноходовых теплообменниках четыре штуцера для подвода и отвода греющей и нагреваемой воды располагаются на одной неподвижной плите.

Действительная поверхность нагрева всего водоподогревателя определяется по формуле

$$F = (2mX - 1) f_{nl} \quad (7.11)$$

$$F = (2 \cdot 6 - 1) \cdot 0,6 = 3 \text{ м}^2$$

Потери давления ΔP кПа в водоподогревателях следует определять по формулам:

для нагреваемой воды

$$\Delta P_{нагр} = \phi B (33 - 0,08 t_{2cp}) \omega_{нагр}^{1,75} \cdot X \quad (7.12)$$

$$\Delta P_{нагр} = 1,5 \cdot 3 \cdot (33 - 0,08 \cdot 105) \cdot 0,4^{1,75} \cdot 3 = 66,4 \text{ кПа}$$

для греющей воды

$$\Delta P_{cp} = \varphi B (33 - 0,08 t_{1cp}) \omega_{cp}^{1,75} \cdot X \quad (7.13)$$

$$\Delta P_{cp} = 1 \cdot 3 \cdot (33 - 0,08 \cdot 92,5) \cdot 0,18^{1,75} \cdot 3 = 11,5 \text{ кПа}$$

где φ – коэффициент, учитывающий накипеобразование, который для греющей сетевой воды равен единице, а для нагреваемой воды должен приниматься по опытным данным, при отсутствии таких данных можно принимать $\varphi = 1,5 - 2$.

B – коэффициент, зависящий от типа пластины, принимается по табл. 3.

В результате расчета по табл. 2 из прил. 8 СП 41-101-95 в качестве водоподогревателя системы отопления принимаем теплообменник разборной конструкции (Р) с пластинами типа 0,6р, толщиной 0,8 мм, из стали 12Х18Н10Т (исполнение 01), на двухопорной раме (исполнение 2К), с уплотнительными прокладками из резины ИРП 1225 (исполнение 4). Поверхность нагрева – 6,6 кв.м. Условное обозначение такого аппарата будет выглядеть Р 0,6р-0,8-3-2К-01-4, его габариты $605 \times 750 \times 1800 \text{ мм}$.

5.1 Подбор циркуляционного насоса

Для подбора циркуляционного насоса необходимо определить требуемую его подачу V_n , м³/ч и напор P_n , кПа. Подача насоса соответствует расходу в системе отопления, а требуемый напор определяется суммой составляющих потерь давления в циркуляционном кольце (значения принимаются на основе гидравлического расчета см. табл. 5.1)

Устанавливаем циркуляционный насос Magna 32-120F с $Q=2,33 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $H=12,0 \text{ м. вод.ст.}$ [26].

6 Выбор принципиальных решений системы вентиляции

С целью эффективного устранения вредных веществ из воздуха, а также для притока свежего воздуха рекомендуется установка вентиляционного оборудования. Вентиляция помогает создавать и контролировать благоприятные условия для эффективной и здоровой жизнедеятельности человека (поддержание постоянной температуры, относительной влажности, скорости движения воздуха, допустимой концентрации вредных примесей).

Системы вентиляции можно классифицировать по следующим основным признакам:

- по назначению: приточная, вытяжная и приточно-вытяжная система вентиляции;
- по способу перемещения воздуха: естественная или искусственная система вентиляции;
- по зоне обслуживания: местная или общеобменная система вентиляции.

Системы приточной, вытяжной и приточно-вытяжной вентиляции

Приточная вентиляция служит для подачи свежего воздуха в помещения. При необходимости, подаваемый воздух нагревается и очищается от пыли. Вытяжная вентиляция, напротив, удаляет из помещения загрязненный или нагретый воздух. Обычно в помещении устанавливается как приточная, так и вытяжная вентиляция. При этом их производительность должна быть сбалансирована, иначе в помещении будет образовываться недостаточное или избыточное давление, что приведет к неприятному эффекту «хлопающих дверей» [10].

Естественная и искусственная система вентиляции

При естественной вентиляции воздухообмен осуществляется из-за разницы давления снаружи и внутри здания, разности температур воздуха в помещении и вне его, из-за изменения давления и зависящего от высоты здания, и в результате ветрового давления без использования электрооборудования. Такая система вентиляции дешевая и проста в монтаже, но на её производительность

на прямую влияют внешние факторы, такие как температура окружающей среды, направления и скорости ветра и т.д.. Данные системы не решают все задачи по вентиляции здания.

Искусственная или механическая вентиляция применяется там, где недостаточно естественной. В механических системах используются оборудования и приборы (вентиляторы, фильтры, воздухонагреватели и т.д.), позволяющие перемещать, очищать и нагревать воздух. Такие системы могут удалять или подавать воздух в вентилируемые помещения не зависимо от условий окружающей среды. На практике часто предусматривают смешанную вентиляцию: естественную и механическую [9].

Местная и общеобменная система вентиляции

Местная вентиляция предназначена для подачи свежего воздуха на определенные места (местная приточная вентиляция) или для удаления загрязненного воздуха от мест образования вредных выделений (местная вытяжная вентиляция). Местную вытяжную вентиляцию применяют, когда места выделения вредных веществ локализованы и можно предотвратить их распространение по всему помещению. В этих случаях местная вентиляция достаточно эффективна и сравнительно недорога. Местная приточная вентиляция применяется для подачи свежего воздуха непосредственно к рабочим местам для локального снижения температуры.

Общеобменная вентиляция, в отличие от местной, предназначена для осуществления вентиляции во всем помещении. Общеобменная вентиляция так же может быть приточной и вытяжной. Приточную общеобменную вентиляцию, как правило, необходимо выполнять с подогревом и фильтрацией приточного воздуха. Поэтому такая вентиляция должна быть механической (искусственной). Общеобменная вытяжная вентиляция может быть проще приточной и выполняться в виде вентилятора, установленного в окне или отверстие в стене, поскольку удаляемый воздух не требуется обрабатывать. При небольших объемах вентилируемого воздуха устанавливают естественную вытяжную вентиляцию, которая заметно дешевле механической.

В системы механической общеобменной приточной вентиляции входят воздухоприемное устройство для наружного воздуха с клапаном, фильтр для очистки воздуха от пыли в наружном воздухе, воздухонагреватели-калориферы, вентилятор, шумоглушитель, для предотвращения распространения шума по воздуховодам, сеть воздухопроводов и устройства выпуска воздуха в рабочее помещение [10].

Общий принцип решения задачи оптимального размещения устройств притока и вытяжки состоит в том, что удаление воздуха следует производить из мест наибольшей концентрации вредности; приток же следует давать в места, где концентрация вредности наименьшая.

Выбор схемы вентиляции для создания в помещениях воздушной среды, удовлетворяющей установленным гигиеническим нормам и технологическим требованиям, зависит от назначения здания, характера помещений и наличия вредных выделений. В зданиях административно – бытового назначения применяется механическая приточно-вытяжная вентиляция. При расчете вентиляции руководствуются данными о кратности воздухообмена в помещениях различного назначения, приведенными в [11]. Если для рассматриваемого помещения кратность воздухообмена не установлена, то вентиляционный объем определяется расчетом.

Воздухообмен в проектных помещениях, кабинетах, служебных комнатах организовывается по схеме «сверху-вверх».

Приточный воздух рекомендуется подавать из воздухораспределителей, расположенных в верхней зоне помещения. Вытяжка также осуществляется из верхней зоны.

Для лабораторных помещений необходимо проектировать отдельную приточно-вытяжную вентиляцию с механическим побуждением. Температуру, относительную влажность и скорость движения воздуха в помещении лаборатории следует принимать как для производственных помещений, работы в которых относятся к категории легких. В помещениях, где производятся работы

с вредными веществами, не допускается рециркуляция воздуха. Также должны быть предусмотрены открывающиеся части окон [10].

В химической лаборатории устанавливаются как вытяжные шкафы так и вытяжные зонты.

