**УДК 699.8:621.18**

**Методические указания для самостоятельной работы студентов к курсовому и дипломному проектированию «Тепловая защита зданий»** / Сост. Л.В. Карасева, С.А. Геппель. – Ростов-на-Дону: ИАрхИ ЮФУ, 2010. – с.

Методические указания содержат требования к выполнению курсовой работы «Тепловая защита зданий» и соответствующего раздела в дипломном проекте. Представлены методики теплотехнических расчетов по определению необходимой толщины теплоизоляционного слоя, проверке условия ограничения температуры внутренней поверхности ограждения, выбору конструкции окон с заданными теплозащитными свойствами. Приведены сведения о влиянии архитектурного решения (габаритов здания, площади остекления) на уровень тепловой защиты зданий. Даны рекомендации по определению удельного расхода тепловой энергии на отопление зданий.

Для оценки влажностного состояния ограждающих конструкций приведены два метода: графоаналитический метод Фокина-Власова и расчетный метод, используемый в СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий». Необходимые справочные материалы даны в приложении.

Данные методические указания предназначены для студентов, обучающихся по направлению «Архитектура».

Рецензенты:

проф. каф. ДАС ИархИ ЮФУ, канд.арх. Скопинцев А.В.

проф., д-р техн. наук, засл. деятель науки РФ, зав.каф. теплогазоснабжения РГСУ Иванов В.В.

© Институт архитектуры и искусств ЮФУ, 2010

Требования к составу и содержанию курсовой работы «Тепловая защита зданий»

Состав курсовой работы:

1. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций, исходя из зимних условий эксплуатации.

2. Выбор светопрозрачных ограждающих конструкций здания.

3. Расчет влажностного режима ограждающей конструкции.

4. Оценка требуемого уровня тепловой защиты здания по нормируемому удельному расходу тепловой энергии на отопление зданий.

**Курсовая работа** состоит из графической и расчетной частей и оформляется в виде пояснительной записки и прилагаемых чертежей.

Пояснительная записка содержит:

- выбор расчетных параметров внутреннего и наружного воздуха;

-определение необходимой толщины слоя утеплителя и сопротивления теплопередаче стены;

- проверку ограничения температуры внутренней поверхности стены;

- выбор конструкции окна по требуемому сопротивлению теплопередаче;

- расчет влажностного режима ограждающей конструкции с использованием графоаналитического метода Фокина-Власова;

- определение нормируемого удельного расхода тепловой энергии на отопление в зависимости от характеристик здания.

Примерный объем пояснительной записки равен 8 – 10 страницам.

Графическая часть **курсовой работы** состоит из 4-х листов формата А4 и содержит:

- график распределения температур в стене по периодам года (1 лист);

- графики изменения парциального давления водяного пара в стене для зимнего, летнего и весенне-осеннего периодов (3 листа).

В тексте записки приводятся основные формулы, пояснения, расчеты и таблицы. В конце каждой части курсовой работы необходимо сделать выводы.

Для выполнения **курсовой работы** студентам предлагается вариант исходных данных.

Исходные данные:

1. Район строительства – один из городов, приведенных в табл. 1.

2. Назначение здания - варианты с указанием этажности здания и коэффициента остекленности фасада представлены в табл.2.

3. Варианты наружной ограждающей конструкции приведены в табл.3, материал теплоизоляционного слоя – в табл.4.

Перед выполнением расчета рекомендуется заполнить таблицу 5; теплотехнические характеристики материалов даны в таблице Приложения Б; условия эксплуатации зданий А или Б выбрать по табл.6.

**Задание к курсовой работе «Тепловая защита зданий»**

**Район строительства**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Город | Вариант | Город |
| 1 | Ростов-на-Дону | 5 | Ставрополь |
| 2 | Краснодар | 6 | Воронеж |
| 3 | Волгоград | 7 | Москва |
| 4 | Астрахань | 8 | Нижний Новгород |

**Назначение здания**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Здания и помещения | Этажность здания | Коэф-т остекл.фасада *f*, % |
| 1 | Жилое здание | 9 | 17 |
| 2 | Детский сад | 2 | 18 |
| 3 | Лечебное учреждение | 3 | 16 |
| 4 | Офисное здание | 10 | 35 |
| 5 | Выставочный зал | 2 | 40 |
| 6 | Гостиница | 12 | 30 |
| 7 | Школа | 3 | 20 |
| 8 | Производственное здание с нормальным режимом  | 1 | 45 |

