# Общая часть

Теплотехника – область науки, техники, занимающаяся вопросами получения и использования тепла.

Одновременно с теплотехникой развивались системы отопления и вентиляции, предназначенные для обеспечения санитарно-гигиенических требований, предъявляемых к зданию и поддержания требуемого температурно-влажностного режима помещений здания.

Для создания системы отопления здания в курсовом проекте выполняется:

* теплотехнический расчёт наружных стен, подвального и чердачного перекрытий;
* расчёт теплопотерь всех помещений здания;
* определение удельной тепловой характеристики здания;
* выбор и конструирование системы отопления;
* расчёт нагревательных приборов;
* гидравлический расчёт трубопроводов.

## В данном курсовом проекте проектируется жилое девятиэтажное здание, наружные стены которого панельные плотностью 2500 кг/м3, между слоями – утеплитель, без наружной штукатурки, изнутри – известково песчаная штукатурка толщиной 0,02 м.

## В здании имеется подвал и чердак. Подвал не отапливаемый, без окон. Строительный объём здания – 27,0 24,0 28,0 .

В жилом здании проектируется однотрубная горизонтальная система отопления с редукционными вставками без регулирования.

Тип нагревательных приборов – радиаторы стальные РСВ1-2.

Район постройки проектируемого здания – город Гомель Республики Беларусь, для которогой характерны следующие климатические данные:

* средняя температура наружного воздуха наиболее холодных суток обеспеченностью 0,92 tн = – 28 0С;
* средняя температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 tн = – 24 0С;
* средняя температура наружного воздуха наиболее холодных суток обеспеченностью 0,98 tн = – 32 0С;

Расчётные параметры воздуха в помещении для расчёта наружных ограждающих конструкций здания:

* расчётная температура воздуха tв = 18 0С;
* относительная влажность воздуха φв =55 %.

Влажностный режим помещений и условия эксплуатации ограждающих конструкций здания принимаются в зависимости от температуры и относительной влажности внутреннего воздуха:

* влажностный режим помещений – нормальный;
* условия эксплуатации ограждений – Б.
1. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Ограждающие конструкции совместно с системами отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха должны обеспечивать нормируемые параметры микроклимата помещений при оптимальном энергопотреблении.

Сопротивление теплопередаче Rо ограждающих конструкций следует принимать равным экономически целесообразному сопротивлению теплопередаче Rоэк, определённому исходя из условия обеспечения наименьших приведенных затрат, но во всех случаях не менее требуемого сопротивления теплопередаче Rотр по санитарно-гигиеническим условиям и не менее нормативного Roнорм. Сопротивление теплопередаче внутренних ограждающих конструкций следует определять в случаях, когда разность температур внутреннего воздуха в разделяемых этими конструкциями помещениях превышает 3°С.

Требуемое сопротивление теплопередаче Rотр, (м2°С)/Вт, ограждающих конструкций, за исключением заполнения световых проёмов (окон, балконных дверей и фонарей), определяется по формуле:

Rотр = (1.1)

где n – коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху, принимаемый по таблице 5.3;

tв– расчётная температура внутреннего воздуха, °С, принимается по таблице 4.1;

tн– расчётная зимняя температура наружного воздуха, °С, принимается по таблице 4.1 с учётом тепловой инерции ограждающих конструкций;

Δtн– нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, принимается по таблице 5.5[1];

αв– коэффициент теплопередачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, принимается конструктивно: αв= 8,7 Вт/(м2 °С).

Расчётную температуру внутреннего воздуха для жилого здания принимаем tв= 18°С. В угловых помещениях расчётная температура воздуха должна быть 20°С.

Расчётную зимнюю температуру наружного воздуха принимаем в зависимости от тепловой инерции.

Тепловую инерцию D ограждающей конструкции определяем по формуле:

D = R1s1+ R2s2+….+ Rnsn, (1.2)

где R1,R2,….Rn– термические сопротивления отдельных слоёв ограждающей конструкции, (м2 °С)/Вт;

s1,s2…sn– расчётные коэффициенты теплоусвоения материала отдельных слоёв ограждающей конструкции, Вт/(м2 °С), принимаемые по таблице А1 приложения А[1].