Удаление воздуха в холодный период производится из верхней зоны помещения, что обеспечивает наиболее эффективное аэрирование помещения, исключает прорыв холодного воздуха через вытяжные отверстия в нижнюю зону, уменьшает шум от вентиляторов, позволяет с наибольшей эффективностью осуществить выброс загрязненного воздуха над кровлей здания.

Исходя из требований, предъявляемых к воздуху различных помещений проектного здания, анализируя (рассматривается в главе 9), намечаем к установке 7 приточных систем, 2 вытяжные системы и 50 местных отсосов.

9 Определение требуемого воздухообмена в помещении

Административные помещения

Количество вентиляционного воздуха определили для каждого помещения на основании выделяющихся в помещении вредностей, приведенных в табл.12.2-12.4 [12].

$$L = \frac{m_i}{q_{yx} - q_{np}}; \text{ м}^3/\text{ч} \quad (9.1)$$

где m_i – расход каждого из вредных или взрывоопасных веществ, поступающих в воздух в помещении, мг/ч;

q_{yx} – концентрация вредного или взрывоопасного вещества в воздухе, удаляемом за пределами обслуживаемой зоны помещения, мг/м³;

q_{np} – концентрация вредного или взрывоопасного вещества в воздухе, подаваемом в помещение, мг/м³;

Если характер и количество вредностей не поддается учету, вентиляционный воздухообмен определяется по кратностям вредностей, значение которых приведены в табл.12.7 [12] и СНиП 2.09.04-87*.

Приведенные в табл. 12.7 кратности обмена воздуха отнесены к высоте помещения 3 м. При другой высоте помещения эти кратности принимаются с коэффициентом, равным отношению высоты помещения (3 м) к проектной высоте.

$$L = n \cdot V, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (9.2)$$

Лабораторные помещения

По технологическим условиям для удаления вредностей из данных помещений предусматривается установка вытяжных шкафов или вытяжных зонтов. Воздухообмен будет определяться по формуле:

$$L = 3600 \cdot F \cdot v; \text{ м}^3/\text{ч} \quad (9.3)$$

где F – площадь рабочего проема, принимаемая 40-50% при полном открытии дверок шкафа м² [13];

v – скорость воздуха в рабочем проеме;

Скорость воздуха в рабочем проеме зависит от токсичности выделяющихся вредностей и принимается на основании справочных данных [10,12].

Разберем несколько помещений на примере.

Определим необходимый воздухообмен в комнате 109 (конференц-зал на 85 человек). Количество углекислого газа поступающего в помещение:

$$m_{\text{CO}_2} = 85 \cdot 40 = 3400 \text{ г / ч}$$

где 40 г/ч – количество углекислого газа, выделяемого одним человеком в состоянии покоя.

$$L = \frac{3400}{3,7 - 0,91} = 1200 \text{ м}^3 / \text{ч};$$

Допустимая концентрация углекислого газа в помещениях с кратковременным пребыванием людей $q_{yx} = 3,7 \text{ г/м}^3$; концентрация углекислого газа в наружном воздухе $q_{np} = 0,91 \text{ г/м}^3$ [7].

Воздухообмен в комнате №101 определяем по кратности воздухообмена:

$$L = \frac{3,9}{3} \cdot 1,5 \cdot 170 = 330 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Воздухообмен в лаборатории №104, где стоит вытяжной шкаф с размерами проема 0,6 х 0,8 м по табл. 4.1 $v = 1 \text{ м / с}$ [10]:

$$L = 3600 \cdot 0,5(0,6 \cdot 0,8) \cdot 1 = 900 \text{ м}^3 / \text{ч};$$

Вытяжные зонты используют для улавливания теплоты и вредных веществ от теплоисточников, когда более полное укрытие их невозможно. Зонт следует делать с центральным углом раскрытия не более 60°. Рассчитываем расход воздуха для зонта, расположенного на высоте $l = 0,9 \text{ м}$ над плитой длиной $a = 0,6 \text{ м}$ и шириной $b = 0,5 \text{ м}$ в помещении №107. Конвективная теплоотдача источника $Q = 1100 \text{ Вт}$. Скорость движения воздуха в помещении $v_B = 0,2 \text{ м/с}$.

Осевая скорость в конвективном потоке на уровне всасывания зонта определяется по формуле [7]:

$$Vl = 0,068 \cdot \sqrt[3]{\frac{Ql}{d^2}}, \text{ м} / \text{с} \quad (9.4)$$

где d – эквивалентный по площади диаметр:

$$d = 1,13 \sqrt{a \cdot b} = 1,13 \sqrt{0,6 \cdot 0,5} = 0,619 \text{ м}$$

$$Vl = 0,068 \cdot \sqrt[3]{\frac{1100 \cdot 0,9}{0,619^2}} = 1,139 \text{ м} / \text{с}$$

Использование вытяжных зонтов рационально, если:

$$\left(\frac{V_b}{Vl}\right) \left(\frac{l}{d}\right) \leq 0,35$$

$$\left(\frac{V_b}{Vl}\right) \left(\frac{l}{d}\right) = \left(\frac{0,2}{1,139}\right) \left(\frac{0,9}{0,619}\right) = 0,25 \leq 0,35$$

Значит использование зонта рационально.

Размеры приемного отверстия зонта рекомендуется применять следующими:

$$A = a + 2 \Delta ; B = b + 2 \Delta, \text{ где}$$

$$\Delta = 2,14 \left(\frac{V_b}{Vl}\right)^2 \left(\frac{l^2}{d}\right)$$

$$\text{Находим параметр } \Delta = 2,14 \left(\frac{0,2}{1,139}\right)^2 \left(\frac{0,9^2}{0,619}\right) = 0,086$$

и назначаем размеры зонта $A = 0,6 + 2 \times 0,086 = 0,772 \text{ м}$; $B = 0,5 + 2 \times 0,086 = 0,672 \text{ м}$

Расход воздуха для отсоса от источника равен:

$$L_{ii} = L_o \cdot k_i \cdot k_A \cdot k_o \quad (9.4)$$

где L_o – характерный расход, м³/ч; k_{II} – множитель, характеризующий влияние геометрических параметров, характеризующих систему «источник-отсос», $k_{II} = 1$; k_B – коэффициент, учитывающий влияние скорости движения воздуха в помещении; k_T – коэффициент, учитывающий токсичность вредных выделений, $k_T = 1$.

Для прямоугольных источников:

$$L_{\dot{1}} = 945 d^2 V_l = 945 (0,619)^2 1,139 = 412,42 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

$$k_B = \left(1 - \frac{2\Delta}{d}\right)^2 = \left(1 - \frac{2 \cdot 0,086}{0,619}\right)^2 = 0,52$$

Определяем расход воздуха:

$$L_{MO} = 412,42 \cdot 1 \cdot 0,52 \cdot 1 = 214,4 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

Остальные помещения рассчитываются аналогично. Результаты представлены в табл. 8

Таблица 8

Расчет требуемого воздухообмена в помещении

№	Объем, м ³	Вытяжная вентиляция	Приточная вентиляция			
		кол-во, м ³ /ч	№ сист.	кол-во, м ³ /ч	№ сист.	Кратность
101	170	-	-	330	П1	2
102	375	-	-	-	-	
103	140	900	MB1	900	П2	
104	230	900	MB2	900	П2	
105	230	900	MB3	900	П2	
106	240	540	B1	540	П2	
107	1870	1650	MB41			
		1850	MB45			
		1650	MB43			
		1650	MB44			
		1650	MB45	14200	П3	
		1650	MB46	1400	П4	
		1650	MB47			
		1650	MB48			
		1650	MB49			
		550	MB50			

Продолжение табл. 8

108	300	900	MB4	9000	П2	
		900	MB5			
		1800	MB6			
		1800	MB7			
		1800	MB8			
		1800	MB9			
109	300	-	-	1200	П7	
110	40	-	-	80	П1	2
Сан узел	90	250	B2	-	-	
Коридор	260	-	-	250	П1	
201	60	-	-	120	П1	2
202	60	-	-	120	П1	2
203	375	-	-	-	-	
204	240	1500	MB10	2580	П4	
		900	MB11			
		180	B1			
205	240	1550	MB12	3100	П4	
		1550	MB13			
206	240	1550	MB14	3100	П4	
		1550	MB15			
207	240	2580	B1	2580	П4	
208	150	1200	MB16	2100	П4	
		900	MB17			
209	220	750	MB18	750	П4	2
210	180	-		360	П1	2
Сан узел	90	250	B2	-	-	
Коридор	260	-	-	250	П1	

10 Аэродинамический расчет приточной и вытяжной вентиляции

Задачей аэродинамического расчета в системе вентиляции является определение сечения воздуховода, определение потерь давления в сети воздуховода, увязка давления во всех точках сети воздуховода и выбор вентиляционной установки, которая компенсируется с двигателем.

