Министерство образования и науки Российской Федерации

**Орский гуманитарно-технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Оренбургский государственный университет»**

О. С. Ануфриенко

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

Учебно-методическое пособие

Орск 2017

УДК 697
ББК 38.762.1
А73

Утверждено редакционно-издательским советом Орского гуманитарно-технологического института (филиала) ОГУ

Научный редактор

Кулагин А. Ю., *кандидат технических наук, заместитель начальника цеха парогазовоздухоснабжения ПАО «Орскнефтеоргсинтез»*

Рецензенты:

Братковский Е. В., *кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой металлургических технологий Новотроицкого филиала ГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС"»;*

Бушуев А. Н., *кандидат технических наук, инженер-технолог участка конденсатоочистки и химводоочистки цеха парогазовоздухоснабжения ПАО «Орскнефтеоргсинтез»*

А73 Ануфриенко, О. С. Проектирование систем отопления : учебно-методическое пособие / О. С. Ануфриенко. – Орск : Издательство Орского гуманитарно-технологического института (филиала) ОГУ, 2017. – 165 с. – ISBN 978-5-8424-0868-9.

Настоящее методическое пособие составлено на основании программы курса «Отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха», читаемого в Орском гуманитарно-технологическом институте (филиале) ОГУ студентам механико-технологического факультета. Оно окажет помощь при подготовке к практическим и самостоятельным занятиям, при написании курсовой работы.

ISBN 978-5-8424-0868-9

© Ануфриенко О. С., 2017
© Издательство Орского гуманитарно-технологического института (филиала) ОГУ, 2017
© Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ОГУ, 2017

Содержание

Введение ……. 6

1 Демонстрационный проект системы отопления и вентиляции здания. Постановка задачи …… 7
1.1 Принципы проектирования энергоэффективных зданий ……. 7
1.2 Классификация технологических элементов системы отопления, вентиляции, кондиционирования ……. 11
1.3 Регулирование по температуре воздуха в помещении 13
1.4 Регулирование по температуре наружного воздуха … 13
1.5 Моделирование алгоритма управления …… 13

2 Расчетная часть ……... 16
2.1 Необходимая информация об объекте ……. 16
2.1.1 Форма архитектурно-планировочного и конструктивного решения ……. 16
2.1.2 Наружные сети и внутренние системы инженерного оборудования …….. 17
2.1.3 Климатические данные …… 17
2.2 Расчет теплопотерь здания …… 19
2.2.1 Теплотехнический расчёт наружных ограждающих конструкций …….. 19
2.2.2 Расчет трансмиссионных теплопотерь …….. 21
2.2.3 Разность наружного и внутреннего давлений по разные стороны ограждения на наветренной стороне здания .. 26
2.2.4 Расход теплоты на нагревание инфильтрационного воздуха ……. 27
2.2.5 Теплопотери через напольное покрытие …… 30
2.2.6 Расчет трансмиссионных потерь через потолочное покрытие …….. 32
2.3 Расчёт нагревательных приборов ……. 39
2.4 Гидравлический расчёт системы отопления здания … 45
2.4.1 Определение потерь давления на трение …… 46
2.4.2 Потери давления на местные сопротивления … 49
2.5 Система вентиляции ……... 53
2.5.1 Нормы для торговых залов ……. 53
2.5.2 Выбор оборудования ……... 54

2.5.3 Предварительный расчет оборудования для вентиляции торгового зала ……. 55
2.5.4 Расчет воздухообмена …….. 55
2.5.5 Расход тепла на подогрев приточного воздуха 57
2.5.6 Расход теплоносителя на калорифер …….. 57
2.5.7 Рабочее давление, скорость потока воздуха в воздуховодах и допустимый уровень шума …… 58
2.5.8 Тепловые завесы ……... 59

3 Проектирование системы вентиляции в программе AeroCad 62

4 Автоматизация системы отопления …….. 70
4.1 Подбор оборудования теплового пункта ……. 70
4.2 Подбор автоматических балансировочных клапанов на отопительные приборы …… 75

5 Экономический расчет ……... 79
5.1 Пример экономичности использования контурного моделирования работы системы жизнеобеспечения ……. 79
5.2 Пример обоснования экономической эффективности проектов вентиляции ……. 80

6 Заключение по демонстрационному проекту ……. 92

7 Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха» ……. 93
7.1 Лист задания (образец) …….. 94
7.2 Список специальных вопросов (образец) ……. 95
7.3 Аннотация (образец) ……... 96
7.4 Содержание курсовой работы (образец) …….. 97
7.5 Раздел постановки задачи проектирования (образец) 98
7.5.1 Характеристика объекта проектирования (образец) …… 98
7.5.2 Требования и техническая характеристика проекта (образец) ……..……. 100
7.5.3 Обзор состояния проблемы и перспективные направления в проектировании систем отопления (образец) … 107
7.5.4 Выводы по разделу (образец) …….. 114

7.6 Проектирование, подбор основного
и вспомогательного оборудования (образец) ……. 115
7.6.1 Расчет теплопотерь через ограждающие
конструкции (образец) ……..…… 115
7.6.2 Теплоэнергетический баланс здания (образец) 129
7.6.3 Выбор и обоснование системы отопления
(образец) …… 131
7.6.4 Отопительные приборы. Расчет отопительных
приборов (образец) ……..……. 133
7.6.5 Тепловой пункт. Устройство, расчет, подбор
гидроэлеватора (образец) …….. 139
7.6.6 Выводы по разделу (образец) ……..…… 143
7.7 Практическая реализация проекта (образец) …… 143
7.7.1 Организация монтажа, эксплуатации и ремонта
(образец) …….. 143
7.7.2 Факторы энергосбережения (образец) …… 155
7.7.3 Выводы по главе 3 (образец) ……..……..…… 155
7.8 Заключение (образец) ……. 156
7.9 Список рекомендованных к использованию
нормативных первоисточников в курсовой работе (образец) ... 156
7.10 Планы зданий по вариантам …… 157

Библиографический список …….. 165

Введение

Учебно-методическое пособие состоит из семи разделов: разделы 1-6 описывают демонстрационный проект с оценкой путей повышения энергоэффективности и в разделе 7 приводятся методические указания к выполнению квалификационной работы, выполняемой самостоятельно. Методические рекомендации можно использовать на практических занятиях по частным задачам проектирования систем отопления, вентиляции и при выполнении курсовой работы.

В приведенной работе рассматривается преимущество композиционных моделей, в сравнении даны варианты расчёта систем вентиляции.

Данное моделирование позволяет оценить нагрузки в МДЖ по временам года.

В качестве объекта выбрано типовое здание одноэтажной постройки, а именно, магазин сети розничной торговли, проектируемый для условий одного из небольших городов восточного Оренбуржья.

Показано, как подбираются следующие системы жизнеобеспечения: системы отопления, вентиляционной установки для торгового зала, тепловая завеса для складского входа.

Используя автоматику, посредством местных доводчиков демонстрируется, как можно регулировать параметры микроклимата в помещении. Приведена методика предварительной оценки затрат на обслуживание системы за год.

Большая вариативность контуров регулирования систем управления позволяет заказчику выбрать наиболее комфортный для него вариант. Так, в пилотном проекте части 1 методического пособия показано, что возможно снижение потребления тепловой энергии почти в шестикратном размере, если окажется возможным организация работы оборудования в наилучших контурных и технологических режимах.

1 Демонстрационный проект системы отопления и вентиляции. Постановка задачи

1.1 Принципы проектирования энергоэффективных зданий

Привлекательность проектирования энергоэффективных зданий содержится в экономной эксплуатации энергоресурсов, которые потребляет система жизнеобеспечения здания. Этому обязательно сопутствует поиск или применение уже найденных инновационных решений, которые можно и не сложно осуществить технически. Конечно, их потребуется обосновать с экономической, экологической и социальной точек зрения. Им не обязательно изменять наши взаимоотношения с природой. У нас всё ещё есть большой диапазон возможностей.

В идеале, когда мы выбираем комплект технологий с энергосбережением, нам надо иметь типоряд технических решений, которые можно согласовать и подчинить одной общей задаче – способствовать качественному улучшению микроклимата помещений как социального назначения, так и промышленного и задающего окружающую среду вместе с человеком.

Поэтому методически проектирование энергоэффективного здания надо основывать на едином системном анализе здания, которое становится для нас «единой энергетической системой».

Если мы будем решать задачу проектирования иначе, представляя энергоэффективное здание как сумму не связанных между собой систем, то есть нарушим базовый принцип системности, то, если это не приведёт к потере энергетической эффективности проекта, он может потерять бесценные качества экологичности.

Какие три этапа будут вполне соответствовать «системности» проектирования?

– Наличие математической модели в здании, которая описывает тепломассообменные процессы на символическом языке математики.

– Формулирование оптимизационной и единой для разных точек зрения задачи целеполагания (например, главным может стать снижение затрат энергии на отопление и вентиляцию, установочной мощности оборудования, которое поддерживает микроклимат в помещении, снижение затрат энергии на стоимость обслуживания микроклимата за год).

– Возможность технической реализации многомерной задачи энергосбережения.

Поэтому для здания мы будем рассматривать две совершенно независимые энергетические подсистемы:

– источником энергии послужит наружный климат в проекте;

– потребляющей системой станет проектируемое здание.

Анализируя первую подсистему, мы сможем вычислить ту энергию наружного климата, которая потенциальна, а это, в свою очередь, определит контуры его раскрытия и превращения в теплоснабжение или снабжение здания холодом. Анализ второй, внутренней, подсистемы позволяет нам найти необходимые внутренние характеристики. Они станут задающими комплексами по архитектурно-конструктивным особенностям, теплотехническим и теплоэнергетическим показателям здания как единой системы.

Принятая нами методика построения математической модели теплового режима здания как единой энергетической системы предполагает декомпозицию здания на три основные энергетически взаимосвязанные подсистемы, которые описывают процессы:

– энергетического воздействия наружного климата на ограждающие конструкции здания (рис. 1.1);

– энергетического воздействия тепловых полей, которые накапливаются внутри здания, то есть изнутри наружных ограждающих конструкций здания (рис. 1.2);

– энергетического воздействия, которое накапливается в объеме здания, а именно, во внутреннем воздухе, во внутреннем оборудовании, во всех перегородках – внутренних ограждающих конструкциях.

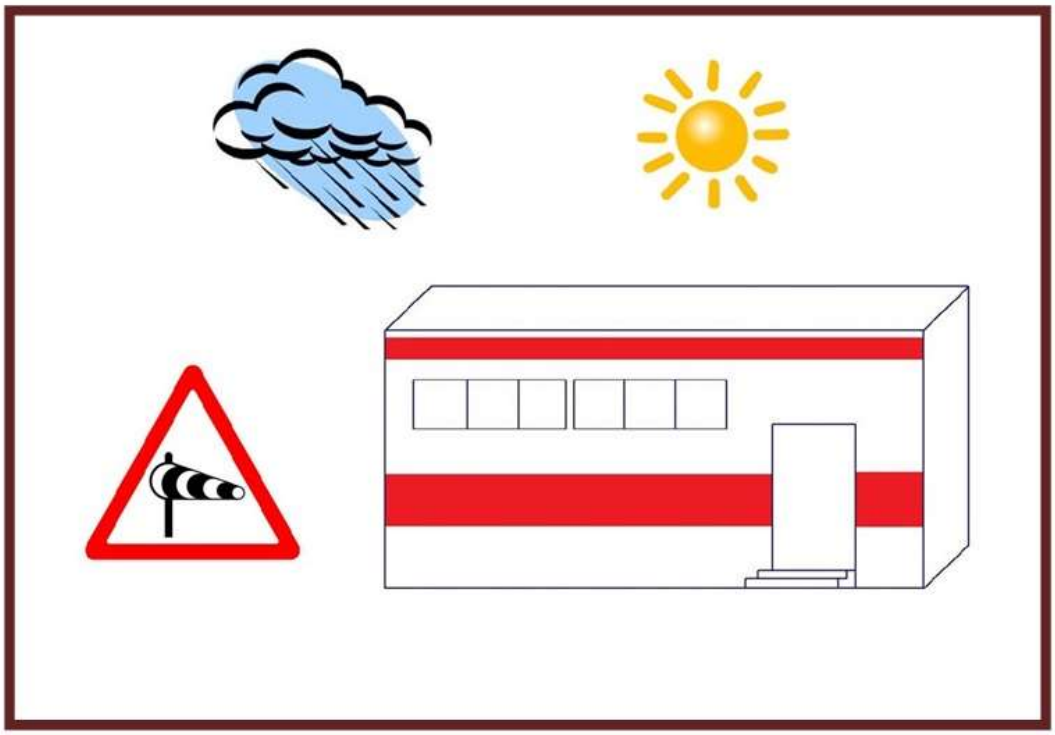


Рис. 1.1 Воздействие внешних условий

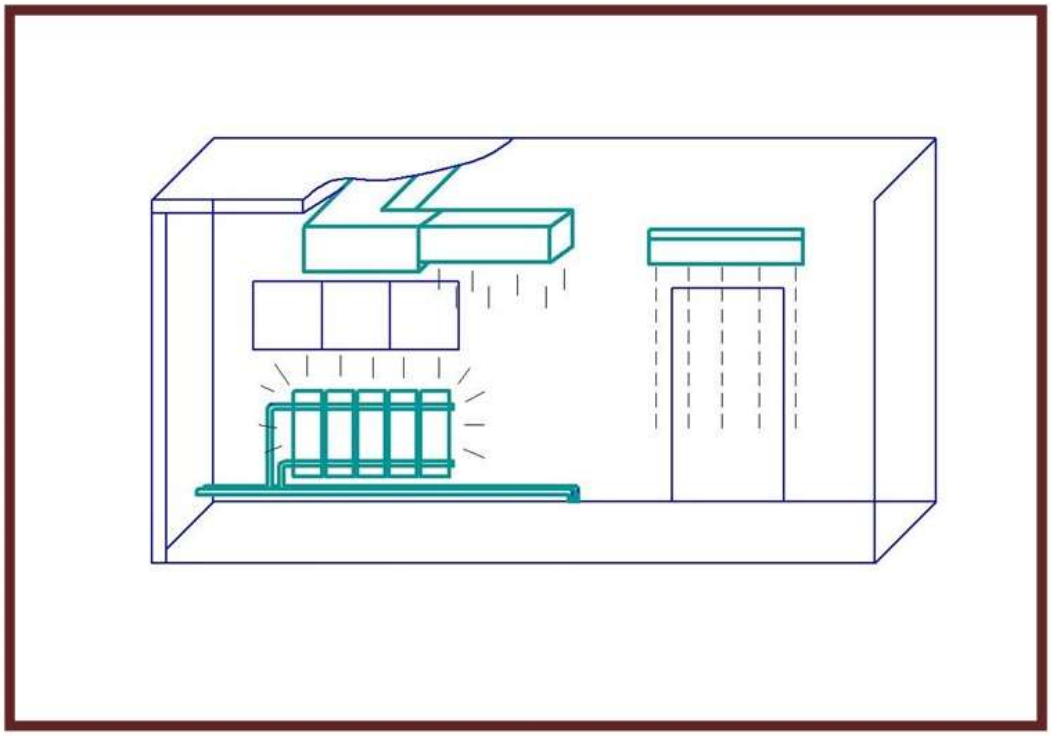


Рис. 1.2 Воздействие внутренних условий

При этом каждая большая подсистема может представляться состоящей из более мелких, энергетически взаимосвязанных подсистем.

Тогда, само проектирование здания состоит в решении задачи оптимизации трех энергетически взаимосвязанных подсистем для целого здания, которое представляется единой энергетической системой, требующей определения оптимальных архитектурно-планировочных, теплотехнических или энергетических параметров отдельных элементов здания с учетом взаимосвязи между ними и того же, но как единой системы.

В практике проектирования выбор оптимального единства архитектурно-планировочных решений по системам отопления, вентиляции и кондиционирования энергоэффективного здания, как правило, ограничен.

Так, например, этажность или протяженность здания, материал перекрытий, качество и геометрию окон мы изменить не можем.

В таком случае достаточно в проект ввести косвенный оценочный показатель тепловой эффективности решения η. По нему можно определять преимущества принятого проекта от энергоэффективного здания, с экономией тепла;

$$\eta = \frac{W_{min}}{W}, 0 < \eta \leq 1, \quad (1.1)$$

где W_{min}, Вт – тепловая энергия, затрачиваемая на тепловой режим энергоэффективного здания, с применением инновационных решений по отоплению, вентиляции и кондиционирования воздуха (ОВК);

W, Вт – тепловая энергия, затрачиваемая на тепловой режим здания, без элементов энергосбережения, максимальная тепловая эффективность достигается при η = 1.

1.2 Классификация технологических элементов системы отопления, вентиляции, кондиционирования

Чтобы решить задачу оптимальной энергетической оценки потребления тепловой энергии, разрабатывается комплекс эффективных элементов ОВК.

Они сами, их связи и взаимное влияние друг на друга определяют их способ воздействия на тепловой режим здания и значение теплового энергопотребления Wmin.

Пример такого решения, например, приводится и анализируется Волковым Виталием Алексеевичем. Он в своей диссертации предлагает и исследует систему ОВК, состоящую из взаимосвязанных технологических элементов. Каждый элемент потребляет энергию и воздействует на модель теплового режима так, как это показано на рисунке 1.3, где 3 и 4 – объекты потребления тепловых потоков, отмеченных стрелками.

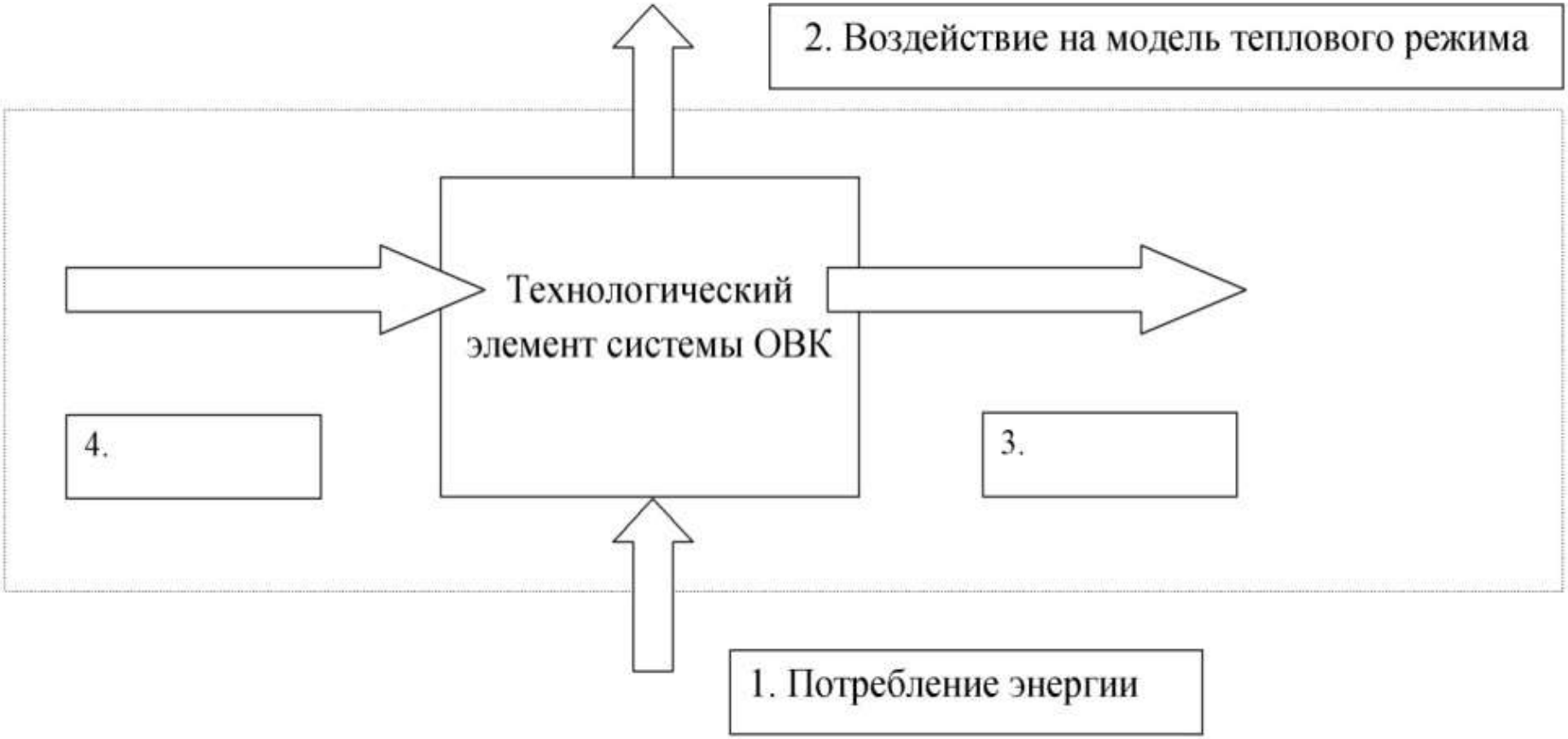


Рис. 1.3 Энергетические потоки технологического элемента системы ОВК

1.3 Регулирование по температуре воздуха в помещении

Наиболее распространенный вариант алгоритма управления системами ОВК – управление по отклонению фактической температуры воздуха в обслуживаемой зоне от заданного значения. При этом температурный датчик может контролировать температуру воздуха на выходе из технологического элемента, на входе в него и/или в отдаленной части помещения.

Если температура воздуха в помещении выше (ниже) установленного значения происходит включение (выключение) мощности. Это происходит плавно за счет использования нескольких ступеней.

1.4 Регулирование по температуре наружного воздуха

В этом случае мощность оборудования регулируется согласно заранее заданной зависимости. Наиболее часто такой вариант регулирования применяется в системах отопления. При регулировании производительности некоторого сложного современного оборудования автоматика контролирует как параметры внутреннего воздуха, так и параметры наружного воздуха.

1.5 Моделирование алгоритма управления

Любой объект в составе оборудования ОВК, как правило, уже имеет собственную «локальную» систему автоматического регулирования. Например, можно регулировать тепломассообменные потоки в нагревательных элементах. Этот вопрос подробнее будет рассмотрен в разделе автоматизации. Когда мы моделируем тепловые потоки, этот уровень элементов в системе управления микроклиматом мы называем локальными.

Локальные элементы можно объединить в большую группу и далее, в единую систему, и предусмотреть один, общий для всех центр управления всей иерархией систем в здании.

Если нам удалось создать единый алгоритм работы системы управления технологическими элементами по контурным линиям функциональных связей, то все данные принимаются и передаются, затем сравниваются с моделью алгоритма энергоэффективного управления.

Именно модель алгоритма становится основным структурирующим модулем, отвечающим за оптимальный режим работы всех локальных систем, центром энергетической эффективной системы управления тепловыми потоками ОВК.

В зависимости от конфигурации рассматриваемого решения системы ОВК, Модуль Соответствия может иметь различную структуру и алгоритм работы, так, как это предлагается Волковым В. А., автором многоконтурной модели ОВК.

Пример такого решения приведен на рисунке 1.4.

Модель автоматики определяет сама, в какой момент времени и на какую мощность может быть включен тот или иной контур управления с агрегатом тепловых потоков системы ОВК для оптимизации затрат на цели точного соответствия заданным условиям в заданном секторе здания.

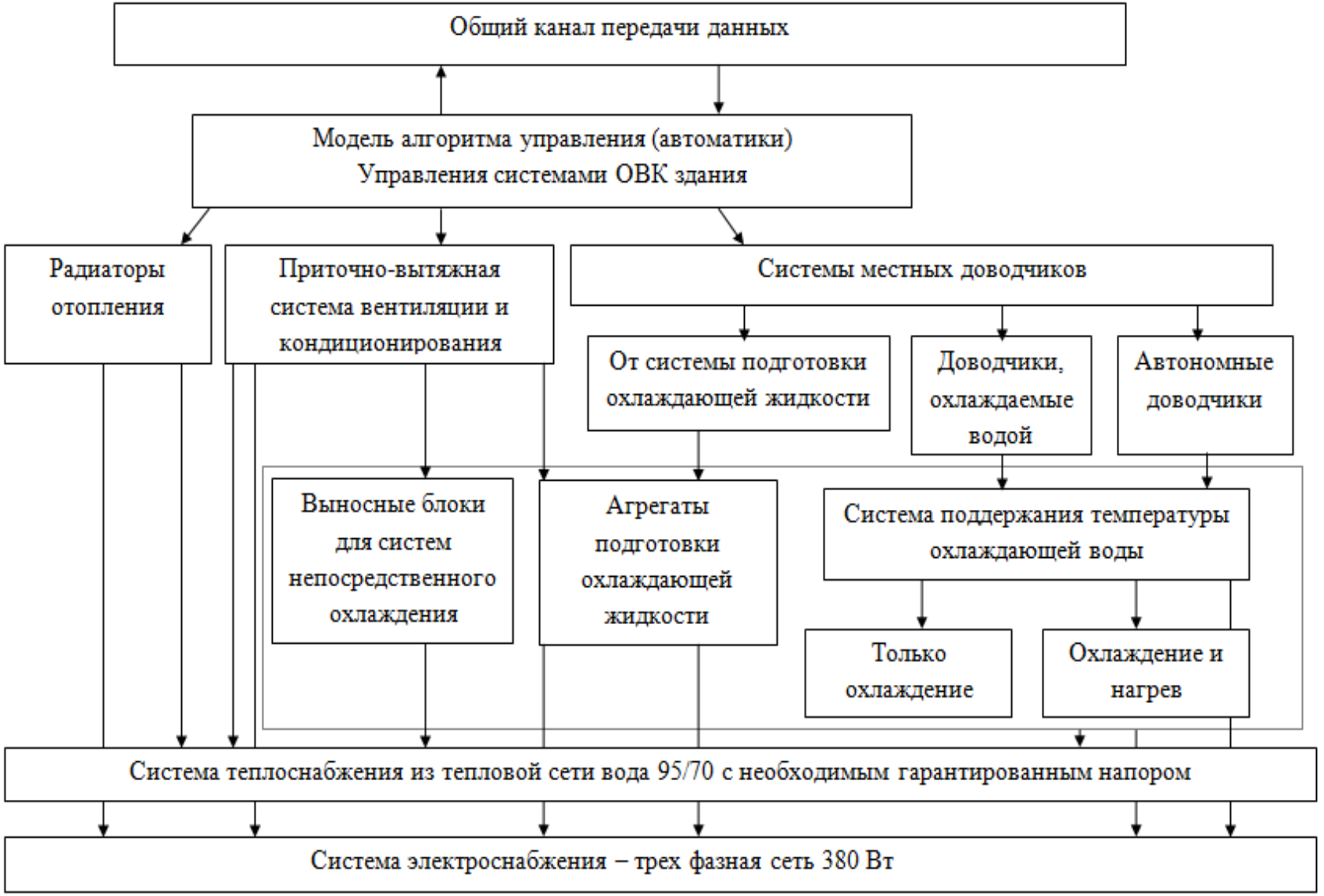


Рис. 1.4 Модель управления системами ОВК

2 Расчетная часть

2.1 Необходимая информация об объекте

Информация об объекте включает в себя технико-экономические показатели, архитектурно-планировочное и конструктивное решение, информацию о теплосетях, параметры теплоносителя в теплосети и системе отопления, климатические данные района, в котором расположен объект, расчетные параметры наружного и внутреннего воздуха, которые желательно дополнить таблицей 2.1.

2.1.1 Форма архитектурно-планировочного и конструктивного решения

Одноэтажное отдельно стоящее здание общественного назначения – магазин розничной сети торговли.

Фундамент – сборные железобетонные блоки по ГОСТ 13580-85.

Наружные стены – многослойной конструкции «сэндвич панели».

Перегородки – из кирпича по ГОСТ 379-95 толщиной 120; 250 мм.

Полы – керамическая плитка, бетонные.

Кровля – профлист.

Утеплитель из минеральной ваты.

Перекрытие потолка – гипсокартон.

Двери наружные металлические по ГОСТ 24698-81.

Двери внутренние деревянные по ГОСТ 6629-88.

Окна – пластиковые с двойным остеклением по ГОСТ 16289-86.

2.1.2 Наружные сети и внутренние системы инженерного оборудования

Система теплоснабжения принята двухтрубная по зависимой схеме с установкой на абонентском вводе узла управления, в котором располагаются контрольно-измерительные приборы.

Способ регулирования отпуска тепла – качественный, в качестве теплоносителя используется перегретая вода с Т = 95-70°С.

Наружная сеть теплотрассы прокладывается из стальных труб бесканальным способом.

Горячее водоснабжение от ЦТП микрорайона.

2.1.3 Климатические данные

Расчётные параметры наружного воздуха:

– Населённый пункт: г. ….

– Расчётная температура самой холодной пятидневки: -31°С.

Отопительный период:

– Продолжительность: 217 суток.

– Средняя температура наружного воздуха: -6,3°С.

Таблица 2.1 – Средняя месячная и годовая температура наружного воздуха

Месяц	Температура
Январь	-14,8
Февраль	-14,2
Март	-7,7
Апрель	4,7
Май	14,7
Июнь	19,8
Июль	17,8
Август	15,4
Сентябрь	13,3
Октябрь	4,6
Ноябрь	-4,4
Декабрь	-11,5
год	-6,3

Выбор расчётных параметров внутреннего воздуха производится в соответствии таблицей 2.2.

Таблица 2.2 – Параметры внутреннего воздуха

№ комнаты на плане	Наименование помещения	Температура внутреннего воздуха $t_в$, °С
1	Входной тамбур	17
2	Торговый зал	18
3	Разгрузочный шлюз	17
4	Коридор	17
5	Электрощитовая	17
6	Санузел	17
7	Склад бытовой химии	17
8	Склад алкоголя	17
9	Кабинет директора	20
10	Фасовочная	17
11	Моечная инвентаря	17
12	Кабинет персонала	20
13	Душевая	25
14	Моечная уборочного инвентаря	17
15	Тепловой узел	17

2.2 Расчет теплопотерь здания

2.2.1 Теплотехнический расчёт наружных ограждающих конструкций

Расчёт термического сопротивления ограждающих конструкций.

Теплозащитные качества ограждения принято характеризовать величиной сопротивления теплопередачи R_o, $\frac{м^2 \cdot °C}{Вт}$:

$$R_о = R_в + R_к + R_н, \quad (2.1)$$

где $R_в$ – сопротивление теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, $\frac{м^2 \cdot °C}{Вт}$;

$R_к$ – термическое сопротивление ограждения с последовательно расположенными слоями, $\frac{м^2 \cdot °C}{Вт}$;

$R_н$ – сопротивление теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции, $\frac{м^2 \cdot °C}{Вт}$.

$$R_в = \frac{1}{\alpha_в}, \quad (2.2)$$

$$R_в = \frac{1}{8,7} = 0,115,$$

где $\alpha_в$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, $\alpha_в = 8,7$ $\frac{Вт}{м^2 \cdot °C}$;

$$R_к = R_1 + R_2 + \ldots + R_n + R_{возд.прос}, \quad (2.3)$$

$$R_1 = \frac{\delta}{\lambda}, \quad (2.4)$$

$$R_1 = \frac{0{,}15}{0{,}22} = 6{,}8 \ \frac{м^2 °C}{Вт},$$

где δ – толщина слоя, м;

λ = 0,22 – коэффициент теплопроводности, $\frac{Вт}{м^2 °C}$.

$$R_н = \frac{1}{\alpha_н},$$

$$R_н = \frac{1}{23} = 0{,}043 \ \frac{м^2 °C}{Вт},$$

где $\alpha_н$ – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции /СНиП II-3-79, табл. 6/, $\alpha_н$ = 23 $\frac{Вт}{м^2 °C}$.

Коэффициент теплопередачи *k*, определяется по формуле, $\frac{Вт}{м^2 °C}$:

$$k = \frac{1}{R_o}. \qquad (2.5)$$

$$k = \frac{1}{6{,}96} = 0{,}14 \ \frac{Вт}{м^2 °C}$$

При расчете сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции должно выполняться условие:

$$R_0 \geqslant R_{req}, \qquad (2.6)$$

где R_{req} – нормируемое санитарными нормами значение сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, $м^{2 \cdot 0}C/Вт$, принимаемое по [1] в зависимости от градусо-суток отопительного периода.

$$D_d = (t_{int} - t_{ht})z_{ht}, \qquad (2.7)$$

здесь $t_{int} = t_в$;

t_{ht}, z_{ht} – средняя температура, ^{0}C, и продолжительность, сут, периода со средней суточной температурой воздуха ниже или равной 8 ^{0}C [1].

$$D_d = (18 + 6{,}3)217 = 5273$$

Значения R_{req} для величин D_d, отличающихся от табличных, определяются по формуле:

$$R_{req} = a \cdot D_d + b, \quad (2.8)$$

где a, b – переводные коэффициенты [2].

$$R_{req} = 0{,}0003 \cdot 5273 + 1{,}2 = 2{,}78$$

2.2.2 Расчет трансмиссионных теплопотерь

Трансмиссионные теплопотери $Q_{огр}$, Вт, рассчитываются через каждое теплотеряющее ограждение по формуле:

$$Q_{огр} = KA(t_в - t_н)n(1 + \Sigma\beta), \quad (2.9)$$

где K – коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции (рассчитывается в соответствии с указаниями [3], Вт/(м$^2 \cdot ^0$C);

A – площадь;

$t_в$ – расчетная температура внутреннего воздуха в помещении (определяется ГОСТ 12.1.005-88 и/или техническим заданием на расчет), ^{0}C;

$$K = 1/R_0 = 1/6{,}96 = 0{,}14.$$

Площади ограждающих конструкций по наружному обмеру, м^2:

Входной тамбур А = 6·4 = 24 м^2.

Торговый зал А = 54·4 = 216 м^2.

Разгрузочный шлюз А = 3·4 = 12 м^2.

Коридор А = 0,8·4 = 3,2 м^2.

Электрощитовая А = 2,5·4 = 10 м^2.

Санузел А = 1,2·4 = 4,8 м^2.

Склад бытовой химии А = 2,6·4 = 10,4 м^2.

Склад алкоголя А = 2·4 = 8 м^2.

Кабинет директора – нет.

Фасовочная А = 4,4·4 = 88 м^2.

Моечная инвентаря – нет.

Кабинет персонала А = 4,4·4 = 17,6 м^2.

Душевая А = 0,9·4 = 3,6 м^2.

Моечная уборочного инвентаря А = 4,3·4 = 17,2 м^2.

Тепловой узел А = 4,8·4 = 19,2 м^2.

Добавочные потери теплоты находятся по формуле:

$$\sum\beta = \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 + \beta_5, \qquad (2.10)$$

где β_1 – добавочные потери теплоты по отношению к сторонам света:

С, В, С-В, С-З = 10% – β_1 = 0,1

З, Ю-В = 5% – β_1 = 0,05

Ю, Ю-З =0% – β_1 = 0

β_2 – добавочные потери теплоты на продуваемость помещений с двумя наружными стенами и более. В жилых помещениях $t_в$ увеличивается на 2°С, в остальных помещениях добавка принимается равной 5% (β_2 = 0,05);

β_3 – добавочные потери теплоты на расчётную температуру наружного воздуха. Принимается для необогреваемых полов первого этажа над холодными подпольями при $t_н$ = -40°С и ниже в размере 5%;

β_4 – добавочные потери теплоты на подогрев врывающегося холодного воздуха, через наружные двери, не обогреваемые воздушно-тепловыми занавесами;

β_5 – добавка на высоту помещения. Принимается на каждый последующий метр сверх 4 метров в размере 2%, но не более 15%.

Тамбур

β_1 = 0,05

β_2 = 0,05

β_3 = 0,34Н = 1,36

$\Sigma\beta$ = 0,05 + 0,05 + 1,36 = 1,46

Торговый зал

β_1 = 0,1 + 0,05 = 0,15

β_2 = 0,05

β_3 = 0,27Н + 0,34Н = 0,61Н = 2,44

$\Sigma\beta$ = 0,15 + 0,05 + 2,44 = 2,64

Разгрузочный шлюз

β_1 = 0,1

β_2 = 0

β_3 = 3

$\Sigma\beta$ = 0,1 + 3 = 3,1

Коридор

β_1 = 0,1

β_2 = 0

β_3 = 0,22Н = 0,22·4 = 0,88

$\Sigma\beta$ = 0,98

Электрощитовая

β_1 = 0,1

β_2 = 0

β_3 = 0,22Н = 0,88

$\Sigma\beta$ = 0,1 + 0,88 = 0,98

Санузел

β_1 = 0,1 + 0,05 = 0,15

β_2 = 0,05

$\Sigma\beta$ = 0,2

Склад бытовой химии

β_1 = 0,1

β_2 = 0

$\Sigma\beta$ = 0,1

Склад алкоголя

β_1 = 0

β_2 = 0

$\Sigma\beta$ = 0

Кабинет директора

β_1 = 0

β_2 = 0

$\Sigma\beta$ = 0

Фасовочная

β_1 = 0,1

β_2 = 0

$\Sigma\beta$ = 0

Моечная инвентаря

β_1 = 0

β_2 = 0

$\Sigma\beta$ = 0

Кабинет персонала

β_1 = 0,05

$\Sigma\beta$ = 0,05

Душевая

β_1 = 0,05

$\Sigma\beta$ = 0,05

Моечная уборочного инвентаря

β_1 = 0,05 + 0,1 = 0,15

β_2 = 0,05

$\Sigma\beta$ = 0,15 + 0,05 = 0,2

Тепловой узел

β_1 = 0,1 + 0,1 = 0,2

β_2 = 0,05

β_2 = 0,22Н = 0,88

$\Sigma\beta$ = 0,2 + 0,05 + 0,88 = 2,93

Трансмиссионные теплопотери $Q_{огр}$, Вт

$Q_{огр1} = 0,14 \cdot 24(17 + 31)1(1 + 1,46) = 396,7$

$Q_{огр2} = 0,14 \cdot 216(18 + 31)1(1 + 2,64) = 5393,6$

$Q_{огр3} = 0,14 \cdot 12(17 + 31)1(1 + 3,1) = 330,6$

$Q_{огр4} = 0,14 \cdot 3,2(17 + 31)1(1 + 0,98) = 42,6$

$Q_{огр5} = 0,14 \cdot 10(17 + 31)1(1 + 0,98) = 133,1$

$Q_{огр6} = 0,14 \cdot 4,8(17 + 31)1(1 + 0,2) = 38,7$

$Q_{огр7}$ нет

$Q_{огр8} = 0,14 \cdot 10,4(17 + 31)1 \cdot 1 = 69,9 Q_{огр9}$ нет

$Q_{огр10} = 0,14 \cdot 8(17 + 31)1 \cdot 1 = 59,1$

$Q_{огр11}$ нет

$Q_{огр12} = 0,14 \cdot 17,6(20 + 31)1 \cdot 1 = 132$

$Q_{огр13} = 0,14 \cdot 3,6(25 + 31)1(1 + 0,05) = 29,6$

$Q_{огр14} = 0,14 \cdot 17,2(17 + 31)1(1 + 0,2) = 138,7$

$Q_{огр15} = 0,14 \cdot 19,2(17 + 31)1(1 + 2,93) = 507,1$

При расчете сопротивления воздухопроницанию ограждающей конструкции должно выполняться условие:

$$R_{инф.} > R_{req}, \qquad (2.11)$$

где R_{req} – нормируемое значение сопротивления воздухопроницанию ограждающей конструкции при Δp_0 = 10 Па, м^2·ч/кг, определяемое по формуле:

$$R_{req} = 1/G^H (\Delta p/\Delta p_0)^{2/3}, \qquad (2.12)$$

здесь G^H – нормируемая воздухопроницаемость ограждающей конструкции, кг/(м^2·ч), (для общественного здания равная 0,5), принимаемая по [2],

– окна $R_{req} = 1/0{,}5\,(32{,}6/10)^{2/3} = 0{,}9$

– двери $R_{req} = 1/0{,}5\,(35{,}7/10)^{1/2} = 1{,}06$

2.2.3 Разность наружного и внутреннего давлений по разные стороны ограждения на наветренной стороне здания

Разность наружного и внутреннего давлений по разные стороны ограждения на наветренной стороне здания (на любой высоте h, м), Па определяется по формуле:

$$\Delta p = (0{,}5H - h)(\rho_н - \rho_в)g + 0{,}5(\rho_н V^2/2)K_{дин}(C_н - C_з), \quad (2.13)$$

здесь H – высота здания, м;

$\rho_н$, $\rho_в$ – плотности наружного и внутреннего воздуха, кг/м^3,

g = 9,81 – ускорение свободного падения, м/с;

v – расчетная скорость ветра, м/с, принимаемая по [1] как максимальная из средних скоростей ветра в январе по румбам;

$К_{дин}$ – коэффициент, учитывающий изменение скорости ветра в различных типах местности и на разной высоте (степь, параметр А, высота 250 м) [4];

$c_н$ = 0,8;$c_з$ = -0,6 – аэродинамические коэффициенты соответственно на наветренной и подветренной стороне ограждающей конструкции (отдельно стоящее здание) [2] .