Термическое сопротивление R [(м2 °С)/Вт] слоя многослойной ограждающей конструкции определяется по формуле:

R = (1.3)

где δ– толщина слоя, м;

λ– коэффициент теплопроводности материала слоя, [Вт/(м °С)], принимаемый по таблице А1 приложения А[1].

## Теплотехнический расчёт наружной стены

Согласно принятой конструкции наружной стены (рисунок 1) наружные стены изготавливаются из трехслойной железобетонной оболочки, заполненной минераловатными плитами. Толщину утеплителя определяем исходя из теплотехнического расчета.


# Рисунок 1 – Конструкция наружной стены

По приложению А[1] и в соответствии с принятой конструкцией выбираем необходимые для расчёта характеристики материалов:

1. Известково-песчаная штукатурка

ρ3 = 1600 кг/м3, λ3 = 0,70 Вт/(м⋅°С), s3 = 8,69 Вт/(м2⋅°С);

2. Маты минераловатные прошивные:

ρ2 = 125 кг/м3, λ2 = 0,064 Вт/(м⋅°С), s2 = 0,73 Вт/(м2⋅°С);

3. Железобетонная оболочка панели:

ρ3 = 2500 кг/м3, λ3 = 2,04 Вт/(м⋅°С), s3 = 19,70 Вт/(м2⋅°С).

Расчёт производим из условия: R0 =R0эк{R0норм,R0тр}

Принимаем R0 = R0норм = 2,5 (м2⋅°С)/Вт (таблица 5.1[1]);

αв= 8,7 Вт/(м2 °С) (таблица 5.4[1]);

αн= 23 Вт/(м2 °С) (таблица 5.7[1]),

и определяем толщину утеплителя из выражения:

R0 = (1.4)

где R0 – сопротивление теплопередаче ограждающей многослойной конструкции, (м2⋅°С)/Вт;

δ – толщина слоя, м;

λ – коэффициент теплопроводности слоя, принятый с учётом условий эксплуатации, Вт/(м⋅°С);

αн - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждения конструкции для зимних условий, Вт/(м2⋅°С);

αв - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждения конструкции, Вт/(м2⋅°С).

δ2 = [ R0 – ()] λ2 = [2,5– ()] 0,064 = 0,146 м.

Конструктивно принимаем δ2 = 15 см и определяем тепловую инерцию ограждения D по формуле (1.2)

D = = 2,53

Расчётная температура внутреннего воздуха tв=18°С, нормативный температурный перепад между температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции Δtв=6°С, а расчётная зимняя температура наружного воздуха tн = –28°С.

По имеющимся данным по формуле (1.1) определяем требуемое сопротивление теплопередаче:

Rотр = = 0,881 (м2⋅°С)/Вт

По формуле (1.4) определим действительное сопротивление теплопередаче наружной стены:

R0 = = 2,60 (м2⋅°С)/Вт;

Так как Rо > Rонорм и Rо > Rотр, то принятая конструкция наружных стен отвечает теплотехническим требованиям.

По принятому значению Rо проверяем отсутствие конденсации влаги на поверхности наружных стен. Для этого определяем температуру внутренней поверхности ограждающей конструкции:

τв = tв – (1.5)

τв = 18 – = 15,97°С

Полученное значение τв должно быть больше температуры точки росы τр , которая определяется по формуле:

τр = (1.6)

где ев – упругость водяных паров в воздухе помещения, Па;

ев = (1.7)

где φ – относительная влажность воздуха в помещении, %, φ = 55%.

ев == 1170,75 Па

τр == 8,48 °С

Так как τв > τр, то конденсации влаги не предвидится.

* 1. Теплотехнический расчёт подвального перекрытия

Согласно принятой конструкции подвального перекрытия (рисунок 2) несущая часть которого – многопустотные железобетонные настилы, с круглыми пустотами, толщиной 220 мм. На плиты укладывается утеплитель, толщину которого необходимо определить. Поверх утеплителя - керамзитовый гравий 50 мм, рубероид, линолеум.