Расчет произведем по методу удельных потерь давления в следующей последовательности [13].

1. Выбираем основное расчетное направление. В качестве основного направления назначается наиболее протяженная и нагруженная цепочка последовательно расположенных расчетных участков. Участки магистрали нумеруют, начиная с наиболее удаленного. Номер, расход воздуха и длина каждого участка заносятся в графу 1,2 и 3 таблицы аэродинамического расчета (табл. 9).

2. Зная расход воздуха, на каждом участке и задавшись рекомендуемыми скоростями воздуха [7] (для промышленных зданий в магистрали до 12 м/с, в ответвлениях до 8 м/с), находим $d_{\text{эк}}$ размеры сторон прямоугольных воздуховодов.

$$d_{\text{эк}} = \frac{2a \cdot b}{a+b}, \text{ м}$$

Для этого размера воздуховода определяем удельную потерю давления на трение на 1 м длины участка R и динамическое давление H_d [13]. Найденные величины заносим в 4,5,6,9 графы (табл. 9).

3. Потери давления на трение на участке воздуховода определяются по формуле

$$R_t = l \cdot R, \text{ Па}$$

где l – длина участка воздуховода, м.

Результаты заносим в графу 7 (табл. 9).

4. Определяем потери в местных сопротивлениях. Вначале устанавливаем перечень местных сопротивлений на каждом участке и значения коэффициентов местных сопротивлений для них по таблицам стр.214-228 [14]. Сумму коэффициентов местных сопротивлений на каждом участке заносим в графу 8 (табл. 9).

5. Потери давления на местные сопротивления:

$$Z = H_d \cdot \sum \zeta, \text{Па.}$$

Результаты расчета заносим в графу 10 (табл. 9).

6. Общие потери давления на каком-либо участке воздуховода:

$$\Delta P_{уч} = R \cdot l + Z, \text{Па.}$$

Результаты расчета сводятся в графу 11 (табл. 9).

7. Далее проводят увязку всех остальных участков системы , начиная с самых протяженных ответвлений. Методика увязки ответвлений аналогична расчету участков основного направления. Разница состоит лишь в том, что при увязке каждого ответвления известны потери в нем. Потери от точки разветвления до конца ответвления должны быть равны потерям от той же точки до конца главной магистрали, т.е.

$$(R \cdot l + Z)_{отв} = (R \cdot l + Z)_{парал.уч}.$$

Для расчета ответвления применяется способ последовательного подбора. Размеры сечений ответвлений считаются подобранными, если относительная невязка потерь не превышает 15%. При невозможности увязки потерь давления по ответвлениям воздуховодов устанавливают диафрагмы.

$$\zeta_{диаф} = \Delta P_{неувязки} / H_d$$

где H_d – динамическое давление на участке, на котором устанавливается диафрагма.

По значению и по размерам воздуховода, на котором устанавливается диафрагма, подбирают размер диафрагмы табл. 22.48, 22.49 [14].

Поскольку в здании расположено около 50 однотипных по конструкции и составу систем местной вентиляции, разберем наиболее различные из них аксонометрические схемы. Результаты представлены в виде таблицы. Расчет остальных систем ведется аналогичным способом, результаты представлены в приложении 1.

Таблица 9.

Аэродинамический расчет местной системы вентиляции

№	L, м ³ /ч	l, м	v, м/с	d, мм	R, Па/м	R*l	Сум ξ	H _д , Па	Z, Па	R*I+Z, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
MB1	900	29,6	8	200	3,53	104,5	5,28	38,4	202,8	307,3
MB5	900	31,5	8	200	3,53	111,2	5,15	38,4	197,8	309
MB6(I)	900	0,5	5,1	250	1,3	0,7	0,31	15,6	4,8	5,5
MB6(II)	1800	29,3	10,2	250	4,6	134,8	5,58	62,4	348,2	483
MB6										488,5
MB9(I)	900	1,5	5,1	250	1,3	2	0,44	15,6	6,9	8,9
MB9(II)	1800	24	10,2	250	4,6	110,4	4,26	62,4	265,8	376,2
MB9(Г)	900	0,5	5,1	250	1,3	0,7	0,44	15,6	6,9	7,6
								Невязка, %		14,6
MB9										385,1
MB10(I)	750	2	4,3	250	0,94	1,9	0,93	11	10,2	12,1
MB10(II)	1500	24,5	8,5	250	3,3	80,9	4,26	43,3	184,5	265,4
MB10(Г)	750	0,5	4,3	250	0,94	0,5	0,93	11	10,2	10,7
								Невязка, %		11,6
MB10										277,5
MB12(I)	775	1,3	4,4	250	0,98	1,3	0,44	11	4,8	6,1
MB12(II)	1550	25	8,8	250	3,5	87,5	3,38	46,5	157,2	244,7
MB12(Г)	775	0,5	4,4	250	0,98	0,5	0,44	11	4,8	5,3
								Невязка, %		13,1

11 Подбор вентиляционного оборудования

11.1 Подбор вентиляторов

Выбор вентилятора осуществим по каталогам завода-изготовителя («Koettermann») [26]. Вентиляторы подбираются по свободному графику и аэродинамическим характеристикам при известных характеристиках величинах производительности и полного давления. Производительность вентилятора определяется по количеству удаляемого воздуха с учетом потерь и подсосов через неплотности в воздуховодах и элементах системы. Эта поправка оценивается в 10% при длине воздуховодов до 50м и в 15% при длине более 50м.

11.2 Подбор калориферов

Калориферы предназначены для нагревания воздуха в системах вентиляции, воздушного отопления.

Калориферы для систем вентиляции – это трубчатые теплообменные аппараты, в которых тепло от горячей воды или пара, проходящих внутри трубок с наружными ребрами, передается к более холодному воздуху, проходящему через межтрубное пространство калорифера между пластинами оребрения. На паре используются только одноходовые калориферы, а на воде – многоходовые. Расчет калориферов разберем на примере приточной системы П1.

Исходные данные $L_n = 3180 \text{ м}^3/\text{ч}$, $t_n = -40 \text{ }^\circ\text{C}$ $t_k = 22 \text{ }^\circ\text{C}$ $t_n = 150 \text{ }^\circ\text{C}$ $t_b = 70 \text{ }^\circ\text{C}$.

Расход тепла Q определяется по формуле [12]:

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot L \cdot \gamma (t_k - t_n), \text{ Вт} \quad (11.1)$$

где C – удельная теплоемкость воздуха, $\text{кДж/кг } ^\circ\text{C}$;

L – количество нагреваемого воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$;

t_k и t_n - температуры воздуха после и до калорифера, $^\circ\text{C}$;

γ – удельный вес воздуха при температуре помещения, принимаемый по табл. VII.1 [12]; $\gamma = 1,197 \text{ кг/м}^3$;

$$Q = 0,278 \cdot 1 \cdot 3180 \cdot 1,197 (40 + 22) = 69841 \text{ Вт}$$

Задаваясь массовой скоростью $v\gamma = 4-12 \text{ кг/с} \cdot \text{м}^2$, определяем необходимую площадь живого сечения для прохода воздуха:

$$F_{\text{ж}} = L \cdot \gamma / (3600 v\gamma) = 3773,1 / (3600 \times 9) = 0,117 \text{ м}^2 \quad (11.2)$$

Далее по живому сечению для прохода воздуха выбираем по табл. II.20 [15] модель калорифера КВС7-П.