Для окна:

+17

$$\Delta p = (0{,}5 \cdot 0{,}4 - 2{,}5)(1{,}46 - 1{,}22)9{,}8 + 0{,}5(1{,}46 \cdot 5^2/2)2{,}65(0{,}8 + 0{,}6) = 32{,}7\ Па$$

+18

$$\Delta p = (0{,}5 \cdot 0{,}4 - 2{,}5)(1{,}46 - 1{,}21)9{,}8 + 0{,}5(1{,}46 \cdot 5^2/2)2{,}65(0{,}8 + 0{,}6) = 32{,}6\ Па$$

+20

$$\Delta p = (0{,}5 \cdot 0{,}4 - 2{,}5)(1{,}46 - 1{,}20)9{,}8 + 0{,}5(1{,}46 \cdot 5^2/2)2{,}65(0{,}8 + 0{,}6) = 32{,}57\ Па$$

Для двери

+17

$$\Delta p = (0{,}5 \cdot 0{,}4 - 1{,}25)(1{,}46 - 1{,}22)9{,}8 + 0{,}5(1{,}46 \cdot 5^2/2)2{,}65(0{,}8 + 0{,}6) = 35{,}6\ Па$$

+18

$$\Delta p = (0{,}5 \cdot 0{,}4 - 1{,}25)(1{,}46 - 1{,}21)9{,}8 + 0{,}5(1{,}46 \cdot 5^2/2)2{,}65(0{,}8 + 0{,}6) = 35{,}69\ Па$$

+20

$$\Delta p = (0{,}5 \cdot 0{,}4 - 1{,}25)(1{,}46 - 1{,}20)9{,}8 + 0{,}5(1{,}46 \cdot 5^2/2)2{,}65(0{,}8 + 0{,}6) = 35{,}76\ Па$$

2.2.4 Расход теплоты на нагревание инфильтрационного воздуха

Расход теплоты на нагревание инфильтрационного воздуха $Q_{инф}$, Вт, рассчитывается по методике, предложенной в [5], и определяется по формуле:

$$Q_{инф} = 0{,}28 G_0 \, c \, A \, (t_в - t_н) k, \qquad (2.14)$$

где c = 1– теплоемкость воздуха, кДж/(кг·^{0}C);

A – площадь конструкции, м^2;

$t_в$ – расчетная температура внутреннего воздуха в помещении (определяется условиями на проектирование), ^{0}C;

$t_н$ – температура наружного воздуха (принимается по [1] как средняя температура наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92), ^{0}C;

k – коэффициент учета влияния встречного теплового потока в воздухопроницаемых конструкциях (для окон с двойными разделенными переплетами 0,8; для дверей равно 1) [6].

$Q_{инф\ дв1}$ = 0,28·0,9·1·3,25(17 + 31)0,8 = 40 Вт.

$Q_{инф\ ок1}$ = 0 Вт.

$Q_{инф\ дв2}$ = 0,28·0,9·1·3 (18 + 31)0,8 = 29,6 Вт.

$Q_{инф\ ок2}$ = 0,28·1,06·1·35,8 (18 + 31)1 = 347 Вт.

$Q_{инф\ дв3}$ = 0,28·0,9·1·4 (17 + 31)0,8 = 48,4 Вт

$Q_{инф\ ок3}$ = 0 Вт.

$Q_{инф\ дв4}$ = 0,28·0,9·1·1,4 (17 + 31)0,8 = 13,5 Вт.

$Q_{инф\ ок4}$ = 0 Вт.

$Q_{инф\ дв5}$ = 0,28·0,9·1·2 (17 + 31)0,8 = 21 Вт.

$Q_{инф\ ок5}$ = 0 Вт.

$Q_{инф\ дв12}$ = 0 Вт.

$Q_{инф\ ок12}$ = 0,28·1,06·1·1 (20 + 31)1 = 29 Вт.

$Q_{инф\ дв15}$ = 0,28·0,9·1·2 (17 + 31)0,8 = 32,6 Вт.

$Q_{инф\ ок15}$ = 0,6·1,06·1·0,6 (17 + 31)1 = 28,8 Вт.

План здания приведён на рисунке 2.1

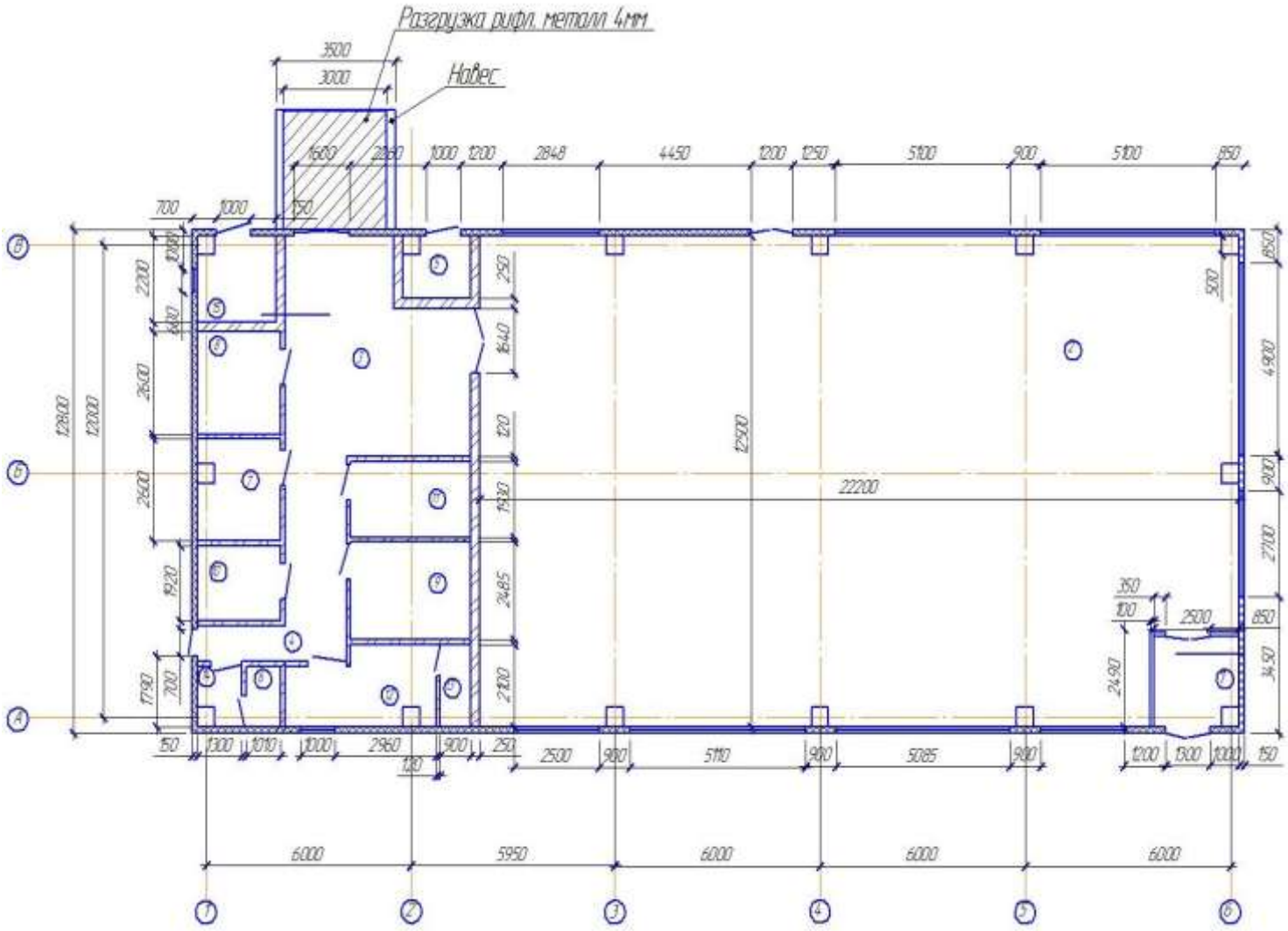


Рис. 2.1 План здания

2.2.5 Теплопотери через напольное покрытие

Сопротивление теплопередаче неутепленных полов на грунте и стен, расположенных ниже уровня земли, R_c (коэффициент теплопроводности материала $\lambda > 1{,}2$ Вт/(м $\cdot^0$C)), определяется в соответствии с [6] по зонам шириной 2 м, параллельным наружным стенам:

– для I зоны – 2,1 м$^2\cdot^0$C/Вт;

– для II зоны – 4,3 м$^2\cdot^0$C/Вт;

– для III зоны – 8,6 м$^2\cdot^0$C/Вт;

– для IV зоны (оставшаяся площадь пола) – 14,2 м$^2\cdot^0$C/Вт.

$$K_1 = \frac{1}{R_{п1}} = \frac{1}{2{,}1} = 0{,}47$$

$$K_2 = \frac{1}{R_{п1}} = \frac{1}{4{,}3} = 0{,}23$$

$$K_3 = \frac{1}{R_{п1}} = \frac{1}{8{,}6} = 0{,}12$$

$$K_4 = \frac{1}{R_{п1}} = \frac{1}{14{,}2} = 0{,}07$$

Зная коэффициент теплоотдачи, найдем теплопотери по зонам пола.

$$Q_{огрзп1} = 0{,}47 \cdot 165(17 + 31) = 3722 \text{ Вт}$$

$$Q_{огрзп2} = 0{,}23 \cdot 125(17 + 31) = 1380 \text{ Вт}$$

$$Q_{огрзп3} = 0{,}12 \cdot 95{,}5(17 + 31) = 550 \text{ Вт}$$

$$Q_{огрзп4} = 0{,}07 \cdot 9{,}5(17 + 31) = 32 \text{ Вт}$$

Теплопотери через все напольное покрытие составят:

$$\Sigma Q_{огрзп} = 3722 + 1380 + 550 + 32 = 5684 \text{ Вт.}$$

Теплопотери через напольное покрытие, приходящиеся на 1 м^2 поверхности пола:

$$Q = \frac{5684}{395} = 14{,}4 \text{ Вт.}$$

Зоны пола приведены на рисунке 2.2.

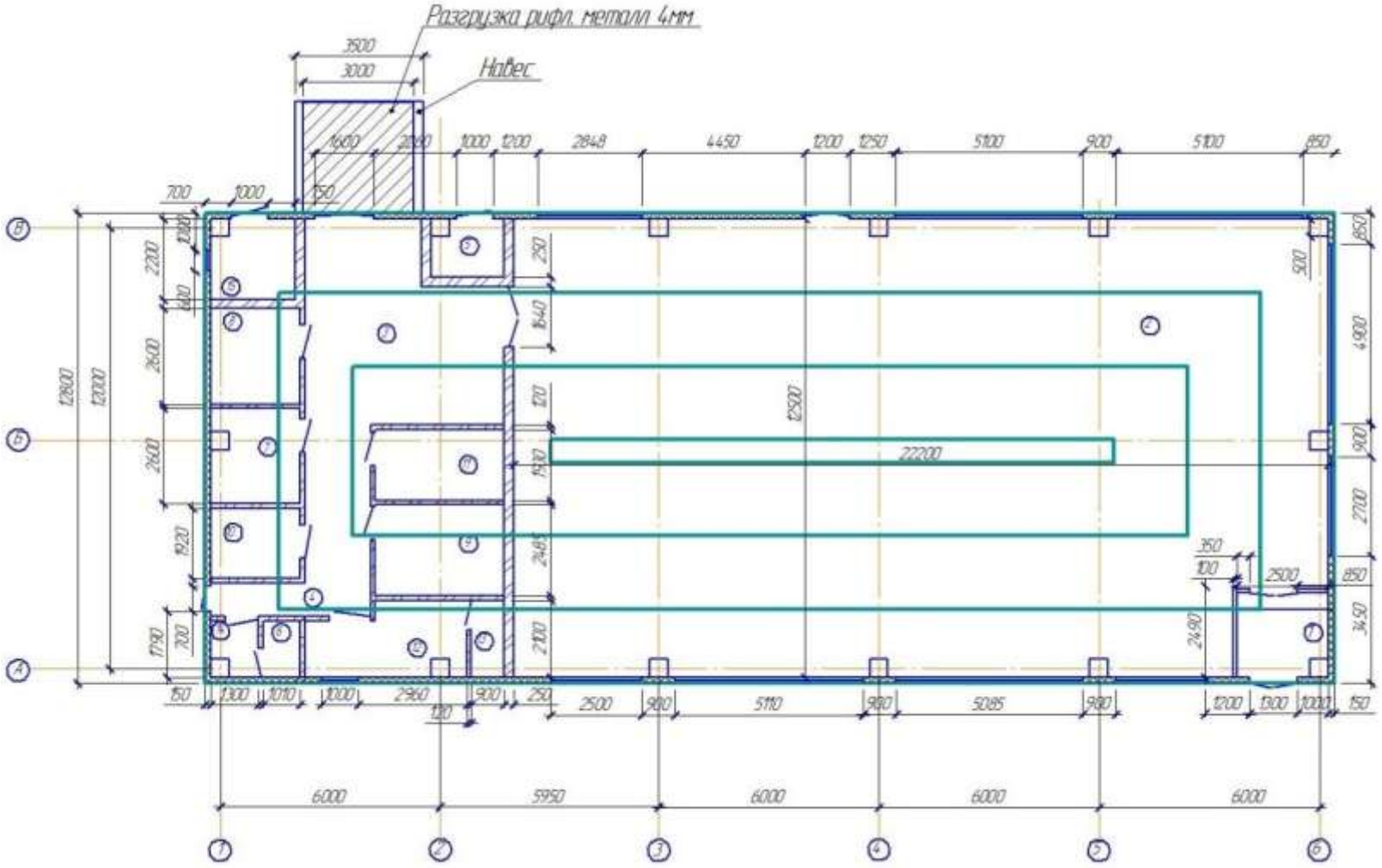


Рис. 2.2 Зоны пола

Теплопотери через напольное покрытие по комнатам:

$Q_{пол1} = 14{,}4 \cdot 6{,}5 = 93{,}6$ Вт

$Q_{пол2} = 14{,}4 \cdot 280{,}5 = 4039$ Вт

$Q_{пол3} = 14{,}4 \cdot 28 = 403$ Вт

$Q_{пол4} = 14{,}4 \cdot 13 = 187$ Вт

$Q_{пол5} = 14{,}4 \cdot 4{,}2 = 60{,}5$ Вт

$Q_{пол6} = 14{,}4 \cdot 2 = 28{,}8$ Вт

$Q_{пол7} = 14{,}4 \cdot 7{,}2 = 103{,}7$ Вт

$Q_{пол8} = 14{,}4 \cdot 7{,}2 = 103{,}7$ Вт

$Q_{пол9} = 14{,}4 \cdot 9{,}5 = 136{,}8$ Вт

$Q_{пол10} = 14{,}4 \cdot 5 = 72$ Вт

$Q_{пол11} = 14{,}4 \cdot 7{,}5 = 108$ Вт

$Q_{пол12} = 14{,}4 \cdot 95 = 136{,}8$ Вт

$Q_{пол13} = 14{,}4 \cdot 2{,}5 = 36$ Вт

$Q_{пол14} = 14{,}4 \cdot 2{,}5 = 36$ Вт

$Q_{пол15} = 14{,}4 \cdot 6{,}5 = 93{,}6$ Вт

2.2.6 Расчет трансмиссионных потерь через потолочное покрытие

Расчет трансмиссионных потерь через потолочное покрытие определяется по формуле:

$$Q_{огр} = KA(t_в - t_н)n(1 + \Sigma\beta) \quad (2.15)$$

коэффициент n = 1, так как покрытие наружное:

$$Q_{огр} = KA(t_в - t_н) \quad (2.16)$$

$K = 1/R_0$

Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций внутреннее и наружное, R, м^2·с/Вт:

$$R_в = \frac{1}{\alpha_в} = \frac{1}{8,7} = 0,115$$

$$R_н = \frac{1}{\alpha_н} = \frac{1}{23} = 0,043$$

Сумма сопротивлений теплопередаче слоев покрытия. В нашем случае крыша здания выполнена из 4 слоев: гипсокартон, пароизоляция, минеральная вата и профлист. Так как толщина профлиста и пароизоляции очень мала, не будем учитывать их сопротивление.

$$\Sigma R_i = \frac{0,15}{0,056} + \frac{0,01}{0,15} = 2,75$$

Общее сопротивление теплопередаче через потолочное покрытие, м$^{2\cdot 0}$С/Вт:

$$R_0 = R_в + \Sigma R_i + R_н \qquad (2.17)$$

$$R_0 = 0,115 + 0,043 + 2,75 = 2,9$$

Должно выполняться условие $R_0 \geqslant R_{req}$,

В нашем случае $2,9 \geqslant 2,78$

K = 1/R_0

K = 1/2,9 = 0,35

Теплопотери через крышу по комнатам:

$Q_{к1} = 0,35 \cdot 6,5(17 + 31) = 109,2$ Вт

$Q_{к2} = 0,35 \cdot 280,5(18 + 31) = 4810,6$ Вт

$Q_{к3} = 0,35 \cdot 28(17 + 31) = 470,4$ Вт

$Q_{к4} = 0,35 \cdot 13(17 + 31) = 218,4$ Вт

$Q_{к5} = 0,35 \cdot 4,2(17 + 31) = 70,56$ Вт

$Q_{к6} = 0{,}35 \cdot 2(17 + 31) = 33{,}6$ Вт

$Q_{к7} = 0{,}35 \cdot 7{,}2(17 + 31) = 95{,}12$ Вт

$Q_{к8} = 0{,}35 \cdot 7{,}2(17 + 31) = 120{,}96$ Вт

$Q_{к9} = 0{,}35 \cdot 9{,}5(20 + 31) = 169{,}57$ Вт

$Q_{к10} = 0{,}35 \cdot 5(17 + 31) = 84$ Вт

$Q_{к11} = 0{,}35 \cdot 7{,}5(17 + 31) = 126$ Вт

$Q_{к12} = 0{,}35 \cdot 9{,}5(20 + 31) = 169{,}6$ Вт

$Q_{к13} = 0{,}35 \cdot 2{,}5(25 + 31) = 49$ Вт

$Q_{к14} = 0{,}35 \cdot 2{,}5(17 + 31) = 42$ Вт

$Q_{к15} = 0{,}35 \cdot 6{,}5(17 + 31) = 109{,}2$ Вт

Расчёт теплопотерь по всему зданию сведён в таблицу 2.3.

Таблица 2.3 – Расчет теплопотерь

Помещение	t^o вн	Ограждения	Размеры		Добавки, %				n	Δt	Всего Q, Вт
			a×b, м	F, м²	Стр. св. β_1	Ветер β_2	β_3	$\Sigma\beta$			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	17	Н.с	6×4	24	0,05	0,05	1,36	1,46	1	48	396,7
		Ок.	-	-					-		-
		Дв.	1,3×2,5	3,25					-		40
		Нап.	-	6,5					-		93,6
		Пот.	-	6,5					-		109,2
2	18	Н.с	54×4	216	0,15	0,05	2,44	2,64	1	49	5393,6
		Ок.	35,8×1	35,8					-		348
		Дв.	1,2×2,5	3					-		29,6
		Нап.	-	280					-		4039
		Пот.	-	280					-		4810,6
3	17	Н.с	3×4	12	0,1	0	3	3,1	1	48	330,6
		Ок.	-	-					-		-
		Дв.	1,6×2,5	4					-		48,4
		Нап.	-	28					-		403
		Пот.	-	28					-		470,4
4	17	Н.с	0,8×4	3,2	0,1	0	0,88	0,98	1	48	42,6
		Ок.	-	-					-		-
		Дв.	0,7×2	1,4					-		13,5
		Нап.	-	13					-		187
		Пот.	-	13					-		218,4

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	17	Н.с	2,5×4	10	0,1	0	0,88	0,98	1	48	133,1
		Ок.	-	-					-		-
		Дв.	1×2	2					-		21
		Нап.	-	4,2					-		60,5
		Пот.	-	4,2					-		70,56
6	17	Н.с	1,2×4	4,8	0,15	0,05	0	0,2	1	48	38,7
		Ок.	-	-					-		-
		Дв.	-	-					-		-
		Нап.	-	2					-		28,8
		Пот.	-	2					-		33,6
7	17	Н.с	-	-	0,1	0	0	0,1	1	48	-
		Ок.	-	-					-		-
		Дв.	-	-					-		-
		Нап.	-	7,2					-		103,7
		Пот.	-	7,2					-		95,12
8	17	Н.с	2,6×4	10,4	0	0	0	0	1	48	59,1
		Ок.	-	-					-		-
		Дв.	-	-					-		-
		Нап.	-	7,2					-		103,7
		Пот.	-	7,2					-		120,96
9	20	Н.с	-	-	0	0	0	0	1	51	-
		Ок.	-	-							-
		Дв.	-	-							-
		Нап.		9,5							136,8
		Пот.		9,5							169,57

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10	17	Н.с	2×4	8	0,1	0	0	0,1	1	48	59,1
		Ок.	-	-							-
		Дв.	-	-							-
		Нап.		5							72
		Пот.		5							84
11	17	Н.с	-	-	0	0	0	0	1	48	-
		Ок.	-	-							-
		Дв.	-	-							-
		Нап.		5							108
		Пот.		5							126
12	20	Н.с	4,4×4	17,6	0,05	0	0	0,05	1	51	132
		Ок.	1×1	1							29
		Дв.	-	-							-
		Нап.		9,5							136,8
		Пот.		9,5							169,6
13	25	Н.с	0,9×4	3,6	0,05	0	0	0,05	1	56	29,6
		Ок.	-	-							-
		Дв.	-	-							-
		Нап.		2,5							36
		Пот.		2,5							49

Окончание таблицы 2.3

1	23	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
14	17	Н.с	4,3×4	17,2	0,15	0,05	0	0,2	1	48	138,7
		Ок.	-	-							-
		Дв.	-	-							-
		Нап.		2,5							36
		Пот.		2,5							42
15	17	Н.с	4,8×4	19,2	0,2	0,05	0,88	2,93	1	48	507,1
		Ок.	0,6×1	0,6							28,8
		Дв.	1×2	2							32,6
		Нап.		6,5							93,6
		Пот.		6,5							109,2

2.3 Расчёт нагревательных приборов

Так как теплопотери в некоторых комнатах невелики и температура воздуха одинакова (+17°С), посчитаем теплопотери по смежным нагрузкам. Поставим радиаторы в комнатах 2, 3, 6, 9, 10, 12, 15. К тому же не рекомендуется устанавливать радиаторы в складских помещениях в непосредственной близости от хранящихся товаров, в частности, комнате 7 (бытовая химия) и комнате 8 (склад алкоголя). Также по [2] тамбуры магазинов оборудуются тепловыми завесами. Поэтому прибавляем теплопотери в тамбуре к теплопотерям в торговом зале.

Найдем величины теплопотерь по смежным нагрузкам:

$$Q_{пом2} = Q_{пом1} + Q_{пом2} = 639{,}5 + 14619{,}8 = 15259{,}3 \text{ Вт}$$
$$Q_{пом3} = Q_{пом3} + Q_{пом8} = 1252{,}4 + 294{,}56 = 1546{,}96 \text{ Вт}$$
$$Q_{пом6} = Q_{пом6} + Q_{пом14} = 101{,}1 + 216{,}7 = 317{,}8 \text{ Вт}$$
$$Q_{пом10} = Q_{пом10} + Q_{пом7} = 215{,}1 + 198{,}82 = 413{,}92 \text{ Вт}$$
$$Q_{пом12} = Q_{пом12} + Q_{пом13} = 467{,}4 + 114{,}6 = 582 \text{ Вт}$$

Отопительные приборы рекомендуется размещать под окнами по периметру помещения для лучшего распределения теплопоступлений. Для равномерного обогрева необходимо устанавливать приборы одной мощности. Зная количество отопительных приборов в помещении, можно найти мощность, приходящуюся на один прибор, и подобрать его модель.

Выбираем биметаллические секционные радиаторы марки «Рифар» моделей В500 (рис. 2.3), В350, В200. Цифра в маркировке обозначает межосевое расстояние в мм. Зная мощность секции и мощность всего радиатора найдем число секций. Сведения по радиаторам приведены в таблице 2.4.

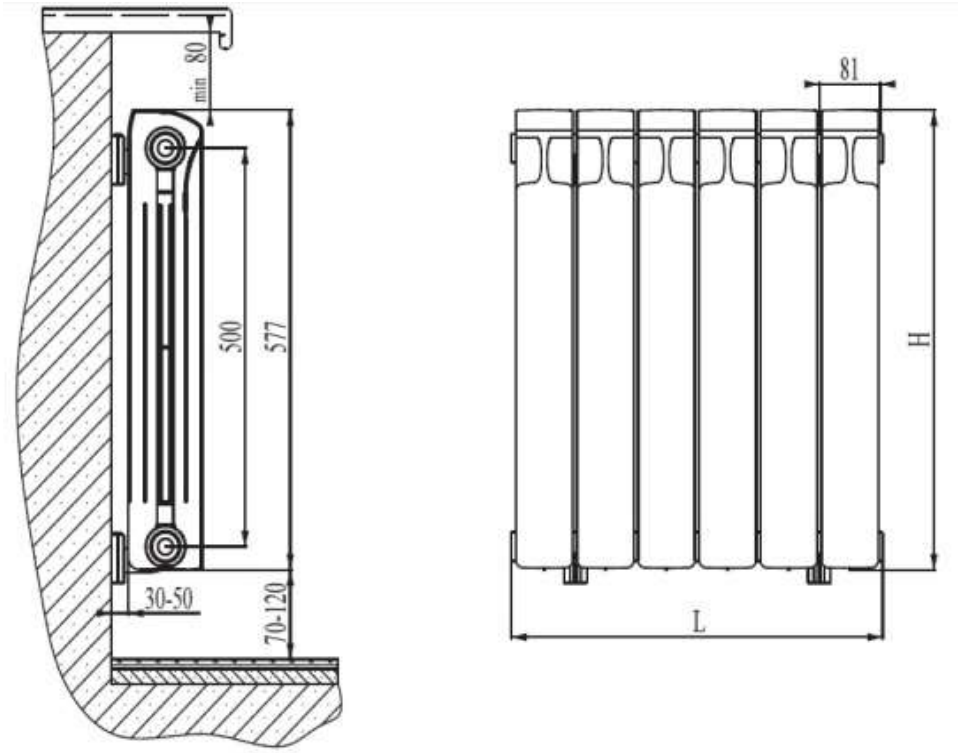


Рис. 2.3 Биметаллический радиатор «Рифар» В-500

Таблица 2.4 – Отопительные приборы

№ помещения	Количество ОП	Мощность 1ОП (Вт)	Тип ОП	Мощность секции (Вт)	Число секций
1					
2	9	1695	В 500	204	8
3	2	773	В350	136	6
4	1	462	В 200	104	4
5	1	285	В 200	104	3
6	1	318	В 200	104	3
7	-	-	–	-	–
8	–	–	–	–	–
9	1	306	В 200	104	3
10	1	414	В 200	104	4
11	1	234	В 200	104	2
12	1	582	В 200	104	6
13	–	–	–	–	–
14	-	–	–	–	–
15	1	771	В 500	204	4

Найденное решение по количеству и расположению радиаторов показано на рисунке 2.4



Рис. 2.4 Система отопления

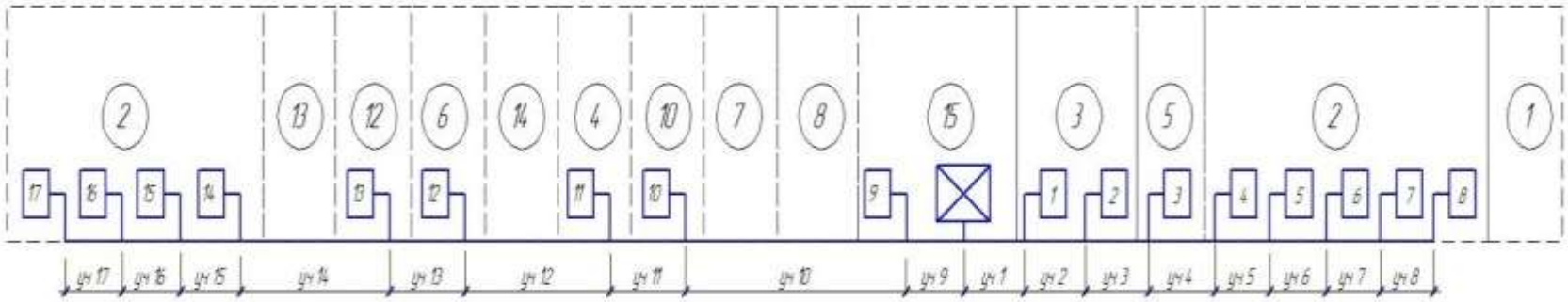


Рис. 2.5 Участки трубопроводов и экспликация помещений

Определим тепловые нагрузки на участках трубопровода в соответствии с рисунком 2.4.

Разобьем систему отопления на участки относительно питания отопительных приборов.

Исходя из размещения радиаторов, наша система состоит из двух ветвей. Расчет ведем начиная с наиболее удаленных участков. Другими словами, нагрузка на отдельном участке равна сумме нагрузки через соответствующий отопительный прибор и нагрузки на последующем участке ветви.

Ветвь 1

$$Q_{уч8} = Q_{п8} = 1695 \text{ Вт}$$
$$Q_{уч7} = Q_{п7} + Q_{п8} = 1695 + 1695 = 3390 \text{ Вт}$$
$$Q_{уч6} = Q_{п6} + Q_{уч7} = 1695 + 3390 = 5085 \text{ Вт}$$
$$Q_{уч5} = Q_{п5} + Q_{уч6} = 1695 + 5085 = 6780 \text{ Вт}$$
$$Q_{уч4} = Q_{п4} + Q_{уч5} = 1695 + 6780 = 8475 \text{ Вт}$$
$$Q_{уч3} = Q_{п3} + Q_{уч4} = 285 + 8475 = 8760 \text{ Вт}$$
$$Q_{уч2} = Q_{п2} + Q_{уч3} = 773 + 8760 = 9533 \text{ Вт}$$
$$Q_{уч1} = Q_{п1} + Q_{уч2} = 773 + 9533 = 10306 \text{ Вт}$$

Ветвь 2

$$Q_{уч17} = Q_{п17} = 1695 \text{ Вт}$$
$$Q_{уч16} = Q_{уч16} + Q_{п17} = 1695 + 1695 = 3390 \text{ Вт}$$
$$Q_{уч15} = Q_{п15} + Q_{уч16} = 1695 + 3390 = 5085 \text{ Вт}$$
$$Q_{уч14} = Q_{п14} + Q_{уч15} = 1695 + 5085 = 6780 \text{ Вт}$$
$$Q_{уч13} = Q_{п13} + Q_{уч14} = 582 + 6780 = 7362 \text{ Вт}$$
$$Q_{уч12} = Q_{п12} + Q_{уч13} = 318 + 7362 = 7680 \text{ Вт}$$
$$Q_{уч11} = Q_{п11} + Q_{уч12} = 462 + 7680 = 8142 \text{ Вт}$$
$$Q_{уч10} = Q_{п10} + Q_{уч11} = 414 + 8142 = 8556 \text{ Вт}$$
$$Q_{уч9} = Q_{п9} + Q_{уч10} = 771 + 8556 = 9327 \text{ Вт}$$

Расчетным участком называется участок теплопровода с неизменным расходом теплоносителя. Расчётный расход теплоносителя на участке, кг/ч, определяется по формуле:

$$G = \frac{3{,}6 \times Q_{уч}}{c \times (t_{вх} - t_{вых})}, \qquad (2.18)$$

где $t_{вх}$ и $t_{вых}$ – расчётные параметры теплоносителя, °С;

$Q_{уч}$ – расчётный тепловой поток на участке, $\frac{\text{ккал}}{\text{час}}$;

с = 4,2 $\frac{\text{кДж}}{\text{кг°С}}$ – теплоёмкость воды.

Отношение 3,6 в выражении (2.18) можно заменить на 0,86 – переводной коэффициент из Вт в ккал/ч.

$$G_{уч1} = \frac{0{,}86 \cdot 10306}{25} = 355 \text{ л/ч}$$
$$G_{уч2} = \frac{0{,}86 \cdot 9533}{25} = 328 \text{ л/ч}$$
$$G_{уч3} = \frac{0{,}86 \cdot 8760}{25} = 301 \text{ л/ч}$$
$$G_{уч4} = \frac{0{,}86 \cdot 8475}{25} = 292 \text{ л/ч}$$
$$G_{уч5} = \frac{0{,}86 \cdot 6780}{25} = 233 \text{ л/ч}$$
$$G_{уч6} = \frac{0{,}86 \cdot 5085}{25} = 175 \text{ л/ч}$$
$$G_{уч7} = \frac{0{,}86 \cdot 3390}{25} = 117 \text{ л/ч}$$
$$G_{уч8} = \frac{0{,}86 \cdot 1695}{25} = 58 \text{ л/ч}$$
$$G_{уч9} = \frac{0{,}86 \cdot 9327}{25} = 321 \text{ л/ч}$$
$$G_{уч10} = \frac{0{,}86 \cdot 8556}{25} = 294 \text{ л/ч}$$
$$G_{уч11} = \frac{0{,}86 \cdot 8142}{25} = 280 \text{ л/ч}$$
$$G_{уч12} = \frac{0{,}86 \cdot 7680}{25} = 264 \text{ л/ч}$$
$$G_{уч13} = \frac{0{,}86 \cdot 7362}{25} = 253 \text{ л/ч}$$

$$G_{уч14} = \frac{0{,}86 \cdot 6780}{25} = 233 \text{ л/ч}$$

$$G_{уч15} = \frac{0{,}86 \cdot 5085}{25} = 175 \text{ л/ч}$$

$$G_{уч16} = \frac{0{,}86 \cdot 3390}{25} = 117 \text{ л/ч}$$

$$G_{уч17} = \frac{0{,}86 \cdot 1695}{25} = 58 \text{ л/ч}$$

2.4 Гидравлический расчёт системы отопления здания

Для трубопроводов внутренних сетей используются электросварные стальные трубы. Они получили свое название по способу изготовления: их производят с использованием метода электросварки. У каждой такой стальной трубы есть сварной шов, по виду которого они подразделяются на спиралешовные и прямошовные.

В данном случае используются прямошовные стальные электросварные трубы марки 09Г2С. Обозначение 09Г2С означает, что в стали присутствует 0,09% углерода, поскольку 09 идет до букв, далее следует буква «Г», которая означает марганец, а цифра 2 – процентное содержание до 2% марганца. Далее следует буква «С», которая означает кремний, но, поскольку после С цифры нет, это означает, что содержание кремния менее 1%. Таким образом, расшифровка 09Г2С означает, что перед нами сталь, имеющая 0,09% углерода, до 2% марганца и менее 1% кремния. Так как общее количество добавок колеблется в районе 2,5%, то это низколегированная сталь.

Цель гидравлического расчёта – определение диаметров трубопроводов при заданной тепловой нагрузке и расчётном циркуляционном давлении, установленном для данной системы.

Гидравлический расчёт выполняют:

– по способу определения удельных потерь давления: заключается в раздельном определении потерь давления на трение и на местные сопротивления;

– по характеристикам гидравлического сопротивления: здесь устанавливают распределение потоков воды в циркуляционных кольцах системы.

При движении реальной жидкости по трубам имеют места сопротивления двух видов.

2.4.1 Определение потерь давления на трение

Потери давления на трение $R_{тр}$, Па, на участке теплопровода с постоянным расходом воды и неизменным диаметром определяются по следующей формуле:

$$R_{тр} = \frac{\lambda}{d} \times \frac{\omega^2}{2} \times \rho \times l = R \times l, \quad (2.19)$$

где λ – коэффициент гидравлического трения;

d – диаметр теплопровода, м;

ω – скорость движения воды, $\frac{м}{с}$;

ρ – плотность воды, $\frac{кг}{м^3}$;

l – длина участка теплопровода, м;

R – удельные потери давления, $\frac{Па}{м}$.