Рисунок 2 – Конструкция подвального перекрытия

По приложению А[1] и в соответствии с принятой конструкцией выбираем необходимые для расчёта характеристики материалов:

1. Железобетонная плита

ρ1 = 2500 кг/м3, λ1 = 2,04 Вт/(м⋅°С);

2. Маты минераловатные прошивные

ρ2 = 125 кг/м3, λ2 = 0,064 Вт/(м⋅°С);

3. Керамзитовый гравий

ρ3 = 600 кг/м3, λ3 = 0,17 Вт/(м⋅°С);

4. Рубероид

ρ4 = 600 кг/м3, λ4 = 0,17 Вт/(м⋅°С)

5.Линолеум поливинилхлоридный многослойный:

ρ5=1600 кг/м3, λ4=0,33 Вт/(м⋅°С)

Для перекрытий над подвалами и подпольями расчётная зимняя температура наружного воздуха принимается равной средней температуре наиболее холодной пятидневки независимо от массивности перекрытия.

Расчётная зимняя температура наружного воздуха tн = – 28°С, расчётная температура внутреннего воздуха tв = 18°С, нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции

Δtн = 2°С, αв = 8,7 Вт/(м2⋅°С), αн = 6 Вт/(м2⋅°С)

По имеющимся данным по формуле (1.1) определяем требуемое сопротивление теплопередаче:

Rотр = = 1,586 (м2⋅°С)/Вт.

Принимаем Rо = Rотр = 1,586 (м2⋅°С)/Вт и определяем толщину утеплителя из выражения (1.4):

δ2 =[R0–()]λ2=

=[1,586– ()] 0,064 = 0,055м.

Конструктивно принимаем толщину утеплителя δ2 = 55мм.

По формуле (1.4) определим действительное сопротивление теплопередаче подвального перекрытия:

Rо = = 1,510 (м2⋅°С)/Вт

Так как Rо > Rотр, то принятая конструкция подвального перекрытия отвечает теплотехническим требованиям.

* 1. Теплотехнический расчёт чердачного перекрытия

Согласно принятой конструкции чердачного перекрытия (рисунок 3) несущая часть которого – многопустотные железобетонные плиты (1), с круглыми пустотами, толщиной 220 мм. На плиты укладывается утеплитель (2), толщину которого необходимо определить. Поверх утеплителя – керамзитовый гравий (3) толщиной 50 мм.


#### Рисунок 3 – Конструкция чердачного перекрытия

По приложению А[1] и в соответствии с принятой конструкцией выбираем необходимые для расчёта характеристики материалов:

1. Железобетонная плита

ρ1 = 2500 кг/м3, λ1 = 2,04 Вт/(м⋅°С), s1 = 19,70 Вт/(м2⋅°С);

2. Маты минераловатные прошивные:

ρ2 = 125 кг/м3, λ2 = 0,064 Вт/(м⋅°С), s2 = 0,73 Вт/(м2⋅°С);

3. Керамзитовый гравий

ρ3 = 600 кг/м3, λ3 = 0,17 Вт/(м⋅°С), s2 = 2,54 Вт/(м2⋅°С);

Расчёт производим из условия

R0 =R0эк{R0норм,R0тр}

Принимаем R0 = R0норм = 3 (м2⋅°С)/Вт (таблица 5.4[1]);

αв= 8,7 Вт/(м2 °С) (таблица 5.4[1]);

αн= 12 Вт/(м2 °С) (таблица 5.7[1]),

и определяем толщину утеплителя из выражения (1.4)

δ2 = [ R0 – ()] λ2 = [3– ()] 0,064 = 0,154 м.

Конструктивно принимаем δ2 = 160 мм и определяем тепловую инерцию ограждения D по формуле (1.2):

D = = 4,70.

Определим расчётную зимнюю температуру наружного воздуха:

tн == –26,5°С

По имеющимся данным по формуле (2.1) определяем требуемое сопротивление теплопередаче

Rотр = = 1,279 (м2⋅°С)/Вт

По формуле (1.4) определим действительное сопротивление теплопередаче чердачного перекрытия:

Rо = = 3,10(м2⋅°С)/Вт

Так как Rо > Rонорм и Rо > Rотр, то принятая конструкция чердачного перекрытия отвечает теплотехническим требованиям.

* 1. Теплотехнический расчёт заполнения оконных и дверных проёмов

Требуемое сопротивление теплопередаче Rотр дверей (кроме балконных) и ворот должно быть не менее 0,6 Rотр стен зданий, определённого по формуле (1.1) при расчётной зимней температуре наружного воздуха, равной средней температуре наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92:

Rо.ст== 0,881 (м2⋅°С)/Вт

тогда Rо.дв = 0,6 Rо.ст = = 0,529(м2⋅°С)/Вт

Требуемое сопротивление теплопередаче Rо.ок заполнения световых проёмов (окон, балконных дверей и фонарей) следует принимать по таблице 5.7/

Rо.ок окон и балконных дверей равно Rо.ок = 0,42(м2⋅°С)/Вт,

Rо.ф зенитных фонарей равно Rо.ф= 0,31(м2⋅°С)/Вт.