Площадь живого сечения по воздуху $F_{\text{ж}} = 0,172 \text{ м}^2$.

Плотность живого сечения для прохода теплоносителя $F_{\text{т.н.}} = 0,00116 \text{ м}^2$.

Площадь поверхности нагрева $F_{\text{н}} = 14,6 \text{ м}^2$.

3. Определяем по живому сечению $F_{\text{ж}}$ фактическую массовую скорость воздуха $v\gamma$:

$$v\gamma = \frac{L \cdot \gamma}{3600 \cdot F_{\text{ж}}}, \text{ кг/м}^2 \cdot \text{сек}, \quad (11.3)$$

$$v\gamma = \frac{3180 \cdot 1,197}{3600 \cdot 0,172} = 6,1 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{сек}.$$

4. Находим скорость прохода теплоносителя в трубках калорифера ω :

$$\omega = Q / (f_{\text{тр}} \cdot \rho \cdot C_{\text{в}} \cdot (t_{\text{г}} - t_{\text{о}})), \text{ м/с} \quad (11.4)$$

$$\omega = 69841 / (0,00116 \cdot 970 \cdot 4190 (150 - 70)) = 0,42$$

где Q – расход тепла на нагрев воздуха, Вт;

ρ – плотность воды, кг/м^3

$f_{\text{тр}}$ – плотность живого сечения для прохода теплоносителя

$t_{\text{г}}$ – температура горячей воды, поступающей в калорифер

$t_{\text{о}}$ – температура обратной воды

$C_{\text{в}}$ – удельная теплоёмкость воды

5. Находим коэффициент теплоотдачи калориферов согласно табл. II.20 [13]:

$$K = 38,87 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Определяем сопротивление калорифера по воздуху по табл.П.20 [13]:

$$\Delta p_{\text{калор}} = 91,91 \text{ Па}$$

6. Определяем отношение наименьшей разности температур к наибольшей:

$$(t_o - t_k) / (t_r - t_n) = (70 - 22) / (150 + 40) = 0,26 \leq 0,6 \quad (11.5)$$

Значит, определяем площадь поверхности нагрева по среднеарифметической формуле.

7. Определяем требуемую площадь поверхности нагрева:

$$F_{\text{тр}} = Q / (K (T_{\text{ср}} - t_{\text{ср}})) \quad (11.6)$$

$t_{\text{ср}}$ – средняя температура воздуха, проходящего через калорифер;

$$t_{\text{ср}} = (-40 + 22) / 2 = -9 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$T_{\text{ср}}$ – средняя температура теплоносителя.

$$T_{\text{ср}} = (150 + 70) / 2 = 110 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$F_{\text{тр}} = 69841 / 38,87 (110 + 9) = 15,1 \text{ м}^2$$

8. Определяем необходимое число устанавливаемых калориферов:

$$n = F_{\text{тр}} / F_k = 15,1 / 14,16 = 1,15 \quad (11.7)$$

Округляя число калориферов до ближайшего целого, находим действительную площадь поверхности:

$$F_d = F_k \cdot n = 14,16 \cdot 2 = 28,32 \text{ м}^2 \quad (11.8)$$

9. Определяем запас поверхности калориферной установки:

$$\varphi = \frac{F_d - F_{\text{доп}}}{F_{\text{доп}}} \cdot 100 = 52,1 \% \quad (11.9)$$

Запас поверхности нагрева должен быть не более 20%. При избыточном тепловом потоке следует применить другую модель или номер калорифера и произвести повторный расчет.

Зададимся другой массовой скоростью $4 \text{ кг/с} \cdot \text{м}^2$, тогда

$$F_{\text{ж}} = L \cdot \gamma / (3600 v_p) = 3773,1 / (3600 \times 4) = 0,25 \text{ м}^2$$

Произведем расчет на установку КСк3-6:

$$\text{Площадь живого сечения по воздуху } f_b = 0,26 \text{ м}^2$$

$$\text{Плотность живого сечения для прохода теплоносителя } f_{\text{тр}} = 0,000846 \text{ м}^2$$

Площадь поверхности нагрева $F_k = 13,26 \text{ м}^2$.

Находим массовую скорость воздуха:

$$\rho \gamma = \frac{3180 \cdot 1,197}{3600 \cdot 0,26} = 4,5 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{сек.}$$

$$\omega = Q / (f_{\text{тр}} \cdot \rho \cdot C_v \cdot (t_r - t_o)) = 69841 / (0,0008 \cdot 970 \cdot 4190 (150 - 70)) = 0,3 \text{ м/с}$$

$$K = 46,2 \text{ Вт/ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\Delta p_{\text{калор}} = 115,5 \text{ Па}$$

$$F_{\text{тр}} = 69841 / 46,2 (110 + 9) = 13,1 \text{ м}^2$$

$$\eta = F_{\text{тр}} / F_k = 13,1 / 13,26 = 0,98$$

$$\varphi = \frac{12,7 - 13,26}{13,26} \cdot 100 = 2 \%$$

Расчет калориферов для других систем аналогичен, результаты представлены в виде табл. 10

Таблица 10

Расчет калориферов

№	L, м ³ /ч	tk, °C	Q, Вт	$\nu\gamma_{т3}$ кг/м ² ·с	Тип калориф	f _ж , м ²	f _в , м ²	f _{тр} , м ²	F _к , м ²	$\nu\gamma_{д1}$ кг/м ² ·с	ω , м/с	K, Вт/м ² ·К	Δp , Па	t _{ср} , °C	F _{тр} , м ²	n	F _д , м ²	ϕ , %
П2	12240	22	252529	5	КСк 3-9	0,814	0,455	0,0008	23	4,4723	1,15	57,746	94,09	9	38,3606	2	46	16,6
П3	15600	22	321851	4	КСк 3-11	1,2968	1,66	0,0024	83,1	3,1247	0,47	42,484	48,78	9	66,4549	1	83,1	20
П4	16290	22	336087	4	КСк 3-11	1,3541	1,66	0,0024	83,1	3,2629	0,5	43,283	52,81	9	66,3665	1	83,1	20,1
П5	13800	22	284715	5	КСк 3-9	0,9177	0,455	0,0008	23	5,0423	1,25	61,695	167,5	9	38,7802	2	46	15,7
П6	11820	22	243864	7	КСк 4-10	0,5615	0,58	0,001	38,8	6,7761	0,86	64,268	287,9	9	31,8863	1	38,8	17,8
П7	1200	20	23959	5	КФСО-2	0,0798	0,0913	0,0061	9,8	4,3702	0,01	20,5	48,2	10	9,73949	1	9,8	0,6

12 Расчет тепловых завес

Необходимо установить воздушно-тепловые завесы для обеспечения требуемой температуры воздуха в рабочей зоны и на рабочих местах, расположенных вблизи дверей и ворот.

У ворот промышленных зданий устраивают воздушные завесы шиберного типа, которые в результате частичного перекрытия проема воздушной струей, сокращают прорыв наружного воздуха через открытый проем, а в помещение поступает смесь холодного наружного с нагретым воздухом воздушной завесы. При этом температура смеси должна быть равна нормируемой температуре вблизи ворот. Температуру смеси воздуха $t_{см}$, поступающего в помещение при работе воздушной завесы примем не менее: 14°C – при легкой работе, 12°C – при работе средней тяжести, 8°C – при тяжелой работе [4].

У ворот промышленных зданий обычно устанавливают боковые двухсторонние завесы шиберного типа, с расположением вентилятора и калорифера на вертикальном коробе для выпуска воздуха. Воздушная струя направляется под углом 30° к плоскости проема. Высота щели равна высоте проема.