Произведем подбор диаметров трубопровода. Во избежание шумообразования, скорость теплоносителя должна составлять 0,5-1,5 м/с. Выбираем трубы стальные электросварные. Коэффициент гидравлического трения данных труб равен $2 \cdot 10^{-3}$. Условный диаметр составляет 10, 15, 20, 32 мм. Найдем площадь поперечного сечения труб.

$$S_{сеч} = \frac{\pi d^2}{4} \quad (2.20)$$

$$S_{сеч15} = \frac{3{,}14 \cdot 15^2}{4} = 176{,}6 \text{ мм}$$

$$S_{сеч20} = \frac{3{,}14 \cdot 20^2}{4} = 314 \text{ мм}$$

$$S_{сеч25} = \frac{3{,}14 \cdot 25^2}{4} = 490{,}6 \text{ мм}$$

$$S_{сеч32} = \frac{3{,}14 \cdot 32^2}{4} = 803{,}8 \text{ мм}$$

Найдем скорость движения теплоносителя:

$$v = \frac{G}{S_{сеч}} \qquad (2.21)$$

Таблица 2.5 – Параметры теплоносителя по участкам

№ участка	Расход (л/ч)	Условный диаметр (мм)	Площадь попереч-ного сечения (мм^2)	Скорость тепло-носителя (м/с)
1	355	20	314	1,13
2	328	20	314	1,04
3	301	20	314	0,96
4	292	15	176,6	1,65
5	233	15	176,6	1,32
6	175	15	176,6	0,99
7	117	15	176,6	0,66
8	58	15	176,6	0,33
9	321	20	314	1,02
10	294	20	314	0,94
11	280	20	314	0,89
12	264	15	176,6	1,50
13	253	15	176,6	1,43
14	233	15	176,6	1,32
15	175	15	176,6	0,99
16	117	15	176,6	0,66
17	58	15	176,6	0,33

Потери давления на трение по участкам:

$$R_{тр1} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 1{,}13^2 \cdot 2{,}5}{20 \cdot 10^{-3} \cdot 2} = 0{,}16 \text{ Па/м}$$

$$R_{тр2} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 1{,}04^2 \cdot 4{,}3}{20 \cdot 10^{-3} \cdot 2} = 0{,}23 \text{ Па/м}$$

$$R_{тр3} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}96^2 \cdot 3}{20 \cdot 10^{-3} \cdot 2} = 0{,}14 \text{ Па/м}$$

$$R_{тр4} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 1{,}65^2 \cdot 2}{15 \cdot 10^{-3} \cdot 2} = 0{,}36 \text{ Па/м}$$

$$R_{тр5} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 1{,}32^2 \cdot 11{,}5}{15 \cdot 10^{-3} \cdot 2} = 1{,}34 \text{ Па/м}$$

$$R_{тр6} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 1{,}99^2 \cdot 7{,}1}{15 \cdot 10^{-3} \cdot 2} = 0{,}46 \text{ Па/м}$$

$$R_{тр7} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}66^2 \cdot 6{,}1}{15 \cdot 10^{-3} \cdot 2} = 0{,}18 \text{ Па/м}$$

$$R_{тр8} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}33^2 \cdot 6{,}8}{15 \cdot 10^{-3} \cdot 2} = 0{,}05 \text{ Па/м}$$

$$R_{тр9} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 1{,}02^2 \cdot 4{,}7}{20 \cdot 10^{-3} \cdot 2} = 0{,}25 \text{ Па/м}$$

$$R_{тр10} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}94^2 \cdot 8{,}5}{20 \cdot 10^{-3} \cdot 2} = 0{,}37 \text{ Па/м}$$

$$R_{тр11} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}89^2 \cdot 2{,}5}{20 \cdot 10^{-3} \cdot 2} = 0{,}1 \text{ Па/м}$$

$$R_{тр12} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 1{,}5^2 \cdot 3}{15 \cdot 10^{-3} \cdot 2} = 0{,}45 \text{ Па/м}$$

$$R_{тр13} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 1{,}43^2 \cdot 3}{15 \cdot 10^{-3} \cdot 2} = 0{,}41 \text{ Па/м}$$

$$R_{тр14} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 1{,}32^2 \cdot 7{,}5}{15 \cdot 10^{-3} \cdot 2} = 0{,}87 \text{ Па/м}$$

$$R_{тр15} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}99^2 \cdot 8}{15 \cdot 10^{-3} \cdot 2} = 0{,}52 \text{ Па/м}$$

$$R_{тр16} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}66^2 \cdot 6}{15 \cdot 10^{-3} \cdot 2} = 0{,}17 \text{ Па/м}$$

$$R_{тр17} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}33^2 \cdot 6{,}2}{15 \cdot 10^{-3} \cdot 2} = 0{,}05 \text{ Па/м}$$

2.4.2 Потери давления на местные сопротивления

Потери давления на местные сопротивления, Z, Па, определяются по следующей формуле:

$$Z = \sum\xi \times \frac{\omega^2}{2} \times \rho, \qquad (2.22)$$

где $\sum\xi$ – суммарный коэффициент местного сопротивления на данном участке теплопровода;

$\frac{\omega^2}{2}\rho$ – динамическое давление воды.

Среднее значение удельных потерь давления на трение в местной системе отопления, $\frac{Па}{м}$, определяется по формуле:

$$R_{ср} = \frac{(1-к)\times P_р}{\sum l}, \qquad (2.23)$$

где $P_р$ – располагаемый напор в местной системе отопления, Па:

$$\Delta P_р = h \times g \times (\rho_о - \rho_{гор}), \qquad (2.24)$$

где h – вертикальное расстояние между условными центрами охлаждения в нагревательном приборе на нижнем этаже и нагреванием в системе, м;

$\sum l$ – протяженность расчётного кольца, м;

$\rho_о$ – плотность охлажденного теплоносителя, $\frac{кг}{м^3}$ (при температуре теплоносителя на выходе из системы отопления);

$\rho_{гор}$ – плотность горячего теплоносителя, $\frac{кг}{м^3}$(при температуре теплоносителя на входе в систему отопления);

g – ускорение свободного падения.

Потери напора, м:

$$\Delta H = \frac{R\ell + Z}{\rho g} \qquad (2.25)$$

Таблица 2.6 – Суммарный коэффициент местных сопротивлений

№ участка	Отводы гнутые °90		Тройники		Переходы		Радиаторы		ξ общ
	шт	ξ (КМС)	шт	ξ (КМС)	шт	ξ (КМС)	шт	ξ (КМС)	
уч. 1	6	0,5	1	1,5			1	1,7	6,2
уч. 2	4	0,5	1	1,5			1	1,7	5,2
уч. 3	5	0,5	1	1,5			1	1,7	5,7
уч. 4	12	0,5	1	1,5			1	1,7	9,2
уч. 5	1	0,5	1	1,5			1	1,7	3,7
уч. 6	9	0,5	1	1,5			1	1,7	7,7
уч. 7	5	0,5	1	1,5			1	1,7	5,7
уч. 8	4	0,5					1	1,7	3,7
уч. 9	10	0,5	1	1,5			1	1,7	8,2
уч. 10	5	0,5	1	1,5			1	1,7	5,7
уч. 11	1	0,5	1	1,5			1	1,7	3,7
уч. 12	8	0,5	1	1,5			1	1,7	7,2
уч. 13	1	0,5	1	1,5			1	1,7	3,7
уч. 14	5	0,5	1	1,5			1	1,7	5,7
уч. 15	5	0,5	1	1,5			1	1,7	5,7
уч. 16	5	0,5	1	1,5			1	1,7	5,7
уч. 17	6	0,5					1	1,7	4,7

Суммарный коэффициент местных сопротивлений сведён в таблицу 2.6.

Результаты расчета сводятся в форму таблицы 2.7.

Таблица 2.7 – Падение давления на участках трубопроводов

№ участка	Длина участка (м)	Скорость воды (м/с)	Условный диаметр (мм)	Линейное падение давления (Па/м)	Местное падение давления (Па/м)	Полное падение давление по цирк. кольцам (Па/м)
1	2,5	1,13	20	0,16	3,95	4,11
2	4,3	1,04	20	0,23	2,84	3,07
3	3	0,96	20	0,14	2,62	2,76
1	2	3	4	5	6	7
4	2	1,65	15	0,36	12,53	12,89
5	11,5	1,32	15	1,34	3,23	4,57
6	7,1	0,99	15	0,46	3,78	4,24
7	6,1	0,66	15	0,18	1,24	1,42
8	6,8	0,33	15	0,05	1,02	1,07
9	4,7	1,02	20	0,25	4,28	4,53
10	8,5	0,94	20	0,37	2,50	2,87
11	2,5	0,89	20	0,10	1,47	1,57
12	3	1,50	15	0,45	8,05	8,50
13	3	1,43	15	0,41	3,80	4,21
14	7,5	1,32	15	0,87	4,97	5,84
15	8	0,99	15	0,52	2,80	3,32
16	6	0,66	15	0,17	1,24	1,41
17	6,2	0,33	15	0,05	1,30	1,35

Аксонометрия системы отопления показана на рисунке 2.6.

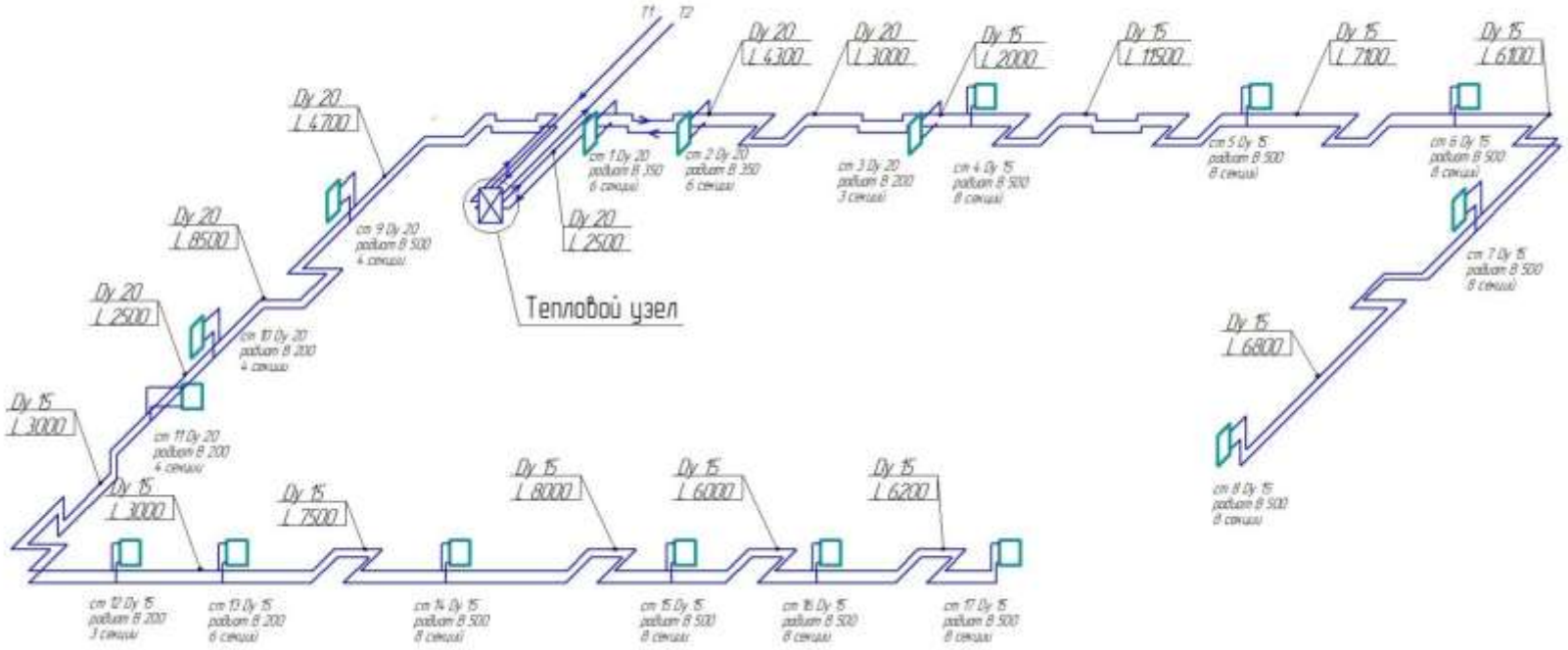


Рис. 2.6 Аксонометрия

2.5 Система вентиляции

2.5.1 Нормы для торговых залов

В помещениях магазинов используют системы кондиционирования или вентиляции с механическим побуждением. Приточный воздух, поступающий путем вентиляции, должен полностью удаляться вытяжкой. Оптимальные параметры воздуха в магазине должны поддерживаться в соответствии с данными [6]. Расчет и монтаж вентиляции предприятий розничной торговли производят на основе данных таблицы расчетных параметров воздуха торговых помещений [7].

Исходя из площади помещения магазина, можно определить расчетное количество людей, находящихся в торговых залах.

На каждого посетителя рынков, магазинов электро- и радиотоваров, мебельных, ювелирных, музыкальных, книжных, продовольственных, спортивных магазинов приходится примерно по 3,5 кв. м.

В магазинах, разделенных на отдельные залы по продаже продовольственных и непродовольственных товаров, проектируют систему кондиционирования и приточно-вытяжной вентиляции отдельно для каждого зала. Для вентиляции кладовых подходит естественная с раздельными каналами. При наличии в местах пересечения стен и перегородок огнезадерживающих клапанов, расположенных в воздуховодах системы, возможно проектирование объединенных общеобменных систем вытяжной механической вентиляции из кладовых и подсобных помещений.

В магазинах, расположенных на первых этажах зданий, проектируются автономные, независимые от системы вентиляции всего здания, системы кондиционирования или вентиляции.

Зная количество тепла, исходящего от людей, оборудования в торговых залах и солнечного излучения (с проверкой на ПДК углекислоты), можно рассчитать кратность воздухообмена в торговых за-

лах магазинов. Тепло- и влаговыделения от покупателей соответствуют легкой работе, тепло- и влаговыделения от обслуживающего персонала торговых залов – работе средней тяжести. Количество выделяемой кислоты CO_2 равно 20 литрам в час как для покупателей, так и для продавцов. Содержание углекислоты в черте города примерно 0,5 л/куб. м, в загородной местности – 0,4 л/куб. м.

По расчетной зимней температуре для проектирования вентиляционной системы (параметры А – средняя температура самого холодного месяца) определяют объем приточного воздуха для торговых залов. По расчетной летней температуре (параметры А – средняя температура самого жаркого месяца) определяют объем удаляемого воздуха. По температуре и энтальпии наиболее жаркой пятидневки (параметры Б) рассчитывают кондиционирование.

В торговые залы с химическими, синтетическими, горючими жидкостями и пахучими веществами должен подаваться наружный воздух в объеме не менее 20 куб. м в час на человека. Рециркуляция воздушных масс допустима только в торговых залах, не связанных с вредными для здоровья человека испарениями и запахами.

2.5.2 Выбор оборудования

Для торгового зала проектируем приточно-вытяжную систему вентиляции с рекуперацией воздуха. Так как расход воздуха в торговом зале больше тысячи куб. м выбираем водяной калорифер. Это позволит задействовать энергию из тепловой магистрали. Выбор электрического калорифера экономически нецелесообразен ввиду большой площади помещения. Для того, чтобы предотвратить обмерзание водяного калорифера, ставим перед ним пластинчатый рекуператор, это также позволит снизить расход теплоносителя. Регулирование расхода воды осуществляется с помощью узла обвязки калорифера. Он включает в себя циркуляционный насос, автоматический трехходовой клапан, необходимую арматуру и автоматику. Вентиля-

ционная установка выполняется в горизонтальном исполнении. Монтаж осуществляется на кронштейнах под потолочным перекрытием.

При выборе оборудования для системы вентиляции необходимо рассчитать следующие параметры:

– производительность по воздуху;

– мощность калорифера;

– рабочее давление, создаваемое вентилятором;

– скорость потока воздуха и площадь сечения воздуховодов;

– допустимый уровень шума.

2.5.3 Предварительный расчет оборудования для вентиляции торгового зала

Проектирование системы вентиляции начинается с расчета требуемой производительности по воздуху, измеряемой в кубометрах в час. Для этого необходим поэтажный план помещений с экспликацией, в которой указаны наименования (назначения) каждого помещения и его площадь. Расчет начинается с определения требуемой кратности воздухообмена, которая показывает, сколько раз в течение одного часа происходит полная смена воздуха в помещении.

Для определения требуемой производительности необходимо рассчитать два значения воздухообмена: по кратности и по количеству людей, после чего выбрать большее из этих двух значений.

2.5.4 Расчет воздухообмена

1) Расчет воздухообмена по кратности

$$L = n \cdot S \cdot H, \tag{2.26}$$

где L – требуемая производительность приточной вентиляции, м^3/ч;

n – нормируемая кратность воздухообмена: для торгового зала n = 1,

S – площадь помещения, м^2;

H – высота помещения, м;

s – площадь на 1 человека, м^2;

L = 1·280·4 = 1120 м^3/ч.

2) Расчет воздухообмена по количеству людей:

Максимальное количество людей, находящихся в торговом зале:

$$N = S/s \qquad (2.27)$$

$$N = \frac{280}{3{,}5} = 78$$

$$L = N \cdot L_{норм} \qquad (2.28)$$

где L – требуемая производительность приточной вентиляции, м3/ч;

N – количество людей;

$L_{норм}$ – норма расхода воздуха на одного человека в состоянии покоя – 20 м^3/ч;

L = 78·20 = 1560 м^3/ч.

Рассчитав необходимый воздухообмен, выбираем вентилятор или приточную установку соответствующей производительности. При этом необходимо учитывать, что из-за сопротивления воздухопроводной сети происходит падение производительности вентилятора. Зависимость производительности от полного давления можно найти по вентиляционным характеристикам, которые приводятся в технических характеристиках оборудования. Для справки: участок воздуховода длиной 15 метров с одной вентиляционной решеткой создает падение давления около 100 Па.

Типичные значения производительности систем вентиляции:

Для квартир – от 100 до 500 м^3/ч;

Для коттеджей – от 1000 до 2000 м^3/ч;

Для офисов – от 1000 до 10000 м^3/ч.

2.5.5 Расход тепла на подогрев приточного воздуха

$$Q_t = L\rho_{\text{возд}}C_{\text{возд}}(t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}) \quad (2.29)$$

где $Q_т$ – тепловая мощность калорифера, Вт;

$\rho_{возд.}$ – плотность воздуха. Плотность сухого воздуха при 15°С на уровне моря составляет 1,225 кг/м^3;

$c_{возд.}$ – удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/(кг·К) = 0,24 ккал/(кг·°С);

$t_{вн.}$ – температура воздуха на выходе из калорифера, °С;

$t_{нар.}$ – температура наружного воздуха, °С (температура воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 по [1]).

$$Q_t = 1560 \cdot 1{,}425 \cdot 0{,}24 \cdot 49 = 26137 \text{ Вт}.$$

2.5.6 Расход теплоносителя на калорифер

$$G = (3{,}6 \cdot Q_m)/\left(C_в\left(t_{\text{пр}} - t_{\text{обр}}\right)\right), \quad (2.30)$$

где 3,6 – коэффициент перевода Вт в кДж/ч (для получения расхода в кг/ч);

G – расход воды на теплоснабжение калорифера, кг/ч;

$Q_т$ – тепловая мощность калорифера, Вт;

$c_в$ – удельная теплоемкость воды, равная 4,187 кДж/(кг·К) = 1 ккал/(кг·°С);

$t_{пр.}$ – температура теплоносителя (прямая линия), °С;

$t_{нар.}$ – температура теплоносителя (обратная линия), °С.

$$G = \frac{3{,}6 \cdot 26137}{\left(4{,}187(95-70)\right)} = 898{,}9 = 900 \text{ кг/ч}$$

Выбор диаметра труб для теплоносителя Dy = 25 мм.

При этом скорость теплоносителя в трубе v = 1,83 м/с.

2.5.7 Рабочее давление, скорость потока воздуха в воздуховодах и допустимый уровень шума

После расчета производительности по воздуху и мощности калорифера приступают к проектированию воздухораспределительной сети, которая состоит из воздуховодов, фасонных изделий (переходников, разветвителей, поворотов) и распределителей воздуха (решеток или диффузоров). Расчет воздухораспределительной сети начинают с составления схемы воздуховодов. Далее по этой схеме рассчитывают три взаимосвязанных параметра: рабочее давление, создаваемое вентилятором, скорость потока воздуха и уровень шума.

Требуемое рабочее давление определяется техническими характеристиками вентилятора и рассчитывается исходя из диаметра и типа воздуховодов, числа поворотов и переходов с одного диаметра на другой, типа распределителей воздуха. Чем длиннее трасса и чем больше на ней поворотов и переходов, тем больше должно быть давление, создаваемое вентилятором. От диаметра воздуховодов зависит скорость потока воздуха. Обычно эту скорость ограничивают значением от 2,5 до 4 м/с. При больших скоростях возрастают потери давления и увеличивается уровень шума. В то же время использовать «тихие» воздуховоды большого диаметра не всегда возможно, поскольку их трудно разместить в межпотолочном пространстве. Поэтому при проектировании вентиляции часто приходится искать компромисс между уровнем шума, требуемой производительностью вентилятора и диаметром воздуховодов. Для бытовых систем приточной вентиляции обычно используются гибкие воздуховоды сечением 160-250 мм и распределительные решетки размером 200×200 мм – 200×300 мм.

2.5.8 Тепловые завесы

Тепловая мощность завесы, кВт рассчитывается по формуле:

$$Q_з = V\Delta t \cdot k/860, \quad (2.31)$$

где V – объем помещения;

Δt – разница между наружной и желаемой внутренней температурами воздуха;

K – коэффициент рассеяния, зависит от степени теплоизоляции помещения, имеет следующие значения:

$0{,}6 \leq k \leq 0{,}9$ – помещение хорошо утеплено, теплоизоляция высокая (улучшенная конструкция сооружения, кирпичные стены с двойной теплоизоляцией, нормальная толщина основания пола, небольшое количество оконных проемов, оконные конструкции с двойными рамами, крыша из качественного теплоизолирующего материала);

$1{,}0 \leq k \leq 1{,}9$ – теплоизоляция средняя (стандартная конструкция сооружения, стены выполнены двойной кирпичной кладкой, небольшое количество оконных проемов, стандартная кровля);

$2{,}0 \leq k \leq 2{,}9$ – теплоизоляция минимальная (упрощенная конструкция сооружения, стены выполнены простой кирпичной кладкой, обычные оконные рамы);

$3{,}0 \leq k \leq 4{,}0$ – теплоизоляция отсутствует (открытая площадка, простая деревянная конструкция или сооружение из гофрированных металлических листов).

1) Разгрузочный шлюз

Завеса выполняется в подвесном горизонтальном положении. Нагрев производится с помощью электронагревателя, что позволяет включать ее в определенные промежутки времени. Предполагается уставить одну завесу в разгрузочном шлюзе. В этой комнате располагаются ворота высотой 2,5 м и шириной 1,6 м. При разгрузке товара они открыты, и, чтобы избежать выхолаживания воздуха внутри по-

мещения, используется тепловая завеса. Зная определенные параметры воздуха и площадь проема, находим требуемую мощность тепловой завесы и модель по каталогу.

$$Q_{з.т.ш.} = \frac{122 \cdot 48 \cdot 1,5}{860} = 9,38 \text{ кВт}$$

2) Входной тамбур

Тамбуры входов в магазины торговой площадью от 150 кв. м (рынков 600 кв. м и более) и ворота (для разгрузки) продовольственных магазинов торговой площадью от 1500 кв. м, при расчетной температуре наружного воздуха от -15 градусов и ниже оборудуют воздушно-тепловыми завесами.

$$Q_{з.в.т.} = \frac{26 \cdot 48 \cdot 1,5}{860} = 2,18 \text{ кВт}$$

Исходя из расчетов выбираем электрические тепловые завесы марки Remak серии С.

Таблица 2.8 – Тепловые завесы

Помещение	Разгрузочный шлюз	Входной тамбур
Модель завесы	C1-E1-200	C1-E1-150
Размеры проема, м	1,6х2,5	1,3х2,5
Длина завесы, м	2	1,5
Расход воздуха(макс), $м^3$/ч	2400	1800
Мощность обогрева, Вт	9000	6750
Уровень шума, Дб	58	52
Габариты(ШхВхГ) см	204х24х36,5	154х24х36,5

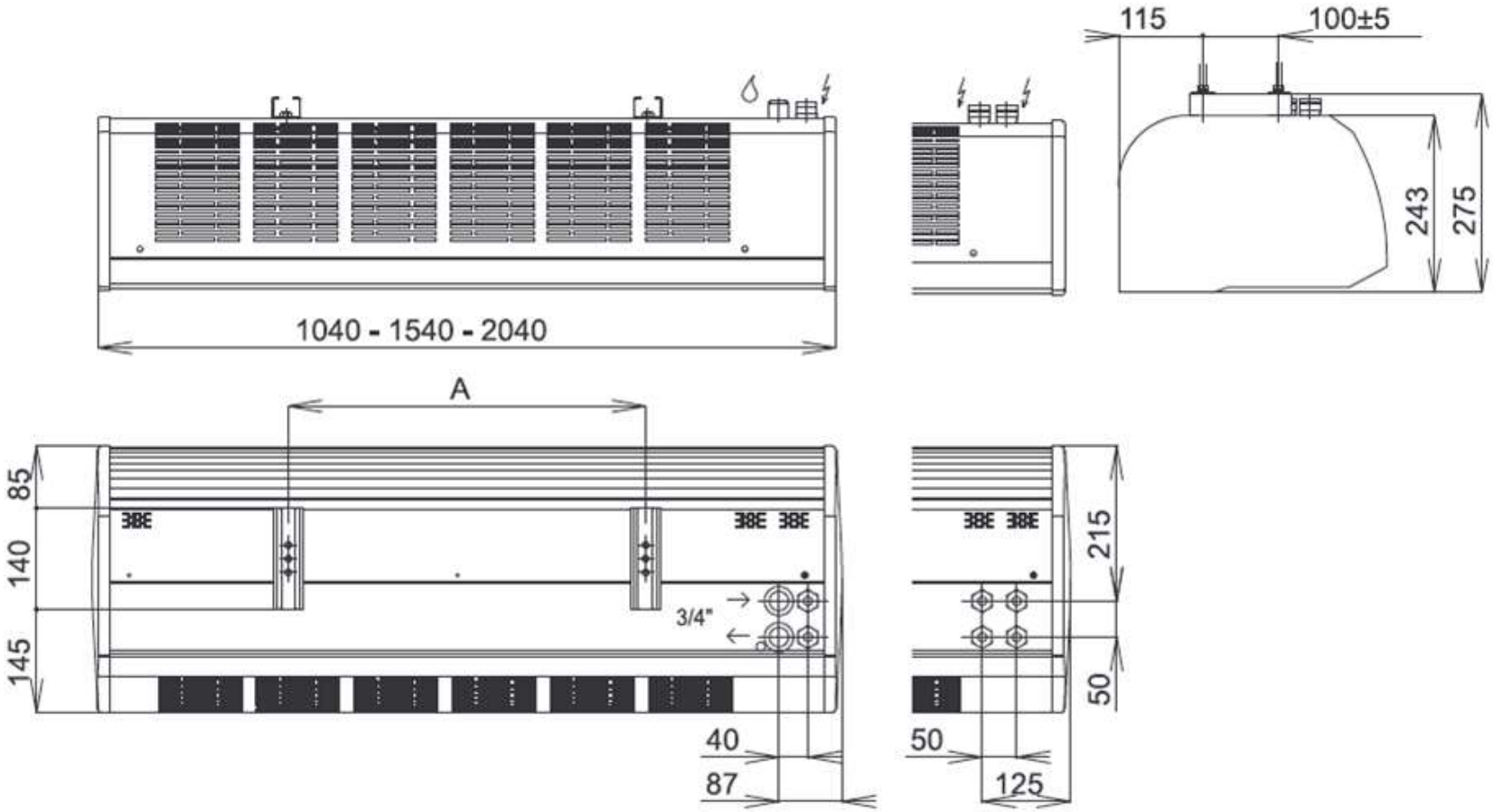


Рис. 2.7 Основные размеры завес серии C1

3 Проектирование системы вентиляции в программе Aero Cad

Aero Cad – расчетная программа для нахождения потерь давления в сети воздуховодов и трубопроводов. Программа содержит библиотеку оборудования компании Remak.

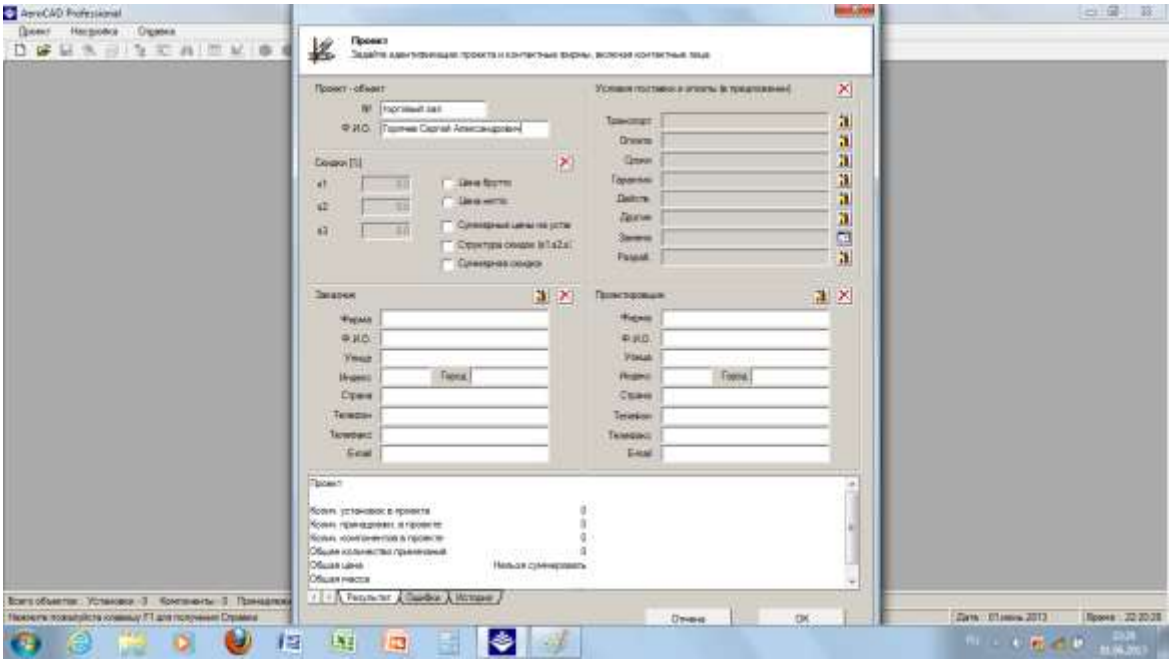


Рис. 3.1 Библиотека оборудования компании Remak

Для начала работы необходимо задать данные по названию проекта и исполнителю. Также есть возможность указать контактные данные проектировщика и заказчика.

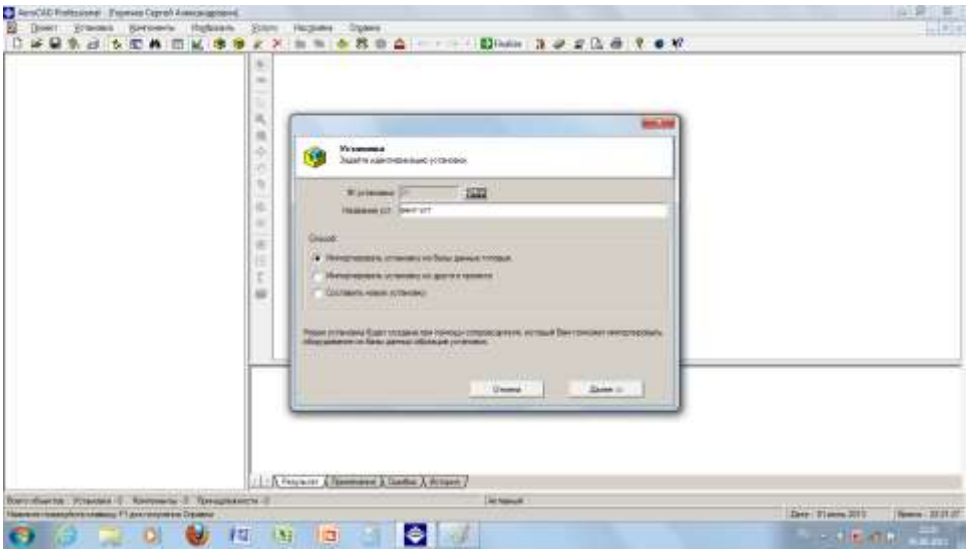


Рис. 3.2 Запись контактных данных проектировщика и заказчика

Далее необходимо определиться с выбором вентиляционной установки. Есть возможность загрузить из библиотеки, зная основные параметры оборудования.

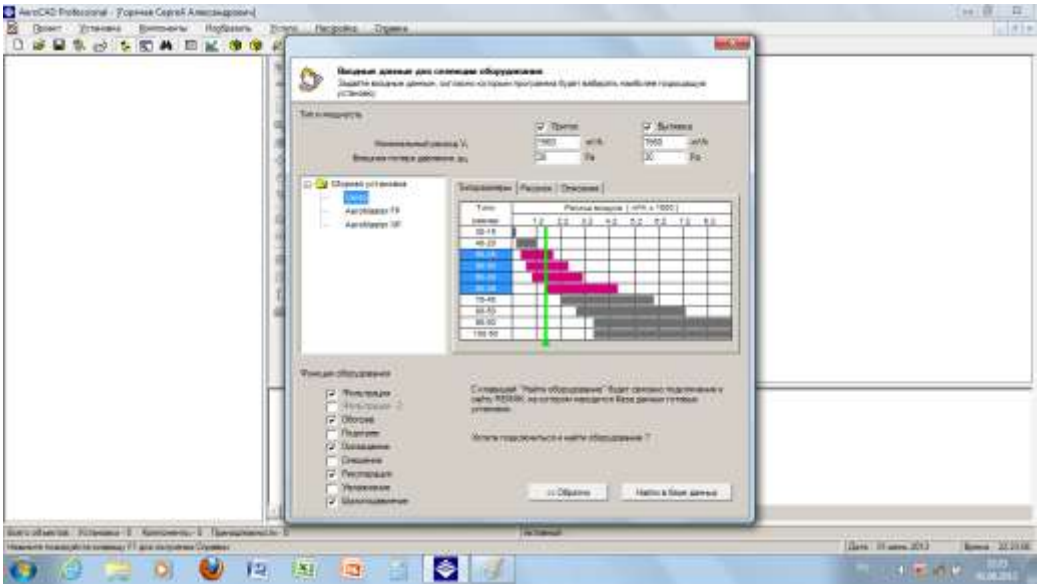


Рис. 3.3 Выбор вентиляционной установки

В нашем случае требуется приточно-вытяжная вентиляционная установка с рекуперацией.Также в функции оборудования входит обогрев и охлаждение в летний период. Используется оборудование

линейки Vento бытового назначения, так как расходы воздуха невелики.

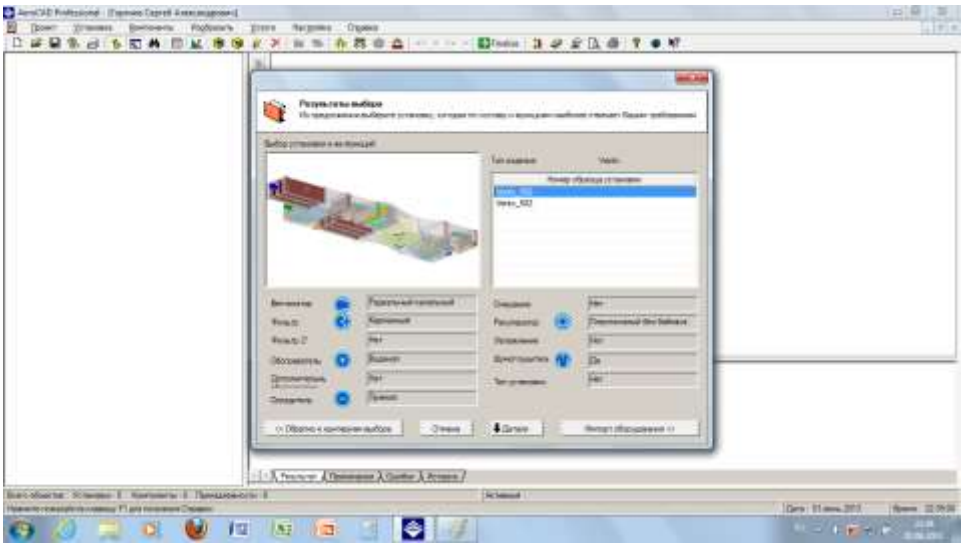


Рис. 3.4 Оборудование линейки Vento

Калорифер выбирается с водяным обогревом, так как есть возможность запитки от теплового узла. Далее программа загрузит оборудование. Для этого обязательно подключение сети Internet.

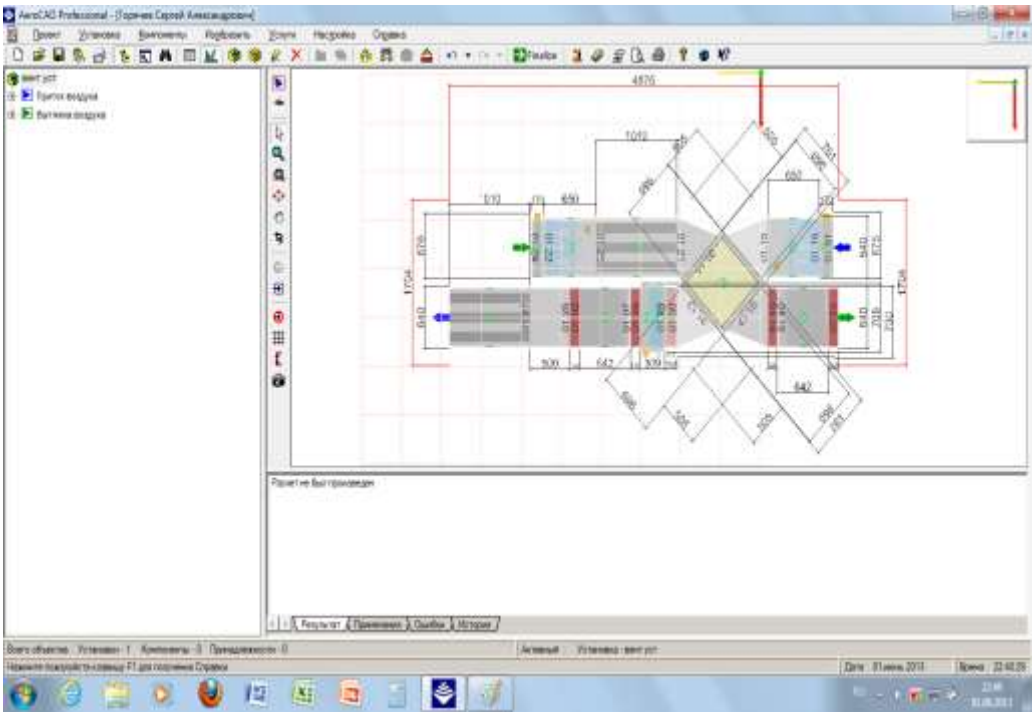


Рис. 3.5 Моделирование калорифера

Загруженная установка включает в себя калорифер, блок охлаждения, рекуператор, фильтры, дутьевые вентиляторы, заслонки. Далее необходимо добавить недостающие компоненты. В нашем случае – воздуховоды с поворотами и переходами. Длины воздуховодов выбираются из архитектуры помещения для обеспечения нормальной циркуляции воздуха. Также стоит учесть расположение осветительных приборов, так как вентиляция будет в горизонтальном подвесном исполнении.