Так как требуемое сопротивление теплопередаче

Rо.ок = 0,42(м2⋅°С)/Вт

то на основании данных таблицы II.8[2] принимаем тройное остекление

(R0=0,52(м2⋅°С)/Вт)

# ОТОПЛЕНИЕ ЗДАНИЯ

* 1. Расчёт теплопотерь помещений

Все отапливаемые помещения здания на планах обозначаем порядковыми номерами (начиная с №101 и далее – помещения первого этажа; с №201 и далее – помещения второго этажа и т.д.). Лестничные клетки обозначают отдельно буквами (ЛК1, ЛК2 и т.д.) и независимо от этажности здания рассматриваются как одно помещение.

Потери тепла помещениями через стены, полы, потолки, окна, двери учитываются при проектировании систем отопления и состоят из основных и добавочных.

Потери тепла помещениями определяются по формуле:

Q = (2.1)

где F – поверхность ограждения, м2;

tв – температура воздуха в помещении,°С;

tн – расчётная температура наружного воздуха,°С;

Rо – сопротивление теплопередачи конструкции ограждения, (м2.°С)/Вт;

n – коэффициент учёта положения наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху, его значение принимается по таблице 5.3 [1];

Σβ – добавочные теплопотери в долях от основных потерь.

Добавочные потери теплоты через ограждающие конструкции помещений любого назначения учитывают:

добавки на различную ориентацию наружных ограждений по сторонам света (для ограждений обращённых на север, восток, северо-восток, северо-запад – 10%; на запад и юго-восток – 5%; на юг и юго-запад – 0%);

добавки на обдувание ветром – 10%;

добавки для угловых помещений – 5%.

Расчет теплопотерь помещений сведён в таблицу 1.

* 1. Определение площади ограждений

Площади F, м2 отдельных ограждений – наружных стен (НС), окон (О), дверей (Д), потолка (Пт), пола (П) в формуле (2.1) и линейные размеры ограждающих конструкций определены по планам и разрезам здания следующим образом:

1. площадь световых проёмов и дверей – по наименьшим размерам строительных проёмов в свету;
2. площадь потолков и полов – по размерам между осями внутренних стен и от внутренней поверхности наружных стен;
3. высоту стен первого этажа – по размеру от уровня нижней поверхности конструкции пола первого этажа до уровня чистого пола второго этажа;
4. высоту стен промежуточного этажа – по размеру между уровнями чистых полов данного и вышележащего этажей;
5. высоту стен верхнего этажа – по размеру от уровня чистого пола до верха утеплителя чердачного перекрытия;
6. длину наружных стен: а)не угловых помещений – по размерам между осями внутренних стен; б)угловых помещений – от внешней поверхности наружных стен до оси внутренних стен или до внешней поверхности примыкающих наружных стен;
7. длину внутренних стен – по размерам от внутренних поверхностей наружных стен до осей внутренних стен или между осями внутренних стен.

отопление трубопровод здание

* 1. Удельная тепловая характеристика здания

Удельная тепловая характеристика гражданского здания q определяется по формуле:

 Q

q = ————— , Вт/(м3.оС)

 Vн(tв – tн).а

Q – сумма теплопотерь,

Vн – строительный объем здания, м3;

tср – средняя температура отапливаемых помещений, 0С, принимается для жилых зданий tср = 18 0С;

tн – расчетная температура наружного воздуха для холодного периода года (температура наиболее холодной пятидневки с коэффициентом обеспеченности 0,92);

а – температурный коэффициент, учитывающий изменение требуемого термического сопротивления наружных ограждений в зависимости от

tн, а = 0,54 + 22/(tср – tн)

а = 0,54 + 22/(18 + 24) = 1,06

 79015

q = ————————— = 0,20 Вт/(м3.оС).