**Варианты наружных ограждающих конструкций здания**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ограждающаяконструкция | Вариант | № слоя | Материал | Плотность *ρ*, кг/м3 | Толщина слоя *δ*, м |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Наружные стены |
|  | 1 | 1 | Известково-песчаный раствор | 1600 | 0,02 |
| 2 | Кирпич.кладка из обыкн. глинян. кирпича на цем.-песчаном р-ре | 1800 | 0,25 |
| 3 | Утеплитель |  |  |
| 4 | Кирпич. облиц-ка из керам.пустотн. кирпича на цем.-песчаном р-ре | 1400 | 0,12 |
| 2 | 1 | Сухая гипсовая штукатурка | 1050 | 0,05 |
| 2 | Железобетон | 2500 | 0,10 |
| 3 | Утеплитель |  |  |
| 4 | Кирпич. облиц-ка из керам.пустотн. кирпича на цем.-песчаном р-ре | 1600 | 0,12 |
| 3 | 1 | Известково-песчаный раствор | 1600 | 0,02 |
| 2 | Керамзитобетон | 1800 | 0,25 |
| 3 | Утеплитель |  |  |
| 4 | Кирпич. облиц-ка из силикат. кирпича на цем.-песчаном р-ре | 1800 | 0,12 |
| 4 | 1 | Сухая гипсовая штукатурка | 1050 | 0,05 |
| 2 | Пенобетон | 1000 | 0,25 |
| 3 | Утеплитель |  |  |
| 4 | Кирпичн.облиц-ка из обыкн. глинян. кирпича на цементно-перлитовом р-ре | 1600 | 0,12 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|  | 5 | 1 | Известково-песчаный раствор | 1600 | 0,02 |
| 2 | Железобетон | 2500 | 0,10 |
| 3 | Утеплитель |  |  |
| 4 | Железобетон | 2500 | 0,10 |
| 5 | Цементно-перлитовый раствор | 1000 | 0,03 |
| 6 | 1 | Сухая гипсовая штукатурка | 1050 | 0,05 |
| 2 | Керамзитобетон | 1800 | 0,20 |
| 3 | Утеплитель |  |  |
| 4 | Керамзитобетон | 1200 | 0,20 |
| 5 | Цементно-перлитовый раствор | 1000 | 0,03 |
| Совмещенные покрытия |
|  | 7 | 1 | Известково-песчаный раствор | 1600 | 0,02 |
| 2 | Железобетон | 2500 | 0,10 |
| 3 | Утеплитель |  |  |
| 4 | Цем.-песчаный раствор | 1800 | 0,03 |
| 5 | Рубероид | 1100 | 0,005 |

**Материал утеплителя ограждающей конструкции**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вариант | Материал | Плотность *ρ*, кг/м3 |
| 1 | Пенополистирол | 150 |
| 2 | Пенополистирол «Стиропор»  | 30 |
| 3 | Плиты минераловатные | 200 |
| 4 | Плиты минераловатные | 75 |
| 5 | Плиты из стекловолокна «URSA» | 60 |
| 6 | Пенобетон | 300 |
| 7 | Пеностекло | 400 |
| 8 | Гравий керамзитовый | 300 |

**Условия эксплуатации ограждающих конструкций в зависимости от влажностного режима помещений и зоны влажности**

|  |  |
| --- | --- |
| Влажностный режим помещений при относительной влажности внутреннего воздуха *φint*, % | Условия эксплуатации А и Б в зоне влажности (табл.А1 прил.А) |
| сухой | нормальной | влажной |
| Сухой, *φint* < 50% | А | А | Б |
| Нормальный, *φint* = 50 – 60% | А | Б | Б |
| Влажный или мокрый, *φint* > 60% | Б | Б | Б |

Требования к составу и содержанию раздела дипломного проекта «Тепловая защита зданий»

Содержание и объем **раздела** устанавливает консультант. Обязательными частями теплотехнического расчета в **разделе** являются:

1) теплотехнический расчет ограждающих конструкций, исходя из зимних условий эксплуатации;

2) выбор светопрозрачных ограждающих конструкций здания.

При необходимости и по согласованию с основным руководителем дипломного проекта в задание могут быть включены подразделы:

3) расчет влажностного режима ограждающей конструкции; 4)расчет уровня тепловой защиты по нормируемому удельному расходу тепловой энергии на отопление зданий.Рекомендации по этим расчетам приведены в разделах 4 и 5 методических указаний, соответственно.

**Раздел дипломного проекта** оформляется в виде пояснительной записки. Пояснительная записка содержит:

- выбор расчетных параметров внутреннего и наружного воздуха;

-определение необходимой толщины слоя утеплителя и сопротивления теплопередаче стены;

- проверку ограничения температуры внутренней поверхности стены;

- выбор конструкции окна по требуемому сопротивлению теплопередаче;

- возможно, расчет влажностного режима ограждающей конструкции;

-возможно, расчет удельного расхода тепловой энергии на отопление и показателя компактности здания.

В тексте записки следует привести основные формулы, пояснения, расчеты и таблицы; указать размерности рассчитываемых величин.

*Примечание*

Перед выполнением расчета рекомендуется заполнить таблицу 5 задания к курсовой работе. Коэффициенты теплопроводности и паропроницаемости материалов слоев выписать из таблицы приложения Б (с учетом табл. 6 задания к курсовой работе) или – при отсутствии данных - из табл.Д1 СП 23-102-2004.

**Введение**

В СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» установлены три обязательных взаимно увязанных нормируемых показателя по тепловой защите здания, основанных на:

«а» — нормируемых значениях сопротивления теплопередаче для отдельных ограждающих конструкций тепловой защиты здания;

«б» — нормируемых величинах температурного перепада между температурами внутреннего воздуха и на поверхности ограждающей конструкции и температурой на внутренней поверхности ограждающей конструкции выше температуры точки росы;

«в» — нормируемом удельном показателе расхода тепловой энергии на отопление, позволяющем варьировать величинами теплозащитных свойств ограждающих конструкций с учетом выбора систем поддержания нормируемых параметров микроклимата.