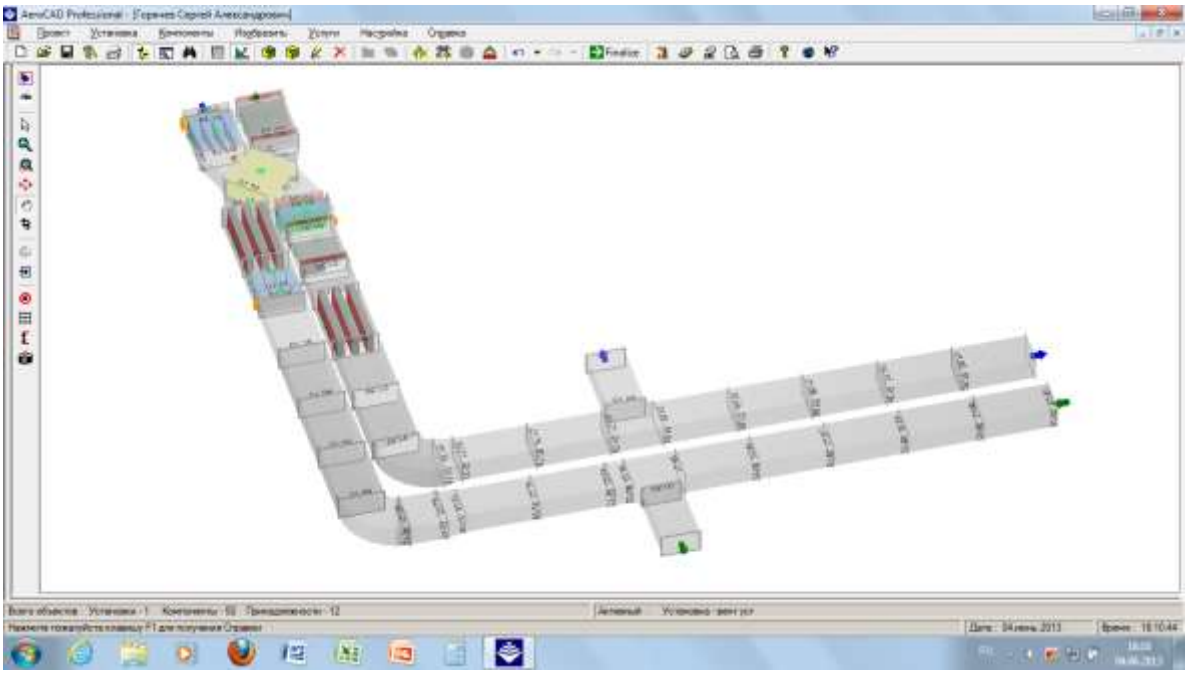


Рис. 3.6 3Д-модель калорифера

После того, как добавлены все элементы можно приступить к расчету режимов работы оборудования и нахождения потерь давления.

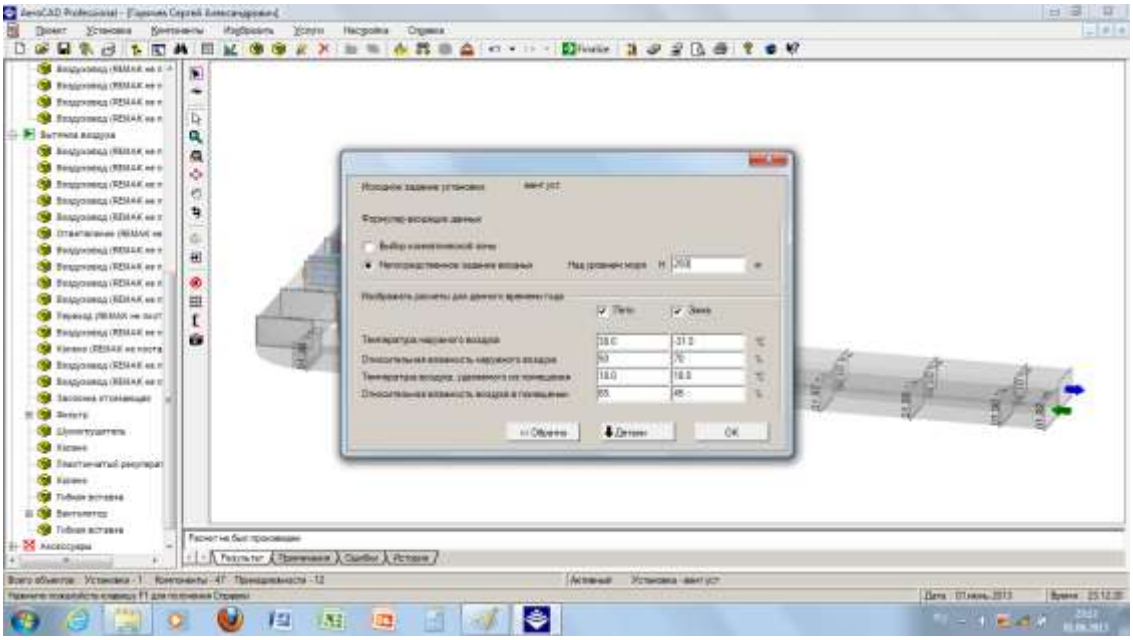


Рис. 3.7 Переход к расчетной части режимов работы оборудования и определения потерь давления

Для начала нужно проверить климатические условия местности. При загрузке готовой вентиляционной установки автоматически выбирается Чешская республика. Если в списке нет требуемой климатической зоны, выбирается непосредственное задание данных.

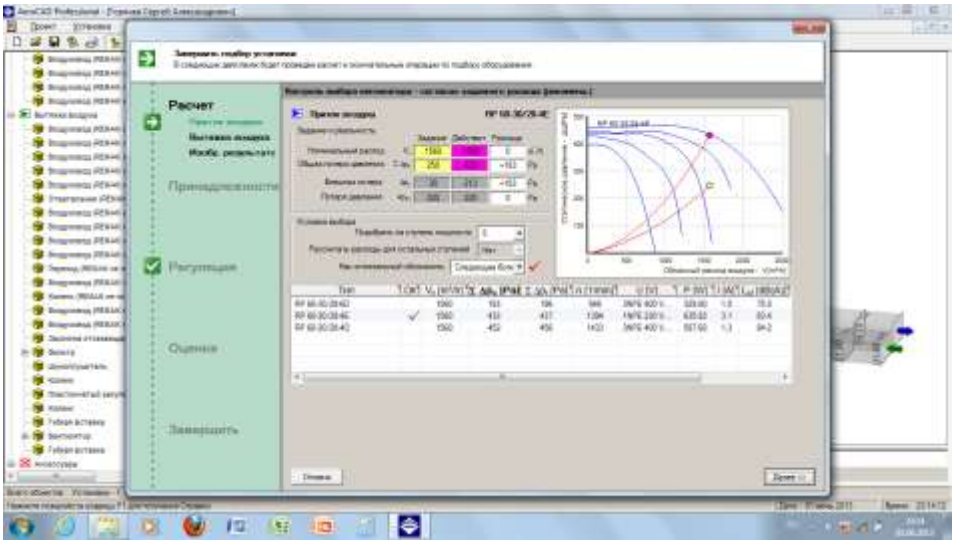


Рис. 3.8 Проверка климатических условий местности

В расчете притока воздуха представлена диаграмма потери давления при увеличении обьемного расхода воздуха. Потери давления включают все элементы на притоке.

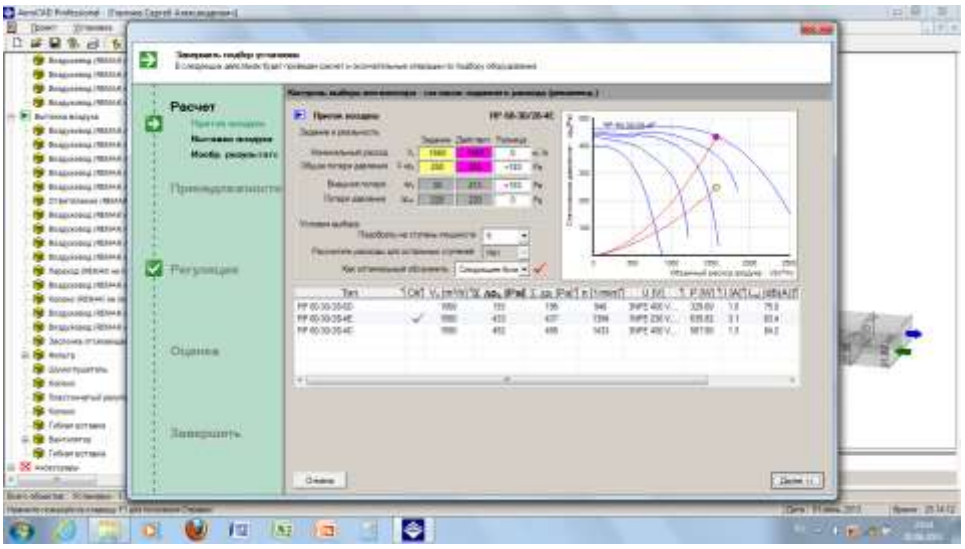


Рис. 3.9 Диаграмма потери давления при увеличении обьемного расхода воздуха

То же самое для вытяжки.

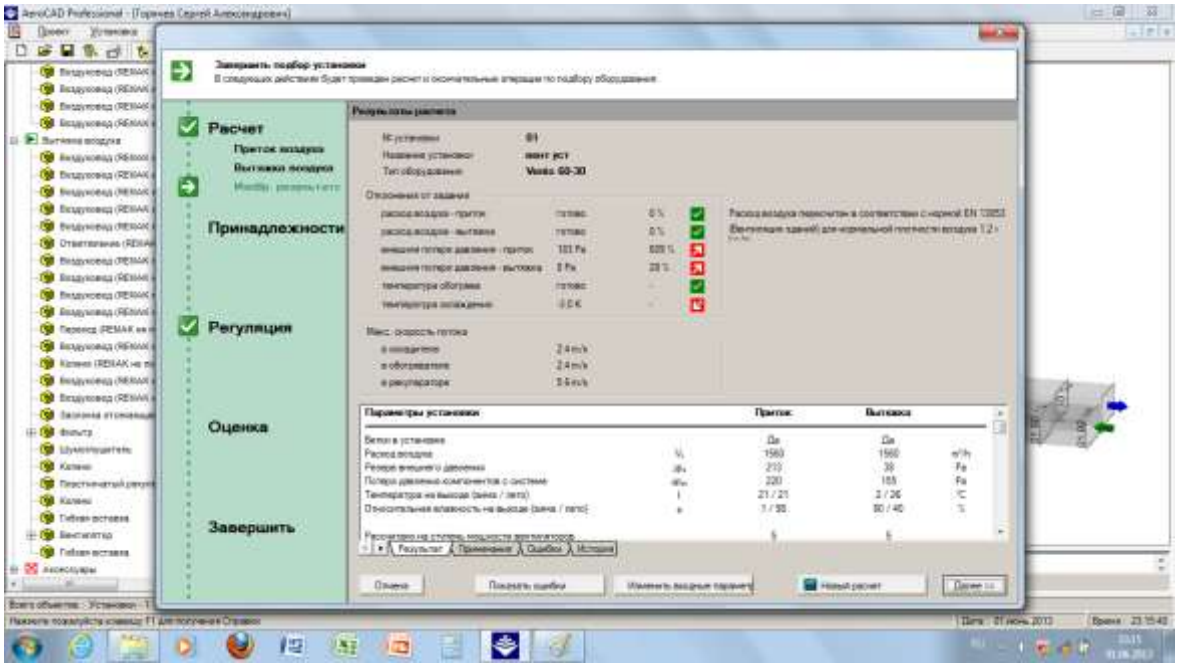


Рис. 3.10 Диаграмма потери давления при уменьшении обьемного расхода воздуха

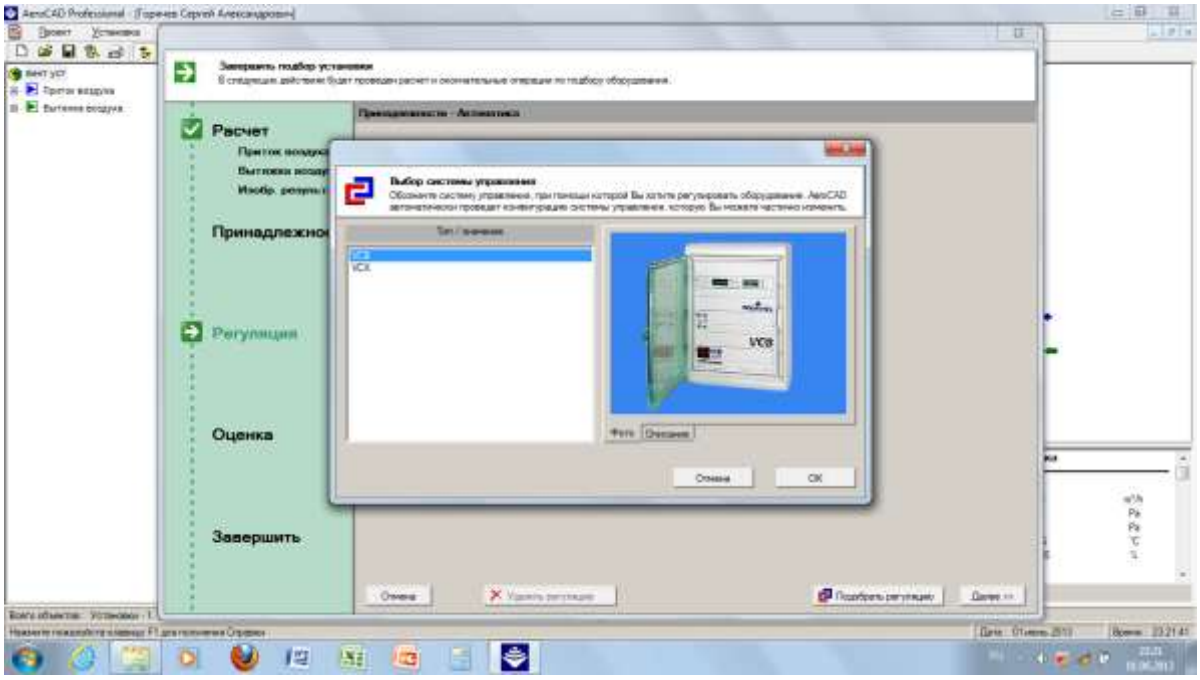


Рис. 3.11 Моделирование системы управления

Подбор автоматики. Выбирается блок управления линейки VCB бытового назначения.



Рис. 3.12 Подбор автоматики

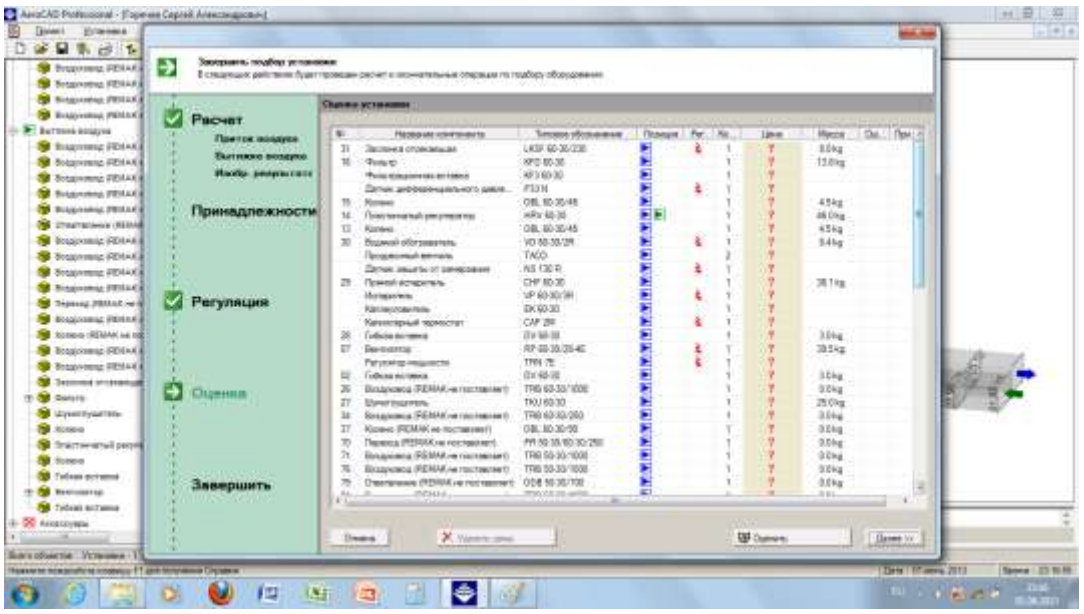


Рис. 3.13 Подбор автоматики расширенной комплектации



Рис. 3.14 Модели вентиляционной установки

После окончания расчета можно посмотреть вентиляционную установку с разных сторон. Для этого необходимо воспользоваться кнопкой «вид». Можно отдельно изобразить приточный и вытяжной воздуховоды, а также совместно. Доступен просмотр слева, справа, сверху, снизу, а также в координационных осях. Также выводится структура компонентов приточной, вытяжной вентиляции и автоматики.

4 Автоматизация системы отопления

4.1 Подбор оборудования теплового пункта

Выбор насоса

Циркуляционный насос – важнейший элемент системы отопления или горячего водоснабжения. Он заставляет жидкость циркулировать в замкнутом контуре, что повышает теплоотдачу в системе отопления. Насос позволяет также поддерживать постоянную температуру воды в системе горячего водоснабжения. Насос работает непрерывно, поэтому к нему предъявляются очень высокие требования: простота и надежность, малое потребление электроэнергии, бесшумность.

Основные параметры циркуляционного насоса – это расход насоса и напор.

Расход насоса:

$$G_{н} = \frac{0{,}86 \cdot 112041}{25 \cdot 10^{3}} = 3{,}85\ м^{3}/ч$$

Напор насоса

Исходя из расчетов наибольшие потери давления будут в циркуляционном кольце 4 и равны 1,29 м.в.ст.

$$\Delta H = 1{,}3\ м.в.ст.$$

Исходя из этих данных выбираем циркуляционный насос марки GRUNDFOS UPS 40-50 F серии 100. Он предназначен для работы в системах отопления со стабильным или мало изменяющимся расходом. В зависимости от потребности сети с помощью простого и удобного переключателя можно установить необходимую частоту вращения.

Насос UPS является насосом с ротором, изолированным от статора герметичной гильзой, то есть насос и электродвигатель образуют единый узел без уплотнений вала, в котором применяются всего лишь две уплотнительные прокладки. Подшипники смазываются перекачиваемой жидкостью.

Технические характеристики:

Количество скоростей: 3.

Текущий рассчитанный расход: 3,81 м/ч.

Общий гидростатический напор насоса: 3,43 м.

Максимальный гидростатический напор: 50 дм.

TF класс: 110.

Максимальное рабочее давление: 10 бар.

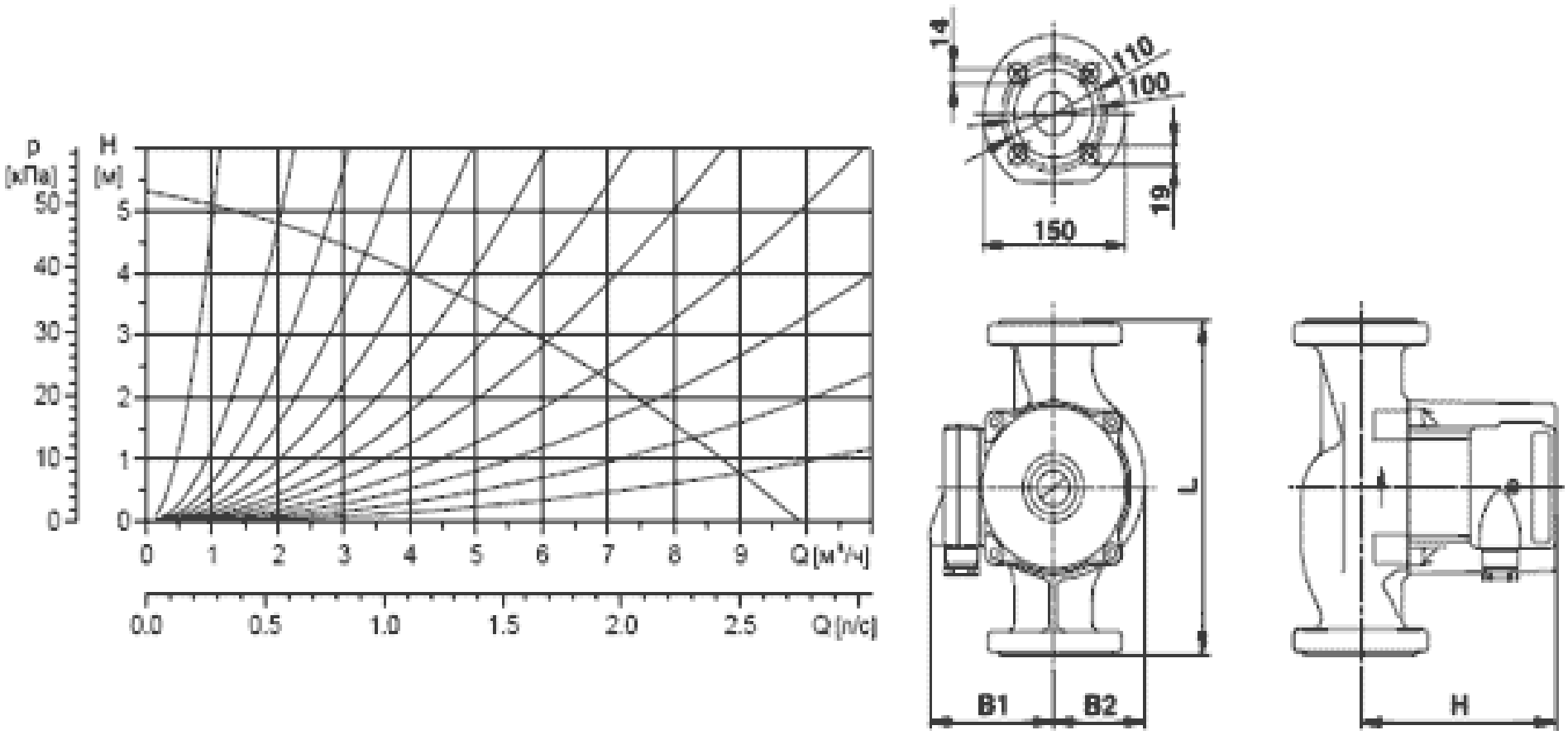


Рис. 4.1 Насос Grundfos UPS 40-50 F

Таблица 4.1 – Оборудование узла управления

№ позиции	Обозначение	Наименование
1	Штемакс-G	Вентиль запорный Ру = 1МПа 40
2	Штемакс-G	Вентиль запорный Ру = 1МПа 25
3	Герц 4007F	Регулятор перепада давления Ø 25
4	Штемакс-G	Вентиль запорный Ру = 1 МПа Ø 20
5		Фильтр 40
6	Герц 4007F	Регулятор перепада давления Ду = 20
7	Т-21 компакт	Теплосчетчик Ду = 25,Т = 95
8	ВПР-25	Вихревой преобразователь расхода
9	КТП 500-2*2	Термопреобразователь
10		Комплект присоединителей Ду25
11		Муфта прямая Ø25
12		Кран трехходовой для манометра
13	Госреестр№29403-05	Манометр
14	Гост 28498-90	Термометр ТТП4116066
15		Кабель КММ 2 0,35
16		Кабель КММ 2 0,12
17		Клапан обратный 40
18		Насос циркуляционный 40-50 F
19		Клапан двухходовой 15
20	ABV-400	Привод клапану
21	ELC Comfort 300	Электронный регулятор температуры
22	ESMC	Датчик температуры теплоносителя
23	ESM-10	Датчик температуры внутреннего воздуха
24	ESMT	Датчик температуры наружного воздуха
25		Штуцер 15

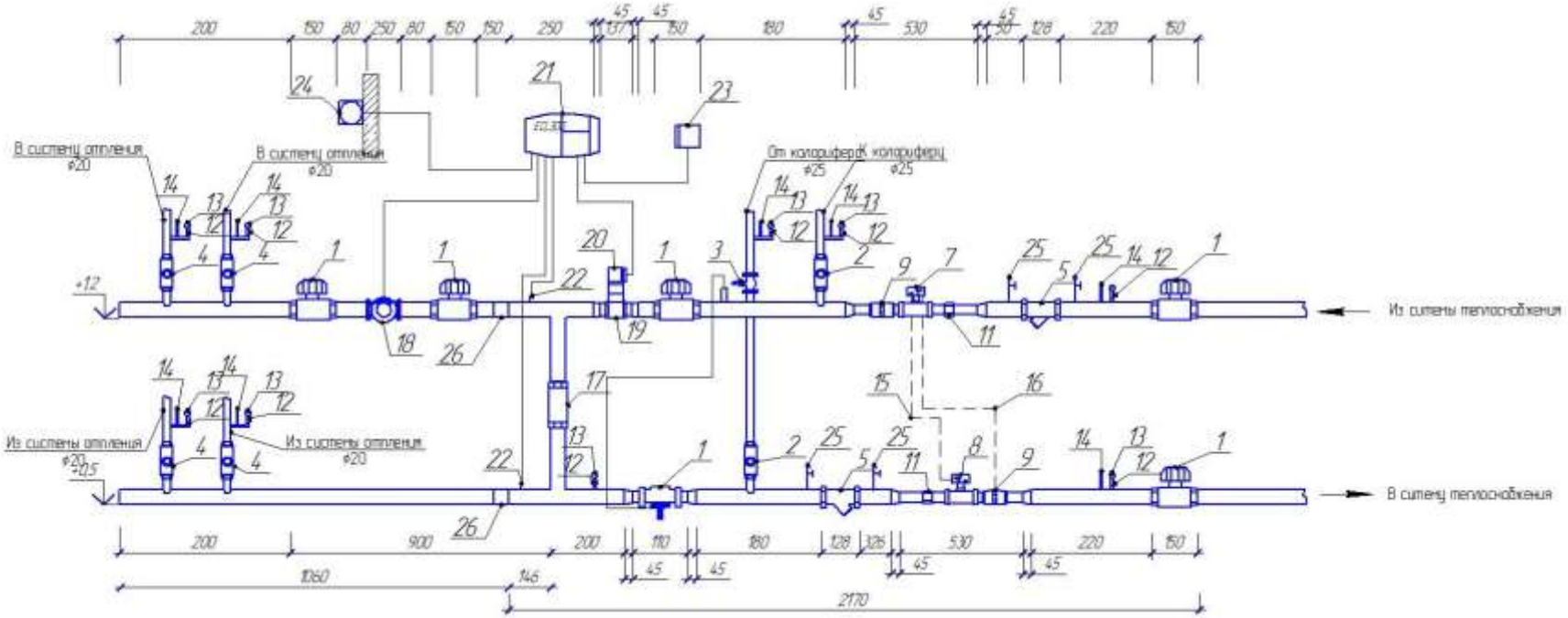
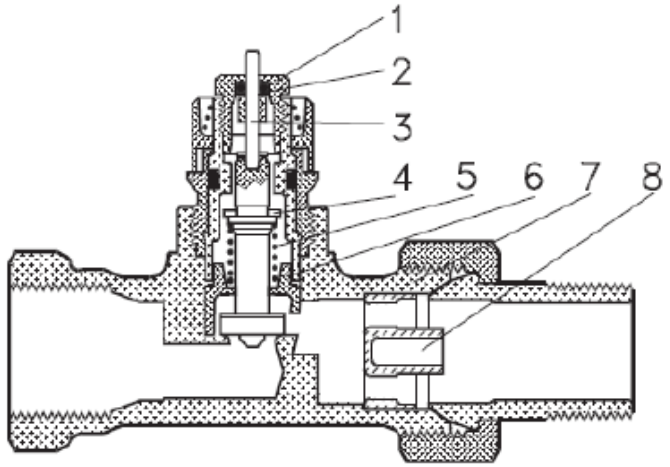


Рис. 4.2 Узел управления

4.2 Подбор автоматических балансировочных клапанов на отопительные приборы

Для гидравлического уравновешивания подобраны балансировочные клапаны Danfoss RA-N 15. Регулирующие клапаны RA-N предназначены для применения в двухтрубных насосных системах водяного отопления с трубопроводами из меди или нержавеющей стали. Они обеспечивают расчетное потокораспределение по элементам трубопроводной сети и стабилизацию в них циркуляционных давлений. Для соединения штуцера клапана с трубопроводом требуются специальные обжимные инструменты. Корпуса клапанов изготовлены из чистой латуни с никелевым покрытием. RA-N оснащен встроенным устройством для предварительной (монтажной) настройки его пропускной способности. В качестве обратных клапанов выбираем клапан Danfoss тип EAGLE Ду 15. Он предназначен для предотвращения обратного движения среды. Пружинная конструкция с мягким уплотнением затвора обеспечивает герметичность закрытия клапана, а также возможность монтажа в любом положении. Клапаны характеризуются умеренным гидравлическим сопротивлением, не создают условий для возникновения гидравлического удара.

RA-N



1. Сальниковое уплотнение
2. Кольцевое уплотнение
3. Нажимной штифт
4. Уплотнение
5. Настроечная пружина
6. Дроссель
7. Корпус клапана
8. Успокоитель потока

Материал деталей, контактирующих с водой:

Корпус клапана и другие металлические детали	латунь Ms 58
Успокоитель потока	PPS
Нажимной штифт в сальниковом уплотнении	хромистая сталь
Уплотнительные кольца	EPDM
Конус клапана	NBR

Максимальная температура вокруг датчика	60 °C
Максимальная температура рабочей среды	120 °C
Максимальное рабочее давление	10 бар
Испытательное давление	16 бар

Рис. 4.3 Характеристика клапана

Задание предварительной настройки автоматических балансировочных клапанов RA-N 15.

Найдем расходы через каждый радиатор.

$$G_{р1} = G_{уч1} - G_{уч2} = 355 - 328 = 28\ м^3/ч$$
$$G_{р2} = G_{уч2} - G_{уч3} = 328 - 301 = 27\ м^3/ч$$
$$G_{р3} = G_{уч3} - G_{уч4} = 301 - 292 = 9\ м^3/ч$$
$$G_{р4} = G_{уч4} - G_{уч5} = 292 - 233 = 59\ м^3/ч$$
$$G_{р5} = G_{уч5} - G_{уч6} = 233 - 175 = 58\ м^3/ч$$
$$G_{р6} = G_{уч6} - G_{уч7} = 175 - 117 = 58\ м^3/ч$$
$$G_{р7} = G_{уч7} - G_{уч8} = 117 - 58 = 58\ м^3/ч$$
$$G_{р8} = G_{уч8} = 58\ м^3/ч$$
$$G_{р9} = G_{уч9} - G_{уч10} = 321 - 294 = 27\ м^3/ч$$
$$G_{р10} = G_{уч10} - G_{уч11} = 294 - 280 = 14\ м^3/ч$$
$$G_{р11} = G_{уч11} - G_{уч12} = 280 - 264 = 16\ м^3/ч$$
$$G_{р12} = G_{уч12} - G_{уч13} = 264 - 253 = 11\ м^3/ч$$
$$G_{р13} = G_{уч13} - G_{уч14} = 253 - 233 = 20\ м^3/ч$$
$$G_{р14} = G_{уч14} - G_{уч15} = 233 - 175 = 58\ м^3/ч$$
$$G_{р15} = G_{уч15} - G_{уч16} = 175 - 117 = 58\ м^3/ч$$
$$G_{р16} = G_{уч16} - G_{уч17} = 117 - 58 = 58\ м^3/ч$$
$$G_{р17} = G_{уч17} = 58\ м^3/ч$$

Сопротивление клапанов RA-N 15 примем равным 10 Па/м. Потери давления перед отопительным прибором включают в себя потери на участке трубы и сопротивление клапана.

Пропускная способность рассчитывается:

$$k_v = \frac{G}{\sqrt{\Delta P}}, \qquad (4.1)$$

где ΔP – потеря давления в клапане, бар;

G – расчетный расход проходящей через клапан среды, м^3/ч;

Kv – условная пропускная способность клапана, м^3/ч.

Таблица 4.2 – Предварительные настройки клапанов по температуре

Тип	Предварительная настройка								Макс темпер. воды
RA-N прямой	Пропускная способность клапана Kv с установленным термостатическим элементом								
	1	2	3	4	5	6	7	N	°C
	0,04	0,09	0,16	0,25	0,36	0,43	0,52	0,73	120

Сводные данные по автоматическим клапанам вносим в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Предварительные настройки клапанов по пропускной способности

Потери давления в циркуляционных кольцах с учетом сопротивления клапана, Па/м	Расход теплоносителя через ОП, $м^3/ч$	Пропускная способность	Предварительная настройка клапана
18,78	0,028	0,006	1
19,84	0,027	0,006	1
20,15	0,009	0,002	1
10,00	0,059	0,019	1
18,32	0,058	0,014	1
18,65	0,058	0,013	1
21,47	0,058	0,013	1
21,82	0,058	0,012	1
18,36	0,027	0,006	1
20,02	0,014	0,003	1
21,32	0,016	0,003	1
14,39	0,011	0,003	1
18,68	0,02	0,005	1
17,05	0,058	0,014	1
19,57	0,058	0,013	1
21,48	0,058	0,013	1
21,54	0,058	0,012	1

5 Экономический расчет

5.1 Пример экономичности использования контурного моделирования работы системы жизнеобеспечения

Среди оборудования стоит выделить основные компоненты: систему отопления, холодильный контур, калорифер и тепловые завесы. Объединим компоненты системы ОВК в 4 контура, согласно периоду работы оборудования. Данное разбиение основано на научной работе В. А. Волкова «Повышение энергоэффективности систем ОВК на основе оптимизации их комплексных решений». Оно позволяет смоделировать годовое потребление тепла и изменение нагрузок. При работе оборудования в режиме контура 4 достигается значительная экономия тепловой энергии. Приведём данные по модели В. А. Волкова.

Таблица 5.1 – Проектные решения по нагрузке систем отопления и вентиляции

Компонент системы ОВК	Системы ОВК			
	Контур 1	Контур2	Контур 3	Контур 4
Система водяного отопления	Работает только в сезон	Работает при $t_{нар}$<-10°С только в сезон	Работает только в сезон	Работает при $t_{нар}$<-10°С только в сезон
Холодильный контур вент установки	Включен всегда. Работает только при $t_{нар}$> 10°С	Включен всегда. Работает только при $t_{нар}$> 10°С	Включен с 8:00 до 18:00 по рабочим дням. Работает только при $t_{нар}$ >10°С	Включен с 8:00 до 18:00 по рабочим дням. Работает только при $t_{нар}$ > 10°С
Нагреватель воздуха	Включен всегда	Включен всегда	Включен с 8:00 до 18:00 по рабочим дням	Включен с 8:00 до 18:00 по рабочим дням
Тепловые завесы	нет	Включен всегда. Работает только при $t_{нар}$-10°С	нет	Включен с 8:00 до 18:00 по рабочим дням. Работает только При $t_{нар}$< -10°С

Таблица 5.2 – Контурное моделирование работы основных систем и доводчиков по экспериментам В. А. Волкова для здания подобной конфигурации

Месяц	Вариант расчета энергопотребления по контурному моделированию и нагрузка, МДж			
	Контур № 1	Контур № 2	Контур № 3	Контур № 4
Январь	16239	10356	8421	6039
Февраль	14412	8805	6627	4503
Март	9405	219	3465	141
Апрель	5205	0	1434	0
Май	0	0	0	0
Июнь	0	0	0	0
Июль	0	0	0	0
Август	0	0	0	0
Сентябрь	0	0	0	0
Октябрь	4827	0	1044	0
Ноябрь	8175	0	2859	0
Декабрь	13767	5424	6333	3513
Итого	72030	24804	30183	14196

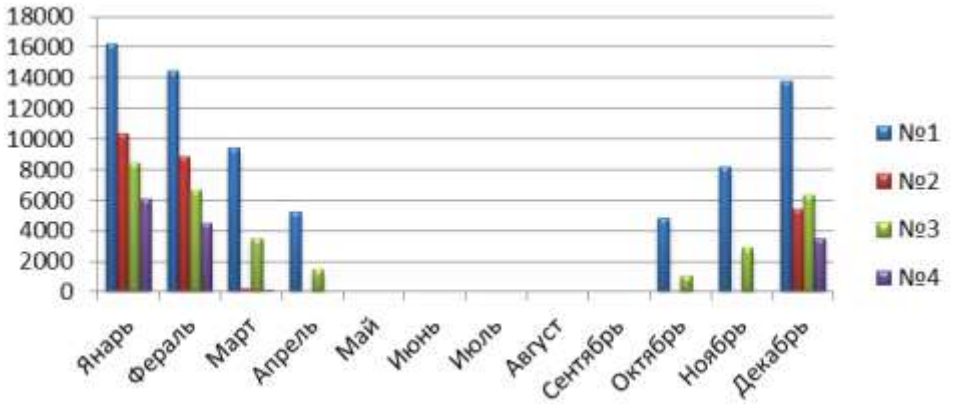


Рис. 5.1 Годовое потребление тепла системами ОВК

5.2 Пример обоснования экономической эффективности проектов вентиляции

Рассмотрим 2 варианта оборудования для жизнеобеспечения здания. Первый – с биметаллическими радиаторами и вентиляцион-

ной установкой Remak с рекуперацией и блоком охлаждения. Второй – с чугунными радиаторами без рекуперации и блока охлаждения.