 8769,6∙(18 + 24)∙1,06

* 1. Характеристика системы отопления, запорно-регулирующая арматура и удаление воздуха из системы отопления

В данном здании предусмотрена система водяного отопления с радиаторами PCBI-2 при температуре теплоносителя 105 0С (в подающей магистрали) и 70 0С (в обратной магистрали).

Система отопления запроектирована однотрубная горизонтальная с редукционными вставками без регулирования.

Для пуска системы по частям, а также включение отдельных ветвей системы для ремонта на магистральных теплопроводах устанавливают вентили. Так как здание трехэтажное отключающая арматура на стояках не установлена, за исключением лестничных клеток, где она должна быть предусмотрена независимо от этажности здания.

На подводках к приборам применены трехходовые краны КРТП (с поворотной заслонкой), обладающие пониженным гидравлическим сопротивлением, что обеспечивает затекание в нагревательные приборы достаточного количества воды для их хорошего прогрева.

На лестничных клетках арматура на подводах не установлена, т. к. это место опасно в отношении замерзании воды в нагревательных приборах и трубах.

Удаление воздуха из нагревательных приборов и из всех участков теплопроводов является необходимым условием нормальной работы системы отопления. В нашей системе отопления есть необходимость установки кранов для выпуска воздуха из каждого прибора.

* 1. Расчет нагревательных приборов

Нагревательные приборы являются основным элементом системы отопления. Они устанавливаются непосредственно в помещении и должны удовлетворять теплотехническим, санитарно-гигиеническим и технико-экономическим требованиям.

Нагревательные приборы установлены у наружных ограждений под окнами.

Расчетная площадь Fp, м2, отопительного прибора независимо от вида теплоносителя определяют по формуле:

 Q

Fp = ————— ·β1 β2,

 k · (tcp + tв)

Q – теплопотери помещения, Вт;

k = 11,5 Вт/(м2·оС) – коэффициент теплопередачи радиатора;

tcp – средняя температура теплоносителя в приборе, 0С;

tв – внутренняя температура помещения, 0С;

β1 = 1,05 – поправочный коэффициент, учитывающий теплопередачу через дополнительную площадь приборов;

β2 = 1,02 – поправочный коэффициент, учитывающий теплопотери вследствие размещения отопительных приборов у наружных стен.

Число секций радиаторов определяют по формуле:

 Fp β4

N = ——— ,

 f β3

f =0.95 м2 – площадь одной секции радиатора;

β4 = 1 – поправочный коэффициент, учитывающий способ установки радиаторов в помещении;

β3 = 0,92 + 0,16/Fp – поправочный коэффициент, учитывающий число секций в одном радиаторе.

Расчет нагревательных приборов сведен в таблицу 2.

* 1. Гидравлический расчет трубопроводов

Целью гидравлического расчета трубопроводов систем отопления является выбор таких сечений теплопроводов для наиболее протяженного и нагруженного циркуляционного кольца или ветви системы, по которой при располагаемой разности давления в системе, обеспечивается пропуск заданного расхода теплоносителя.

Расчетное кольцо проходит через верхние нагревательные приборы, наиболее удаленные от ввода теплоносителя. Оно разбито на расчетные участки, под которыми принята длина трубопровода с постоянным расходом теплоносителя. На каждом участке определяются тепловые нагрузки, длины и проставляется нумерация, начиная от элеватора по расчетному кольцу.

Располагаемое циркуляционное давление определяется по формуле:

Δррц = Δрн + Б(Δре пр + Δре тр), Па

Δрн = 10 кПа – искусственное давление, создаваемое элеватором;

Б = 0,4 – поправочный коэффициент;

Δре пр= n·h·g·(ρo – ρг)·0,6 – давление возникающее от охлаждения воды в приборе, Па;

Δре тр = 0 Па – дополнительное давление от охлаждения воды в трубах;

n – число этажей;

h – высота этажей, м;

ρo = 977,81 кг/м3 –плотность воды в обратной магистрали;

ρг = 961,92 кг/м3 – плотность воды в подающей магистрали.

Δррц = 10000 + 0,4·9·2,7·9,8·(977,81 – 961,92)·0,6 = 10908 Па

Диаметр труб в циркуляционном кольце подбираем исходя из принятого расхода воды и среднего ориентировочного значения удельной линейной потери давления от трения при движении теплоносителя по трубам:

 (1 - K) Δррц

Rрц = ——————, Па/м;

 Σl

К = 0,65 – доля потерь давления на трение;

Σl – сумма длин участков расчетного кольца, м.