Рассчитаем завесу у ворот размерами 4,5х3,5м помещения №107. Расчетная температура наружного воздуха – 40°C, температура внутри помещения +22°C. Барометрическое давление 745мм рт. ст. Работа средней тяжести. Расчетная скорость ветра 3 м/сек.

Общий расход воздуха, кг/ч, подаваемой завесой шиберного типа, определяем по формуле [7]:

$$G_z = 5100 \cdot \bar{q} \mu_{np} \cdot F_{np} \sqrt{\Delta P \rho_{см}}, \quad (13.1)$$

где $\bar{q}$ – отношение расхода воздуха, подаваемого завесой, (G_z) к расходу воздуха, проходящего в помещение через проем при работе завесы (G_{np}). Рекомендуется принимать 0,6...0,7. Принимаем 0,6;

μ_{np} – коэффициент расхода проема при работе завесы. Определяется по табл. 2.49 [7] в зависимости от типа ворот (раздвижные или распашные), вида завесы (боковая или нижняя) и относительной площади

$$\bar{F} = \frac{F_{np}}{F_{щ}}, \text{ где } F_{np} - \text{площадь проема ворот, } F_{np} = 15,75 \text{ м}^2; F_{щ} - \text{площадь}$$

воздуховыпускных щелей, м^2 , $F_{щ}$ задаются в пределах 20...30. Примем $F_{щ} = 20$, тогда по табл. 2.49 $\mu_{np} = 0,32$; $\rho_{см}$ – плотность, кг/м^3 , смеси подаваемой завесой воздуха при температуре $t_{см} = 12^\circ\text{C}$, можно определять по формуле [13]:

$$\rho_{см} = \frac{353}{T} = \frac{353}{273+12} = 1,24 \text{ кг/м}^3$$

ΔP – разность давлений воздуха с двух сторон наружного ограждения на уровне проема, оборудованного завесой, Па. Значение ΔP можно определять по формуле $\Delta P = \Delta P_T + k_1 \cdot \Delta P_g$, где k_1 – поправочный коэффициент, учитывающий степень герметичности здания. Для зданий без аэрационных проемов $k_1 = 0,2$ [7].

Гравитационное давление ΔP_T , Па находим по формуле:

$$\Delta P_T = 9,8 h_{расч} (\rho_n - \rho_g) \quad (13.2)$$

$h_{расч}$ – расстояние по вертикали от центра проема оборудованного завесой до уровня нулевых давлений, где давление снаружи и внутри здания равны (высота нейтральной зоны), м. Для зданий без аэрационных проемов можно принимать 0,5 высоты ворот, $h_{расч} = 1,8$ м; ρ_n – плотность воздуха при наружной температуре (-40°C);

$$\rho_n = \frac{353}{273-40} = 1,45$$

Плотность воздуха, кг/м^3 , при $t_e = 22^\circ\text{C}$, $p_v = 1,21 \text{ кг/м}^3$. Ветровое давление, Па:

$$\Delta P_g = c \cdot v_g^2 \frac{\rho_n}{2} \quad (13.3)$$

где c – расчетный аэродинамический коэффициент, значение которого для вертикального ограждения - 0,8, СНиП 2.01-07-85 [15];

v_B – расчетная скорость ветра, м/с, при параметрах «Б» для холодного периода года ($v_B=3$ м/с).

Тогда расчетная разность давлений составит:

$$\Delta P_T = 9,8 \cdot 1,8(1,45 - 1,21) + 0,2 \cdot 0,8 \cdot 3^2 \cdot 1,45 / 2 = 5 \text{ Па}$$

$$G_3 = 5100 \cdot \bar{q} \mu_{np} \cdot F_{np} \sqrt{\Delta P \rho_{cm}} = 5100 \cdot 0,6 \cdot 0,32 \cdot 15,75 \sqrt{5 \cdot 1,24} = 38400$$

По табл. 2.50 [7] выбираем завесу ЗВТЗ-1 суммарной производительностью по воздуху $G_3 = 39000$ кг/ч, по теплу $Q_3 = 368200$ Вт, $\bar{F} = 12$.

Найдем действительное значение $\bar{q}_o$:

$$\bar{q}_o = \frac{39000}{5100 \cdot 0,32 \cdot 15,75 \sqrt{5 \cdot 1,24}} = 0,63$$

Требуемая температура воздуха подаваемая завесой:

$$t_3 = t_n + \frac{t_{cm} - t_n}{\bar{q}_o \cdot (1 - Q)}; \quad (13.3)$$

где $\bar{Q}$ – отношение теплоты, теряемой с воздухом, уходящим через открытый проем наружу, к тепловой мощности завесы (находим по рис. 2.27 [7]) $\bar{Q} = 0,05$

$$t_3 = -40 + \frac{12 + 40}{0,63 \cdot (1 - 0,05)} = 46,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Тепловая мощность калориферов завесы, Вт, определяется по формуле:

$$Q_k = 0,28 \cdot G_3 (t_3 - t_{cm}) = 0,28 \cdot 39000 (46,6 - 12) = 377800 \text{ Вт}$$

Это близко к расчетной производительности (отклонение допускается +10%).

13. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Зачастую на стадии реконструкции возникает масса вопросов связанных с выбором оборудования, обеспечивающего полноценное функционирование здания с минимальными затратами энергии и материальных ресурсов.

В данном проекте все стоимостные и энергетические показатели будут отнесены только к системам отопления и вентиляции.

На сегодняшний день на рынке вентиляционного и отопительного оборудования представлен широкий спектр товаров, который, в той или иной степени, удовлетворяет требованиям потребителя как с технической, так и с экономической точек зрения.

По части отопления создается все более новое и усовершенствованное оборудование в плане энерго- и ресурсо - потребления, а так же регулирования нагрузки в зависимости от комплекса параметров. По части вентиляции на сегодняшний день приоритетным направлением является установка комплекса оборудования, позволяющего экономить тепло вытяжного воздуха в зимний период, и экономии холода в летний. Данные системы получили название приточно-вытяжных установок с рекуперацией тепла.

13.1 Расчет затрат на проектирование

Данный проект отопления и вентиляции осуществляет проектная организация, которая в свою очередь должна установить цену перед заказчиком путем составления сметы затрат.

Время работы организации над проектом – 60 дней, работу выполняют 2 специалиста: руководитель и два инженера проектировщика 1 категории.

Т.е. определение затрат по запланированным работам осуществляется в форме сметной калькуляции, для расчета которой должны быть использованы действующие рыночные цены, а также данные производственных и научно-

исследовательских подразделений (процент косвенных расходов, процент транспортно-заготовительных расходов, ставки заработной платы, номенклатура статей калькуляции).

13.1.2 Затраты на оплату труда

а) Расчет основной заработной платы каждого из сотрудников работавших над проектом

Месячный оклад проектировщика составляет 8000 руб, оклад руководителя проекта 17000 руб, над данным проектом работали 2 сотрудника:

$$I_{\text{осн}} = \frac{I_{\text{окл}} \cdot T_{\text{д}}}{21}, \frac{\text{тыс.руб}}{\text{месяц}}, \quad (13.1)$$

где $I_{\text{окл}}$ – месячный оклад, тыс.руб;

$T_{\text{д}}$ – время работы над проектом, дни.

$$I_{\text{осн}}^{\text{рук}} = \frac{25,5 \cdot 9}{21} = 10,9 \frac{\text{тыс.руб}}{\text{месяц}},$$

$$I_{\text{осн}}^{\text{инж}} = \frac{12 \cdot 51}{21} = 29,1 \frac{\text{тыс.руб}}{\text{месяц}},$$

б) Расчет социальных отчислений по заработной плате:

$$I_{\text{соц}} = I_{\text{осн}} \cdot K_{\text{соц}}, \quad (13.2)$$

где $K_{\text{соц}}$ – коэффициент, учитывающий размер отчислений из заработной платы (составляет 30%);

$$I_{\text{соц}} = 40 \cdot 0.3 = 12 \text{ тыс.руб.}$$

в) Расчет накладных расходов.