Требования СНиП 23-02 будут выполнены, если при проектировании жилых и общественных зданий будут соблюдены требования показателей групп «а» и «б» либо «б» и «в», и для зданий производственного назначения — показателей групп «а» и «б». Выбор показателей, по которым будет вестись проектирование, относится к компетенции проектной организации или заказчика. Методы и пути достижения этих нормируемых показателей выбираются при проектировании.

Требованиям показателей «б» должны отвечать все виды ограждающих конструкций: обеспечивать комфортные условия пребывания человека и предотвращать поверхности внутри помещения от увлажнения, намокания и появления плесени.

Показатели «а» и «б» - сопротивление теплопередаче и санитарно-гигиенический показатель - характеризуют теплозащитные свойства наружных ограждающих конструкций. Методы их расчета приведены в разделах 1 и 2 настоящих методических указаний: для несветопрозрачных и светопрозрачных конструкций, соответственно.

Рекомендации по определению удельного расхода тепловой энергии на отопление – показателя «в» - представлены в разделе 5. Там же даны указания по расчету показателя компактности здания, который учитывает влияние объемно-планировочного решения здания на уровень его тепловой защиты.

**1. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций, исходя из зимних условий эксплуатации**

Расчет проводится в соответствии с требованиями СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».

Целью расчета является определение:

- необходимой толщины теплоизоляционного слоя,

- сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции,

- соответствия температурного перепада между температурами внутреннего воздуха и внутренней поверхности ограждающей конструкции нормативным требованиям.

**Порядок расчета**

**1.1 Определение требуемого сопротивления теплопередаче Rreq**

Требуемое сопротивление теплопередаче ***Rreq***определяется по таблице 1.1 в зависимости от градусо-суток отопительного периода в районе строительства ***D***, °С · сут.

Градусо-сутки ***D*** рассчитываются по формуле

***D = (tint – tht)· zht*** , (1.1)

где ***tint*** – расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания, принимаемая по таблице 1.2;

***tht , zht*** – средняя температура наружного воздуха и продолжительность в сутках отопительного периода. Принимаются для периода с температурой наружного воздуха не более 10°С – при проектировании лечебно-профилактических и детских учреждений, и не более 8°С – в остальных случаях (табл. А1 Приложения А или СНиП 23-01-99).

Требуемые значения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций

Таблица 1.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Здания и помещения, коэффициенты *a* и *b* | Градусо- сутки отопительного периода D, °С · сут | Нормируемые значения сопротивления теплопередаче *Rreq*, м2· °С/ Вт |
| Стен | Покрытий | Перекры- тий чердачных, над неотаплива-емыми под- валами | Окон |
|  Жилые, лечебно-профи лактич. и детские учрежден, школы, гостиницы и общежития*a* *b* | 200040006000 | 2,12,83,50,000351,4 | 3,24,25,20,00052,2 | 2,83,74,60,000451,9 | 0,30,45 0,60,0000750,15 |
| Общественные, кроме указанных выше, админи-стративные, пом. с влажным или мокрым режимом*a**b* | 200040006000 | 1,82,43,00,00031,2 | 2,43,24,00,00041,6 | 2,02,73,40,000351,3 | 0,30,40,50,000050,2 |
| Производственные с сухим и нормальным режимами*a**b* | 200040006000 | 1,41,82,20,00021,0 | 2,02,53,00,000251,5 | 1,41,82,20,00021,0 | 0,250,30,350,0000250,2 |

Значения ***Rreq*** для величин ***D***, отличающихся от табличных (табл.1.1), следует определять по формуле

***Rreq = a · D + b*** , (1.2)

где ***a*** и ***b*** – коэффициенты, значения которых принимаются по данным табл.1.1.

Расчетные значения температуры и относительной влажности внутреннего воздуха помещений

Таблица 1.2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Здания и помещения | Температура внутреннего воздуха *tint*, °С | Относительная влажность внутреннего воздуха *φint*, % |
| 1. Жилые здания, школы и др.общественные здания, кроме перечисл. в п.2 и 3 | 20 | 55 |
| 2. Поликлиники и лечебные учреждения, дома-интернаты | 21 | 55 |
| 3. Дошкольные учреждения | 22 | 55 |
| 4. Производственные здания с нормальным режимом | 18 | 60 |

**1.2 Определение необходимой толщины слоя утеплителя**

Решение этой задачи осуществляется из условия равенства фактического сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции требуемому значению.

***Rо = Rreq*** (1.3)

Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, состоящей из ***N*** слоев, определяется по формуле

***Rо*** =+ , (1.4)

где ***Rn*** – термическое сопротивление слоя ***n***, м2· °С/ Вт,

 , (1.5)

где ***δn*** – толщина слоя ***n***, м;

***λn*** – коэффициент теплопроводности материала слоя ***n***, Вт/(м· °С); принимается по таблице Приложения Б;

***αint*** – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности конструкции, Вт/ (м2· °С), ( для гладких стен и потолков равен 8,7 Вт/ (м2· °С));

***αext*** – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждения; для зимних условий принимается равным 23 Вт/ (м2· °С).

При наличии в ограждающей конструкции прослойки, вентилируемой наружным воздухом:

а) слои конструкции, расположенные между воздушной прослойкой и наружной поверхностью, в теплотехническом расчете не учитываются;

б) на поверхности конструкции, обращенной в сторону вентилируемой наружным воздухом прослойки, следует принимать коэффициент теплоотдачи ***αext*** равным 10,8 Вт/ (м2· °С).