В силу большего морального устаревания и расходов на текущий ремонт при использовании второго варианта оборудования возрастут амортизационные отчисления. Поэтому можно снизить приведенные затраты на 56 тысяч рублей при использовании 1 варианта. Несмотря на то, что срок окупаемости первого варианта больше, рекомендуется использовать его при финансовой возможности закупки данного оборудования. Разница на монтажные работы незначительна, так как во втором случае используется меньший список вентиляционного оборудования, несмотря на расположение воздуховодов на достаточном удалении друг от друга и установку зонта на вытяжке.

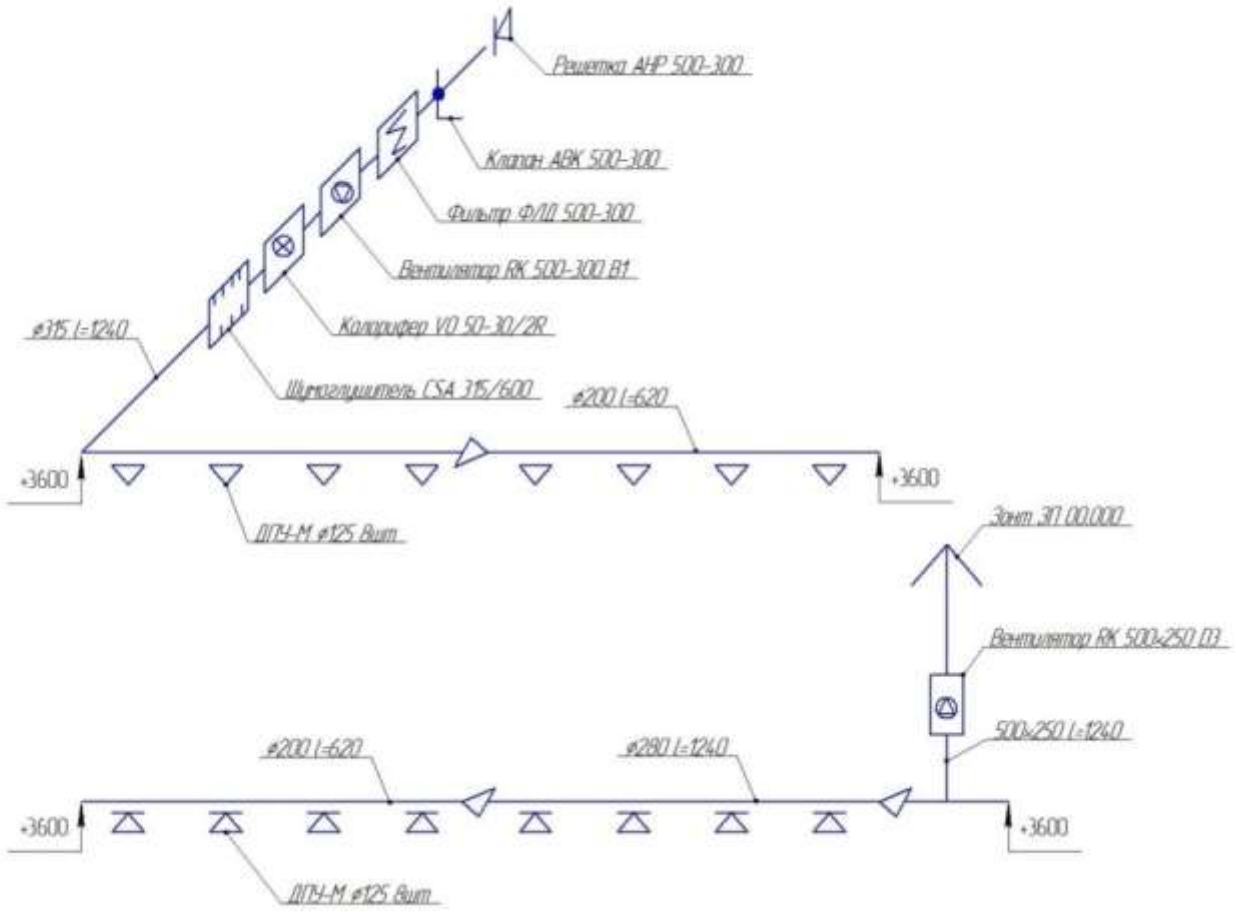


Рис. 5.2. Второй вариант вентиляции для центрального помещении

Таблица 5.3 – Локальная смета (вариант 1)

№ позиции	Обозначение	Наименование	Секций	Стоимость единицы	Сумма
1	2	3	4	5	6
Система отопления					
1		Трубы стальные Ду15	68*2=136	30	4080
2		Трубы стальные Ду15 (подводка)	0,5*15*2=15	30	450
3		Трубы стальные Ду20	26*2=52	37	1924
4		Тройники Ду15	9*2=18	110	1980
5		Тройники Ду20	6*2=12	140	1680
6	ГОСТ 17375	Отводы гнутыеДу15	49*2=98	9	882
7		Отводы гнутыеДу20	13*2=26	11	286
8		Отводы гнутыеДу40	2	28	56
9		Отводы гнутые Ду25 (к калориферу)	6*2=12	16	192
10		Отводы Ду 15 (подводка)	11*2=22	9	198
11		Отводы Ду 20 (подводка)	6*2=12	11	132
12	Рифар	Радиаторы В200 (1 секция)	25	420	10500
13	Рифар	Радиаторы В350 (1 секция)	6	430	2580
14	Рифар	Радиаторы В500 (1 секция)	12	450	5400
15	Danfoss	Балансировочные клапаны RA-N 15	17	615	10455
16	Danfoss	Клапан обратный Eagle Ду15	17	320	5440
17	Штемакс-G	Вентиль запорный Ру = 1МПа 40	5	3750	18750
19	Штемакс-G	Вентиль запорный Ру = 1МПа 25	2	2450	4900
20	Герц 4007F	Регулятор перепада давления Ø 25	1	9670	9670
21	Штемакс-G	Вентиль запорный Ру = 1МПа Ø 20	4	1650	6600
22	Grundfos	Насос циркуляционный 40-50 F	1	13800	13800
23		Фильтр 40	2	2000	4000

Продолжение таблицы 5.3

1	2	3	4	5	6
24	Герц 4007F	Регулятор перепада давления Ду = 20	1	7800	7800
25	Т-21 компакт	Теплосчетчик Ду = 25, Т = 95	1	14000	14000
26	ВПР-25	Вихревой преобразователь расхода	1	8340	8340
27	КТП 500-2*2	Термопреобразователь	1	1657	1657
28		Комплект присоединителей Ду25	2	230	460
29		Муфта прямая Ø25	2	22	44
30		Кран трехходовой для манометра	9	150	1350
31	Госреестр № 29403-05	Манометр	9	145	1305
32	Гост 28498-90	Термометр ТТП4116066	8	320	2560
33		Кабель КММ 2 0,35	8	11	88
34		Кабель КММ 2 0,12	8	6	48
35		Клапан обратный 40	1	820	820
36		Клапан двухходовой 15	1	12900	16200
37	ABV-400	Привод клапану	1	7200	7200
38	ELC Comfort 300	Электронный регулятор температуры	1	1970	1970
39	ESMC	Датчик температуры теплоносителя	2	2150	4300
40	ESM-10	Датчик температуры внутреннего воздуха	1	2235	2235
41	ESMT	Датчик температуры наружного воздуха	1	2275	2275
42		Штуцер 15	4	105	420
43		Трубы стальные Ду25 (к калориферу)	3,5*2 = 7	42	294
44		Трубы стальные Ду40	2,5*2 = 5	65	325
Вентиляционная установка					
45		Заслонка отсекающая LKSF 60-30/230	2	13451	26902
46	Remak	Тканевый фильтр KFD 60-30	1	3019	3019
47		Фильтрационная вставка KF3 60-30	1	1306	1306

Продолжение таблицы 5.3

1	2	3	4	5	6
48		Датчик дифференциального давления P33N	1	2830	2830
49		Пластинчатый рекуператор HRV 60-30	1	31253	31253
50		Водяной обогреватель VO 60-30/45	1	7150	7150
51		Продувочный вентиль TACO	2	433	866
52		Датчик защиты от обмерзания NS 130 R	1	2440	2440
53		Прямой испаритель CHF 60-30	1	17764	17764
54		Каплеуловитель EK 60-30	1	3250	3250
55		Капиллярный термостат CAP 2M	1	4000	4000
56		Гибкая вставка DV 60-30	1	835	835
57		Вентилятор RP 60-30/28-4E	1	28224	28224
58		Вентилятор RP 60-30/28-6D	1	19402	19402
59		Регулятор мощности TRN 7E	1	9155	9155
60		Шумоглушитель TKU 60-30	2	5789	11578
61		Переход PR 50-30/60-30/250	2	180	360
62		Воздуховод TRB 60-30/1000	6	450	2700
63		Воздуховод TRB 60-30/500	2	230	460
64		Ответвление ODB 50-30/700	2	350	700
65		Воздуховод TRB 50-30/1000	8*2 = 16	410	6560
66		Воздуховод TRB 50-30/250	1	115	115
67		Колено OBL 60-30/45	2	1506	3012
68		Блок управления VCB		68560	68560
69		Датчик температуры приточного воздуха № S120		2065	2065
70	АГС 500×300	Решетки для воздуховодов	4	1270	5080
Тепловые завесы					
71	Remak	Тепловая завеса C1-E1-200	1	58100	58100

Окончание таблицы 5.3

1	2	3	4	5	6
72	Remak	Тепловая завеса С1-Е1-150	1	49500	49500
Освещение					
73	Mistral 418A11	Люминесцентные светильники	12	620	7440
ИТОГО: 552.272 рубля					

Система отопления	Тепловые завесы	Вентиляция	Освещение
177646	107600	259586	7440

Таблица 5.4 – Локальная смета (вариант 2)

№ позиции	Обозначение	Наименование	Секций	Стоим единицы	Сумма
1	2	3	4	5	6
Система отопления					
1		Трубы стальные Ду15	68*2=136	30	4080
2		Трубы стальные Ду15 (подводка)	0,5*15*2=15	30	450
3		Трубы стальные Ду20	26*2=52	37	1924
4		Тройники Ду15	9*2=18	110	1980
5		Тройники Ду20	6*2=12	140	1680
6	ГОСТ 17375	Отводы гнутые Ду15	49*2=98	9	882
7		Отводы гнутые Ду20	13*2=26	11	286
8		Отводы гнутые Ду40	2	28	56
9		Отводы гнутые Ду25 (к калориферу)	6*2=12	16	192
10		Отводы Ду 15 (подводка)	11*2=22	9	198
11		Отводы Ду 20 (подводка)	6*2=12	11	132

Продолжение таблицы 5.4

1	2	3	4	5	6
12	Рифар	Радиаторы МС140-300 (1секция)	28	440	12320
13	Рифар	Радиаторы МС140-500 (1секция)	15	470	7050
14	Danfoss	Балансировочные клапаны RA-N 15	17	615	10455
15	Danfoss	Клапан обратный Eagle Ду15	17	320	5440
16	Штемакс-G	Вентиль запорный Ру = 1МПа 40	5	3750	18750
17	Штемакс-G	Вентиль запорный Ру = 1МПа 25	2	2450	4900
19	Герц 4007F	Регулятор перепада давления Ø 25	1	9670	9670
20	Штемакс-G	Вентиль запорный Ру = 1 МПа Ø 20	4	1650	6600
21	Grundfos	Насос циркуляционный 40-50 F	1	13800	13800
22		Фильтр 40	2	2000	4000
23	Герц 4007F	Регулятор перепада давления Ду = 20	1	7800	7800
24	Т-21 компакт	Теплосчетчик Ду = 25,Т = 95	1	14000	14000
25	ВПР-25	Вихревой преобразователь расхода	1	8340	8340
26	КТП 500-2*2	Термопреобразователь	1	1657	1657
27		Комплект присоединителей Ду25	2	230	460
28		Муфта прямая Ø25	2	22	44
29		Кран трехходовой для манометра	9	150	1350
30	Госреестр № 29403-05	Манометр	9	145	1305
31	Гост 28498-90	Термометр ТТП4116066	8	320	2560
32		Кабель КММ 2 0,35	8	11	88
33		Кабель КММ 2 0,12	8	6	48
34		Клапан обратный 40	1	820	820
35		Клапан двухходовой 15	1	12900	16200
36	ABV-400	Привод клапану	1	7200	7200
37	ELC Comfort 300	Электронный регулятор температуры	1	1970	1970

Продолжение таблицы 5.4

1	2	3	4	5	6
38	ESMC	Датчик температуры теплоносителя	2	2150	4300
39	ESM-10	Датчик температуры внутреннего воздуха	1	2235	2235
40	ESMT	Датчик температуры наружного воздуха	1	2275	2275
41		Штуцер 15	4	105	420
42		Трубы стальные Ду25 (к калориферу)	3,5*2=7	42	294
43		Трубы стальные Ду40	2,5*2=5	65	325
Вентиляционная установка					
приток					
44		Вентилятор RK 500×300B1	1	20390	20390
45		Гибкая вставка ВГ 50-30	2	535	1070
46		Водяной обогреватель VO 50-30/2R	1	7458	7458
47		Фильтр ФЛР 500×300	1	2120	2120
48		Клапан утепленный АВК 500×300	2	3491	6982
49		Шумоглушитель CSA 315/600	1	2508	2508
50		Диффузор приточный Ø125 ДПУ-М	8	145	1160
51		Решетка жалюзийная АРН 500×300	1	1340	1340
вытяжка					
51		Вентилятор RK 500×250D3	1	15560	15560
52		Гибкая вставка ВГ 50-25	2	507	1014
53		Диффузор вытяжной Ø125 ДПУ-М	8	145	1160
54		Зонт ЗП 00.000-02 серия 5.904-51	1	515	515
Автоматика для вентиляции					
55		Термостат защиты от замерзания PBPF	1	2708	2708
56		Реле давления DPS	1	1534	1534

Окончание таблицы 5.4

1	2	3	4	5	6
57		Датчик температуры канальный TG-K330	1	700	700
Воздуховоды					
58		Воздуховод Ø 200	13	210	4200
		Воздуховод Ø 280	13	265	3445
		Воздуховод Ø 315	25	280	7000
Тепловые завесы					
59	Remak	Тепловая завеса C1-E1-200	1	58100	58100
60	Remak	Тепловая завеса C1-E1-150	1	49500	49500
Освещение					
61	Mistral 418A11	Люминесцентные светильники	12	620	7440
ИТОГО: 374.440 рублей					

Система отопления	Тепловые завесы	Вентиляция	Освещение
178536	107600	80864	7440

Приведенные затраты рассчитываются как

$$З_п = 0{,}15 \cdot З_к + З_э \qquad 5.1)$$

где $З_к$ – капитальные затраты;

$З_э$ – эксплуатационные затраты;

$З_{п1} = 0{,}15 \cdot 629222 + 4831782 =$ 4926165 рублей;

$З_{п2} = 0{,}15 \cdot 442760 + 4950680 =$ 5017094 рублей.

Срок окупаемости равен отношению капитальных затрат к годовой экономии:

$$Т = З_к/Э_г \qquad (5.2)$$

где $З_к$ – капитальные затраты;

$Э_г$ – годовая экономия.

Срок окупаемости:

$Т_1$ = 629 222/ 291725 = 2,16 года,

$Т_2$ = 442 760/291725 = 1,52 года.

Показатель экономической эффективности обратно пропорционален сроку окупаемости.

$П_{э1}$ = 1/ 2,16 = 0,46,

$П_{э2}$ = 1/1,52 = 0,66.

Таблица 5.5 – Технико-экономические показатели проекта

Показатель, размерность	Вариант 1	Вариант 2	Сравнение вариантов
1 Капитальные затраты, руб.	629 222	442 760	+186 462
1.1 Сметная стоимость проекта реконструкции	552 272	374 440	+ 177 832
1.2 Монтаж	76 950	68 320	+ 8 630
2 Эксплуатационные затраты, в том числе текущие затраты, на:	4 831 782	4 950 680	-118 898
2.1 Заработная плата, руб./год	4 650 000	4 650 000	0
2.2 Амортизационные отчисления, руб./год	135 000	205 000	-60 000
2.3 Затраты на текущий ремонт, руб./год	11 250	26 200	-14 950
2.4 Затраты на отопление	62 532	69 480	-6 948
3 Приведенные затраты	4 926 165	5 017 094	-90 929

6 Заключение по демонстрационному проекту

Концепция энергосбережения заключается в контурном разбиении оборудования на подсистемы. В нашем случае это 4 контура, включающие в себя: систему отопления, обогреватель вентиляционной установки, холодильный блок вентиляционной установки и тепловые завесы. Исходя из этого был произведен анализ и выявлено повышение экономии почти в 6 раз при использовании наиболее технологичного контура. Проблема энергосбережения заключается установлении комфортных параметров микроклимата в условиях резких перепадов температур окружающей среды и изменения погодных условий. После того, как было принято расположение отопительных приборов, был произведен расчет их мощности и подбор типоразмера с числом секций. Далее были подобраны трубы системы отопления. Запитка осуществляется от существующей теплосети с параметрами 95/70. Система двухтрубная, с нижней разводкой. Произведен расчет диаметров трубопроводов и найдены гидравлические сопротивления на участках. Найдена максимальная потеря давления и для ее компенсации подобран насос Grundfos UPS40-50 F. Подобрано оборудование теплового пункта с автоматикой. Для центрального помещения магазина спроектирована приточно-вытяжная вентиляция с рекуперацией в горизонтальном подвесном исполнении. Подбор вентиляционной установки и воздуховодов выполнен в программе AeroCad.

В ней же посчитаны потери давления и подобрана автоматика. Также рассчитаны тепловые завесы для предотвращения выхолаживания воздуха. В части безопасности жизнедеятельности произведен расчет освещенности торгового зала. Заказчик может выбрать из двух вариантов. Первый отличается наличием биметаллических радиаторов и вентиляционной установки чешской компании Remak. Во втором случае используются чугунные радиаторы и приточно-вытяжная вентиляция без рекуперации и блока охлаждения.

7 Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха»

Теоретическая часть по выполнению курсовой работе приведена в части 1.

Задание на курсовую работу формируется индивидуально с учетом требований образовательного стандарта по дисциплине и индивидуальных особенностей студентов. В курсовой работе есть задания по проектированию только отопления, отопления и горячего водоснабжения, вентиляции здания с рекуперацией и без.

Системы отопления могут иметь воду в качестве теплоносителя, пар. Они могут включать альтернативные источники, тепловые насосы. Теплоноситель может быть подогрет в солнечном коллекторе. Возможно использование разных схем подключения. Эти вопросы специально оговариваются в индивидуальном порядке на этапе формирования листа задания. Но есть обязательная техническая часть, которая выдаётся как базовая. Она относится к вопросам климатической характеристики, связанной с местом территориальной привязки проекта, архитектурно-планировочным решением и сведениями по экспликации помещений.

Структурными элементами курсовой работы являются:

- титульный лист;
- задание на курсовое проектирование;
- аннотация;
- содержание;
- введение;
- постановка задачи и обзор литературы;
- основной материал по основной расчётно-проектной части;
- основной материал по специальной части;
- выводы по каждой главе и заключение;
- список использованной литературы;

– иллюстративно-графическая часть;

– приложения.

Оформление курсовой работы и разъяснения по ее разделам производится в соответствии со «Стандартами оформления студенческих работ в вузе».

Ниже приведены образцы оформления обязательных структурных элементов:

– образцы листов заданий на курсовую работу;

– образец аннотации, содержания, введения;

– необходимые приложения к листам заданий для курсовой работы;

– примерный состав содержания;

– формат учёта климатических характеристик.

7.1 Лист задания (образец)

Утверждаю
заведующий кафедрой электроэнергетики и теплоэнергетики

_____

«___» _____

ЗАДАНИЕ № 1

на выполнение курсовой работы

студенту ……
по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

1 Тема выпускной курсовой работы: Проектирование системы отопления учебного корпуса в условиях г. Архангельска.
2 Срок сдачи студентом законченной КР «…» июня 20… г.

3 Цель и задачи КР: Целью работы является проектирование системы отопления здания в условиях г. Архангельска. Задачи: 1) формулировка исходных данных; 2) сбор методических и теоретических данных по теме исследова-

ния; 3) выполнение проектных расчётов по существующим нормам; 5) обоснование принятых решений по проекту.

4 Исходные данные к выпускной квалификационной работе:
Архитектурно-планировочные решения. Централизованная система отопления, двухтрубная тупиковая.
Температурной режим теплоносителя в системе отопления 130 /70 ºС.

5 Перечень вопросов, подлежащих разработке:

1 Постановка задачи проектирования.
1.1 Характеристика объекта проектирования.
1.2 Технические требования к системе отопления.
1.3 Обзор состояния проблемы и перспективные направления в проектировании систем отопления.
2 Проектирование, подбор основного и вспомогательного оборудования.
2.1 Расчёт теплопотерь через ограждающие конструкции.
2.2 Расчёт отопительных приборов.
2.3 Выбор оборудования теплового пункта.
3 Практическая реализация проекта *(Специальная часть)*.
3.1 Особенности монтажа и эксплуатации системы отопления.
3.2 Факторы энергосбережения.

6 Перечень иллюстративного (графического) материала
1. Корпус учебный. Схема комбинированная общая.
2. Система «теплый пол». Схема комбинированная расположения.
3. Система отопления. Схема комбинированная общая.
4. Узел тепловой. Схема комбинированная расположения.

Дата выдачи и получения задания:
Руководитель КР «…» …… г. _____
Студент «…». _____

7.2 Список специальных вопросов (образец)

К специальному вопросу относится один вопрос из нижеприведённых:

– проектирование системы ГВС;

– проектирование системы вентиляции;

– использование Солнечного коллектора для теплоносителя ГВС и отопления;

– использование теплового насоса;

– альтернативное беструбное отопление с радиаторами от электричества;

– диспетчирование и системы регулирования микроклиматом внутри помещений;

– оптимальная ориентация здания по сторонам света и учёт солнечного нагрева наружных поверхностей в летний период;

– использование программных продуктов по расчёту систем теплоснабжения здания;

–панельно-лучистое отопление;

– инновационные решения по теплоизоляции зданий;

– инновационные системы очистки воздуха;

– вопросы моделирования микроклимата внутри здания;

– инновационные системы вентиляции здания с заменой системы отопления:

– диагностика тепловых потерь и инструментальный энергоаудит здания;

– специальные (инновационные) конструкции и материалы в системах отопления;

– использование технологии «тёплый пол».

7.3 Аннотация (образец)

В курсовой работе сформирована климатическая характеристика места строительства; выполнен теплотехнический расчет ограждающих конструкций, продемонстрирован теплоэнергетический баланс помещений здания, выбрана и обоснована система отопления; сделан расчет отопительных приборов, раскрыт специальный вопрос.

При проектировании были использованы нормативные методики расчета. Инструментами расчёта были алгоритмы и программы интерактивного расчета.

В проекте предложен учёт солнечной энергии. (*далее – что еще сделано в работе*).

7.4 Содержание курсовой работы (образец)

Содержание

Введение		3
1	Постановка задачи и обзор литературы	4
	1.1 Климатическая характеристика района строительства	
	1.2 Требования и техническая характеристика проекта	
	1.3 Обзор состояния проблемы и перспективные направления в проектировании систем отопления	
	1.4 Выводы по разделу	
2	Проектирование, подбор основного и вспомогательного оборудования	5
	2.1 Теплотехнический расчет ограждающих конструкций	
	(наружных стен, перекрытий над неотапливаемым подвалом, чердачное перекрытие *(бесчердачное покрытие),* окон, наружных дверей, внутренних стен, теплотехнические характеристики ограждающих конструкций)	…
	2.2 Теплоэнергетический баланс здания	…
	2.3 Выбор и обоснование системы отопления	…
	2.4 Отопительные приборы. Расчет отопительных приборов	…
	2.5Тепловой пункт. Устройство, расчет, подбор гидроэлеватора	…
	2.6 Выводы по разделу	
3	Практическая реализация проекта (или Специальный вопрос)	
	3.1 Организация монтажа, эксплуатации и ремонта	
	3.2 Факторы энергосбережения	
	3.3 Выводы по разделу	
	Заключение	
	Список использованной литературы	
	Приложения	

7.5 Раздел постановки задачи проектирования (образец)

7.5.1 Характеристика объекта проектирования (образец)

Климатические характеристики района строительства

1 Район строительства: *город **Архангельск** (по заданию)*

2 Расчетные параметры наружного воздуха

Таблица 7.1 – Расчетные параметры наружного воздуха

Температура воздуха наиболее холодной пятидневки, ºС обеспеченностью 0,92; t_{ext}	Период со среднесуточной температурой **≤ 8** °С		Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь м/с,
	Продолжительность, сут. z_{ht}	Средняя температура воздуха, °С t_{ht}	
– 31	**253**	**– 4,4**	**5,9**

3 Зона влажности территории Российской Федерации: **1 – *«влажная»*** [2, прил. В].

4 Влажностный режим помещений зданий: ***«нормальный»*** [2, табл. 1].

Показатели микроклимата: в помещениях и зданиях должны обеспечивать наилучшие нормы микроклимата в обслуживаемой зоне.

Требуемые показатели микроклимата: оптимальные, допустимые или их сочетания – надо определять в нормативных документах по назначению помещения и климатического сезона.

Расчетная температура воздуха внутри жилых и общественных зданий t_{int} для холодного периода года должна быть выше минимальных значений оптимальных температур, приведенных в таблице 7.2.

Таблица 7.2 – Нормы температуры и относительной влажности (*ГОСТ 30494 и СанПиН 2.1.2.1002.*)

Сезон	Помещение	Температура воздуха, t_{int}, °С		Относительная влажность, φ_{int} %	
		оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая, не более
Холодный	Жилая комната в районах с температурой наиболее холодной пятидневки (обеспеченностью 0,92) минус 31 °С и ниже	21-23	20-24	45-30	60

Принимаем t_{int} **= 21** и φ_{int}, *не более* **55%.**

где t_{int} – температура воздуха внутри здания, °С

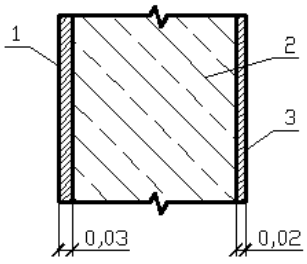
φ_{int} – относительная влажность внутри здания, %.

tint – для расчета теплоэнергетического баланса принимаем в соответствии со СНиП 41-01-2003. «Отопление, вентиляция и кондиционирование» по пункту 5.1

5 Условия эксплуатации ограждающей конструкции: «***Б»***.

Теплотехническая характеристика ограждающих конструкций *(например – наружной стены)* (образец оформления)

а) Наружная стена [4, табл. Е. 1]



Эскиз элемента ограждающей конструкции выбирается по характеристике проекта.

Теплотехническая характеристика ограждающей для наружной стены.

Расчетный коэффициент теплопроводности **λ** принимается в зависимости от плотности материала и условий эксплуатации ограждающих конструкций.

Таблица 7.3 – Нормируемые теплотехнические показатели строительных материалов и изделий [4, табл. Е. 1] (образец)

№ слоя	Наименование слоёв ограждающей конструкции	Обозначение	Толщина слоя, м	Расчетный коэффициент λ, Вт/(м·°С)
1	Цементно-песчаный раствор, ρ_o=1800*кг/м*^{3}	δ_1	0,03	0,58
2	Пенобетон (ГОСТ 25485, ГОСТ 5742), ρ_o = 400*кг/м*^{3}	δ_2	–	0,11
3	Известково-песчаный раствор, ρ_o = 1600*кг/м*^{3}	δ_3	0.02	0,47

Таблица 7.4 – Классификация элементов ограждающих конструкций **(**Теплотехнические характеристики составляются аналогично (а))

Тип ограждающей конструкции	Нормируемые теплотехнические показатели строительных материалов и изделий
Чердачное перекрытие / бесчердачное покрытие	В соответствии с заданием
Перекрытие над неотапливаемым подвалом	В соответствии с заданием
Наружная дверь	В соответствии с заданием
Оконный блок	В соответствии с заданием
Внутренняя стена	В соответствии с заданием
Неутепленный пол лестничной клетки:	В соответствии с заданием

7.5.2 Требования и техническая характеристика проекта (образец)

Система отопления для выполнения задачи по поддержанию микроклимата, должна обладать необходимой тепловой мощностью.

Расчётная тепловая мощность системы определяется расчётным путём в результате уравнения теплового баланса в обогреваемых помещениях при расчётной температуре наружного воздуха $t_{н.р}$, равной средней температуре наиболее холодной пятидневки.

Система отопления должна создавать в помещениях здания температурную обстановку, которая соответствует комфорту человека и отвечает требованиям технологического процесса в здании. В проектном здании располагаются учебные аудитории.

Система водяного отопления составляется из элементов: теплового пункта, магистральных подающего и обратного трубопроводов; горизонтальных веток, стояков; подводок; отопительных приборов, запорно-регулирующей арматуры и оборудования для удаления воздуха, спуска воды из системы отопления.

По технико-экономическим расчётам и нормативным требованиям, в зависимости от назначения здания, размеров, его планировочно-конструктивных особенностей и этажности здания, принимаем принципиальную схему отопления, вид и параметры теплоносителя, типы нагревательных приборов, способ циркуляции теплоносителя (естественная или принудительная), вид разводки магистральных трубопроводов (нижняя или верхняя), схему движения воды в магистралях (тупиковую или попутную), схему присоединения нагревательных приборов к трубам (однотрубная или двухтрубная), схему теплового пункта и его оборудование.

Теплоносителем в проектируемой системе отопления является горячая вода с параметрами $\Delta t = 130^0C/70^0C$. Выбираем систему отопления двухтрубную с нижней разводкой и тупиковой схемой движения воды.

В качестве отопительных приборов используем биметаллические секционные радиаторы RIFAR B-500.

Достоинства RIFAR B-500 состоят в высокой теплоотдаче, позволяющей быстро нагревать воздух, малой инерционности, обеспечивающей эффективное поддержание необходимой температуры в помещении, эстетичном внешнем виде, высоком уровне санитарных показателей.

Секция отопительного прибора – радиатора RIFAR – состоит из стальной термообработанной трубы, имеющей внутренний диаметр 13 мм и толщину стенки 1,5 мм, залитой под высоким давлением алюминиевым сплавом, и обладающим высокими прочностными и отличными литейными свойствами.

Технические характеристики одной секции биметаллического радиатора RIFAR B-500:

– межцентровое расстояние, мм – 500;

– номинальный тепловой поток, Вт – 136;

– рабочее давление – 2,0 МПа (20 кгс/см^2);

–давление опрессовки – 3,0 МПа (30 кгс/см^2);

– временное сопротивление разрушению – не менее 10,0 МПа (100кгс/см^2);

– масса, кг – 1,36;

– высота, мм – 415;

– глубина, мм – 90;

– длина, мм – 80;

– pH воды для всех моделей – 7-9.

Отопительные приборы в проекте будут установлены под световыми проемами, в открытом виде.

В качестве трубопроводов используем электросварные прямошовные трубы из стали, ГОСТ 10704-91.

Широкое применение стальных труб в системах отопления объясняется их прочностью, простотой сварных соединений, близким соответствием коэффициентов линейного расширения бетона, что важно при заделке трубопроводов в бетон.

В помещениях неотапливаемого подвала трубы прокладываются с теплоизоляцией.

В помещениях учебного корпуса трубы прокладываются в открытой форме, над полом, с тепловой изолированностью 80%.

Арматурой системы отопления у отопительных приборов служат термостатические вентили – RA-N, запорные клапаны RLV.

Термостатический вентиль RA-N производства компании DANFOSS предназначен для регулирования температуры помещения посредством изменения потока теплоносителя через отопительный прибор.

Система отопления учебного корпуса рассчитывается на поддержание в помещениях в ходе отопительного периода температуры внутреннего воздуха в диапазоне параметров, установленных ГОСТ 30494, при климатически заданных расчетных параметрах наружного воздуха для г. Орска.

В зданиях, которые возводятся в районах с расчетной температурой наружного воздуха минус 40°С, надо предусматривать обогрев поверхности пола помещений общественного назначения, где постоянно пребывают люди, как это выполнено в проекте.

7.5.2.1 Требования к микроклимату

Температурная обстановка в помещении зависит от тепловой мощности системы отопления, а также от расположения обогревающих устройств, теплофизических свойств наружных и внутренних ограждений, интенсивности других источников поступления и потерь теплоты.

В холодное время года помещение теряет теплоту в основном через наружные ограждения и, в какой-то мере, через внутренние ограждения, отделяющие данное помещение от смежных, имеющих более низкую температуру воздуха.

Кроме того, теплота расходуется на нагревание наружного воздуха, который проникает в помещение через неплотности ограждений естественным путем или в процессе работы системы вентиляции, а также материалов, транспортных средств, изделий, одежды, которые холодными попадают в помещение снаружи.

В установившемся (стационарном) режиме потери равны поступлениям теплоты.

Теплота поступает в помещение от людей, технологического и бытового оборудования, источников искусственного освещения, от нагретых материалов, изделий, в результате воздействия на здание солнечной радиации.

В производственных помещениях могут осуществляться технологические процессы, связанные с выделением теплоты (конденсация влаги, химические реакции и пр.).

Учёт всех перечисленных составляющих потерь и поступления теплоты производится для сведения теплового баланса помещений здания и определения дефицита или избытка теплоты.

Проект системы отопления здания выполняется на основании задания на проектирование и в соответствии с требованиями СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха», СНиП 2.08.02-89* «Общественные здания и сооружения».

Система отопления проектируется для расчетной температуры наружного воздуха минус 31 С.

Расчётный температурный режим тепловой сети – 130/70 ºС.

Приведённые расчетные параметры внутреннего воздуха принимаются согласно вышеуказанным нормативных документов.

В таблице 7.5 приведен образец сводной таблицы по оптимальным параметрам климата.

Таблица 7.5 – Оптимальные условия микроклимата (образец оформления)

Наименование помещений	Температура воздуха, °С		Результирующая температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
	Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Холодный период года								
Учебная аудитория	20-22	18-24	19-20	17-23	45-30	60	0,15	0,2

Окончание таблицы 7.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
То же, в районах наиболее холодной пятидневки (минус 31°С и ниже)	21-23	20-24	20-22	19-23	45-30	60	0,15	0,2
Столовая	19-21	18-26	18-20	17-25	Н/Н*	Н/Н	0,15	0,2
Туалет	19-21	18-26	18-20	17-25	Н/Н	Н/Н	0,15	0,2
Межауди-торный ко-ридор	18-20	16-22	17-19	15-21	45-30	60	0,15	0,2
Вестибюль, лестничная клетка	16-18	14-20	15-17	13-19	Н/Н	Н/Н	0,2	0,3
Кладовые	16-18	12-22	15-17	11-21	Н/Н	Н/Н	Н/Н	Н/Н
Теплый период года								
Диспетчер-ская	22-25	20-28	22-24	18-27	60-30	65	0,2	0,3

7.5.2.2 Требования по нагрузкам на отопление (образец формулировки)

Проектом должно быть предусмотрено:

Тепловая нагрузка $Q_{от}$ = 24171,45 ккал/ч = 28111 Вт;

– система отопления тупиковая, однотрубная, с нижней разводкой трубопроводов по полу с автоматизированным узлом управления.

– расчётные параметры теплоносителя 130-70 °С;

– отопительные приборы – радиатор биметаллический RIFAR H = 500мм;

– трубы водогазопроводные по ГОСТ 3262-75.

На подводках к отопительным приборам предусмотреть запорно-регулирующую арматуру.

В верхних точках системы отопления установить воздухоспускные краны Маевского.

Трубопроводы и подводки к нагревательным приборам должны прокладываться открыто. Трубопроводы, проходящие в створе дверей, проложить в конструкции пола с теплоизоляцией труб.

Трубопроводы системы отопления окрасить масляной краской за 2 раза.

Монтаж системы отопления производить в соответствии с требованиями СНиП 3.05.01-85 «Внутренние санитарно-технические системы».

7.5.2.3 Дополнительные требования к системе отопления (образец)

Система отопления должна обеспечивать допустимые условия микроклимата и воздушной среды помещений. Нагревательные приборы должны быть легко доступны для уборки.

Температура поверхности нагревательных приборов не должна превышать 90 °С.

Для приборов с температурой нагревательной поверхности более 75 °С необходимо предусматривать защитные ограждения.

Естественная вентиляция должна осуществляться путем притока воздуха через форточки либо через специальные отверстия в оконных створках и вентиляционные каналы.

В проектируемом здании следует предусматривать питьевое водоснабжение, а также канализацию. В системах питьевого и горячего водоснабжения должны применяться трубы и иное оборудование, контактирующие с водой, выполненные из материалов, разрешенных органами.

Обеспечение санитарно-эпидемиологических требований.

При теплотехническом расчете ограждающих конструкций жилых зданий следует принимать температуру внутреннего воздуха отапливаемых помещений не менее 20 °С.

7.5.3 Обзор состояния проблемы и перспективные направления в проектировании систем отопления (образец)

Теория теплового режима здания в ее сегодняшнем виде была создана трудами замечательных специалистов: О. Е. Власова, В. Д. Мачинского, Г. А. Селиверстова, С. И. Муромова, Jl. А. Семенова и многих других, принесших нашей стране мировую известность и во многих направлениях, закрепивших приоритет нашей специальности.

7.5.3.1 Техническое развитие и рекомендации по применению оборудования для систем ОВК

По результатам изменений в науке, технологиях в условиях значимой финансовой поддержки, в ответ на увеличение спроса и интереса к комфортным условиям в жилом, учебном и технологическом помещениях, в последние десятилетия элементы оборудования систем ОВК, переживая изменения, вышла на качественный новый уровень.

Были созданы новые виды оборудования, составляющие системы ОВК. Это:

– бытовые системы – сплит с использованием теплового насоса;

– увлажнители паровые с конструкцией погружных электродов;

– многозональные системы, работающие в режиме переменного расхода холодильного агента;

– канальные вентиляторы, нагреватели с внешним ротором двигателя, компактные приточно-вытяжные системы;

– серийно выпускаемые системы с компрессорами SCROLL;

– осушители воздуха по принципу локальной сушки.

Одновременно с этим, в итоге применения инновационных технических решений и конструкторских разработок, оказалось доступным к использованию оборудование, которое раньше было запреще-

но использовать в проектах систем ОВК по причине ограничений, которые диктовались и регулировались строительными СНиП.

Традиционные типы оборудования теперь стали легче в эксплуатации, монтаже и при проектировании.