Если работа выполняется в отделе НИИ или на кафедре, то, как правило, затраты, связанные с управлением и хозяйственным обслуживанием, а также с обеспечением нормальных условий труда и ТБ, представляются в виде накладных расходов, которые могут исчисляются в процентах от затрат по оплате труда. Сюда включается оплата энергии, воды и другие косвенные затраты, которые непосредственно отнести на данную разработку не представляется возможным, т.к. они являются общими для всех отделов НИИ.

$$I_{\text{накл}} = 110\% \cdot I_{\text{осн}}, \quad (13.3)$$

$$I_{\text{накл}} = 1,1 \cdot 40 = 44 \text{ тыс.руб};$$

г) Расчет затрат и создание проекта:

$$I_{\text{пркт}} = (I_{\text{осн}}^{\text{рук}} + I_{\text{осн}}^{\text{инж}} + I_{\text{соц}} + I_{\text{накл}}), \text{ тыс.руб}; \quad (13.4)$$

$$I_{\text{пркт}} = (13200 + 28050 + 12000 + 44000) = 97250 \text{ руб};$$

13.2 Капитальные вложения

В проекте рассматриваем 2 варианта наборов оборудования. Вариант 1: «Новая система» включает в себя установку радиатора TOPRAK TD-134/500 и вентиляцию с рекуперацией тепла, вариант 2: «Старая система», включает в себя радиатор Extra THERM Nova Florida S.r.1 и вентиляцию без рекуперации тепла.

Таблица 18 – Капитальные вложения (отопление)

Элементы текущих затрат	Сумма текущих затрат, руб.	
	Вариант 1	Вариант 2
1	2	3
1. Стоимость основного оборудования, $K_{ос}$, руб.		
1.1 Радиатор TOPRAK TD-134/500 (379 секции): одна секция 189 руб.	71631	-
1.2 Радиатор Extra THERM Nova Florida S.r.1 (215 секции): одна секция 439 руб.	-	94385
1.3 Труба стальная водогазопроводная (ГОСТ 3262 - 75*) стоимость 1м =146 руб. общая длинна 390 м	56940	56940
ИТОГО	128571	151325
2. Затраты на доставку и монтаж оборудования $K_{мон}$, руб.	25714	30265
3. Затраты на вспомогательное оборудование $K_{о.всп.}$, руб.	51428	60530
4. Затраты на общестроительную часть, $K_{стр.}$, руб.	154285	181590
5. Общие затраты K , руб.	359998	423710

Стоимость оборудования принята по данным прайс-листа Koettermann, Германия, полный список и стоимость представлены в приложении 3.

Таблица 19 – Капитальные вложения (вентиляция)

Капитальные вложения, руб			
Вариант 1		Вариант 2	
Оборудование, К _{об}	531105	Оборудование, К _{об}	724000
Монтаж, К _{монтаж}	249331,5	Монтаж, К _{монтаж}	361547
Суммарные	1080436,5	Суммарные	1115547

13.3 Годовые эксплуатационные затраты на отопление и вентиляцию

а) Годовые затраты на отопление (покупку теплоносителя):

$$И_О^{год} = \tau_О \times Q_О^{год}, \text{руб/год}, \quad (13.5)$$

где $\tau_О$ - тариф на отопление, по данным организации $\tau_О = 1001,45 \text{ руб} / \text{Гкал}$;

Годовое потребление теплоты:

$$Q_О^{год} = 24 \times Q_О \times \tau_О, \text{ккал/год}, \quad (13.6)$$

где $\tau_О = 236$ дней – продолжительность отопительного сезона в сутках.

$$Q_{О.рад.}^{год} = 24 \times 78880 \times 236 = 446,77 \text{ Гкал/год},$$

$$И_О^{год} = 1001,45 \times 446,77 = 447418 (\text{руб/год}).$$

б) Годовые затраты на потребление тепла для системы вентиляции:

$$\mathfrak{E}^{год}_3 = 8 \times \mathfrak{E} \times \tau_3, \text{кВт/год}, \quad (13.7)$$

где $\tau_3 = 247$ дней – продолжительность работы вентиляции в сутках,

$\tau_{э}$ - тариф на электроэнергию, по данным организации $\tau_{э} = 1.89 \text{руб/Квт} \cdot \text{ч.}$

$$\mathcal{E}^{\text{год}} = 8 \times 44,7 \times 247 = 88327,2 \text{ (Квт/год)}.$$

$$И_{\text{в}}^{\text{год}} = 1.89 \times 88327,2 = 166938 \text{ (руб/год)}.$$

в) Ежегодные издержки на амортизационные отчисления для полного возмещения первоначальных капиталовложений, включая затраты на монтаж:

$$И_{\text{ам}} = \frac{K}{T_{\text{сл}}}, \frac{\text{руб}}{\text{год}}, \quad (13.8)$$

где $T_{\text{сл}}$ – нормативный срок службы систем отопления; для чугунной системы отопления принимается равным 35 лет, для системы вентиляции – 15 лет.

Амортизационные отчисления для системы отопления:

$$И_{\text{ам}} = \frac{359998}{35} = 10285,6 \frac{\text{руб}}{\text{год}},$$

Амортизационные отчисления для системы вентиляции:

$$И_{\text{ам}} = \frac{1080436,5}{15} = 72029,1 \frac{\text{руб}}{\text{год}},$$

г) Годовые затраты на заработную плату

По статье «заработная плата с начислениями» подсчитывается основная и дополнительная заработная плата с начислениями только обслуживающего персонала, определяются по формуле:

$$И_{\text{з.п}} = n \times \mathcal{Z}_{\text{ср.год}}, \text{руб/год}, \quad (13.9)$$

где n - численность обслуживающего персонала, принимаем 2;

$\mathcal{Z}_{\text{ср.год}}$ – среднегодовая заработная плата за месяц.

Исходя из затрат на обслуживание и текущий ремонт систем отопления и вентиляции, заработная плата 1 человека составит 10000 (руб/чел)/год.

$$И_{з.п} = 2 \times 10000 \times 12 = 240000 \text{руб/год},$$

Отчисления по заработной плате определяются по следующей формуле:

$$И_{соц} = И_{з.п} \times K_{соц} \text{руб/год}, \quad (13.10)$$

где $K_{соц}$ – коэффициент, учитывающий размер отчислений из заработной платы. Данный коэффициент составляет 30% от затрат на заработную плату и включает в себя:

- 1) отчисления в пенсионный фонд;
- 2) на социальное страхование;
- 3) на медицинское страхование.

Итак, отчисления из заработной платы составили:

$$И_{соц} = 240000 \times 0.3 = 72000 \text{руб/год},$$

д) Годовые затраты на текущий ремонт

Принимаются в размере 10% от издержек на амортизационные отчисления $И_{ам}$

$$И_{рем} = 0,1 \times 82314,7 = 8231,47 \text{руб/год},$$

е) Прочие расходы

Принимаются в размере 5% от всех эксплуатационных затрат

$$И_{проч} = 0,05 \times (И_о + И_в + И_{ам} + И_{зп} + И_{соц} + И_{рем}), \text{руб/год}, \quad (13.11)$$

$$\begin{aligned} И_{проч} &= 0,05 \times (447418 + 166938 + 82314,7 + 240000 + 72000 + 8231,47) = \\ &= 50845,1085 \text{руб/год}, \end{aligned}$$

ж) Общие годовые расходы на содержание и эксплуатацию систем отопления и вентиляции

$$\begin{aligned}
I_{\text{проч}} &= I_o + I_v + I_{\text{ам}} + I_{\text{зп}} + I_{\text{соц}} + I_{\text{рем}} + I_{\text{проч}}, \text{руб/год}, \\
I_{\text{проч}} &= 447418 + 166938 + 82314,7 + 240000 + 72000 + 8231,47 + \\
&+ 50845,1085 = 1067747,28 \text{ руб/год},
\end{aligned}
\tag{13.12}$$

13.4 Годовые эксплуатационные затраты на отопление и вентиляцию (до реконструкции).