Неизвестная толщина слоя теплоизоляции находится из выражения (1.4) с использованием условия (1.3).

Например, для трехслойной стены, где слой утеплителя имеет номер 2, толщина определяется по формуле

. (1.6)

Найденную толщину слоя округляем в большую сторону с точностью до 0,01 м.

**1.3 Определение термического сопротивления теплоизоляционного слоя и фактического сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции *Rо***

После вычисления термического сопротивления слоя утеплителя по формуле (1.5) определяется сопротивление теплопередаче ***Rо*** (1.4). Результаты расчета свести в таблицу 1.3.

Толщины и термические сопротивления слоев ограждающей конструкции

Таблица 1.3

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование слоя | Толщина *δn*, м | Термическое сопротивление *Rn* , м2· °С/ Вт |
| Внутренний пограничный слой воздуха | - |  |
| 1-ый слой |  |  |
| 2-ой слой |  |  |
| . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . |
| Наружный пограничный слой воздуха | - |  |
| Σ |  |  |

**1.4 Ограничение температуры на внутренней поверхности ограждающей конструкции**

Расчетный температурный перепад ***Δt*** между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции не должен превышать нормируемой величины ***Δt******n***.

***Δt ≤ Δtn***

Нормируемый перепад ***Δt******n*** устанавливается по таблице 1.4.

Нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции

Таблица 1.4

|  |  |
| --- | --- |
| Здания и помещения | Нормируемый температурный перепад*Δt**n*, °С, для |
| наружных стен | покрытий и чердачных перекрытий | перекрытий над подвалами |
| 1. Жилые, лечебно-профи- лактические и детские учреждения, школы | 4,0 | 3,0 | 2,0 |
| 2. Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые | 4,5 | 4,0 | 2,5 |
| 3. Производственные с сухим и нормальным режимами | 7,0 | 6,0 | 2,5 |

Расчетный температурный перепад рассчитывается по формуле

 , (1.7)

где ***n*** – коэффициент, учитывающий положение ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху, определяется по табл.1.5;

***text***– расчетная температура наружного воздуха в холодный период года, принимаемая равной средней температуре наиболее холодной пятидневки по табл. А1 Приложения А.

Коэффициент, учитывающий положение ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху

Таблица 1.5

|  |  |
| --- | --- |
| Ограждающие конструкции | Коэффициент *n* |
| 1. Наружные стены и покрытия | 1,0 |
| 2. Перекрытия над холодными подвалами, перекрытия чердачные | 0,9 |

**2. Выбор светопрозрачных ограждающих конструкций здания**

В ходе расчета проводятся:

- выбор светопрозрачных конструкций по требуемому сопротивлению теплопередаче,

- проверка обеспечения минимальной температуры на внутренней поверхности.

**2.1 Определяется коэффициент остекленности фасада *f***

***f*** – это выраженное в процентах отношение площадей окон к суммарной площади наружных стен, включающей светопроемы, все продольные и торцевые стены; определяется по формуле

***f = AF / (AW + AF)***, (2.1)

где ***AF*** – площадь окон и балконных дверей, м2;

***AW*** – площадь наружных стен, м2.

При выполнении курсовой работы значение ***f*** принимается по заданию.

Если коэффициент остекленности фасада ***f*** не превышает 18% - для жилых зданий и 25% - для общественных зданий, то конструкция окон выбирается следующим образом.

По формуле (1.1) вычисляют градусо-сутки отопительного периода ***D***. По формуле (1.2) с использованием данных таблицы 1.1 определяется значение требуемого сопротивления теплопередаче ***Rreq.***

Приведенные сопротивления теплопередаче светопрозрачных конструкций ***R0*** приведены в таблице 2.1.

Следует выбрать окна с ***R0 ≥ Rreq***.

Если коэффициент остекленности фасада ***f*** более 18% - для жилых зданий и более 25% - для общественных зданий, то следует выбрать окна с приведенным сопротивлением теплопередаче ***R0***:

- не менее 0,51, если ***D*** ≤ 3500, °С⋅сут;

- не менее 0,56, если 3500 < ***D*** ≤ 5200, °С⋅сут;

- не менее 0,65, если 5200 < ***D*** ≤ 7000, °С⋅сут.

Температура внутренней поверхности остекления окон зданий (кроме производственных) ***tsi*** должна быть не ниже + 3°С, для производственных зданий - не ниже 0°С. По формуле (1.7) определяется разность температур ***Δ t*** между температурами внутреннего воздуха и внутренней поверхности остекления. Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности окон ***αint*** принимается равным 8,0 Вт/ (м2· °С).

Температура внутренней поверхности остекления ***tsi*** рассчитывается по формуле

***tsi = tint - Δt*** (2.2)

Если в результате расчета окажется, что ***tsi*** меньше требуемой, то следует выбрать другое конструктивное решение заполнения окон с целью обеспечения выполнения этого требования.