 (1 – 0,65)· 10908

Rрц = ———————— = 38,6 Па/м.

 99,0

По полученному значению Rрц по приложению Б [2] выбираем диаметры участков d и по значению расхода воды G определяем действительные скорости движения воды и удельные потери давления от трения R. Эти данные заносим в таблицу 3.

Расход воды на участке определяем по формуле:

 0,86Qуч

Gi = ———— , кг/ч;

 tг – tо

Qуч – тепловая нагрузка участка, Вт;

tг = 105 0С – температура воды в подающей магистрали;

tо = 70 0С – температура воды в обратной магистрали.

Потери давления в местных сопротивлениях определяем по формуле:

 υ2

Z = Σξ — ρ, Па;

 2

Σξ – сумма коэффициентов местных сопротивлений на участке;

υ – скорость воды на участке, м/с.

# Потери давления в кольце должны быть в пределах 90% располагаемого давления

 Δррц – Σ(Rli + Zi) 10908 – 10346

———————— · 100 % = ——————— · 100 % = 5,1 %

 Δррц 10908

Запас давления в основном циркуляционном кольце меньше 10 % => гидравлический расчет выполнен правильно.

* 1. Расчет гидроэлеватора

Гидроэлеватор применен в системе отопления для понижения температуры t1 = 130 0C сетевой воды, поступающей по подающему теплопроводу Т1, до температуры, допустимой в системе tг = 105 0С. Основными частями элеватора являются сопло, камера всасывания, камера смешения и диффузор.

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

 Gп t1 – tг  130 – 105

u = —— = ——— = ———— = 0,71

 Gс  tг – tо  105 – 70

Далее определяем основной размер элеватора – диаметр горловины перехода камеры смешения в диффузор:

 3.6 Σ Q 3.6 . 79015

Gсм = ———— β1β2 = ————— = 1935 кг/ч;

 c(tг – tо) 4.2(105 –70)

 Gсм 1935

dг = 87,4 ———— = 87,4 —————— = 51,42

 √100√Δрн √100 √ 10346

Принимаем элеватор № 7 с dг = 59 мм и определяем диаметр сопла:

dс = dг/(1 + u) = 59/(1 + 0,71) = 34,5 мм.

Определяем необходимое перед элеватором давление:

1,4(1 + u)2 Δрн = 1,4 ( 1 + 0,71)2 . 10,34 = 42,34 кПа.

3 Тепловая изоляция

Тепловая изоляция имеет огромное значение в экономике теплоснабжения. Благодаря тепловой изоляции уменьшаются падение температуры теплоносителя и потери тепла при транспортировании.

Расчет тепловой изоляции рассмотрим на примере.

Стальная труба (λтр=53 Вт/(м∙0С)) внутренним диаметром d= мм с толщиной стенки δ1= ,0мм покрыта слоем изоляции, коэффициент теплопроводности которой λиз=0,05 Вт/(м∙0С). По трубе протекает вода, температура которой tж1=1050С. Коэффициент теплоотдачи воды к стенке α1=2,1∙10-3Вт/(м2∙0С). Снаружи труба омывается свободным потоком воздуха, температура которого tж2=160С; коэффициент теплоотдачи к воздуху α2=10Вт/(м2∙0С).

Найдем толщину изоляционного материала, обеспечивающую температуру наружной поверхности изоляции 600С.

Линейная плотность теплового потока через изолированную трубу

.

Линейная плотность теплового потока от изоляции к наружному воздуху

.

Приравниваем правые части этих уравнений и представим решение в виде

где

.

Подставим значения соответствующих величин и получим

.

Для графического решения полученного уравнения зададимся значениями dиз, определим у и ln(dиз/d2), а полученные результаты представим в таблице

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| dиз | 0,035 | 0,045 | 0,055 | 0,065 | 0,075 | 0,085 | 0,095 |
| dиз/d2 | 3,98 | 5,62 | 6,25 | 7,39 | 8,52 | 9,66 | 10,79 |
| ln(dиз/d2) | 1,38 | 1,72 | 1,83 | 2,00 | 2,14 | 2,27 | 2,38 |
| y | 0,9280 | 0,7217 | 0,5904 | 0,4995 | 0,4328 | 0,3818 | 0,3416 |

Полученные данные наносим на график и получаем значение корня dиз=0,058м, которое удовлетворяет уравнению у= ln(dиз/d2).