а) Годовые затраты на отопление (покупку теплоносителя):

$$I_o^{\text{год}} = \tau_o \times Q_o^{\text{год}}, \text{руб/год},$$

Годовое потребление теплоты:

$$Q_o^{\text{год}} = 24 \times Q_o \times \tau_o, \text{ккал/год},$$

где $\tau_o = 236$ дней – продолжительность отопительного сезона в сутках.

$$Q_{o.\text{рад.}}^{\text{год}} = 24 \times 85594,5 \times 236 = 484,5 \text{ Гкал/год},$$

$$I_o^{\text{год}} = 1001,45 \times 484,8 = 485315 (\text{руб/год}).$$

б) Годовые затраты на потребление тепла для системы вентиляции:

$$\mathfrak{E}^{\text{год}}_{\text{з}} = 8 \times \mathfrak{E} \times \tau_{\text{з}}, \text{кВт/год},$$

где $\tau_{\text{з}} = 247$ дней – продолжительность работы вентиляции в сутках.

$$\mathfrak{E}^{\text{год}} = 8 \times 48,5 \times 247 = 95836 (\text{кВт/год}).$$

$$I_v^{\text{год}} = 1,89 \times 95836 = 181130 (\text{руб/год}).$$

в) Ежегодные издержки на амортизационные отчисления для полного возмещения первоначальных капиталовложений, включая затраты на монтаж:

$$И_{ам} = \frac{K}{T_{сл}}, \frac{\text{руб}}{\text{год}},$$

где $T_{сл}$ – нормативный срок службы систем отопления; для чугунной системы отопления принимается равным 35 лет, для системы вентиляции – 15 лет.

Амортизационные отчисления для системы отопления:

$$И_{ам} = \frac{423710}{35} = 12106 \frac{\text{руб}}{\text{год}},$$

Амортизационные отчисления для системы вентиляции:

$$И_{ам} = \frac{1115547}{15} = 74369,8 \frac{\text{руб}}{\text{год}},$$

г) Годовые затраты на заработную плату

По статье «заработная плата с начислениями» подсчитывается основная и дополнительная заработная плата с начислениями только обслуживающего персонала, определяются по формуле:

$$И_{з.п} = n \times Z_{\text{ср.год}} \cdot \text{руб/год},$$

где n – численность обслуживающего персонала, принимаем 2;

$Z_{\text{ср.год}}$ – среднегодовая заработная плата за месяц.

Исходя из затрат на обслуживание и текущий ремонт систем отопления и вентиляции, заработная плата 1 человека составит 10000 (руб/чел)/год.

$$И_{з.п} = 2 \times 10000 \times 12 = 240000 \text{руб/год},$$

Отчисления по заработной плате определяются по следующей формуле:

$$И_{\text{соц}} = И_{з.п} \times K_{\text{соц}} \text{руб/год},$$

где $K_{\text{соц}}$ – коэффициент, учитывающий размер отчислений из заработной платы. Данный коэффициент составляет 30% от затрат на заработную плату и включает в себя:

- 1) отчисления в пенсионный фонд;
- 2) на социальное страхование;
- 3) на медицинское страхование.

Итак, отчисления из заработной платы составили:

$$I_{\text{соц}} = 240000 \times 0.3 = 72000 \text{ руб/год},$$

д) Годовые затраты на текущий ремонт

Принимаются в размере 10% от издержек на амортизационные отчисления $I_{\text{ам}}$

$$I_{\text{рем}} = 0,1 \times 86475,8 = 8647,58 \text{ руб/год},$$

е) Прочие расходы

Принимаются в размере 5% от всех эксплуатационных затрат

$$I_{\text{проч}} = 0,05 \times (I_{\text{о}} + I_{\text{в}} + I_{\text{ам}} + I_{\text{зп}} + I_{\text{соц}} + I_{\text{рем}}), \text{руб/год},$$

$$I_{\text{проч}} = 0,05 \times (485315 + 181130 + 86475,8 + 240000 + 72000 + 8647,58) = 53678,419 \text{ руб/год},$$

ж) Общие годовые расходы на содержание и эксплуатацию систем отопления и вентиляции

$$I_{\text{проч}} = I_{\text{о}} + I_{\text{в}} + I_{\text{ам}} + I_{\text{зп}} + I_{\text{соц}} + I_{\text{рем}} + I_{\text{проч}}, \text{руб/год},$$

$$I_{\text{проч}} = 485315 + 181130 + 86475,8 + 240000 + 72000 + 8647,58 + 53678,419 = 1127246,8 \text{ руб/год}$$

13.5 Сравнение энергоэффективности старой и новой системы вентиляции и отопления

Таблица 20 – Сравнение старой и новой системы вентиляции и отопления

	Старая система	Новая система	Δ потребленных ресурсов, %
Затраты на покупку электроэнергии руб/год	181130	166938	7,8
Количество потребленной электроэнергии кВт/год	95836	88327,2	
Затраты на покупку теплоносителя руб/год	485315	447418	8
Количество потребленного тепла Гкал/год	484,8	446,7	
Эксплуатационные издержки	1127246,8	1067747,28	6
Капитальные вложения (всего)	1636507	1537684,5	6

Для обоснования выбора оборудования можно использовать способ приведения затрат:

$$З_{прив.1} = K_1 \cdot E_n + И_{экспл.1} = 1537684,5 \cdot 0,12 + 1067747,28 = 1252269,42$$

$$З_{прив.2} = K_2 \cdot E_n + И_{экспл.2} = 1636507 \cdot 0,12 + 1127246,8 = 1323627,64$$

1 вариант (Новая система) лучше, так как $З_{прив.1}$ меньше, чем $З_{прив.2}$.

Энергосбережение в данной системе вентиляции реализуется путем снижения задания температуры (перевода в дежурный режим) ночью и в

выходные дни. Что позволит эффективнее использовать электроэнергию. Годовые затраты (на покупку электроэнергии) при новой системе вентиляции составили на 7.8% меньше, чем при старой системе.

Энергосбережение в данной системе отопления реализуется путем контроля подачи теплоносителя в зависимости от температуры окружающей среды. Что позволит эффективнее использовать теплоноситель. Годовые затраты (на покупку теплоносителя) при новой системе отопления составили на 8% меньше, чем при старой системе.

15 Автоматизированный тепловой пункт административно-производственного корпуса

15.1 Краткое описание технологического оборудования теплового пункта

Тепловой пункт представляет собой узел подключения потребителя тепловой энергии к тепловой сети и предназначен для подготовки теплоносителя, регулирования его параметров перед подачей в местные системы, а также для учета потребления тепла. От слаженной работы зависит нормальное функционирование и технико-экономические показатели всей системы теплоснабжения. И в настоящее время все более актуальными становятся вопросы снижения затрат на теплоснабжение. Для этих целей и создаются специальные узлы учета тепла и регулирования[23].

К основному оборудованию ИТП относят центробежные и водоструйные (элеваторы) насосы, водо-водяные подогреватели, грязевики, а также приборы контроля и регулирования, различная запорно-регулирующая арматура.

Вода по подающему трубопроводу, поступает в пластинчатый теплообменник, где передает тепло воде циркулирующей в системе отопления. Затем отработанный теплоноситель поступает в линию обратного трубопровода.

ИТП тепловой энергии расположен на чердаке здания в техническом помещении ПВК (приточно-вытяжная камера).

15.2 Постановка задачи автоматического контроля объекта

Учет потребления тепловой энергии как абонентом в целом, так и по видам и направлениям теплоснабжения для каждого подключенного потребителя (арендатора):

- учет фактически потребленной абонентом тепловой энергии при расчетах с поставщиком тепловой энергии;
- учет фактически потребленной арендатором тепловой энергии при расчетах с абонентом.
- Автоматическое регулирование температуры после теплообменника у абонента.