Приведенное сопротивление теплопередаче окон, балконных дверей и фонарей

Таблица 2.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п.п. | Заполнение светового проема | Светопрозрачные конструкции |
| в деревянныхили ПХВ переплетах | в алюминиевых переплетах |
| *R0*, м2·°С/Вт | *R0*, м2·°С/Вт |
| 1 | Двойное остекление из обычного стекла в спаренных переплетах | 0,40 | — |
| 2 | Двойное остекление с твердым селективным покрытием в спаренных переплетах | 0,55 | — |
| 3 | Двойное остекление из обычного стекла в раздельных переплетах | 0,44 | 0,34 |
| 4 | Двойное остекление с твердым селективным покрытием в раздельных переплетах | 0,57 | 0,45 |
| 5 | Двойное из органического стекла для зенитных фонарей | 0,36 | — |
| 6 | Тройное из органического стекла для зенитных фонарей | 0,52 | — |
| 7 | Тройное остекление из обычного стекла в раздельно-спаренных переплетах | 0,55 | 0,46 |
| 8 | Тройное остекление с твердым селективным покрытием в раздельно-спаренных переплетах | 0,60 | 0,50 |
| 9 | Однокамерный стеклопакет в одинарном переплете из стекла: |  |  |
|  | обычного | 0,35 | 0,34 |
|  | с твердым селективным покрытием | 0,51 | 0,43 |
|  | с мягким селективным покрытием | 0,56 | 0,47 |
| 10 | Двухкамерный стеклопакет в одинарном переплете из стекла: |  |  |
|  | обычного (с межстекольным расстоянием 8 мм) | 0,50 | 0,43 |
|  | обычного (с межстекольным расстоянием 12 мм) | 0,54 | 0,45 |
|  | с твердым селективным покрытием | 0,58 | 0,48 |
|  | с мягким селективным покрытием | 0,68 | 0,52 |
|  | с твердым селективным покрытием и заполнением аргоном | 0,65 | 0,53 |
| 11 | Обычное стекло и однокамерный стеклопакет в раздельных переплетах из стекла: |  |  |
|  | обычного | 0,56 | 0,50 |
|  | с твердым селективным покрытием | 0,65 | 0,56 |
|  | с мягким селективным покрытием | 0,72 | 0,60 |
|  | с твердым селективным покрытием и заполнением аргоном | 0,69 | 0,60 |
| 12 | Обычное стекло и двухкамерный стеклопакет в раздельных переплетах из стекла: |  |  |
|  | обычного | 0,65 | — |
|  | с твердым селективным покрытием | 0,72 | — |
|  | с мягким селективным покрытием | 0,80 | — |
|  | с твердым селективным покрытием и заполнением аргоном | 0,82 | — |
| 13 | Два однокамерных стеклопакета в спаренных переплетах | 0,70 | — |
| 14 | Два однокамерных стеклопакета в раздельных переплетах | 0,75 | — |
| 15 | Четырехслойное остекление из обычного стекла в двух спаренных переплетах | 0,80 | — |

**3. Расчет влажностного режима ограждающей конструкции (графоаналитический метод Фокина-Власова)**

Цель последующих вычислений - оценка влажностного состояния ограждающих конструкций зданий, которое оказывает большое влияние на теплозащитные свойства и долговечность конструкций.

**3.1 Выбор расчетных параметров наружного воздуха**

Влажностный режим рассматривается дифференцированно по периодам года. При этом к зимнему периоду относятся месяцы со средней температурой наружного воздуха ниже минус 5ºС, к весенне-осеннему (переходному) периоду относятся месяцы со среднемесячными температурами наружного воздуха в пределах от минус 5ºС до плюс 5ºС, к летнему периоду - со среднемесячными температурами выше плюс 5ºС.

Определение расчетных параметров наружного воздуха

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №п/п | Период года | Месяцы | *t ext* , ºС | *eext ,* Па | Кол-вомесяцев *zi*  | Средние за период |
| *t ext i,*, ºС | *eext i*,,Па |
| 1 | Зимний*t* <- 5 ºС |  |  |  |  |  |  |
| … | … | … |
| 2 | Летний*t* >+5 ºС |  |  |  |  |  |  |
| … | … | … |
| 3 | Весенне-осенний - 5 ºС *≤ t ≤* +5 ºС |   |  |  |  |  |  |
| … | … | … |

Среднемесячные значения температур ***t ext*** и парциальных давлений водяного пара ***eext*** наружного воздуха для заданного района строительства берутся из таблицы А.2 Приложения А.

Обработка климатических параметров ведется в форме табл. 3.1.

Устанавливаются средние за период значения температуры ***t ext i*** и парциального давления водяного пара наружного воздуха ***eexti*** для всех периодов года (***i*** – номер периода).

**3.2 Определение расчетных параметров внутреннего воздуха**

Температура внутреннего воздуха ***tint***, °C, и относительная влажность внутреннего воздуха ***ϕint***, %, принимаются по табл.1.2 в соответствии с заданием.

Парциальное давление насыщенного водяного пара ***Eint*** принимается при данной температуре внутреннего воздуха ***tint***по таблице В.1 Приложения В. Парциальное давление водяного пара, содержащегося в воздухе помещения,***e* *int***, рассчитывается по формуле:

***eint* = (ϕ*int* / 100) *Eint*** (3.1)

**3.3 Определение значений температур по толщине ограждающей конструкции в зимний, летний и весенне-осенний периоды года**

Задача решается графическим методом, как показано на рис. 1.