Были созданы различные модификации и варианты исполнения традиционного оборудования. Это делает его использование более гибким, более специализированным. Последнее создаёт возможности решения задач ОВК на значительно более высоком техническом уровне. Доступными к широкому применению стали:

– чиллеры (водохлаждающие машины) с осевыми и центробежными вентиляторами, с выносными конденсаторами, с водоохлаждаемыми конденсаторами, абсорбционные холодильные агрегаты для ОВК;

– компрессорно-конденсаторные блоки разнообразного исполнения и модификаций, в том числе с использованием теплового насоса;

– вентиляторные доводчики (фанкойлы);

– центральные моноблочные кондиционеры для крышной установки (Roof-Top);

– секции непосредственного охлаждения для центральных кондиционеров;

– автоматизированная запорно-регулирующая арматура.

На рынке появилось многообразие простых и надежных сервоприводов и исполнительных механизмов для регулирования в ходе работы и изменений производительности оборудования для всех локальных систем ОВК.

Развитие компьютерных технологий и электронной техники позволило создавать эффективные системы по контролю и управлению функционированием ОВК здания. Компьютерные системы сегодня могут «принимать» решения для оптимизации рабочих параметров оборудования, управлять разными видами «свободного охлаждения» (free cooling), быть интегрированы в общую систему диспетчеризации здания (системы BMS – Building Monitoring System).

Все это создаёт условия более точного контроля за параметрами воздуха в помещениях с учетом проходящих во всем здании технологических процессов и позволяет вести учёт энергетического потребления системы ОВК в полном объёме.

С другой стороны, выросли требования к уровню комфортности и точности обеспечения желаемых метеорологических условий, наиболее благоприятных для самочувствия людей. Это привело к необходимости использовать более сложное, мощное, дорогостоящее оборудование систем ОВК. Применение этого оборудования, кроме увеличения стоимости капитальных затрат, ведет к увеличению энергетических ресурсов, которые расходуются при работе системы ОВК.

В результате возрастает количество потребляемой на ОВК энергии и наносится дополнительный вред окружающей среде. В связи со сложившейся ситуацией в СНиП [12] появился раздел «Использование тепловых вторичных энергетических ресурсов», направленный на снижение потребления энергии в системах ОВК. Однако содержание этого раздела носит больше рекомендательный характер, и пока вопрос оптимизации энергетических характеристик систем ОВК остается открытым, прежде всего из-за отсутствия достаточной проработки методик и подходов для его решения.

7.5.3.2 Анализ применения современного оборудования для сооружения систем ОВК

Для того, чтобы лучше показать реальную актуальность и необходимость развития вопроса, рассмотрим существующую ситуацию в различных секторах строительства, где находит свое применение оборудование для систем ОВК. В жилом секторе появилось такое название, как элитное жилье, одной из особенностей которого является возможность «свободной планировки», то есть отсутствие межкомнатных перегородок и инженерных коммуникаций в каждой отдельной квартире. Заказчик, когда покупает жилье, сам определяет, где будут межкомнатные перегородки, ванна, туалет и т. д. А также

надо принять решение относительно того, какое оборудование будет использовано для поддержания комфортных условий. Традиционный вариант, который применялся раньше в жилищном секторе и до сих пор рекомендуется СНиП [13] – естественная вентиляция и общее центральное отопление, в данном случае не годится по следующим причинам: использование новых строительных и отделочных материалов и пластиковых окон, высокие требования к поддержанию комфорта – необходимость кондиционирования и индивидуального поддержания условий комфорта в каждой зоне, необходимость поквартирного учета потребления энергоресурсов, индивидуальный график использования системы ОВК.

Современное оборудование решает все эти вопросы, но для этого необходимо применить эффективную и удобную композиционную схему решения ОВК всего здания. Это создает ситуацию, в которой строитель или инвестор должен сам определить технологическую схему, концепцию и оборудование для системы ОВК всего здания.

Тогда для этого необходимы тщательно разработанные и проверенные типовые инженерные решения. Они находятся на стадии разработки.

Как результат этого, известно, что во всех новых элитных домах вопрос построения систем ОВК решается на очень низком уровне.

Следует отметить, что применение пластиковых окон в серийных многоквартирных домах значительно ухудшило работу традиционной системы естественной вентиляции.

Потому что оборудование для отопления и оборудование для систем вентиляции и кондиционирования производятся различными фирмами-производителями, сооружение этих систем выполняется через различные дистрибьюторские фирмы.

Сопоставление и анализ нормативно-методической документации по проектированию отопления, вентиляции и кондиционирования, технической документации на современное климатическое оборудование и практического опыта применения климатического обо-

рудования выявили необходимость комплексной оценки потребления энергетических ресурсов всеми технологическими элементами системы ОВК. В результате появилась целесообразность рассмотрения системы отопления, системы вентиляции и системы кондиционирования воздуха как одной единой системы здания, а не по отдельности, как это принято в существующей инженерной практике. Впервые было сформулировано следующее определение:

Система ОВК – единая, энергетически взаимосвязанная система автоматического поддержания и регулирования отдельных или всех нормируемых параметров воздуха в закрытых помещениях с соответствующими нормированными средними значениями необеспеченности.

С другой стороны, температура воздуха, подаваемого в рабочую зону в зимнее время, оказывается несколько ниже, с расчетным запасом на работу системы отопления, что допустимо теоретически, но в реальности проектная система отопления на дополнительную нагрузку не предназначалась.

Этот пример наиболее ярко показывает необходимость комплексной разработки, проектирования и строительства системы ОВК здания, для чего нужно создание соответствующей научной нормативно-методической базы. Наиболее важным представляется решить задачу оптимизации систем ОВК для промышленных и технологических предприятий.

Этот сектор рынка только в последние 3-4 года обратился к новому оборудованию, но заложенные технические возможности по его применению и энергосбережению могут оказаться нереализованными, если не будут выполнены нормативно-методические разработки, направленные на оптимизацию энергоэффективности различных композиционных решений.

7.5.3.3 Мировой опыт в области производства и моделирования энергоэффективных систем ОВК

Интересные данные по исследованию энергосбережения в результате применения нового оборудования в системе кондиционирования воздуха были представлены на конгрессе «CLIMA 2000» в 2001году. Фирма CLIVET заключила контракт с «PHYSIC DEPARTMENT OF ENGINEERINEERING FACULTY OF THE UNIVERSITI OF PADOVA», с целью тестирования реальных рабочих параметров новой системы кондиционирования и вентиляции MULTIPLEX, выполненной на оборудовании фирмы CLIVET, с целью установления:

– обеспеченности комфортных условий и качества воздуха при работе системы кондиционирования;

– реального энергосбережения новой системы и сравнения полученных результатов с традиционными системами кондиционирования в течение годового цикла эксплуатации.

Новое энергосберегающие оборудование было установлено в киноцентре WARNER VILLAGE OF MARCON (Венеция).

Следует отметить, что основное внимание в проведенной работе уделено, прежде всего, анализу эффективности энергосберегающих функций применяемого оборудования и проверке энергосберегающей концепции компании CLIVET, что лишний раз подтверждает актуальность проблемы энергосбережения системами ОВК во всем мире.

В одном из передовых проекте реализуется моделирование еще не установленной в Италии системы теплонаносных установок с водяными контурами или системы с водяной петлей.

Данные, полученные в результате этой работы, представляют большой интерес и, кроме того, необходимы для внедрения теплонаносных установок в новых проектах.

Однако следует отметить, что при выполнении работы все же не рассматривают системы ОВК здания как единое целое, а ведется моделирование работы только отдельного взятого оборудования.

Моделирование энергопотребления оборудования выполнено на основе данных о потребности в охлаждении/нагреве (кВт) в течение суток, что затрудняет комплексный анализ.

Интересной разработкой в области оценки энергопотребления оборудования является фирменная программа DAIKIN, предназначенная для проектирования и моделирования системы кондиционирования типа VRV (система с местными доводчиками прямого охлаждения и переменным расходом хладагента R-22). Эта программа предназначена для моделирования только системы кондиционирования небольшого числа помещений и имеет ряд недостатков, которые послужили причиной для отказа от ее практического применения.

Фирма DAIKIN не представила материалов относительно алгоритма работы своей программы, но очевидно, что система ОВК опять-таки не рассматривается как единое целое.

Помимо приведенных примеров, следует отметить, что все крупнейшие производители оборудования активно ведут программы по снижению энергопотребления оборудованием ОВК.

Существует масса патентованных разработок и схем для повышения энергоэффективности, таких как:

– свободное охлаждение наружным воздухом;

– свободное охлаждение энергоносителя;

– теплообменники для регенерации теплоты;

– тепловые насосы;

– новые типы компрессоров и элементов холодильного контура;

– системы «водяная петля»;

– а также ряд других разработок, таких как применение новых типов компрессоров, электронных регулирующих устройств, и т. п.

Становится очевидным, что крупнейшие иностранные производители климатического оборудования активно ведут разработки в области повышения энергоэффективности различного оборудования.

При этом для оценки результатов используются как натуральные измерения, так и различные варианты моделирования.

Однако на данном этапе взгляд на ОВК как на единую энергопотребляющую систему еще не сформировался, соответственно, и не сформированы комплексные методики по проведению моделирования и расчетов.

Одной из причин этого служит то, что оборудование для системы отопления производят одни фирмы, а оборудование для систем вентиляции и кондиционирования воздуха – другие.

Отсюда следует, что можно ожидать появления в ближайшем будущем крупных производителей, представляющих полный спектр климатического оборудования как для отопления, так и для вентиляции и кондиционирования, которое будет предназначено для работы в единой системе.

Чтобы иметь наглядную картину по экономичным режимам работы энергетического оборудования и выбрать оптимальные параметры применяемых теплоносителей и различных технико-экономических сравнений и вариаций элементов для систем отопления, широко используется годовой график Росандера по тепловым нагрузкам в зависимости от длительности их стояния.

7.5.4 Выводы по разделу (образец)

Раздел посвящён постановке задачи.

Показано, что при проектировании системы отопления необходимо учитывать вопросы энергоэффективности здания, которая в настоящее время решается комплексной автоматизацией системы отопления на стадии предпроектной постановки задачи.

Приведены необходимые сведения по климатическим условиям, предполагаемой тепловой нагрузке, даны характеристики ограждающих конструкций для расчёта теплопотерь.

Обоснованы решения по энергоэффективной системе отопления.

7.6 Проектирование, подбор основного и вспомогательного оборудования (образец)

7.6.1 Расчёт теплопотерь через ограждающие конструкции (образец)

В условиях общего кризиса возрастает дефицит в организации энергоснабжения регионов и городов России, организация контроля и учета энергии, расходуемой в системах отопления и вентиляции, приобретает особенную актуальность.

Система отопления зданий и сооружений должна иметь определённую тепловую мощность. В результате составления теплового баланса в обогреваемых помещениях при температуре наружного воздуха $t_{н.р}$, называемой расчётной и равной средней температуре наиболее холодной пятидневки, выявляется расчётная тепловая мощность системы.

Система отопления создается для поддержания в помещениях здания температурной обстановки, соответствующей комфорту человека или с требованиям технологического процесса.

Температурная обстановка в помещении определяется тепловой мощностью системы отопления, теплофизическими свойствами наружных и внутренних ограждений, интенсивностью иных источников поступления и потерь теплоты, расположением рассчитанного количества обогревающих устройств.

Помещение в холодное время года, в основном, теряет теплоту через наружные ограждения и через внутренние ограждения, которые отделяют данное помещение от соседних или смежных и которые имеют температуру воздуха ниже соседних.

Кроме этого, теплота расходуется на нагревание наружного воздуха, проникающего в помещение через все неплотности ограждений или естественным путем, или же во время работы системы вентиля-

ции, материалов, транспортных средств, изделий, одежды, которые холодными попадают в помещение снаружи.

В основе сведения баланса положено, что в стационарном режиме потери равны поступлениям теплоты.

Теплота поступает в помещение от людей, от технологического и бытового оборудования, неприродных источников освещения, от нагретых материалов и в результате воздействия на здание солнечной радиации.

Учёт всех перечисленных составляющих потерь и поступления теплоты необходим при сведении теплового баланса помещений здания и определении дефицита или избытка теплоты.

Наличие дефицита теплоты dQ указывает на необходимость устройства в помещении отопления. Избыток теплоты обычно гасится системой вентиляции.

Для определения расчётной тепловой мощности системы отопления $Q_{от}$, Вт, составляется баланс расходов теплоты для расчётных условий холодного периода года в виде

$$Q_{от} = dQ = Q_{огр} + Q_{и(вент)} - Q_{т(быт)}, \qquad (7.1)$$

где $Q_{огр}$ – потери теплоты через наружные ограждения;

$Q_{и(вент)}$ – расход теплоты на нагревание поступающего в помещение наружного воздуха;

$Q_{т(быт)}$ – технологические или бытовые выделения или расход теплоты.

Основную часть теплопотерь через ограждения помещения $Q_{огр}$ определяют по его площади, приведенному сопротивлению теплопередаче ограждения и по расчётной разности температуры помещения и снаружи ограждения Δt.

Площадь отдельных ограждений при подсчете потерь теплоты через них вычисляется по предписанным нормам и правилам обмера.

Основные теплопотери через ограждения $Q_{огр}$, как правило, по факту оказываются меньше их действительных значений, потому что при этом не учитывается влияние на процесс теплопередачи специфических дополнительных факторов, таких как инфильтрация воздуха через ограждения, тепловое облучение солнцем и излучающая энергия поверхности ограждений в сторону небосвода, вероятное изменение температуры воздуха внутри помещения по высоте, врывание наружного воздуха через открываемые проёмы. Определение дополнительных теплопотерь также нормируется в виде добавок к расчётным основным теплопотерям.

Теплопотери через ограждающие конструкции $Q_{огр}$, Вт, определяются по формуле:

$$Q_{огр.} = F \cdot n \cdot k \cdot (t_в - t_н) \cdot (1 + \sum\beta), \qquad (7.2)$$

где F – площадь ограждения, $м^2$;

n – коэффициент, учитывающий положение наружной ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху;

k – коэффициент теплопередачи ограждения, $Вт/(м^{2 \cdot 0}С)$;

$t_в$ – температура внутреннего воздуха, °С;

$t_н$ – температура наружного воздуха, °С;

$\sum\beta$ – добавочные потери теплоты:

$$\sum\beta = \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 + \beta_5, \qquad (7.3)$$

здесь β_1 – добавочные потери теплоты по отношению к сторонам света.

Для сторон света: северной стороны, восточной, северо-восточной и северо-западной сторон принято:

$$\beta_1 = 0{,}1,$$

Для запада и юго-востока

$$\beta_1 = 0{,}05,$$

Для юго-запада принято:

$$\beta_1 = 0.$$

В формуле (7.3) принято:

β_2 – добавочные потери теплоты на продуваемость помещений с двумя наружными стенами и более. В жилых помещениях $t_в$ увеличивается на 2°С, в остальных помещениях добавка принимается равной 5% ($\beta_2 = 0{,}05$);

β_3 – добавочные потери теплоты на расчётную температуру наружного воздуха. Принимается для не обогреваемых полов первого этажа над холодными подпольями при $t_н$ = -40°С и ниже в размере 5%;

β_4 – добавочные потери теплоты на подогрев врывающегося холодного воздуха через наружные двери, не обогреваемые воздушно-тепловыми завесами;

β_5 – добавка на высоту помещения. Принимается на каждый последующий метр сверх 4 метров в размере 2%, но не более 15%.

Затраты теплоты на нагревание инфильтрирующего воздуха $Q_{инф}$, Вт, в помещениях в жилых и общественных зданиях в условиях естественной вытяжной вентиляции, который не компенсируется подогретым приточным воздухом, определяются по формуле:

$$Q_{инф} = 0{,}28 \cdot L \cdot \rho \cdot c \cdot (t_в - t_н) \cdot k, \qquad (7.4)$$

где L – объёмный расход удаляемого воздуха некомпенсированного подогретым приточным воздухом. L = 3м^3/ч·м^2 для жилых помещений и кухонь;

k – коэффициент учета влияния встречного теплового потока в конструкциях, равный 0,7 для стыков панелей стен и окон с тройными переплетами, 0,8 – для окон и балконных дверей с раздельными переплетами и 1,0 – для одинарных окон, окон и балконных дверей со спаренными переплетами и открытых проемов [1];

c – удельная теплоёмкость воздуха (c = 1 кДж/(кг·^{0}C);

ρ – плотность воздуха в помещении, кг/м^3, которая находится по формуле:

$$\rho = \frac{353}{273 + t_в}. \quad (7.5)$$

Для зданий учёт теплового потока, который поступает в аудитории как бытовые тепловыделения от компьютеров, $Q_{быт}$, Вт, рассчитывается как 10 Вт на 1м^2 площади пола:

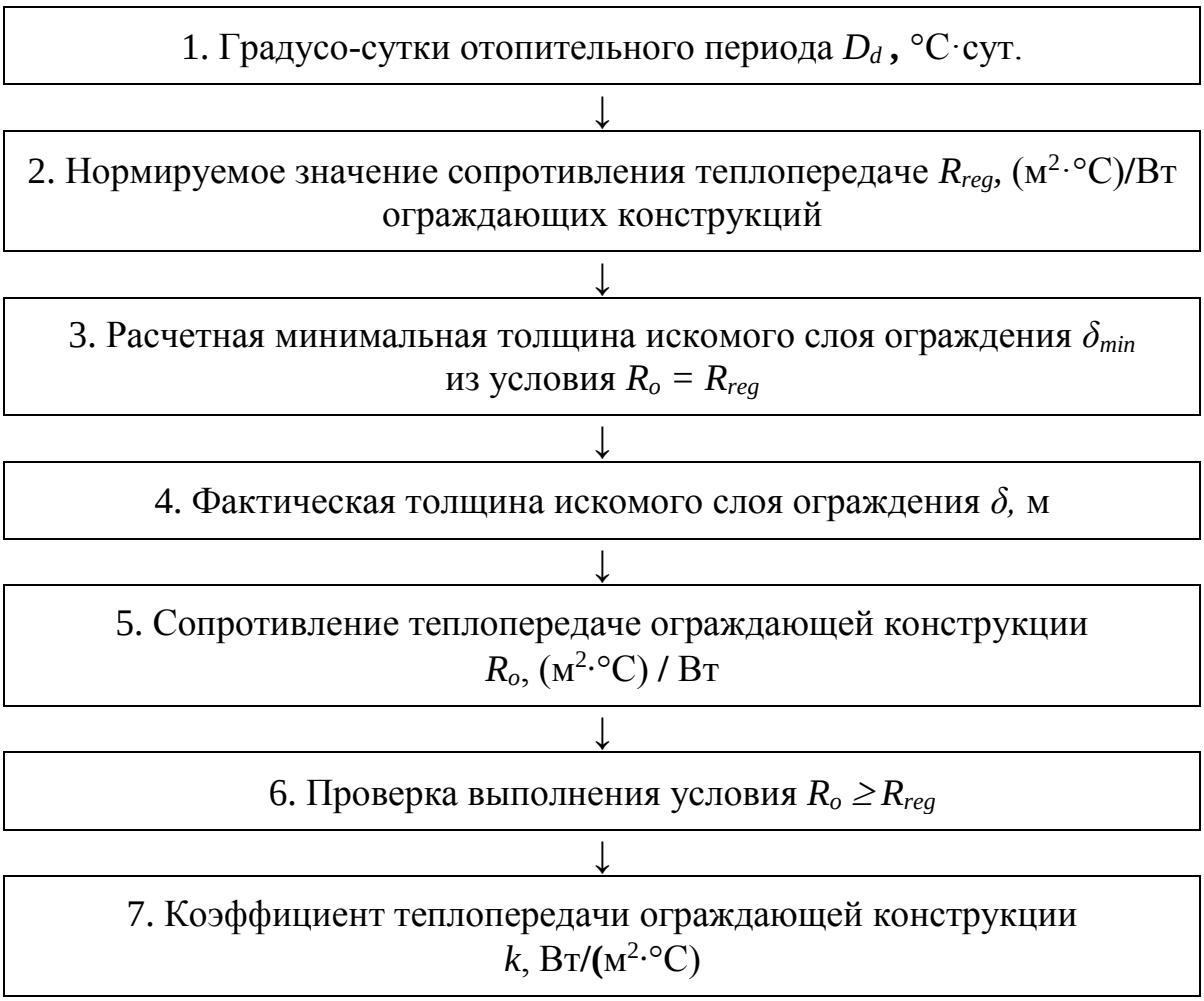
$$Q_{быт} = 10 \cdot F_п, \quad (7.6)$$

где $F_п$ – площадь пола отапливаемого помещения, м^2.

Теплотехнический расчет заключается в определении толщины искомого слоя ограждения, при котором температура на внутренней поверхности ограждения будет выше температуры точки росы внутреннего воздуха и будет удовлетворять теплотехническим требованиям: $R_o \geq R_{reg}$.

Расчет выполняется в соответствии со СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий», СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий».

Теплотехническому расчету подлежат наружные стены, чердачные перекрытия (бесчердачные покрытия), перекрытия над неотапливаемым подвалом, окна и наружные двери, внутренние стены (перегородки).



Блок-схема 1. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций

С использованием блок-схемы 1 выполняется конструктивный расчет только для наружной стены и одного из перекрестий.

Для остальных ограждающих конструкций расчет выполняется по минимальному $R_{reg.}$

1. Градусо-сутки отопительного периода D_d ,°С·сут. [2, формула 2]

$$D_d = (t_{int} - t_{ht}) \cdot z_{ht} , \qquad (7.7)$$

где D_d – градусо-сутки отопительного периода, °С·сут, для конкретного пункта;

t_{int} – расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания, °С, принимаемая для расчета ограждающих конструкций группы зданий по таблице 1 [4] по минимальным значениям оптималь-

ной температуры соответствующих зданий по ГОСТ 30494 (в интервале 20…22 °С);

t_{ht}, z_{ht} – средняя температура наружного воздуха, °С, и продолжительность, сут, отопительного периода, принимаемые по СНиП 23-01-99* для периода со средней суточной температурой наружного воздуха не более 10 °С – при проектировании лечебно-профилактических, детских учреждений и домов-интернатов для престарелых, и не более 8 °С – в остальных случаях.

2. Нормируемое значение сопротивления теплопередаче R_{reg}, (м^2·°С)/Вт, ограждающей конструкции:

$$R_{reg} = a \cdot D_d + b, \qquad (7.8)$$

где a, b – коэффициенты, значения которых следует принимать по данным таблицы для соответствующих групп зданий и соответствующих видов конструкций;

– a = 0,000075, b = 0,15;

– a_=_0,00005, b = 0,3 для интервала 6000-8000 °С·сут;

– a = 0,000025, b = 0,5для интервала 8000 °С·сут и более.

3. Расчетная минимальная толщина искомого слоя ограждения δ_{min} из условия $R_o = R_{reg}$.

Расчетная минимальная толщина искомого слоя ограждения определяется по нижеприведённой блок-схеме.

Минимальная толщина искомого слоя ограждающей конструкции δ_{min}, м, (для наружной стены – основного слоя или теплоизолирующего слоя, для перекрытий – теплоизолирующего слоя) принимается из теплотехнических требований, предъявляемых к ограждающим конструкциям: $R_o \geq R_{reg}$.

Толщина будет минимальной при выполнении равенства $R_o = R_{reg}$, Где R_{reg} – нормируемое значение сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, (м^2·°С)/Вт; R_o – сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, (м^2·°С)/Вт, определяемое по формуле 6.9:

$$R_o = R_{int} + R_k + R_{ext} \qquad (7.9)$$

где $R_{\text{int}} = \frac{1}{\alpha_{\text{int}}}$ – термическое сопротивление теплоотдачи, (м²·°С)/Вт;

$R_{ext} = \frac{1}{\alpha_{ext}}$ – термическое сопротивление тепловосприятию, (м²·°С)/Вт;

α_{int} – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м²·°С), [2, табл. 7];

α_{ext} – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции для условий холодного периода, Вт/(м²·°С);

R_k – термическое сопротивление ограждающей конструкции, (м²·°С)/Вт, определяемое для однородной (однослойной) ограждающей конструкции по формуле:

$$R_k = \frac{\delta}{\lambda}, \qquad (7.10)$$

где δ – толщина слоя ограждающей конструкции, м.

λ – расчетный коэффициент теплопроводности материала слоя, Вт/(м·°С).

$$R_o = R_{reg}$$

$$\downarrow$$

$$R_{reg} = R_{int} + R_k + R_{ext}$$

$$\downarrow$$

$$R_{reg} = \frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + R_1 + R_2 + \ldots + R_n + R_{a.l} + \frac{1}{\alpha_{ext}}$$

$$\downarrow$$

$$R_{reg} = \frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \ldots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + R_{a.l} + \frac{1}{\alpha_{ext}}$$

$$\downarrow$$

$$\delta_{min} => \delta_2 = \left[R_{reg} - \left(\frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \ldots + \frac{\delta_{\text{n}}}{\lambda_n} + R_{a.l} + \frac{1}{\alpha_{ext}}\right)\right] \cdot \lambda_2$$

Блок-схема 2. Расчёт толщины слоя ограждающей конструкции

Термическое сопротивление ограждающей конструкции R_k с последовательно расположенными однородными слоями, (м^2·°С)/Вт, следует определять как сумму термических сопротивлений отдельных слоёв:

$$R_k = R_1 + R_2 + \ldots + R_n + R_{a.l}, \qquad (7.11)$$

где R_1, R_2 ... R_n – термические сопротивления отдельных слоёв ограждающей конструкции, (м^2·°С)/Вт, определяемые по формуле (6.10);

$R_{a.l}$ – термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки, (м^2·°С)/Вт (табл. 7.6).

Таблица 7.6 – Термическое сопротивление замкнутых воздушных прослоек

Толщина воздушной прослойки, м	Термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки $R_{a.l}$, (м^2 ·°С)/Вт			
	Горизонтальной при потоке тепла снизу вверх и вертикальной		Горизонтальной при потоке тепла сверху вниз	
	При температуре воздуха в прослойке			
	Положительной	Отрицательной	Положительной	Отрицательной
0,02	0,14	0,15	0,15	0,19
0,03	0,14	0,16	0,16	0,21
0,05	0,14	0,17	0,17	0,22
0,10	0,15	0,18	0,18	0,23
0,15	0,15	0,18	0,19	0,24

4. Фактическая толщина искомого слоя ограждающей конструкции δ_2, м.

Примечание: Фактическая толщина искомого слоя ограждающей конструкции δ_2, м, принимается кратной типоразмеру конструктивного элемента:

– толщина кирпичной кладки – кратной размеру «половины» кирпича;

– толщина бетонных блоков или панелей для стен – кратной 0,05 м, но не менее 0,3 м;

– толщина теплоизоляционного слоя чердачного перекрытия – кратной 0,02 м, но не менее 0,06 м;

– толщина остальных теплоизоляционных слоев по типоразмерам, выпускаемым фирмами-изготовителями.

5. Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции R_0, ($м^2 \cdot °C/Вт$), определяется на основании формулы (6.3):

$$R_o = \frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \Sigma \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{ext}} \qquad ,(7.12)$$

где δ_2, м, принимается по принятой фактической толщине искомого слоя ограждающей конструкции.

6. Проверка выполнения условия: $R_o \geq R_{reg}$.

R_o = _____($м^2 \cdot °C$)/Вт

R_{reg} = ____($м^2 \cdot °C$)/Вт $\qquad R_o \geq R_{reg}$.

7. Коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции k, Вт/($м^2 \cdot °C$)

$$k = \frac{1}{R_0} \qquad (7.13)$$

Расчет перекрытий чердачных, бесчердачных покрытий и перекрытий над неотапливаемыми подвалами выполняется аналогично расчету наружной стены.

Особенности расчета термического сопротивления окна (образец)

К заполнениям световых проемов относят окна, балконные двери, фонари, витрины и витражи.

Нормируемое значение сопротивления теплопередаче заполнений световых проемов R_{reg}, (м^2·°С)/Вт определяется так же, как и для стены:

$$R_{reg} = a \cdot D_d + b.$$

Приведенное сопротивление теплопередаче заполнений световых проемов R_{reg} (м^2·°С/Вт) принимается по сертификатным данным производителя либо экспериментально по ГОСТ 26602.1

Примечание: *в курсовой работе приведенное сопротивление теплопередаче заполнений световых проемов R_{reg} (м^2·°С/Вт) допускается принять согласно таблице 7.*

Таблица 7.7 – Уровни теплозащиты рекомендуемых окон в деревянных и пластмассовых переплетах [4, табл. 5]

Заполнения светопроемов	Нормативные требования по типам окон R_F^r, (м^2·°С)/Вт и D_d, °С·сут.		
	из обычного стекла	с твердым селективным покрытием	с мягким селективным покрытием
1	2	3	4
Однокамерный стеклопакет в одинарном переплете	0,38/3067	0,51/4800	0,56/5467
Два стекла в спаренных переплетах	0,4/3333	-	-
Два стекла в раздельных переплетах	0,44/3867	-	-
Двухкамерный стеклопакет в одинарном переплете с межстекольным расстоянием, мм: 6 12	 0,51/4800 0,54/5200	 0,58/5733	 0,68/7600
Три стекла в раздельно-спаренных переплетах	0,55/5333	-	-
Стекло и однокамерный стеклопакет в раздельных переплетах	0,56/5467	0,65/7000	0,72/8800
Стекло и двухкамерный стеклопакет в раздельных переплетах	0,68/7600	0,74/9600	0,81/12400
Два однокамерных стеклопакета в спаренных переплетах	0,7/8000	-	-

Окончание таблицы 7.7

1	2	3	4
Два однокамерных стеклопакета в раздельных переплетах	0,74/9600	-	-
Четыре стекла в двух спаренных переплетах	0,8/12000	-	-
Примечание: Перед чертой – значение приведенного сопротивления теплопередаче R_F^r, за чертой – предельное количество градусо-суток D_d, при котором применимо заполнение светопроема.			

Заполнение светового проема (по таблице 7.7):

К примеру, оконный блок из двух однокамерных стеклопакетов в спаренных переплетах.

$$R_F^r = 0{,}71 (м^2 \cdot °C)/Вт; \quad R_o = R_F^r .$$

где R_o – сопротивление теплопередаче заполнения светового проема $(м^2 \cdot °C)/Вт$.

Проверка выполнения условия: $R_o \geq R_{reg}$.

R_o = _____$(м^2 \cdot °C)$ /Вт

R_{reg} = ____$(м^2 \cdot °C)$ /Вт

$R_o \geq R_{reg}$.

Коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции – окна равен k, $Вт/(м^2 \cdot °C)$

$$k = \frac{1}{R_0}$$

Особенность расчёта «Наружной двери» (образец)

Приведенное сопротивление теплопередаче R_o, $(м^2 \cdot °C)/Вт$, наружных дверей [4, п. 5,7].

Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций (за исключением светопрозрачных) R_{reg}, м^2·°С/Вт, следует принимать не менее значений, определяемых по формуле 3[2]

$$R_{reg} = \frac{n \cdot (t_{\text{int}} - t_{ext})}{\Delta t_n \cdot \alpha_{\text{int}}} \qquad (7.14)$$

где n – коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху и приведенный в таблице 6 [2];

Δt_n – нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха t_{int} и температурой внутренней поверхности τ_{int} ограждающей конструкции, °С, принимаемый по таблице 5 [2];

α_{int} – то же, что и в формуле (3);

t_{int} – то же, что и в формуле (1);

t_{ext} – расчетная температура наружного воздуха в холодный период года, °С, для всех зданий, кроме производственных зданий, предназначенных для сезонной эксплуатации, принимаемая равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 по таблице 1*[1].

Для наружной стены

$$R_0 = \frac{0{,}6 \cdot n \cdot (t_{\text{int}} - t_{ext})}{\Delta t_n \cdot \alpha_{\text{int}}}$$

Коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции k, Вт/(м^2·°С):

$$k = \frac{1}{R_0}$$

Особенности расчёта «Внутренней стены» (образец)

Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции R_0, ($м^2 \cdot °C/Вт$), определяется по формуле:

$$R_o = \frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \Sigma\frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{int}}}. \qquad (7.15)$$

Коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции k, $Вт/(м^2 \cdot °C)$:

$$k = \frac{1}{R_0}$$

Особенности расчёта неутепленного пола лестничной клетки (образец)

Неутепленными полами считают полы, расположенные на грунте, и такие, конструкция которых независимо от толщины состоит из слоев материалов $\lambda \leq 1{,}2$ Вт/(м °С).

Потери теплоты через неутепленные полы с точностью, достаточной для практических целей, производят способом В. Д. Мачинского.

Поверхность пола делят на зоны, полосы шириной 2 м, параллельные линиям наружных стен. Нумерацию зон ведут, начиная от внутренней поверхности наружных стен. Всю поверхность пола делят на 4 зоны. К четвертой зоне относят всю площадь, не занятую 1-й, 2-й и 3-й зонами; площадь первой зоны в наружном углу учитывают дважды. Значения R для каждой из зон принимают:

$R_{нд1} = 2{,}1$ $Вт/(м^2/с)$;
$R_{нд2} = 4{,}3$ $Вт/(м^2/с)$;
$R_{нд3} = 8{,}6$ $Вт/(м^2/с)$;
$R_{нд4} = 14{,}2$ $Вт/(м^2/с)$.

Форма сводной таблицы теплотехнических характеристик ограждающих конструкций (образец)

Таблица 7.8 – Теплотехнические характеристики ограждающих конструкций

№	Наименование	R_o (м² ·°С)/Вт	k Вт/(м²·°С)
1	Наружная стена		
2	Чердачное перекрытие (бесчердачное покрытие)		
3	Перекрытие над неотапливаемым подвалом		
4	Наружная дверь		
5	Оконный блок		
6	Внутренняя стена		
7	Неутепленный пол лестничной клетки		

7.6.2 Теплоэнергетический баланс здания (образец)

Таблица 7.9 – Тепловой баланс здания (образец)

Наименование	Наименование помещения и расчетная температура воздуха в помещении, t_{int}	Характеристика ограждения				Коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции, k, Вт/(м²·°С)	Расчетная разность температур (t_{int}-t_{ext}), °С	Добавочные потери теплоты			Коэффициент n	Потери теплоты		Бытовые тепловыделения, $Q_б$, Вт	Потери теплоты помещением, $Q_п$
		Наименование	Ориентация по сторонам горизонта	Размеры, м	Площадь, м²			На ориентацию по сторонам го-	Прочие	Коэффициент (1+∑β)		Через ограждения, Q, Вт	На инфильтрацию с вентиляцией, $Q_и$, Вт		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
101	ж.к. 25°С	н.с.	СВ	4x3,71	14,8	0,251	60	0,1	0,1	1,2	1	270			
		н.с.	СЗ	5,4x3,71	20,0	0,251	60	0,1	0,1	1,2	1	370			
		ч.о.	СВ	2x1,5	3,0	1,22	60	0,1	0,1	1,2	1	270			
		Пл	-	3,6x5,21	18,8	0,194	60	-	-	1	0,6	140			
												∑1050	790	190	1650

Для теплотехнической оценки объемно-планировочных и конструктивных решений и для ориентировочного расчета теплопотерь здания пользуются показателем – удельная тепловая характеристика здания q, которая при известных теплопотерях здания равна:

$$q = \frac{Q_{зд}}{V \cdot (t_{\text{int}} - t_{ext})};$$

где $Q_{зд}$ – расчетные теплопотери через ограждающие конструкции всех помещений здания, Вт;

V – объем отапливаемого здания по внешнему обмеру, м^2;

(t_{int}-t_{ext}) – расчетная разность температур для основных помещений здания, °С.

Удельный расход теплоты на отопление 1 м^2 общей площади является показателем тепловой эффективности зданий, который обеспечивается соблюдением требований к теплозащитным свойствам ограждающих конструкций, проектными решениями архитектурно-строительной части зданий, систем отопления и вентиляции, способом регулирования подачи теплоты, качеством выполнения строительно-монтажных работ и техническим уровнем эксплуатации зданий и систем теплоснабжения.

Удельный расход теплоты на отопление 1 м^2 общей площади определяется по формуле:

$$q_1=Q_{зд}/S_{общ},$$

где $S_{общ}$ – площадь здания, м^2, которая равна произведению площади этажа на количество этажей.

Вывод о тепловой эффективности здания

Сравнивая данные, полученные из расчета q, Вт/(м^2·°С); q_1, Вт/(м^2·°С), с контрольными показателями удельной тепловой характеристики здания и удельного расхода теплоты на отопление жилых

зданий соответственно по [11], можно сделать вывод о тепловой эффективности здания.

7.6.3 Выбор и обоснование системы отопления (образец)

Система отопления здания – центральная двухтрубная с нижней разводкой, в качестве теплоносителя принимается вода с естественной циркуляцией.

Вода представляет собой практически несжимаемую жидкую среду со значительной плотностью и теплоемкостью. Вода изменяет плотность, объем и вязкость в зависимости от температуры, а температуру кипения в зависимости от давления, способна сорбировать и выделять газы при изменении температуры и давления. Параметры теплоносителя:

1) температура теплоносителя в подающей (Т1) и обратной (Т2) магистралях на тепловом вводе в здание 120°С и 70°С соответственно;

2) плотность 950 кг/м^3;

3) удельная теплоемкость 4,187 кДж/(кг·К);

4) скорость движения 0,2-0,3 м/с.

Преимущества системы водяного отопления: при использовании воды обеспечивается довольно равномерная температура помещений, можно ограничить температуру поверхности отопительных приборов, сокращается по сравнению с другими теплоносителями площадь поперечного сечения труб, достигается бесшумность движения в трубах. Недостатками применения воды являются значительный расход металла и большое гидростатическое давление в системах; тепловая инерция воды замедляет регулирование теплопередачи приборов.

По расположению основных элементов система относится к центральным, то есть предназначенным для отопления группы помещений или зданий из одного теплового центра. Теплопроводы центральных систем подразделяют на магистрали (подающие, по которым подается теплоноситель, и обратные, по которым охладившийся

теплоноситель отводится), стояки (вертикальные трубы). Подающая и обратная магистрали расположены в подвале здания.

По месту расположения магистралей система является системой с нижней разводкой (подающая и обратная магистрали находятся ниже отопительных приборов).

По способу создания циркуляции воды система является системой с естественной циркуляцией воды, происходящей за счет разности плотностей холодного и горячего теплоносителей.

По положению труб, объединяющих отопительные приборы, система вертикальная.

По схеме соединения труб с отопительными приборами система двухтрубная. Приборы отдельно присоединяются к двум трубам – подающей и обратной, и вода протекает через каждый прибор независимо от других приборов.