Линейная плотность теплового потока через изолированную трубу

Вт/м

Линейная плотность теплового потока неизолированного трубопровода

Вт/м.

Следовательно, у неизолированного трубопровода потери теплоты с 1 м в 6 раза больше, чем у изолированного.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате теплотехнического расчета были приняты конструкции наружных ограждений, которые отвечают современным теплотехническим требованиям. В качестве утеплителя в наружных ограждениях были приняты следующие материалы:

* для наружных стен – плиты мягкие полужесткие и жесткие минераловатные на битумном связующем:

ρ = 200 кг/м3, δ = 120 мм; Rт = 2,01, (м2⋅0С)/Вт

* для подвального перекрытия – полистеролбетонные плиты:

ρ = 300 кг/м3, δ = 100 мм, Rт = 1,7 (м2⋅0С)/Вт

* для чердачного перекрытия – полистеролбетонные плиты:

ρ = 300 кг/м3, δ = 210 мм, Rт = 3,07 (м2⋅0С)/Вт

Был выполнен расчет теплопотерь всех помещений здания (таблица 2.1), который необходим для расчета нагревательных приборов, и определена удельная тепловая характеристика здания q = 0,32 Вт/(м3.оС).

В рассматриваемом здании применена однотрубная горизонтальная система отопления с редукционными вставками без регулирования, с искусственным побуждением циркуляции. В качестве нагревательных приборов применены радиаторы PCBI-2 с температурой теплоносителя 105 0С (в подающей магистрали) и 70 0С (в обратной магистрали).

В ходе расчета нагревательных приборов (таблица 2.2) было определено необходимое для возмещения теплопотерь количество секций в радиаторе каждого помещения.

В результате гидравлического расчета трубопроводов для системы отопления применены трубы диаметром 15, 20 мм.

В системе отопления здания соответствии с расчетом применен гидроэлеватор № 6.

Таким образом, в здании создана система отопления, обеспечивающая необходимый микроклимат помещений и отвечающая современным нормам проектирования.

Таблица 2 - Расчет нагревательных приборов

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Ноименование помещения | Теплопотери | Средняя температура теплоносителя | Температура помещения | Тип нагревательного прибора | Коэффициент теплопередачи | Поверхность нагрева | Количество секций | Группировка радиаторов |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 101 | Кухня | 957,4 | 87,5 | 15 | PCBI-2 | 11,5 | 1,23 | 1,47 | 2 |
| 105 | Жилая комната | 886,3 | 87,5 | 18 | PCBI-2 | 11,5 | 1,19 | 1,37 | 1 |
| 106 | Жилая комната | 657,2 | 87,5 | 18 | PCBI-2 | 11,5 | 0,88 | 0,76 | 1 |
| 107 | Жилая комната | 886,3 | 87,5 | 18 | PCBI-2 | 11,5 | 1,19 | 1,37 | 1 |
| 108 | Жилая комната | 657,2 | 87,5 | 18 | PCBI-2 | 11,5 | 0,88 | 0,76 | 1 |
| 109 | Кухня | 903,2 | 87,5 | 15 | PCBI-2 | 11,5 | 1,16 | 1,31 | 2 |
| 113 | Жилая комната | 1116,3 | 87,5 | 20 | PCBI-2 | 11,5 | 1,54 | 2,31 | 2 |
| 114 | Жилая комната | 639,3 | 87,5 | 18 | PCBI-2 | 11,5 | 0,86 | 0,72 | 1 |
| 115 | Жилая комната | 863,8 | 87,5 | 18 | PCBI-2 | 11,5 | 1,16 | 1,31 | 1 |
| 116 | Кухня | 652,8 | 87,5 | 15 | PCBI-2 | 11,5 | 0,84 | 0,69 | 1 |
| 120 | Кухня | 652,8 | 87,5 | 15 | PCBI-2 | 11,5 | 0,84 | 0,69 | 1 |
| 124 | Жилая комната | 886,3 | 87,5 | 18 | PCBI-2 | 11,5 | 1,19 | 1,37 | 1 |
| 125 | Жилая комната | 415,8 | 87,5 | 18 | PCBI-2 | 11,5 | 0,56 | 0,30 | 1 |
| 126 | Жилая комната | 829,4 | 87,5 | 20 | PCBI-2 | 11,5 | 1,14 | 1,28 | 2 |
| 127 | Жилая комната | 713,3 | 87,5 | 18 | PCBI-2 | 11,5 | 0,96 | 0,89 | 1 |
| 201 | Кухня | 524,1 | 87,5 | 15 | PCBI-2 | 11,5 | 0,67 | 0,44 | 1 |
| 205 | Жилая комната | 516,2 | 87,5 | 18 | PCBI-2 | 11,5 | 0,69 | 0,47 | 1 |
| 206 | Жилая комната | 410,4 | 87,5 | 18 | PCBI-2 | 11,5 | 0,55 | 0,29 | 1 |
| 207 | Жилая комната | 516,2 | 87,5 | 18 | PCBI-2 | 11,5 | 0,69 | 0,47 | 1 |
| 208 | Жилая комната | 410,4 | 87,5 | 18 | PCBI-2 | 11,5 | 0,55 | 0,29 | 1 |
| 209 | Кухня | 555,2 | 87,5 | 15 | PCBI-2 | 11,5 | 0,71 | 0,50 | 1 |
| 901 | Кухня | 940,8 | 82,5 | 15 | PCBI-2 | 11,5 | 1,3 | 1,64 | 2 |
| 905 | Жилая комната | 696,5 | 82,5 | 18 | PCBI-2 | 11,5 | 1,01 | 0,99 | 1 |
| 908 | Жилая комната | 530,6 | 82,5 | 18 | PCBI-2 | 11,5 | 0,77 | 0,57 | 1 |
| 909 | Кухня | 821,9 | 82,5 | 15 | PCBI-2 | 11,5 | 1,13 | 1,25 | 2 |
| 913 | Жилая комната | 940,8 | 82,5 | 20 | PCBI-2 | 11,5 | 1,4 | 1,92 | 2 |
| 926 | Жилая комната | 816,5 | 82,5 | 20 | PCBI-2 | 11,5 | 1,22 | 1,44 | 2 |
| ЛК 1 | 2202,4 | 82,5 | 16 | ребр.тр. | L=1м |   |   | 3 |