Для этого:

а) по оси абсцисс в выбранном масштабе следует отложить последовательно термические сопротивления всех слоев конструкции, а также внутреннего и наружного пограничных слоев воздуха (табл.1.3). На рис. 1 приведен пример с трехслойной стеной. Слой утеплителя дополнительно разбивается на несколько частей (в данном случае на 4 части). В результате по толщине стены отмечено 7 сечений;

б) по вертикали на внешних границах воздушных слоев в принятом масштабе откладываются значения температур внутреннего ***tint*** и наружного воздуха: для зимнего (***t ext1***), летнего (***t ext2***)и весенне-осеннего *(****t ext3***)периодов года. Значения берутся из табл. 3.1.

Строятся температурные графики для трех периодов года (в условиях стационарной теплопередачи графики - прямые линии);

в) определяются значения температур в каждом сечении, полученные данные сводятся в табл. 3.2. Принимая эти температуры за точку росы и используя таблицы В.1 и В.2 Приложения В, находят соответствующие давления насыщенного водяного пара ***Е*** и заносят их в табл. 3.2.

Таблица 3.2

|  |  |
| --- | --- |
| №сечения | Периоды года |
| Зима | Лето | Весна-Осень |
| *t ,* ºС | *Е*, Па | *t ,* ºС | *Е*, Па | *t ,* ºС | *Е*, Па |
| 1 |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |  |
| 7 |  |  |  |  |  |  |

**3.4 Определение сопротивлений паропроницанию слоев ограждающей конструкции**

Значение сопротивления паропроницанию одного конструктивного слоя ***Rvp*** определяется по формуле:

***Rvp = δ / μ*** , (3.2)

где ***δ*** - толщина слоя ограждающей конструкции, м;

***μ*** - расчетный коэффициент паропроницаемости материала слоя ограждающей конструкции, мг/(м·ч·Па), принимаемый по приложению Б.

Сопротивление паропроницанию измеряется в м2 · ч · Па/мг.

Сопротивление паропроницанию многослойного ограждения равно сумме сопротивлений паропроницанию отдельных слоев:

***Rvp* = *Rvp1* + *Rvp2* + … +*Rvpn*** , (3.3)

где ***Rvp1*, *Rvp2*, *Rvpn*** - сопротивления паропроницанию отдельных слоев.

**3.5 Проверка возможности конденсации влаги внутри ограждающей конструкции**

Проверка проводится графическим способом. Для этого:

а) по оси абсцисс в выбранном масштабе откладываются последовательно сопротивления паропроницанию всех слоев конструкции ***Rvp*** (пример с трехслойной стеной показан на рис.2а, б).

С рисунка 1 переносятся отмеченные ранее сечения с сохранением их нумерации;

б) по оси ординат (внутренняя поверхность ограждения) в выбранном масштабе откладывается значение ***eint***, а на наружной поверхности откладывается среднее значение парциального давления водяного пара за зимний период ***eext1***(рис.2а) (При отсутствии «зимнего» периода строится график для переходного периода, т.е. наиболее холодного). Прямая линия, соединяющая ***eint*** и ***eext1***,- график изменения парциального давления водяного пара в ограждающей конструкции без учета возможной конденсации при установившемся процессе паропроницания;

в) по данным табл.3.2 для зимнего периода строится график изменения давления насыщенного водяного пара ***Е***(на рис.2а – пунктирная линия);

г) проводится анализ взаимного расположения графиков ***Е*** и ***eint*** - ***eext***(тонкая сплошная линия). Если графики не пересекаются, то конденсация водяного пара в ограждении отсутствует; в случае пересечения или касания графиков в конструкции возможна конденсация влаги;

д) аналогичные построения выполняются отдельно для летнего (рис.2б) и весенне-осеннего периодов года. Для построения графика изменения парциального давления водяного пара в конструкции используются средние значения за летний период ***eext2***и весенне-осенний период ***eext3*** , взятые из табл.3.1;

е) в случае конденсации влаги (например, зимой) определяется плоскость или зона конденсации (заштрихована на рисунке 2а).

Для этого из концов прямой ***eint* - *eext1***проводятся касательные к графику ***Е***. Область между точками касания ***Ек'*** и ***Ек"*** - зона конденсации. При совпадении точек касания получается плоскость конденсации.

Затем проводится итоговый график изменения парциального давления с учетом конденсации водяного пара (интенсивная линия, рис. 2а);

ж) зона (плоскость) конденсации влаги, образовавшаяся в период влагонакопления,переносится на график, соответствующий периоду без конденсации влаги в ограждении. В этот период происходит испарение накопившейся влаги. Проводится итоговый график изменения парциального давления, как это показано на рис. 2б (интенсивная линия);

з) на рисунках стрелками указывают направление движения влаги ***Р'*** *и* ***Р''*** (к зоне или от зоны конденсации - в сторону уменьшения парциального давления водяного пара).

Если конденсация влаги отсутствует в течение года, влажностный режим ограждающей конструкции считается удовлетворительным, и далее расчет не проводится.