В приборных узлах двухтрубных стояков для регулирования количества теплоносителя используют краны двойной регулировки (КРД). В малоэтажных зданиях применяют обычные краны двойной регулировки. Современные КРД обеспечивают экономию времени при монтажной регулировке, проводимой перед сдачей системы отопления в эксплуатацию, эксплуатационную регулировку по мере надобности и долго сохраняют работоспособность. В узлах присоединения стояков к магистралям используется следующая арматура:

а) запорный кран, который предназначен для полного отключения отдельных стояков, если требуется проводить ремонтные и другие работы во время отопительного сезона;

б) спускной кран со штуцером устанавливается для спуска воды из одного стояка и впуска в него при этом воздуха, а также для выпуска воздуха при последующем заполнении водой. Штуцер предназначен для присоединения гибкого шланга.

Диаметр стояка принят равным 20 мм, отопительные приборы – радиаторы чугунные типа МС-140-108.

Тепловой пункт расположен под нежилым помещением (кухней) в подвале.

Уклоны горизонтальных магистралей не менее 0,02, направленные в сторону узла ввода, служат для обеспечения движения воздуха к местам его удаления и самотечного слива воды из труб.

Удаление воздуха из систем водяного отопления предусматривается в верхних точках через краны, установленные в отопительных приборах верхних этажей (кран Маевского). Газы, собирающиеся в магистралях, удаляются с помощью воздушных кранов, установленных в повышенных местах.

Системы отопления монтируются при температуре, близкой к +5 °С, а эксплуатируются при температуре теплоносителя 70-95 °С. Компенсация температурных удлинений магистралей не требуется вследствие незначительной их длины и низкотемпературного теплоносителя.

При прокладке в неотапливаемых помещениях (подвал) и в местах, где возможно замерзание теплоносителя (входные двери) для снижения теплопотерь подающие и обратные магистрали и участки стояков в местах присоединения к магистралям покрывают тепловой изоляцией из несгораемых материалов. Тепловая защита может быть оберточная (ленты, жгуты, маты), сборная (штучные кольца, скорлупа и сегменты) и литая, наносимая на трубы в заводских условиях.

7.6.4 Отопительные приборы. Расчет отопительных приборов (образец)

Отопительные приборы – один из основных элементов систем отопления – предназначены для теплоотдачи от теплоносителя в обогреваемые помещения.

Радиатором принято называть конвективно-радиационный отопительный прибор, состоящий либо из отдельных колончатых элементов – секций с каналами круглой или эллипсообразной формы,

либо из плоских блоков с каналами колончатой или змеевиковой формы.

Секции радиаторов отливаются из серого чугуна (толщина стенки 4 мм) и могут компоноваться в приборы различной площади путем соединения на резьбовых ниппелях с прокладками из термостойкой резины или паронита. Несколько секций в сборе называют чугунным секционным радиатором.

Чугунные секционные радиаторы отличаются значительной тепловой мощностью на единицу длины прибора (компактностью) и стойкостью против коррозии (долговечностью). К недостаткам радиаторов относят металлоемкость, трудоемкость производства и монтажа, непривлекательный внешний вид и неудобную очистку от пыли.

В данном случае были приняты чугунные радиаторы типа МС-140-108.

Расчет отопительных приборов (образец)

Расчет проводился в соответствии с [6] из нижеприведённого списка нормативной литературы.

Теплопередача отопительного прибора пропорциональна тепловому потоку, приведенному к расчетным условиям и его действительной площади нагревательной поверхности:

$$Q_{пр.д} = Q_{н.у.} \cdot \varphi_к \qquad (7.16)$$

где $Q_{н.у}$ – номинальный условный тепловой поток одной секции радиатора, Вт;

$\varphi_к$ – комплексный коэффициент приведения $Q_{н.у}$ к расчетным условиям, определяемый по формуле:

$$\varphi_к = \left(\frac{\Delta t_{ср}}{70}\right)^{1+n} \cdot \left(\frac{G_{пр}}{360}\right)^{p} \cdot b \cdot \psi \cdot c, \qquad (7.17)$$

где $\Delta t_{ср}$ – разность средней температуры воды в приборе и температуры окружающего воздуха, °С;

$$\Delta t_n = \frac{t_{вх} + t_{вых}}{2} - t_в, \qquad (7.18)$$

где $t_{вх}$, $t_{вых}$ – температуры воды, входящей в прибор и выходящей из него, °С;

$t_в$ – температура окружающего прибор воздуха;

n, p, c – экспериментальные числовые показатели;

b – коэффициент учета атмосферного давления в данной местности;

$G_{пр}$ – расход воды в приборе, кг/ч:

$$G_{пр} = \frac{3{,}6 \cdot \sum Q}{c \cdot (t_{вх} - t_{вых})} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2, \qquad (7.19)$$

где $\sum Q$ – суммарный расход теплоты на отопление, Вт;

c – теплоемкость воды, кДж/(кг·К);

β_1 – коэффициент учета дополнительного теплового потока устанавливаемых отопительных приборов за счет округления сверх расчетной величины;

β_2 – коэффициент учета дополнительных потерь теплоты отопительными приборами у наружных ограждений;

ψ – коэффициент учета направления движения воды в приборе снизу-вверх.

Требуемый номинальный тепловой поток для выбора типоразмера отопительного прибора определяют по формуле:

$$Q_{н.т.} = Q_{пр}/\varphi_к, \qquad (7.20)$$

где $Q_{пр}$ – требуемая теплоотдача прибора в рассматриваемом помещении, определяемая в соответствии с формулой:

$$Q_{пр} = Q_{п} - \beta_{тр} \cdot Q_{тр}, \qquad (7.21)$$

где $Q_{п}$ – теплопотребность помещения, Вт;

$Q_{тр}$ – суммарная теплоотдача проложенных в пределах помещения нагретых труб стояка (ветви) и подводок, к которым непосредственно присоединен прибор, Вт;

$\beta_{тр}$ – поправочный коэффициент, учитывающий долю тепла, отдачи теплопроводов, полезную для поддержания заданной температуры воздуха в помещении ($\beta_{тр}$ составляет при прокладке труб: открытой – 0,9, скрытой в глухой борозде стены – 0,5, замоноличенной в тяжелый бетон – 1,8 (возрастание теплоотдачи обгоняется увеличением площади теплоотдающей поверхности)).

Теплоотдачу теплопроводов можно определить приближенно по формуле:

$$Q_{тр} = q_{в} \cdot l_{в} + q_{г} \cdot l_{г}, \qquad (7.22)$$

где $q_{в}$ и $q_{г}$ – теплоотдача 1 м соответственно вертикально и горизонтально расположенных труб, Вт/м;

$l_{в}$ и $l_{г}$ – длина соответственно вертикальных и горизонтальных теплопроводов в пределах помещения, м.

Длина секционных радиаторов зависит от числа секций, составляющих приборы.

Минимально допустимое число секций радиаторов определяют по формуле:

$$N = \frac{Q_{н.т.} \cdot \beta_4}{Q_{н.у.} \cdot \beta_3}, \qquad (7.23)$$

где β_4 – поправочный коэффициент, учитывающий способ установки радиатора в помещении (при открытой установке β_4 =1,0, при установке с декоративной решеткой следует обеспечивать β_4 = 1,10);

β_3 – поправочный коэффициент, учитывающий число секций в одном радиаторе типа МС-140 (табл. 7.10).

Таблица 7.10 – Поправочные коэффициенты β_3

Число секций в приборе	До 15	16-20	21-25
β_3	1,0	0,98	0,96

Расчет стояка в помещении (образец)

Разность средней температуры воды в приборе и температуры окружающего воздуха по формуле (7.13):

$$\Delta t_n = \frac{95+70}{2} - 23 = 59{,}5,\ ^\circ\text{C}$$

Расход воды в приборе, согласно (7.19):

$$G_{пр} = \frac{3{,}6 \cdot 1010}{4{,}187 \cdot (95-70)} \cdot 1{,}0433 \cdot 1{,}02 = 36{,}96,\ \text{кг/ч},$$

где $\beta_1 = 1{,}0433$;

$\beta_2 = 1{,}02$.

Комплексный коэффициент приведения $Q_{н.у}$ к расчетным условиям по формуле (7.17):

$$\varphi_к = \left(\frac{59{,}5}{70}\right)^{1+0{,}3} \cdot \left(\frac{36{,}96}{360}\right)^{0{,}02} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1{,}039 = 0{,}803$$

Теплопередача отопительного прибора, согласно (7.16):

$$Q_{пр.д.} = 185 \cdot 0{,}803 = 148{,}56,\ \text{Вт}$$

Теплопередача теплопроводов (7.22):

$$Q_{тр} = 72 \cdot 2.7 + 96 \cdot 0,7 + 44 \cdot 2.7 + 58 \cdot 0,62 = 416,36 \text{ Вт.}$$

Требуемая теплоотдача прибора в рассматриваемое помещение по (7.21):

$$Q_{пр} = 1010 - 0,9 \cdot 416,36 = 635,28 \text{ Вт.}$$

Требуемый номинальный тепловой поток для выбора типоразмера отопительного прибора по (14):

$$Q_{нт} = 635,28/0,803 = 791,1 \text{ Вт.}$$

Минимально допустимое число секций радиаторов определяется по формуле (7.23):

$$N = \frac{791,1 \cdot 1}{185 \cdot 1} = 4,28, \text{ секций}$$

Принятое число секций – 5 шт.

Расчет приборов для остальных этажей производится аналогично; результаты заносятся в таблицу 7.11.

Таблица 7.11 – Таблица по расчету отопительных приборов (образец)

№ прибора	Теплопотребность помещения, $Q_п$, Вт	Температура воздуха в помещении,	Температура теплоносителя на вхо-	Температура теплоносителя на вы-	Температурный напор, $\Delta t_{ср}$, °С	Расход теплоносителя $G_{пр}$, кг/ч	$t_{ср}$, °С	Комплексный коэффициент $\varphi_к$	Теплоотдача теплопроводов, $Q_{тр}$, Вт	Тепловая мощность прибора, $Q_{пр}$, Вт	$Q_{нт}$, Вт	Поправочные коэффициенты		Минимальное число секций, $N_р$	Установленное число секций, $N_{уст}$
												β_3	β_4		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	1190	23	95	70	59,5	43,55	82,5	0,806	416,36	773,64	959,85	1,0	1,0	5,19	6
2	1010	23	95	70	59,5	36,96	82,5	0,803	416,36	635,28	791,1	1,0	1,0	4,28	5
3	1210	23	95	70	59,5	44,28	82,5	0,802	150,76	1074,32	1337,88	1,0	1,0	7,23	8

Таблица 7.12 – Теплоотдача теплопроводов (образец)

№ пом.	$t_т$-$t_п$,	$q_в$, Вт/м	$l_в$, м	$q_г$, Вт/м	$l_г$, м	$Q_{тр}$, Вт
103	72	77	2,7	96	0,7	416,36
	47	44	2,7	58	0,62	
203	72	77	2,7	96	0,7	416,36
	47	44	2,7	58	0,62	
303	72	77	0,6	96	0,7	150,76
	47	44	0,1	58	0,62	

7.6.5 Тепловой пункт. Устройство, расчет, подбор гидроэлеватора (образец)

7.6.5.1 Назначение теплового пункта

Тепловые пункты – это пункты, связывающие тепловую сеть с потребителями и представляющие собой узел присоединения потребителей тепловой энергии к тепловой сети. Основное назначение теплового пункта заключается в подготовке теплоносителя определен-

ной температуры и давления, регулировании их, поддержании постоянного расхода, учете потребления теплоты.

В данном случае используем зависимое (непосредственное) присоединение с водоструйным элеватором для подмешивания охлажденной воды. Этот способ присоединения наиболее широко применяется для жилых и общественных зданий до 12 этажей. Простота и надежность работы элеватора, не требующего постоянного обслуживания, и дешевое оборудование теплового пункта отличают эту схему. Сетевая вода из подающего теплопровода поступает после регулятора расхода через патрубок в: элеватор. Через перемычку в элеватор подсасывается часть охлажденной воды, возвращающейся из системы отопления в обратный теплопровод сети. Смешанная вода с требуемой температурой подается элеватором в систему отопления. Для нормальной работы элеватора требуется разность давлений в подающем и обратном трубопроводах 0,08-0,15 МПа. К недостатку схемы можно отнести прекращение независимой (автономной) от тепловой сети циркуляции воды в системе отопления и замораживание ее при аварийном отключении от тепловой сети.

Гидроэлеватор применяют в системе отопления для понижения температуры сетевой воды, поступающей по подающему теплопроводу, до температуры, допустимой в системе. Работа элеватора основана на использовании энергии воды подающей магистрали тепловой сети, выходящей из сопла со значительной скоростью. При этом статическое давление ее становится меньше, чем давление в обратной магистрали, вследствие чего охлажденная вода из обратной магистрали подсасывается струей воды из подающей магистрали в камеру всасывания. Образовавшийся поток воды поступает в камеру смешения, где выравниваются температуры и скорости, а давление постоянно. В диффузоре скорость потока уменьшается по мере увеличения его сечения, а статическое давление увеличивается. За счет гидростатического давления в конце диффузора и в камере всасывания элеватора создается циркуляционное давление, необходимое для действия

системы отопления. Схема элеватора составлена из сопла, камеры всасывания, камеры смешивания, диффузора.

7.6.5.2 Расчет гидроэлеватора

Расчет гидроэлеватора выполняется согласно [7].

Основной расчетной характеристикой для элеватора служит так называемый коэффициент смешения u, представляющий собой отношение массы подмешиваемой охлажденной воды $G_п$ к массе воды $G_с$, поступающей из тепловой сети в элеватор:

$$u = \frac{G_п}{G_с} = \frac{t_1 - t_г}{t_г - t_0}, \qquad (7.24)$$

где t_1 – температура воды, поступающей в элеватор из подающей линии тепловой сети;

$t_г$ – температура смешанной воды, поступающей в систему отопления после элеватора;

t_0 – температура охлажденной воды, поступающей из системы отопления.

$$u = \frac{120 - 95}{95 - 70} = 1$$

Определить величину коэффициента смешения необходимо для выявления основного размера элеватора – диаметра горловины $d_г$, мм, перехода камеры смешения в диффузор:

$$d_г = 87{,}4 \cdot \sqrt{\frac{G_{см}}{1000 \cdot \sqrt{\wedge p_{нас}}}}, \qquad (7.25)$$

где $G_{см}$ – количество воды, циркулирующей в системе отопления, кг/ч;

$\Delta p_{нас}$ – гидравлическое сопротивление системы отопления, Па.

Количество воды, циркулирующей в системе отопления $G_{см}$, кг/ч, определяется по формуле:

$$G_{см} = \frac{3{,}6 \cdot \sum Q}{c \cdot (t_г - t_0)} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2, \qquad (7.26)$$

где $\sum Q$ – суммарный расход теплоты на отопление, Вт;

c – теплоемкость воды, кДж/(кг·К);

3,6 – коэффициент перевода, Вт в кДж/ч;

β_1 – коэффициент учета дополнительного теплового потока устанавливаемых отопительных приборов за счет округления сверх расчетной величины;

β_2 – коэффициент учета дополнительных потерь теплоты отопительными приборами у наружных ограждений.

Согласно формуле (7.26), количество воды, циркулирующей в системе отопления, равно:

$$G_{см} = \frac{3{,}6 \cdot 31410}{4{,}187 \cdot (95 - 70)} \cdot 1{,}0433 \cdot 1{,}02 = 1149{,}6 \text{ кг/ч}$$

Тогда по (7.25), диаметр горловины перехода камеры смешения в диффузор:

$$d_г = 87{,}4 \cdot \sqrt{\frac{1149{,}6}{1000 \cdot \sqrt{250000}}} = 4{,}191 \text{ мм}$$

$d_г$ = 4,191 мм, следовательно выбираем элеватор № 1 ($d_г$ = 15 мм).

После подбора серийного элеватора, имеющего диаметр горловины близкий к полученному, можно определить диаметр сопла d_c, мм, пользуясь приближенной зависимостью:

$$d_c = d_г/(1 + u)$$

$$d_c = 15/(1 + 1) = 7{,}5 \text{ мм}.$$

7.6.6 Выводы по разделу (образец)

В разделе производился расчёт системы отопления здания по нормативным методикам расчёта по определению теплопотерь через ограждающие конструкции.

Определено количество радиаторов.

В расчётах был использован метод сведения теплового баланса.

Графическая часть проекта иллюстрирует решения по системе отопления.

Рассмотрен вопрос выбора элеватора смешения.

7.7 Практическая реализация проекта (образец)

7.7.1 Организация монтажа, эксплуатации и ремонта (образец)

7.7.1.1 Особенности организации монтажа

Монтаж трубопроводов вблизи действующих электрических сетей выполняется только после снятия напряжения.

Уложенные на опоры узлы и секции трубопроводов необходимо надежно закреплять жесткими креплениями.

Временное крепление трубопроводов не разрешается.

Когда прокладываются трубопроводы нельзя нарушать элементы несущих конструкций (опоры, подвески или консоли).

Когда слесарь-сантехник направляется для монтажа трубопроводов в особо опасных условиях, ему выдают «Наряд на особо опасные работы», где указываются требования техники безопасности и их выполнения.

Заготовка и обработка трубопроводов должна выполняться в заготовительных мастерских.

Исполнение этих работ на подмостках, которые служат для монтажа трубопроводов, не разрешается.

7.7.1.2 Существенное при организации эксплуатации

В организации составляются и постоянно хранятся:

– план тепловой сети (масштабный);

– оперативная и эксплуатационная (расчетная) схемы;

– профили теплотрасс по каждой магистрали с нанесением линии статического давления;

– перечень газоопасных камер и проходных каналов.

На план тепловой сети наносятся соседние подземные коммуникации (газопровод, канализация, кабели), рельсовые пути электрифицированного транспорта и тяговые подстанции в зоне не менее 15 м от проекции на поверхность земли края строительной конструкции тепловой сети или бесканального трубопровода по обе стороны трассы.

На плане тепловой сети систематически отмечаются места и результаты плановых шурфовок, места аварийных повреждений, затоплений трассы и переложенные участки.

Информация об изменениях в схемах, чертежах, перечнях и изменениях в инструкциях сообщаются всем работникам (с записью в журнале распоряжений), для которых обязательно знание этих документов.

На плане, схемах и пьезометрическом графике обозначаются эксплуатационные номера тепловой магистрали учебного корпуса, камер (узлов ответвлений), насосных станций, узлов автоматического регулирования, неподвижных опор, компенсаторов и других сооружений тепловой сети.

На эксплуатационных схемах нумеруют все присоединенные к сети системы потребителя, а на оперативных схемах, кроме того, секционирующая и запорная арматура.

Арматура, которая установлена на подающем трубопроводе (паропроводе), обозначается нечетным номером, а соответствующая ей арматура на обратном трубопроводе (конденсатопроводе) – следующим за ним четным номером.

На оперативной схеме тепловой сети отмечаются все газоопасные камеры и проходные каналы.

Газоопасные камеры должны иметь специальные знаки, окраску люков и содержаться под надежным запором.

Надзор за газоопасными камерами осуществляется в соответствии с правилами безопасности в газовом хозяйстве.

Организация, которая эксплуатирует тепловые сети (теплоснабжающая организация), участвует в приемке после монтажа и ремонте тепловых сетей, тепловых пунктов и теплопотребляющих установок, принадлежащих потребителю.

Участие в технической приемке объектов потребителей заключается в присутствии представителя теплоснабжающей организации при испытаниях на прочность и плотность трубопроводов и оборудования тепловых пунктов, подключенных к тепловым сетям теплоснабжающей организации, а также систем теплопотребления, подключенных по зависимой схеме.

В организации, которая эксплуатирует тепловые сети, хранятся копии актов испытаний, исполнительная документация с указанием основной запорной и регулирующей арматуры, воздушников и дренажей.

Когда завершаются строительно-монтажные работы (при новом строительстве, модернизации, реконструкции) капитального или текущего ремонта с заменой участков трубопроводов, тепловые сети испытывают на прочность и плотность.

Трубопроводы, которые прокладывают в непроходных каналах или бесканально, подлежат также предварительным испытаниям на прочность и плотность в процессе производства работ до установки

сальниковых (сильфонных) компенсаторов, секционирующих задвижек, закрывания каналов и засыпки трубопроводов.

Предварительные и приемочные испытания трубопроводов производят водой. При необходимости в отдельных случаях допускается выполнение предварительных испытаний пневматическим способом.

Выполнение пневматических испытаний надземных трубопроводов, а также трубопроводов, прокладываемых в одном канале или в одной траншее с действующими инженерными коммуникациями, не допускается.

Гидравлические испытания трубопроводов водяных тепловых сетей с целью проверки прочности и плотности следует проводить пробным давлением с внесением в паспорт.

Минимальная величина пробного давления при гидравлическом испытании составляет 1,25 рабочего давления, но не менее 0,2 Мпа (2 кгс/см^2).

Максимальная величина пробного давления устанавливается расчетом на прочность по нормативно-технической документации, согласованной с Госгортехнадзором России.

Величину пробного давления выбирает предприятие-изготовитель (проектная организация) в пределах между минимальным и максимальным значениями.

Все вновь смонтированные трубопроводы тепловых сетей, подконтрольные Госгортехнадзору России, должны быть подвергнуты гидравлическому испытанию на прочность и плотность в соответствии с требованиями, установленными Госгортехнадзором России.

Испытания на прочность и плотность проводятся в следующем порядке:

– испытываемый участок трубопровода отключить от действующих сетей;

– в самой высокой точке участка испытываемого трубопровода (после наполнения его водой и спуска воздуха) установить пробное давление;

– давление в трубопроводе следует повышать плавно;

– скорость подъема давления должна быть указана в нормативно-технической документации (далее НТД) на трубопровод.

Пуск водяных тепловых сетей состоит из следующих операций:

– заполнения трубопроводов сетевой водой;

– установления циркуляции;

– проверки плотности сети;

– включения потребителей и пусковой регулировки сети.

Трубопроводы тепловых сетей заполняются водой температурой не выше 70 °С при отключенных системах теплопотребления.

Заполнение трубопроводов следует производить водой давлением, не превышающим статического давления заполняемой части тепловой сети более чем на 0,2 МПа.

Во избежание гидравлических ударов и для лучшего удаления воздуха из трубопроводов максимальный часовой расход воды Gв при заполнении трубопроводов тепловой сети с условным диаметром Ду не должен превышать величин, указанных в приведенной ниже таблице 7.13:

Таблица 7.13 – Максимальные значения диаметров трубопроводов

Ду, мм	100	150	250	300	350	400	450
Gв, $м^3$/ч	10	15	25	35	50	65	85
Ду, мм	500	600	700	800	900	1000	1100
Gв, $м^3$/ч	100	150	200	250	300	350	400

Заполнение распределительных сетей следует производить после заполнения водой магистральных трубопроводов, а ответвлений к потребителям – после заполнения распределительных сетей.

В период пуска необходимо вести наблюдение за наполнением и прогревом трубопроводов, состоянием запорной арматуры, сальниковых компенсаторов, дренажных устройств.

Последовательность и скорость проведения пусковых операций осуществляются так, чтобы исключить возможность значительных тепловых деформаций трубопроводов.

В программе по пуску тепловых сетей учитываются особенности пуска водяной тепловой сети при отрицательных температурах наружного воздуха (после длительного аварийного останова, капитального ремонта или при пуске вновь построенных сетей).

Подогрев сетевой воды при установлении циркуляции следует производить со скоростью не более 30 °С в час.

В случае повреждения пусковых трубопроводов или связанного с ними оборудования принимаются меры к ликвидации этих повреждений.

При отсутствии приборов измерения расхода теплоносителя пусковая регулировка производится по температуре в обратных трубопроводах (до выравнивания температуры от всех подключенных к сети потребителей).

При текущей эксплуатации тепловых сетей необходимо:

– поддерживать в исправном состоянии все оборудование, строительные и другие конструкции тепловых сетей, проводя своевременно их осмотр и ремонт;

– наблюдать за работой компенсаторов, опор, арматуры, дренажей, воздушников, контрольно-измерительных приборов и других элементов оборудования, своевременно устраняя выявленные дефекты и неплотности;

– выявлять и восстанавливать разрушенную тепловую изоляцию и антикоррозионное покрытие;

– удалять скапливающуюся в каналах и камерах воду и предотвращать попадание туда грунтовых и верховых вод;

– отключать неработающие участки сети;

– своевременно удалять воздух из теплопроводов через воздушники, не допускать присоса воздуха в тепловые сети, поддерживая постоянно необходимое избыточное давление во всех точках сети и системах теплопотребления;

– поддерживать чистоту в камерах и проходных каналах, не допускать пребывания в них посторонних лиц;

– принимать меры к предупреждению, локализации и ликвидации аварий и инцидентов в работе тепловой сети;

– осуществлять контроль за коррозией.

Для контроля состояния оборудования тепловых сетей и тепловой изоляции, режимов их работы регулярно по графику проводится обход теплопроводов и тепловых пунктов. График обхода предусматривает осуществление контроля состояния оборудования как слесарями-обходчиками, так и мастером.

Частота обходов устанавливается в зависимости от типа оборудования и его состояния, но не реже 1 раза в неделю в течение отопительного сезона и одного раза в месяц в межотопительный период. Тепловые камеры необходимо осматривать не реже одного раза в месяц; камеры с дренажными насосами – не реже двух раз в неделю. Проверка работоспособности дренажных насосов и автоматики их включения обязательна при каждом обходе.

Результаты осмотра заносятся в журнал дефектов тепловых сетей.

Дефекты, угрожающие аварией и инцидентом, устраняются немедленно. Сведения о дефектах, которые не представляют опасности с точки зрения надежности эксплуатации тепловой сети, но которые нельзя устранить без отключения трубопроводов, заносятся в журнал обхода и осмотра тепловых сетей, а для ликвидации этих дефектов при ближайшем отключении трубопроводов или при ремонте – в журнал текущих ремонтов. Контроль может осуществляться дистанционными методами.

При обходе тепловой сети и осмотре подземных камер персонал обеспечивается набором необходимых инструментов, приспособлений, осветительных приборов, газоанализатором взрывозащищенного типа.

При эксплуатации тепловых сетей утечка теплоносителя не должна превышать норму, которая составляет 0,25% среднегодового объема воды в тепловой сети и присоединенных к ней системах теплопотребления в час, независимо от схемы их присоединения за исключением систем горячего водоснабжения.

Помимо испытаний на прочность и плотность в организациях, эксплуатирующих тепловые сети, проводятся их испытания на максимальную температуру теплоносителя, на определение тепловых и гидравлических потерь 1 раз в 5 лет.

Все испытания тепловых сетей выполняются раздельно и в соответствии с действующими методическими указаниями.

Для контроля за состоянием подземных теплопроводов, теплоизоляционных и строительных.

Шурфовки в первую очередь проводятся:

– вблизи мест, где зафиксированы коррозионные повреждения трубопроводов;

– в местах пересечений с водостоками, канализацией, водопроводом;

– на участках, расположенных вблизи открытых водостоков (кюветов), проходящих под газонами или вблизи бортовых камней тротуаров;

– в местах с неблагоприятными гидрогеологическими условиями;

– на участках с предполагаемым неудовлетворительным состоянием теплоизоляционных конструкций (о чем свидетельствуют, например, талые места вдоль трассы теплопровода в зимнее время);

– на участках бесканальной прокладки, а также канальной прокладки с теплоизоляцией без воздушного зазора.

Размеры шурфа выбирают, исходя из удобства осмотра вскрываемого трубопровода со всех сторон. В бесканальных прокладках предусматриваются размеры шурфа по низу не менее 1,5×1,5 м; в канальных прокладках минимальные размеры обеспечивают снятие плит перекрытия на длину не менее 1,5 м.

При шурфовом контроле производится осмотр изоляции, трубопровода под изоляцией и строительных конструкций. При наличии заметных следов коррозии необходимо зачистить поверхность трубы и произвести замер толщины стенки трубопровода с помощью ультразвукового толщиномера или дефектоскопа.

По результатам осмотра составляется акт.

Технические осмотры и планово-предупредительные ремонты производятся в следующие сроки:

– технический осмотр катодных установок – 2 раза в месяц, дренажных установок – 4 раза в месяц;

– технический осмотр с проверкой эффективности – 1 раз в 6 месяцев;

– текущий ремонт – 1 раз в год;

– капитальный ремонт – 1 раз в 5 лет.

Все неисправности в работе установки электрохимической защиты устраняются в течение 24 часов после их обнаружения.

В водяных тепловых сетях осуществляется систематический контроль за внутренней коррозией трубопроводов путем анализов сетевой воды и конденсата, а также по индикаторам внутренней коррозии, установленным в наиболее характерных точках тепловых сетей. Проверка индикаторов внутренней коррозии осуществляется в ремонтный период.

Ежегодно перед началом отопительного сезона все насосные станции необходимо подвергать комплексному опробованию для

определения качества ремонта, правильности работы и взаимодействия всего тепломеханического и электротехнического оборудования, средств контроля, автоматики, телемеханики, защиты оборудования системы теплоснабжения и определения степени готовности насосных станций к отопительному сезону.

Текущий осмотр оборудования автоматизированных насосных станций следует проводить ежесменно, проверяя нагрузку электрооборудования, температуру подшипников, наличие смазки, состояние сальников, действие системы охлаждения, наличие диаграммных лент в регистрирующих приборах.

На неавтоматизированных насосных станциях проводится ежесменное обслуживание оборудования.

При эксплуатации автоматических регуляторов проводятся периодические осмотры их состояния, проверка работы, очистка и смазка движущихся частей, корректировка и настройка регулирующих органов на поддержание заданных параметров. Устройства автоматизации и технологической защиты тепловых сетей могут быть выведены из работы только по распоряжению технического руководителя организации, кроме случаев отключения отдельных защит при пуске оборудования, предусмотренных местной инструкцией.

Давление воды в любой точке подающей линии водяных тепловых сетей, тепловых пунктов и в верхних точках непосредственно присоединенных систем теплопотребления при работе сетевых насосов должно быть выше давления насыщенного пара воды при ее максимальной температуре не менее чем на 0,5 кгс/см^2.

Избыточное давление воды в обратной линии водяных тепловых сетей при работе сетевых насосов должно быть не ниже 0,5 кгс/см^2. Давление воды в обратной линии должно быть не выше допустимого для тепловых сетей, тепловых пунктов и для непосредственно присоединенных систем теплопотребления.

Для двухтрубных водяных тепловых сетей в основе режима отпуска теплоты предусматривается график центрального качественного регулирования.

При наличии нагрузки горячего водоснабжения минимальная температура воды в подающем трубопроводе сети предусматривается для закрытых систем теплоснабжения не ниже 70 °С; для открытых систем теплоснабжения горячего водоснабжения не ниже 60 °С.

Температура воды в подающей линии водяной тепловой сети в соответствии с утвержденным для системы теплоснабжения графиком задается по усредненной температуре наружного воздуха за промежуток времени в пределах 12-24 ч, определяемый диспетчером тепловой сети в зависимости от длины сетей, климатических условий и других факторов.

Отклонения от заданного режима на источнике теплоты предусматриваются не более:

– по температуре воды, поступающей в тепловую сеть ± 3%;

– по давлению в подающем трубопроводе ± 5%;

– по давлению в обратном трубопроводе ± 0,2 кгс/см^2.

Отклонение фактической среднесуточной температуры обратной воды из тепловой сети может превышать заданную графиком не более чем на +5%. Понижение фактической температуры обратной воды по сравнению с графиком не лимитируется.

Ремонт тепловых сетей производится в соответствии с утвержденным графиком (планом) на основе результатов анализа выявленных дефектов, повреждений, периодических осмотров, испытаний, диагностики и ежегодных испытаний на прочность и плотность.

График ремонтных работ составляется исходя из условия одновременного ремонта трубопроводов тепловой сети и тепловых пунктов.

Перед проведением ремонтов тепловых сетей трубопроводы освобождаются от сетевой воды, каналы должны быть осушены. Температура воды, откачиваемой из сбросных колодцев, не должна превышать 40 °С. Спуск воды из камеры тепловых сетей на поверхность земли не допускается.

7.7.1.3 Ремонт систем отопления

Для поддержания нормируемых температур в помещениях следует осуществлять периодический контроль параметров воздуха в них и теплоносителя в системах.

Для обеспечения надежности и долговечности работы последних необходимы:

– систематический осмотр систем с целью выявления неисправностей и своевременного их устранения;

– техническое обслуживание;

– планово-предупредительный и капитальный ремонты;

– резервирование основного оборудования (котлов, насосов и т. д.);

– бесперебойное обеспечение систем теплоносителем, электроэнергией, водой;

– создание необходимых запасов расходных материалов, инструмента, отдельных узлов и элементов систем автоматического управления и т. п.

Не допускается захламление и загромождение рабочих мест. При появлении подозрительных ударов или шумов в работающем оборудовании, а также вибрации необходимо выключать оборудование для ревизии и устранения неполадок. Персонал, обслуживающий системы отопления, должен быть обучен приемам и методам оказания первой помощи при ожогах, отравлении и поражении электрическим током.

7.7.2 Факторы энергосбережения (образец)

Элементы, делающие систему отопления энергоэффективной:

– секции отопительных приборов марки (RIFAR B-500). с индивидуальным регулированием посредством автоматических радиаторных терморегуляторов серии RA, управляющих подачей теплоты от радиаторов в помещение;

– на стояках и горизонтальных ветках здания планируется установить автоматические балансировочные клапаны ASV, осуществляющие контроль за гидравлическим режимом системы отопления здания;

– энергосбережение системы отопления осуществляется минимизацией теплопотребления и дополнительной экономией тепловой энергии, которую необходимо осуществлять местным регулированием параметров теплоносителя в тепловом пункте. С этой целью в узле учета тепловой энергии необходимо установить теплосчетчик-регистратор ВЗЛЕТ ТСР-М на базе тепловычислителя ТСРВ-024.

Для изменяющейся подачи теплоносителя в систему выбран регулирующий клапан VB2, и подобран сдвоенный насос Wilo-TOP-SD.

7.7.3 Выводы по главе 3 (образец)

В главе рассматривались актуальные вопросы эксплуатации проектируемой системы отопления

При проектировании системы отопления следует учитывать концепцию энергосбережения и энергоэффективности.

Разработаны мероприятия, способствующие этим задачам.

7.8 Заключение (образец)

В курсовой работе проектируется система отопления здания.

В работе были рассмотрены вопросы климатической характеристики района строительства; выполнен теплотехнический расчет ограждающих конструкций, приведён теплоэнергетический баланс здания, для которого выбрана и обоснована система отопления; сделан расчёт отопительных приборов.

Для теплового пункта выполнены расчет и подбор гидроэлеватора. Реализация этих действий помогла подобрать систему отопления гражданского здания, отвечающую санитарно-гигиеническим, технологическим, теплоэнергети-ческим и экономическим требованиям.

7.9 Список рекомендованных к использованию нормативных первоисточников в курсовой работе (образец)

1. СНиП 23-01-99*. Строительная климатология / Госстрой России. – М. : ГУП ЦПП, 2005.

2. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий / Госстрой России. – М. : ФГУП ЦПП, 2004.

3. ГОСТ 30494-96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях / Госстрой России. – М. : МНТКС, 1999.

4. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий / Госстрой России. – М. : ГУП ЦПП, 2005.

5. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование / Госстрой России. – М. : ФГУП ЦПП, 2004. – 55 с.

6. СП 41-101-95. Проектирование тепловых пунктов / Минстрой России. – М. : ГУП ЦПП, 1997. – 79 с.

7. Внутренние санитарно-технические устройства : в 3 ч. Ч.1. Отопление / В. Н. Богословский, Б. А. Крупнов, А. Н. Сканави и др. ;

под ред. И. Г. Староверова и Ю. И. Шиллера. – М. : Стройиздат, 1990. – 344 с. (Справочник проектировщика).

8. ГОСТ 21.1101-97 СПДС. Основные требования к проектной документации.

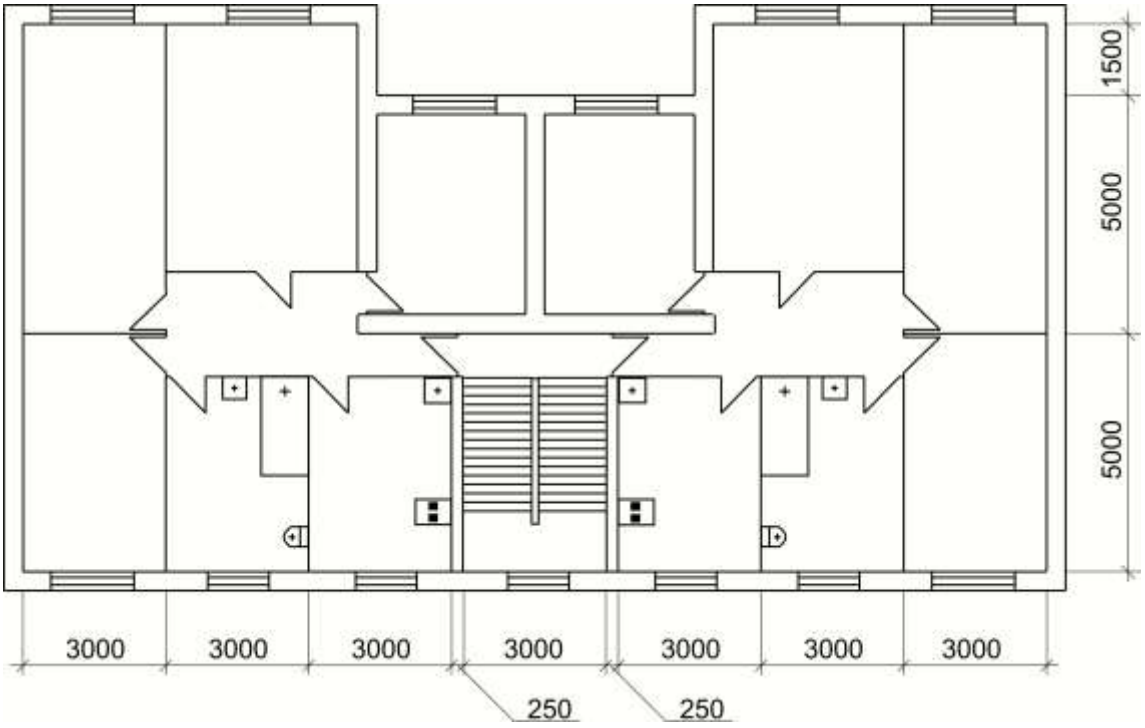
9. ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам.

10. ГОСТ 2.109-73 ЕСКД. Основные требования к чертежам.