Таблица 3 - Гидравлический расчет трубопроводов

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тепловая нагрузка участка | Расход воды на участке | Длина участка | Диаметр трубопровода | Скорость движения воды | Потери давления от трения на 1 м длины | Потери давления от трения на участке  | Сумма коэффициентов местных сопротивлений | Потери давления в местных сопротивлениях | Сумма потерь давления на участке |  |
| 1 | 4490,4 | 193,09 | 1,565 | 15 | 0,34 | 110 | 172,15 | 41,8 | 2416,0 | 2588,2 |
| 2 | 1813,4 | 77,98 | 0,58 | 15 | 0,21 | 20 | 11,6 | 19,5 | 430,0 | 441,6 |
| 3 | 906,7 | 38,99 | 0,25 | 15 | 0,1 | 5 | 1,25 | 4,28 | 21,4 | 22,7 |
| 4 | 906,7 | 38,99 | 0,31 | 15 | 0,1 | 5 | 1,55 | 4,28 | 21,4 | 23,0 |
| 5 | 906,7 | 38,99 | 0,28 | 15 | 0,1 | 5 | 1,4 | 2 | 10,0 | 11,4 |
| 6 | 906,7 | 38,99 | 0,4 | 15 | 0,1 | 5 | 2 | 2 | 10,0 | 12,0 |
| 7 | 4868,5 | 209,35 | 13 | 15 | 0,34 | 115 | 1495 | 3 | 173,4 | 1668,4 |
| 8 | 8432,4 | 362,59 | 3,5 | 15 | 0,61 | 400 | 1400 | 2,5 | 465,1 | 1865,1 |
| 9 | 10427 | 448,38 | 11,0 | 20 | 0,4 | 110 | 1210 | 24,5 | 1960,0 | 3170,0 |
| 9802,3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

# Литература

1. Строительная теплотехника/ СНБ 2.04.01-97. Мн., 1998.
2. К.В.Тихомиров «Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция» М.: Стройиздат, 1981.
3. Р.В. Щекин, В.А. Березовский, В.А. Потапов «Расчет систем центрального отопления» Киев, 1975.
4. А.К. Андреевский «Отопление» Минск, 1982.