**3.6 Расчет количества влаги, подходящей к зоне конденсации или отходящей от нее за зимний, летний и весенне-осенний периоды года**

Для каждого периода года определяется количество влаги, подходящей (уходящей) на участке, предшествующем зоне конденсации, ***Р'*** , а также – уходящей из зоны конденсации, ***Р"*** , по формулам:

(3.4)

(3.5)

где***R ivp***- сопротивление паропроницанию от внутренней поверхности до начала зоны конденсации (рис.2);

***Rеvp*** *-* сопротивление паропроницанию от конца зоны конденсации до наружной поверхности (рис. 2);

***z*** – продолжительность периода в месяцах (табл.3.1);

множитель 722 *–* среднее количество часов в месяце;

значения ***Ек'*** и ***Ек''***определяются по графикам (см. рис. 2). В случае плоскости конденсации ***Ек'* = *Ек''* = *Ек***.

Количество влаги ***Р'***и ***Р"***определяется для каждого периода года.

*Примечание*

1. ***Р'***и ***Р"***рассчитываются по абсолютной величине.

2. Единицы измерения ***Р'***и ***Р"***– мг/м2; значения будут получаться достаточно большие. Поэтому целесообразно привести их к виду: х,хх ∙ 106 (например: 2,17 ∙ 106 или 0,74 ∙ 106).

Результаты расчетов сводятся в табл. 3.3. При этом ***Р'*** и ***Р"***принимаются со знаком «плюс», если соответствующее количество влаги перемещается к зоне (плоскости) конденсации, и со знаком «минус», если количество влаги перемещается от зоны (плоскости) конденсации.

Таблица 3.3

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Период года | *Рi '* | *Рi "* |
| Зима |  |  |
| Лето |  |  |
| Весна-Осень |  |  |

**3.7 Проверка влажностного режима ограждающей конструкции из условия недопустимости накопления влаги в ней за годовой период эксплуатации**

Определяется годовой баланс влаги:

***Рi ' + Рi"* = *Р*** (3.6)

Получение результата ***Р ≤ 0*** свидетельствует о том, что в течение года влаги может испариться больше, чем накопилось. Следовательно, конструкция удовлетворяет строительным нормам.

При ***Р > 0*** количество накопившейся влаги превышает количество испарившейся, что недопустимо.

**3.8 Проверка влажностного режима ограждающей конструкции из условия непревышения допустимой массовой влажности материала**

Для того, чтобы относительная массовая влажность увлажняемого материала к концу периода влагонакопления не превышала допустимое значение (соответствующее полному сорбционному увлажнению материала), должно выполняться условие:

***∆ Р ≥ Рк***(3.7)

Здесь ***Рк*** – количество конденсата, накопившегося в конструкции к концу периода влагонакопления:

***Рк =* ∑ *Рi '+* ∑ *Рi"*** , (3.8)

где значения ***Рi '***и ***Рi"***берутся **только для тех периодов года, когда происходит конденсация влаги** (из табл.3.3);

**∆*Р*** – допустимое количество влаги, которое может поглотить 1м² теплоизоляционного слоя:

***∆Р = 104 · ∆wav · ρ· δ***, (3.9)

где ***Δwav*****-** предельно допустимое приращение расчетного массового отношения влаги в материале увлажняемого слоя, %, за период влагонакопления, принимаемое по таблице 3.4;

***ρ***- плотность теплоизоляционного слоя, кг/м³;

***δ***- толщина теплоизоляционного слоя, м.

**3.9 Определение сопротивления паропроницанию дополнительного слоя пароизоляции**

При получении в п. 3.7 результата ***Р > 0*** или в п. 3.8 результата ***Рк > ΔР*** в конструкции требуется устройство пароизоляции.

Сопротивление паропроницанию слоя пароизоляции определяется по формуле:

***Δ Rvp = R ivp (m - 1)***, (3.10)

где ***m*** – коэффициент, показывающий во сколько раз надо увеличить сопротивление на пути движения влаги к зоне конденсации ***R ivp*** *.*

Коэффициент ***m***рассчитывается следующим образом:

а) при получении в п. 3.7 результата ***Р > 0*** коэффициент ***m***выбирают таким образом, чтобы выполнилось условие ***Р = 0*.**

С учетом этого формула (3.6) примет вид:

**1/*m* ∑ *Рi '+* ∑ *Рi"=* *0***

Следовательно,

***m* = - ∑ *Рi ' /* ∑ *Рi"*** (3.11)

Здесь суммирование проводится по всем периодам года.

б) при получении в п. 3.8 результата ***Рк > ΔР*** коэффициент ***m*** должен быть таким, чтобы выполнялось условие ***Рк =Δ Р***. Тогда выражение (3.8) примет вид:

**1/*m* ∑ *Рi '+* ∑ *Рi"=* *Δ Р***

Следовательно,

***m* = ∑ *Рi ' / ( Δ Р -* ∑ *Рi")***(3.12)

В данном случае суммирование проводится по тем периодам, когда происходит конденсация влаги в конструкции.

При нарушении обоих условий, проверяемых в п.3.7 и п.3.8, сопротивление пароизоляции **Δ*Rvp*** определяется дважды. Из двух величин **Δ *R* *vp***принимается большая.

В качестве пароизоляции употребляются тонкие листовые и рулонные материалы, обладающие малой паропроницаемостью. Дополнительная пароизоляция выбирается по таблице приложения Г.

Следует изобразить эскиз запроектированной ограждающей конструкции с устройством слоя пароизоляции.