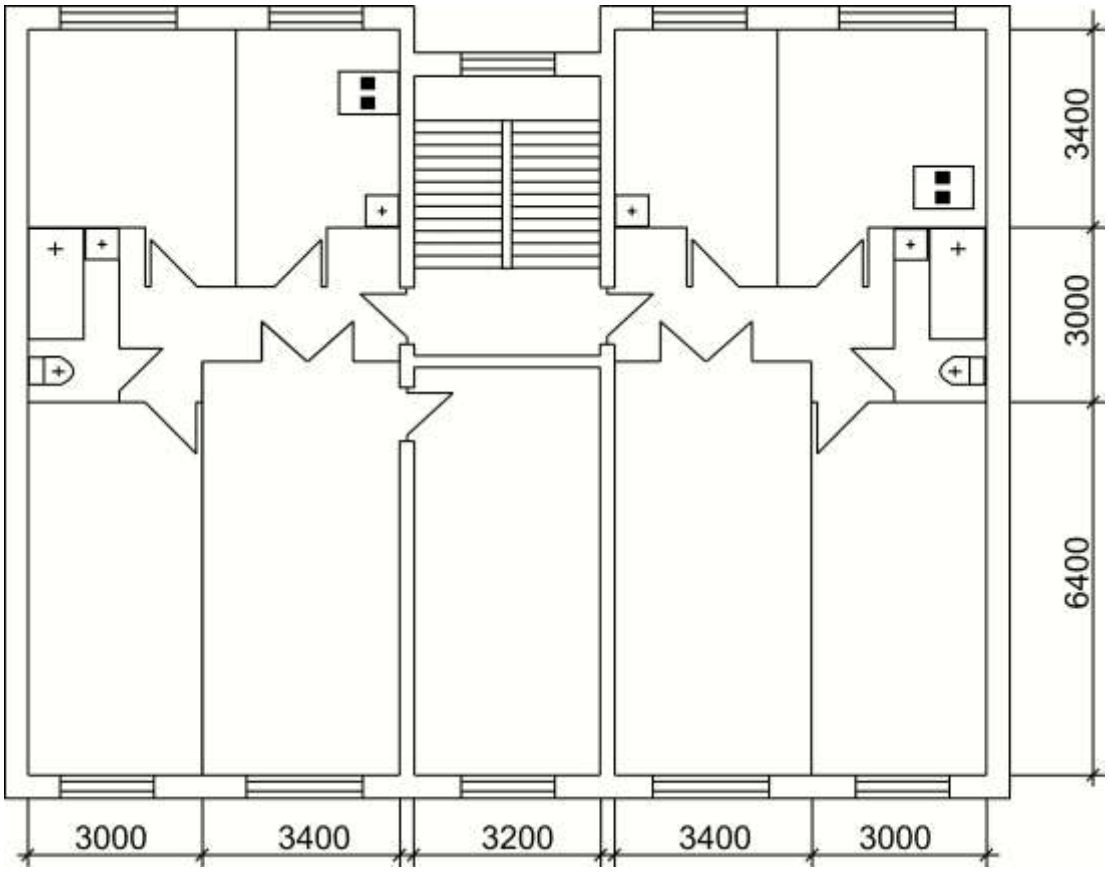
11. ГОСТ 2.104-68 (1995) ЕСКД. Основные надписи.

7.10 Планы зданий по вариантам

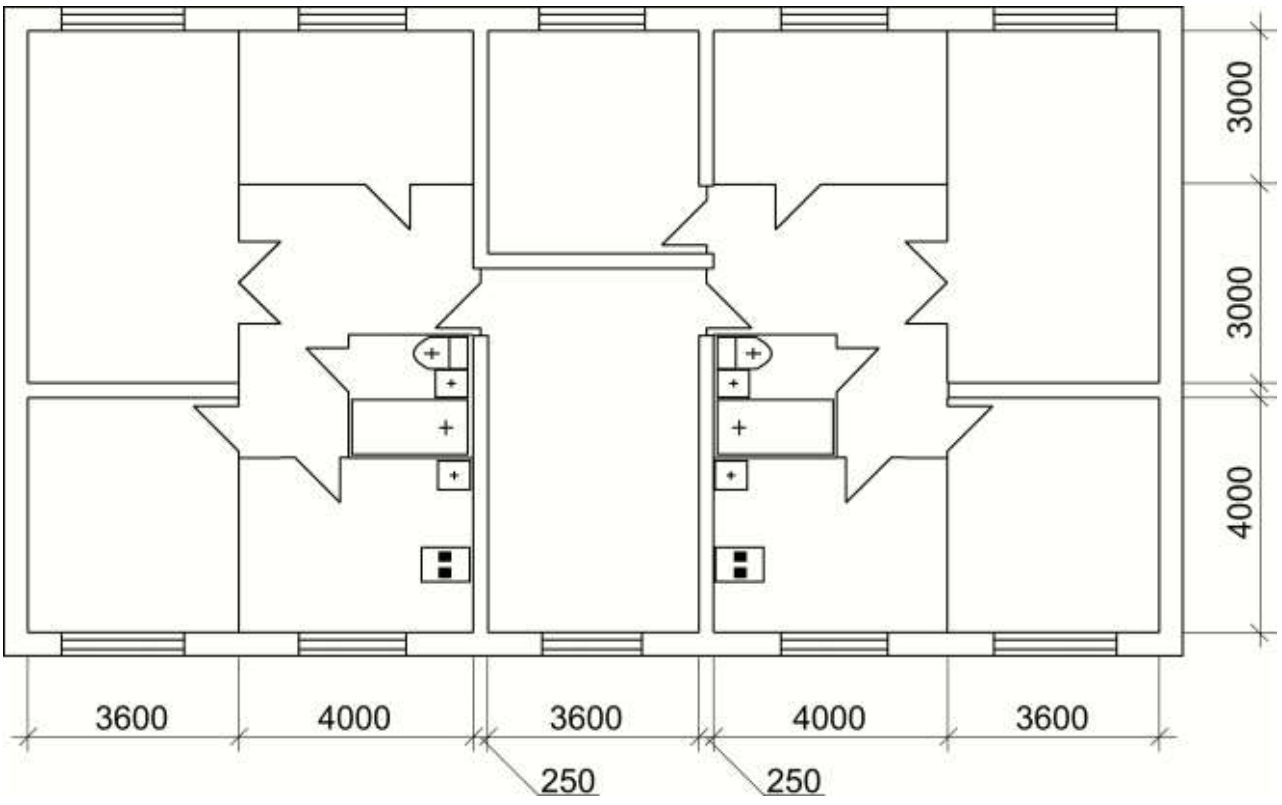
План здания 1



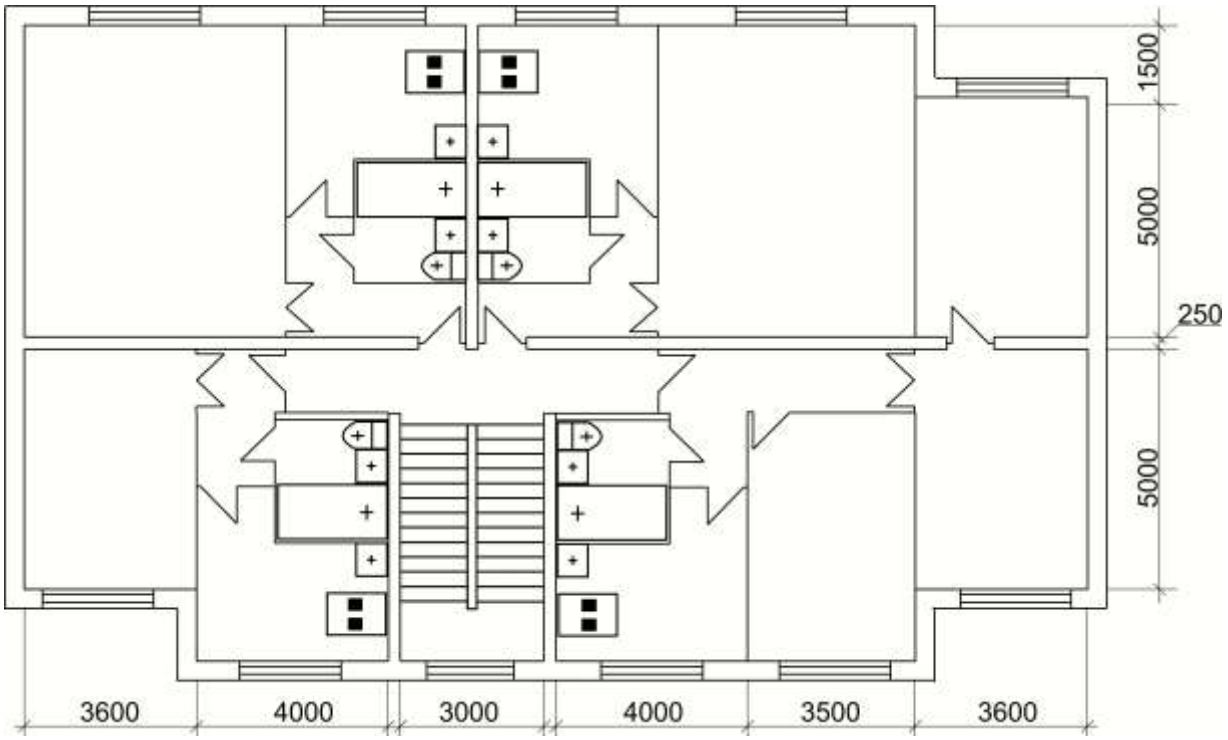
План здания 2



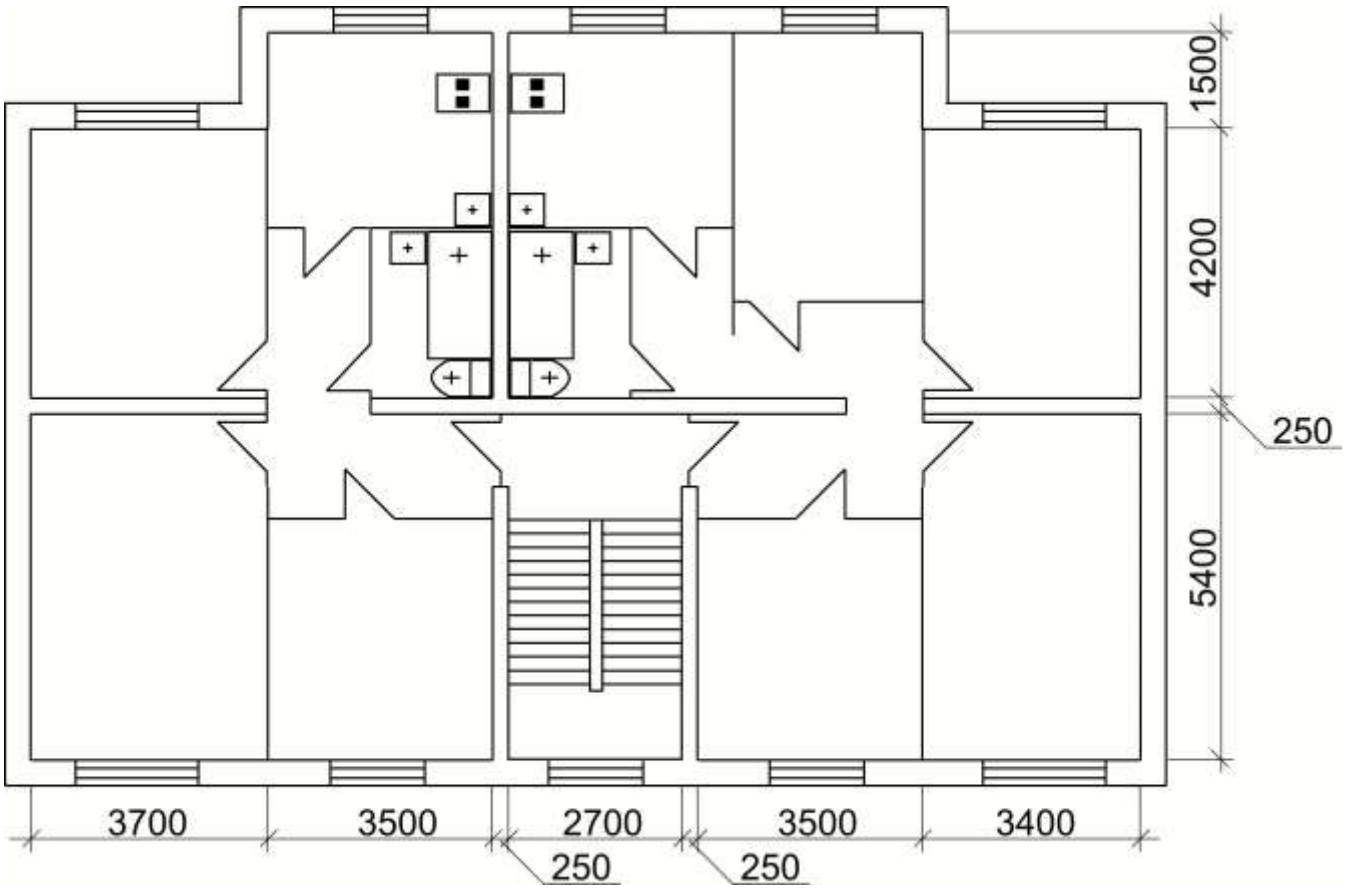
План здания 3



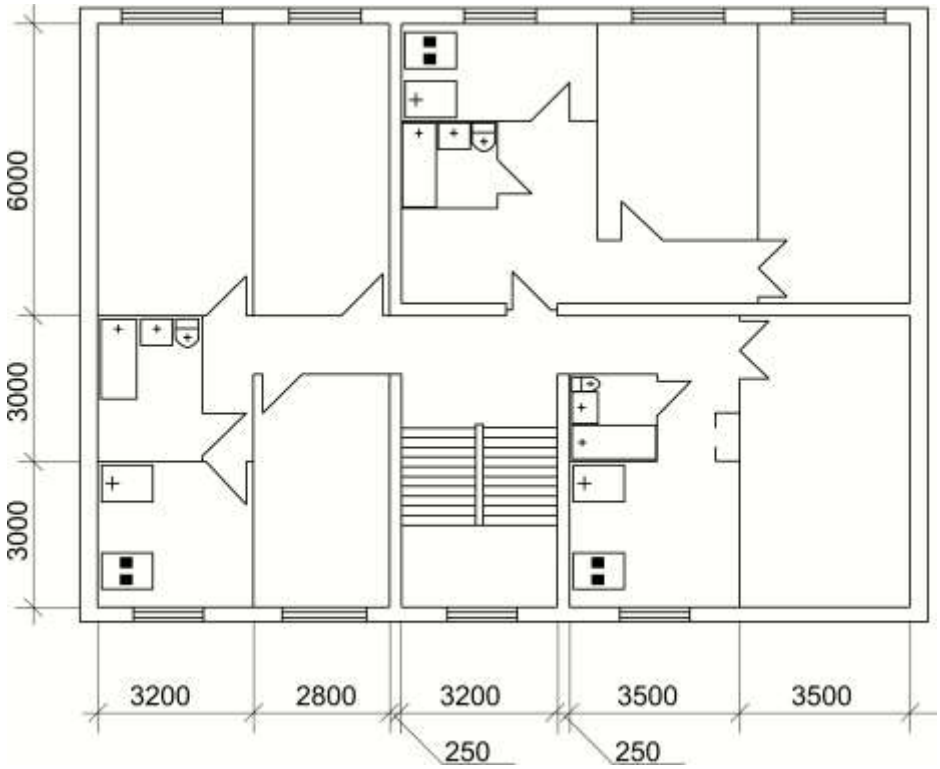
План здания 4



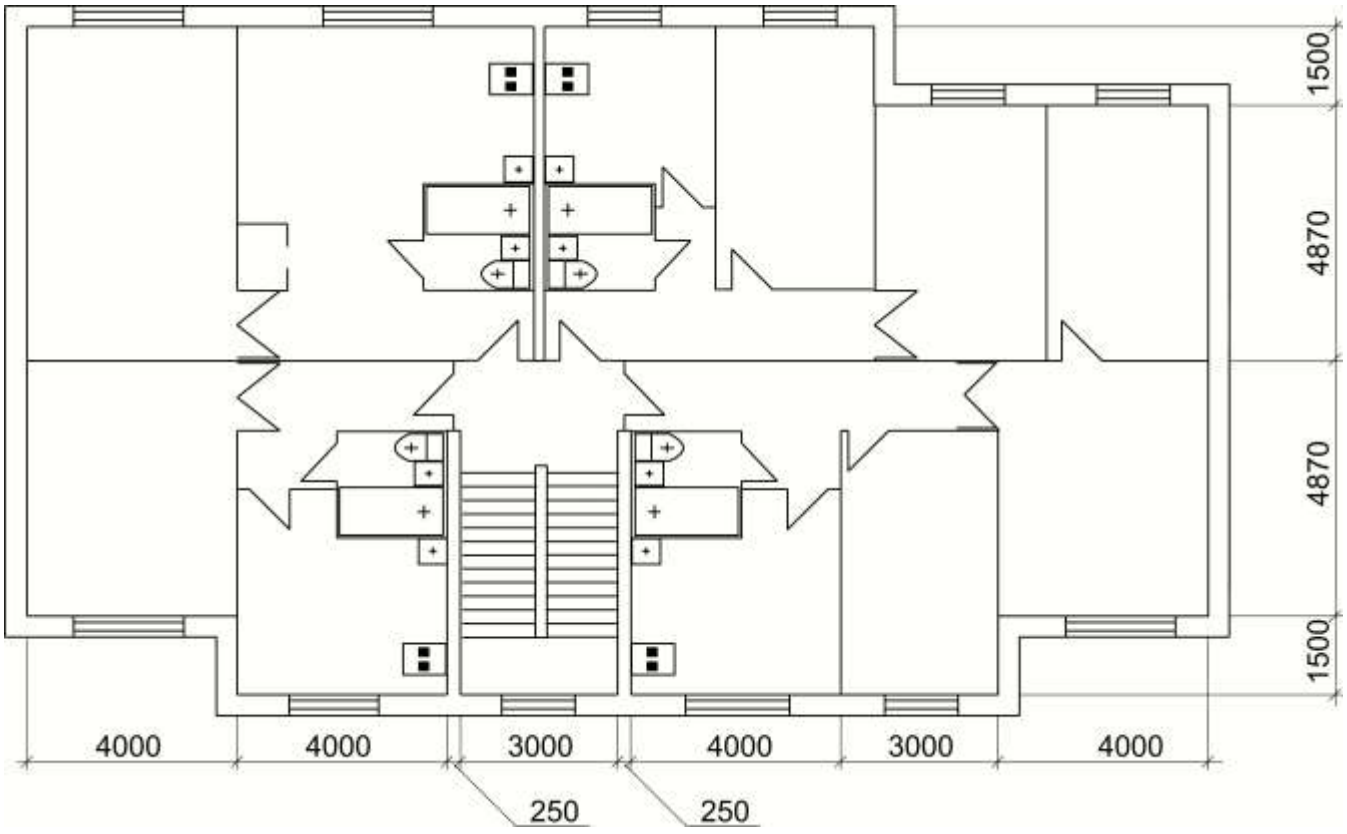
План здания 5



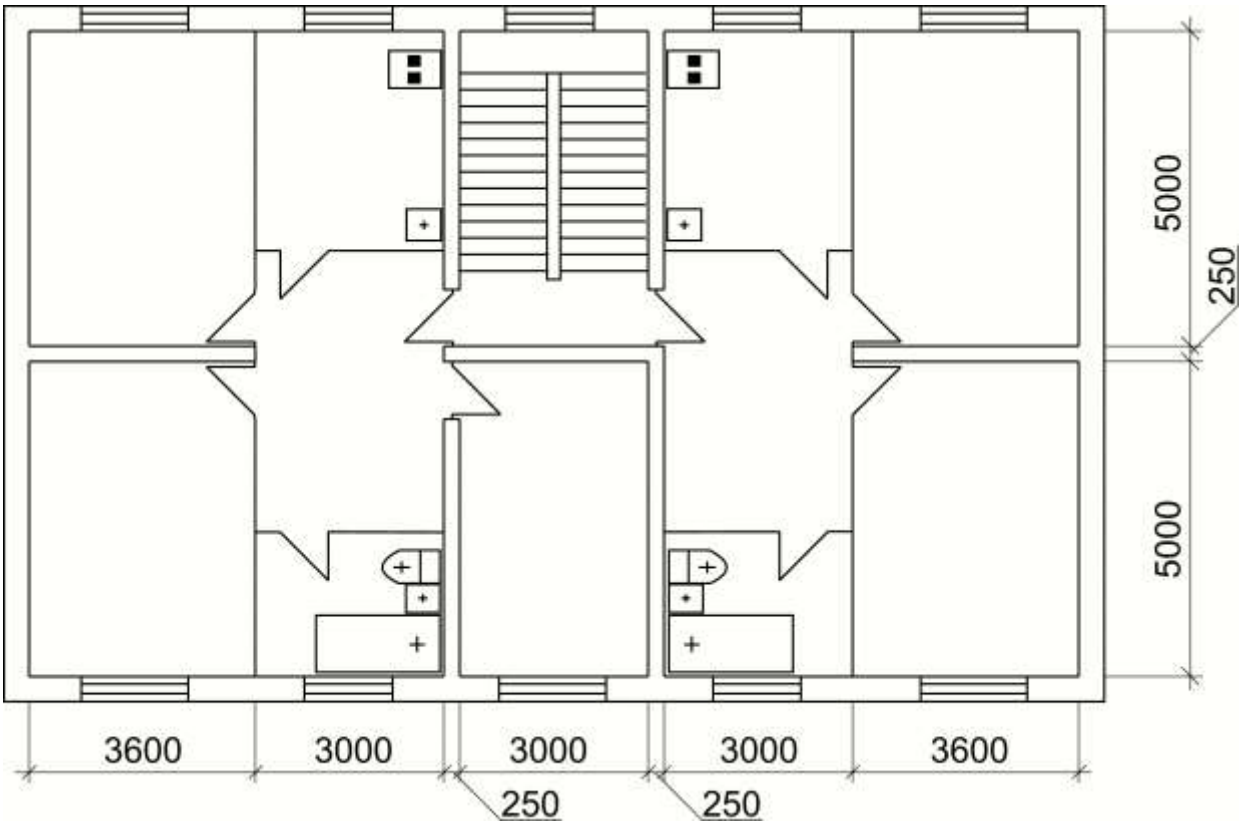
План здания 6



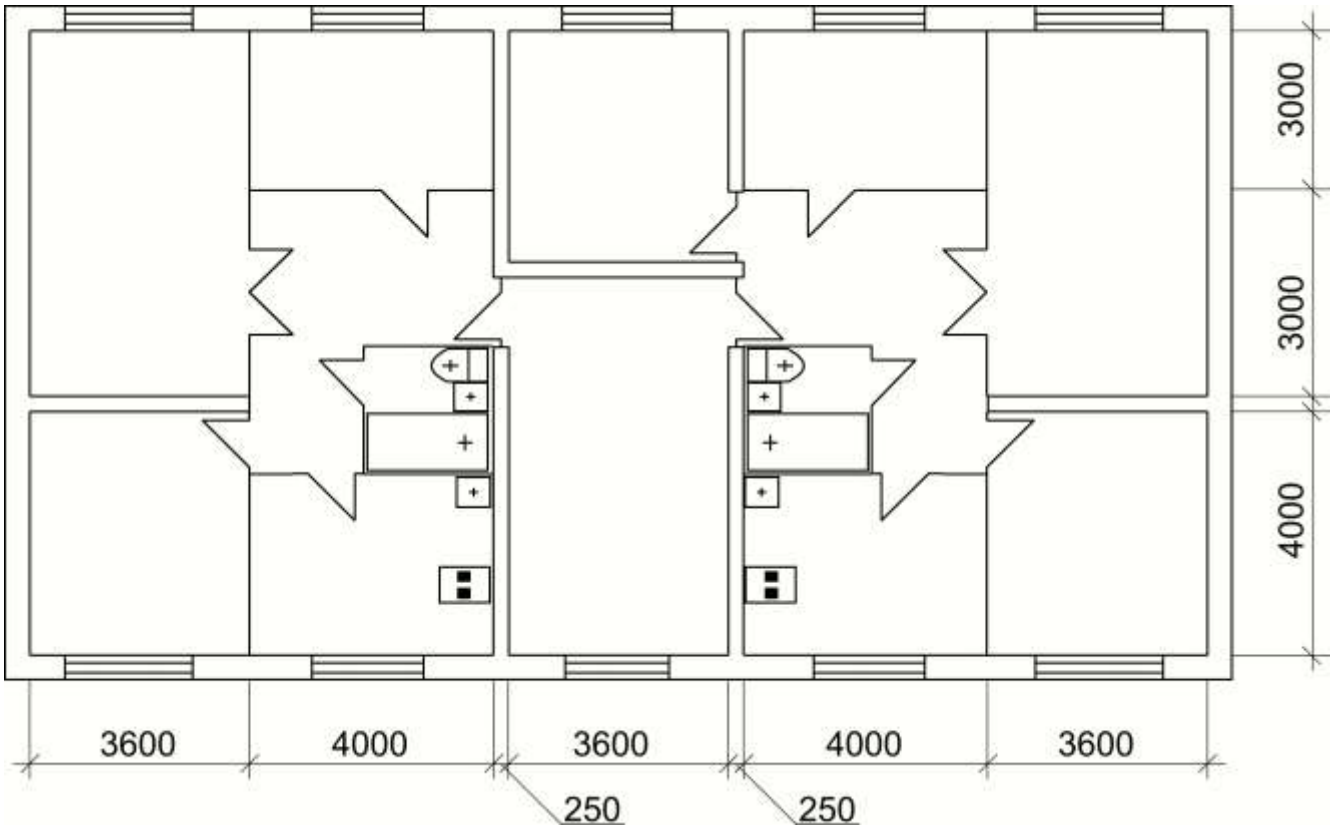
План здания 7



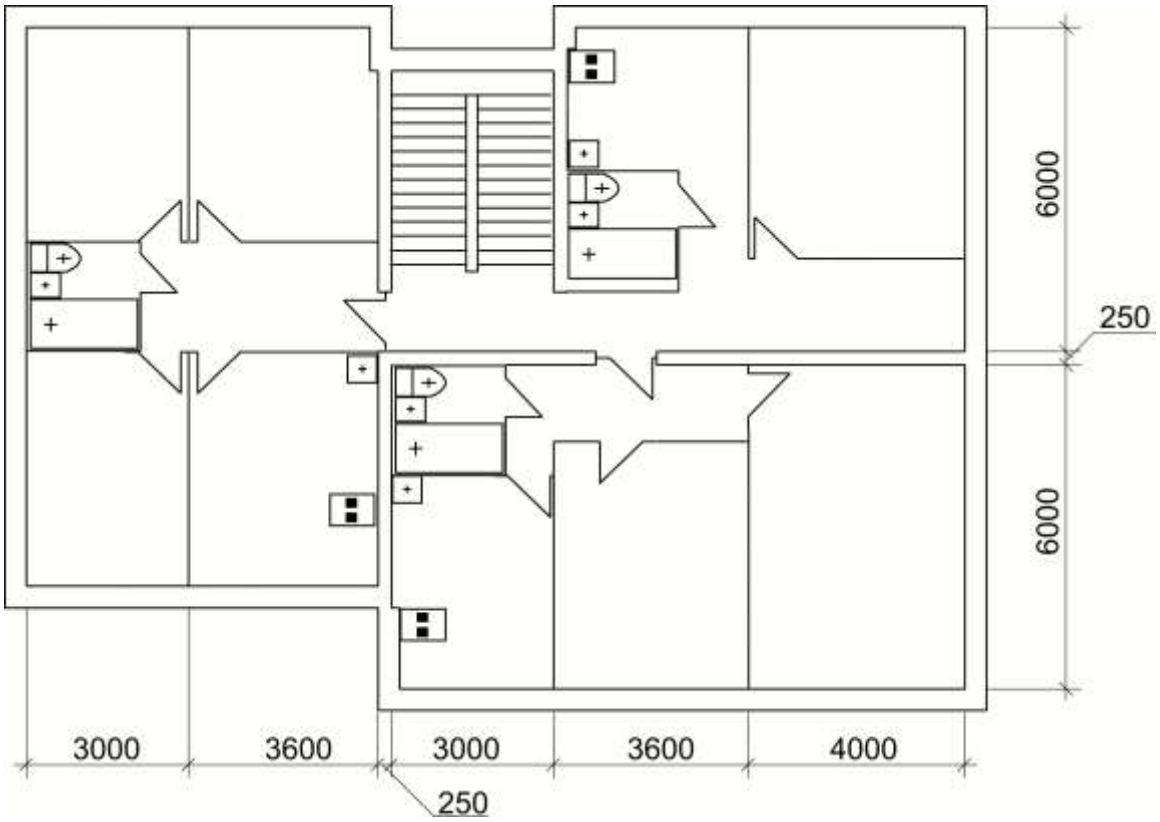
План здания 8



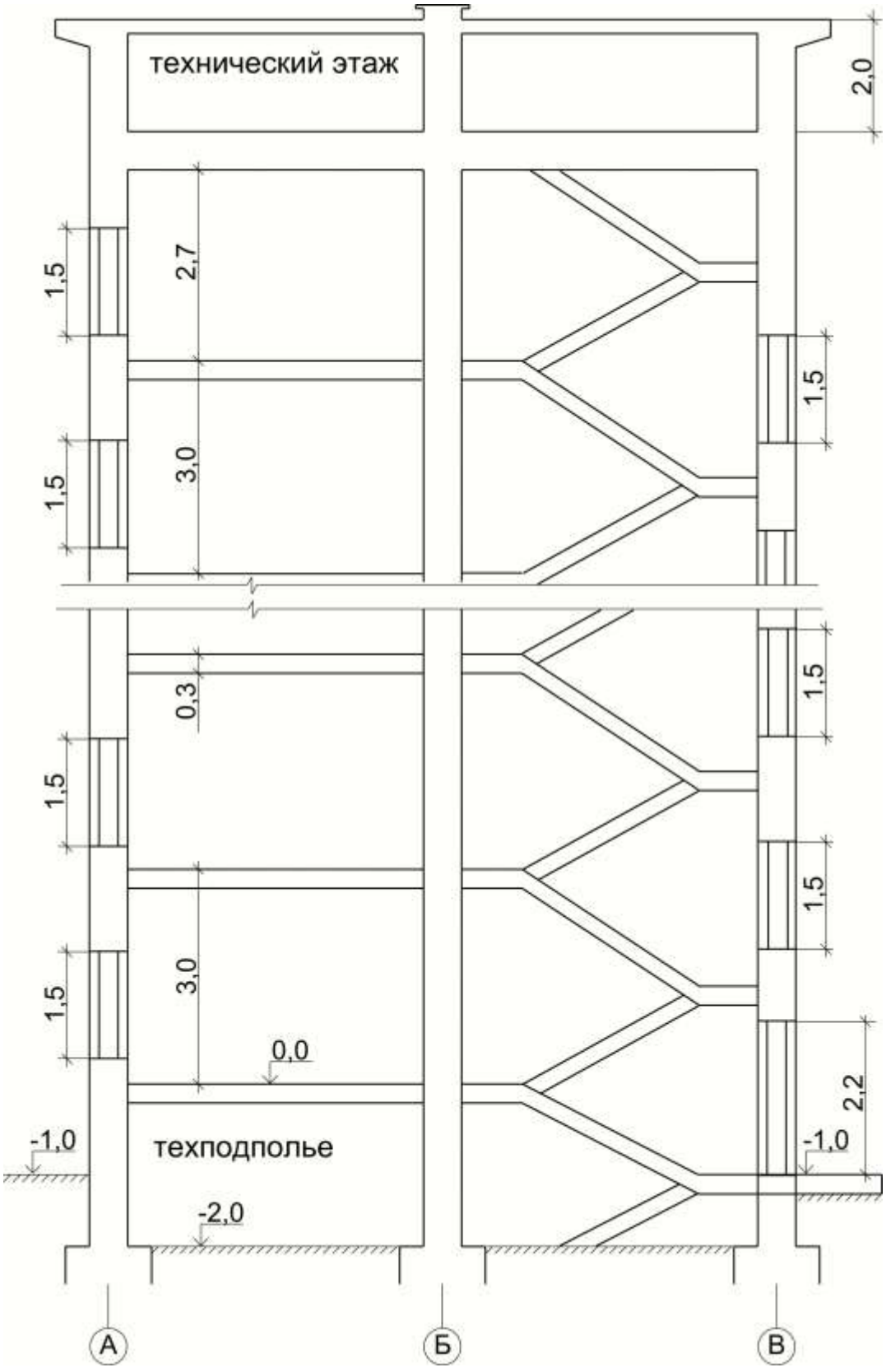
План здания 9



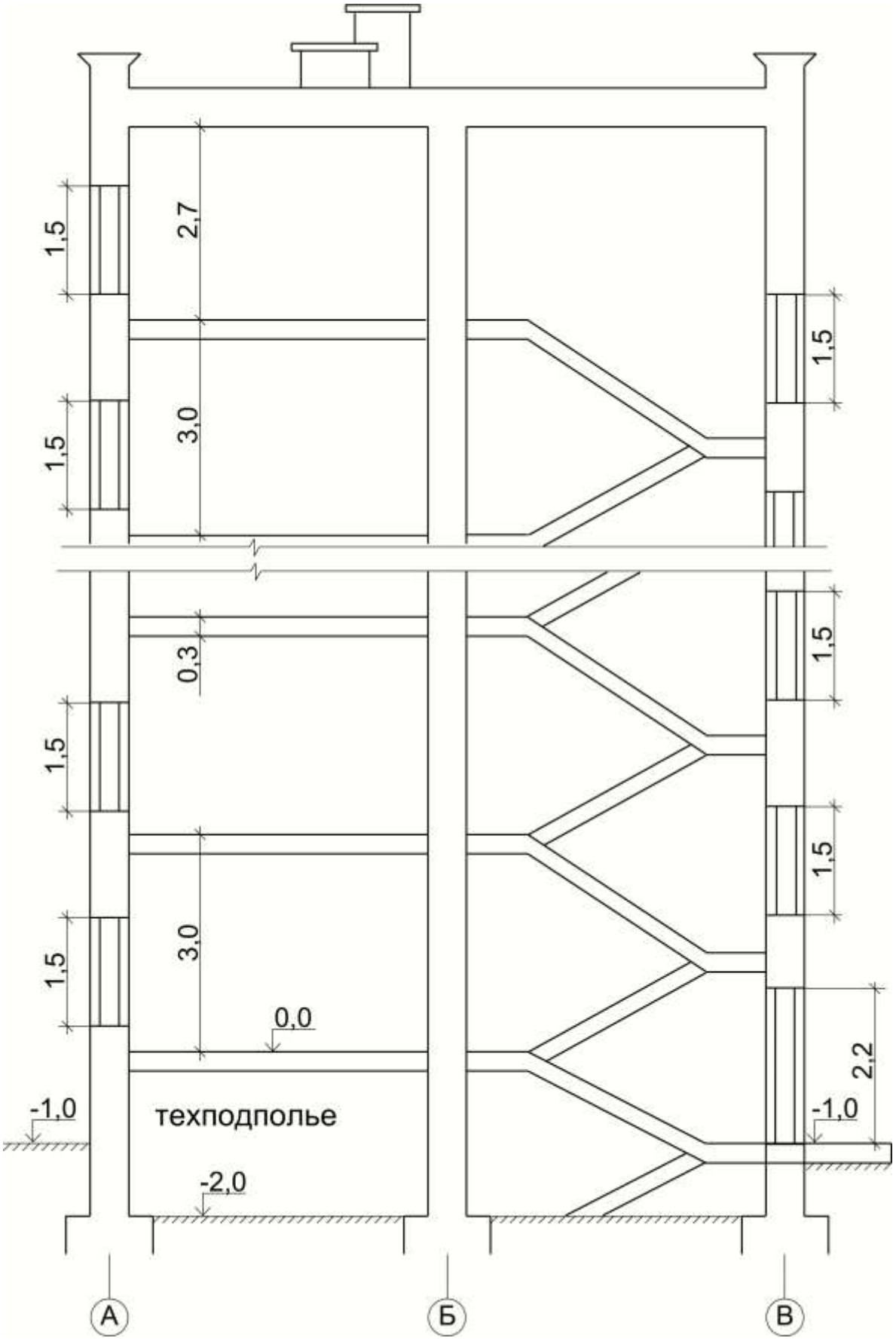
План здания 10



Техподполье 1



Техподполье 2



Библиографический список

1. Николаева, А. А. Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей / А. А. Николаева – М. : Стройиздат, 1965. – 361 с.

2. Староверов, И. Г. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства / И. Г. Староверов и др.– М. : Стройиздат, 1975. – 492 с.

3. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – Взамен СНиП 2.04.05-91; введ. 01.01.2004. – М. : СантехНИИпроект; ФГУП ЦНС, 2004. – 60 с.

4. СНиП 2.04.07-86*. Тепловые сети. – СНиП 2.04.07-86* является переизданием СНиП 2.04.07-86 с изменением № 1, утвержденным постановлением Госстроя России от 21 января 1994 г. № 18-4 и с учетом изменений, вызванных введением в действие СНиП 2.04.14-88. Внесено изменение № 2, утвержденное постановлением Госстроя России от 12 октября 2001 г. № 116 и введенное в действие с 01.01.2002г.

5. СП 41-101-95. Проектирование тепловых пунктов. – Приняты к СНиП 2.04.07-86* «Тепловые сети»; введ. 1995. – М. : АВОК; Агентство по энергосбережению Правительства Москвы; ВНИПИэнергопромом Минтопэнерго России, 1995. – 64 с.

6. СП 40-101-96 «Свод правил по проектированию и монтажу трубопроводов из полипропилена "Рандом Сополимер"»; 7. СНиП 2. 04. 14-88. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. – Введ. 31.12.1997. –М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1998. – 28 с.

7. СНиП 23-01-99* «Строительная климатология»; В СНиП 23-01-99 внесено Изменение. № 1, принятое постановлением Госстроя России от 24 декабря 2002 г. № 164 и введенное в действие с 1 января 2003 г.

8. Правила учета тепловой энергии и теплоносителя. – Взамен ПР 34-70-010-85; введ. 31.08.1995. – М . : Энергосервис, 2004. – 66 с.

Учебное издание

Ольга Сергеевна Ануфриенко

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

Учебно-методическое пособие

Редактор
Е. В. Кондаева

Редактор 2 категории
Г. А. Чумак

Подписано в печать 16.05.2017 г.
Формат 60x84 1/16. Усл. печ. л. 10,3.
Тираж 300 (1 завод – 50) экз. Заказ _____.

Издательство Орского гуманитарно-технологического института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

462403, г. Орск Оренбургской обл., пр. Мира, 15 А