Данные **системы (автоматизации и диспетчеризации)** позволяют при относительно низких денежных затратах обеспечить высокое качество климатических условий 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 и подтверждается опытом эксплуатации наших 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 использовании систем автоматического управления возможно достичь

снижения расхода тепла на 10–20 % и, таким образом, достичь экономии эксплуатационных расходов[23].

15.3 Выбор оптимальной схемы АК объекта

Для того чтобы учесть потребление тепловой энергии, необходимо знать несколько параметров, главными из которых являются объем воды и ее температура.

Существуют 2 основных типа систем теплоснабжения: зависимая и независимая системы.

Зависимая система теплоснабжения – это система, в которой тепло используется не только для отопления, но и присутствуют отборы теплоносителя на нужды ГВС. А независимая система – это система в которой тепло используется только для отопления помещений.

Т.к. в здание тепло используется только на отопление. Исходя из этого в данной работе имеем закрытую систему теплоснабжения.

15.4 Разработка функциональной схемы узла учета

Функциональная схема представлена на Рис.8

15.5 Обзор и выбор выпускаемых средств измерения и аппаратуры для схемы узла учета тепла

Учет тепла в данной системе ведется с помощью теплосчетчика, а именно с помощью тепловычислителя, входящего в состав системы.

Теплосчетчик – это комплект приборов и преобразователей, предназначенных для определения количества теплоты и измерения расхода, температуры и давления теплоносителя. В комплект входят, как правило, преобразователи расхода, температуры, давления и тепловычислитель. Тепловычислитель – вычислительное устройство, обеспечивающее расчет количества тепла на основе входной информации о расходе, температуре и давлении теплоносителя.

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), СТ «СИБИРЬ» с тепловычислителем MULTICAL (ООО «ТМ-Комплект», г. Новосибирск) и др [23] .

В данной работе выбираем тепловычислитель СПТ-961, предназначенный для открытых и закрытых систем теплоснабжения, где он 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.

Т. е. 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) [22] для измерения температуры, установленный по месту (термопара, датчик пирометра и т.д.). Термопреобразователь сопротивления, погружаемый НСХ 50М, класс допуска А, длина монтажной части 80мм. Тип прибора ТСП-9203-80, в количестве 4 штук. Завод «Метран» г. Челябинск. Выходной сигнал с первичного термопреобразователя поступает на преобразователь измерительный нормирующий, НСХ 50М, диапазон измеряемых температур 0..150⁰С, выходной сигнал 4..20мА, класс точности 0,5, ОАО «ЗЭиМ», г.Чебоксары.

В подающем трубопроводе температура теплоносителя по месту измеряется и показывается при помощи измерительного прибора аналогового. Термометр, диапазон измерения 0-150 ⁰С.

При помощи преобразователя давления - преобразователь избыточного давления 0...1 МПа, предел допускаемой приведенной погрешности ±0,5% Выходной сигнал 4...20мА. Тип Метран-43ДИ 3131-АП-0,5%-10кПа-4..20мА, в количестве 2 штук. ПГ «Метран» г. Челябинск.

Сигнал поступает на вторичный преобразователь сигнала - блок питания с линейной характеристикой, напряжение питания 220В, климатическое исполнение УХЛ 3.1, выходной сигнал 4...20мА. Тип БПС-24П, 1-УХЛ 3, 4...20мА, в количестве 2 штук. ЗАО «Манометр», г. Москва.

Установлены приборы по месту: манометр диапазон показаний 0...10 кгс/см², класс точности 1,5. Тип МПЗ-У-10кгс/см²-1,5, в количестве 2 штук. АО «Манотомь» г. Томск, измерительные показывающие.

Преобразование давления осуществляется с помощью преобразователя избыточного давления 0...10 кПа, предел допускаемой приведенной погрешности $\pm 0,5\%$, выходной сигнал 4...20мА. Тип Метран-43ДИ 3131-АП-0,5%-10кПа-4..20мА, в количестве 2 штук. ПГ «Метран» г. Челябинск.

Для определения расхода в проточные части вмонтированы конические переходы формы «конфузор» и «диффузор», на них закреплены преобразователи расхода вихреакустические Метран 300 ПР, условное давление до 0,6 МПа, условный диаметр 80 мм. ПГ «Метран» г. Челябинск.

Выходной сигнал 4...20мА, поступает на тепловычислитель.

Поступающая на него информация регистрируется, показывается на табло, а затем дополнительно для хранения, учета и архивации поступает на персональную ЭВМ.

Для регулирования температуры воды на отопление после теплообменника на линии подачи установлен измерительный прибор аналоговый А 100-Н-221 и преобразователь измерительный нормирующий ИП-С10-50М. От преобразователя сигнал поступает на регулятор Trovis-Samson [ссылка], который управляет электроприводом ELESYB VR [ссылка] установленном на регулирующей арматуре по линии подачи сетевой воды на теплообменник. Температура абонента регулируется расходом.

15.6 Составление заказной спецификации приборов и средств автоматизации

Заказные спецификации в проектах систем используют для[25]:

- составления заказных ведомостей (спецификаций);
- чтения проектной документации;
- подготовки и организации монтажных работ;
- составления локальных смет.

Заказная спецификация на приборы и средства контроля температуры приведена в таблице 21 данного проекта.

Заказная спецификация средств измерения

Позиция	Наименование, техническая характеристика приборов и средств автоматизации	Тип и марка прибора	Кол-во
1а,2а, 3а,4а, 12а,13а	Термопреобразователь сопротивления, погружаемый НСХ 50П, класс допуска А, длина монтажной части 80мм. ПГ «Метран», г. Челябинск.	ТСП-9203-80	6
16,36,136	Измерительный прибор аналоговый, показывающий, предел допускаемой основной приведенной погрешности $\pm 0,5\%$ Выходной сигнал 4...20мА. Первый канал: шкала 0...150°C, НСХ 50М. ПГ «Метран», г. Челябинск	А 100-Н-221	3
26,46,126	Преобразователь измерительный нормирующий, НСХ 50М, диапазон измеряемых температур 0...150 °С, выходной сигнал 4...20мА, класс точности 0,5. ОАО «ЗЭИМ», г. Чебоксары	ИП-С10-50М-0..150°C-4..20мА-0,5	3
11а	Тепловычислитель.ЗАО НПФ «Логика», г. Санкт-Петербург.	СПТ961	1
14а	Автоматический регулятор Trovis-Samson Параметры входного и выходного сигнала 4...20мА. Германия	Trovis 6493	1

146	Электропривод взрывозащищенный вращательный, крутящий момент на выходном вале 100Н*м, частота вращения 28об/мин. Параметры выходного и входного сигнала 4...20мА. ЗАО «ЭЛЕСИ», г. Томск	ELESYB VR	1
5а,7а	Манометр, диапазон показаний 0...10 кгс/см ² , класс точности 1,5. АО «Манотомь», г. Томск.	МПЗ-У-0,6 кгс/см ² -1,5	2
6а,8а	Преобразователь избыточного давления 0...10 кПа, предел допускаемой приведенной погрешности ±0,5% Выходной сигнал 4...20мА. ПГ «Метран», г. Челябинск.	Метран- 43ДИ 3131- АП-0,5%- 10кПа- 4..20мА	2
66,86	Блок питания с линейной характеристикой, напряжение питания 220В, климатическое исполнение УХЛ 3.1, выходной сигнал 4...20мА. ЗАО «Манометр», г. Москва.	БСП-24П, 1- УХЛ 3, 4...20мА	2
9а,10а	В проточной части конические переходы формы «конфузор» и «диффузор». Условный диаметр 80мм.ПГ «Метран», г. Челябинск.	300ПР-0,6- 80	2
96,106	Преобразователь расхода, вихреакустический Метран 300 ПР, условное давление до 0,6 МПа, условный диаметр 80 мм. Выходной сигнал 4...20 мА. ПГ «Метран», г. Челябинск.	300ПР-0,6- 80	2