Предельно допустимые значения коэффициента ***Δwav***

|  |  |
| --- | --- |
| Материал ограждающей конструкции | Предельно допустимое приращение расчетного массового отношения влаги в материале *Δwav,* % |
| 1. Кладка из глиняного кирпича и керамических блоков | 1,5 |
| 2. Кладка из силикатного кирпича | 2,0 |
| 3. Легкие бетоны на пористых заполнителях (керамзитобетон, шугизитобетон, перлитобетон, шлакопемзобетон) | 5 |
| 4. Ячеистые бетоны (газобетон, пенобетон, газосиликат и др.) | 6 |
| 5. Пеногазостекло | 1,5 |
| 6. Фибролит и арболит цементные | 7,5 |
| 7. Минераловатные плиты и маты | 3 |
| 8. Пенополистирол и пенополиуретан | 25 |
| 9. Фенольно-резольный пенопласт | 50 |
| 10. Теплоизоляционные засыпки из керамзита, шунгизита, шлака | 3 |
| 11. Тяжелый бетон, цементно-песчаный раствор | 2 |

**4. Оценка влажностного состояния ограждающей конструкции по методике СНиП 23-02-2003**

Для оценки выполнения требований по защите наружной ограждающей конструкции от переувлажнения следует определить сопротивление паропроницанию ограждающей конструкции и проверить его соответствие требованиям СНиП 23-02. В случае несоблюдения норм по результатам расчета выбрать дополнительный слой пароизоляции.

**4.1 Выбор расчетных параметров наружного и внутреннего воздуха**

Перед расчетом для заданного района строительства необходимо определить:

- ***t ext1****,* ***t ext2****,* ***t ext3***– средние температуры наружного воздуха за зимний, летний и весенне-осенний периоды года;

- ***eext1****,* ***eext2****,* ***eext3*** *–* средние значения парциального давления водяного пара наружного воздуха за эти же периоды соответственно;

- ***z1****,* ***z2****,* ***z3*** – продолжительность зимнего, летнего и весенне-осеннего периодов в месяцах.

Определение этих параметров проводится согласно п.3.1.

Таблицу 3.1 следует дополнить строкой для периода с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха (***t ext*** < 0), используя данные из табл. А.2 Приложения А. Определяются средние значения температуры ***t ext0***и парциального давления водяного пара ***eext0***наружного воздуха за этот период.

Среднее за год значение парциального давления водяного пара наружного воздуха ***eext***рассчитывается по формуле

***eext* = ( *eext1*· *z1* + *eext2*· *z2+ eext3*· *z3*)** (4.1)

Параметры микроклимата помещения ***tint*** и ***eint*** принимаются согласно заданию, табл.1.2 и п.3.2.

**4.2 Определение положения плоскости возможной конденсации влаги в ограждающей конструкции**

Согласно СНиП 23-02 в многослойной конструкции плоскость возможной конденсации совпадает с наружной поверхностью слоя утеплителя; а в однослойной ограждающей конструкции – находится на расстоянии, равном 2/3 толщины от ее внутренней поверхности.

**4.3 Определение значений температур в плоскости конденсации**

Значения температур в плоскости возможной конденсации по периодам года ***ti*** (***i***= 1, 2, 3, 0) рассчитываются по формуле

***ti* = *tint**- ( tint - text i )* · *(*1*/αint + ∑R) / Ro*** , (4.2)

где***text i*** - расчетная температура наружного воздуха ***i***-го периода;

**1/*αint***– термическое сопротивление внутреннего пограничного слоя воздуха;

***∑R*** - термическое сопротивление части ограждения в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации;

***Ro*** *–* сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции.

**4.4 Определение среднего за год значения парциального давления насыщенного водяного пара в плоскости конденсации**

Принимая температуры в плоскости конденсации ***ti*** (***i***= 1, 2, 3, 0) за точку росы, по табл. В.1 и В.2 Приложения В находят парциальные давления насыщенного водяного пара в плоскости конденсации: ***Е1***, ***Е2***, ***Е3*** и ***Е0****.*

Среднее за годовой период парциальное давление насыщенного водяного пара в плоскости возможной конденсации вычисляется по формуле

***Е* = ( *Е1*· *z1* + *Е2*· *z2+ Е3* · *z3*)** . (4.3)

**4.5 Определение сопротивлений паропроницанию частей ограждающей конструкции до и после плоскости конденсации**

Сопротивления паропроницанию отдельных слоев конструкции ***Rvp***определяются в соответствии с п.3.4 по формуле (3.2).

Вычисляются как суммы соответствующих значений ***Rvp***:

***R ivp***- сопротивление паропроницанию части конструкции от внутренней поверхности до плоскости конденсации;

***Rеvp*** *-* сопротивление паропроницанию от плоскости конденсации до наружной поверхности.

**4.6 Определение требуемого сопротивления паропроницанию *R reqvp1* из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации**

Нормируемое сопротивление паропроницанию ***R reqvp1***(из условия недопустимости накопления влаги в конструкции за год) рассчитывается по формуле

, (4.4)

где ***eint*** и ***eext*** найдены в п.4.1; ***Е*** рассчитывается в п.4.4.

Величина ***R reqvp1***может получиться отрицательной, если ***Е > eint*** и ***Е > eext***. Практически данный случай означает, что влаги в конструкции накапливается мало, в теплый период она быстро испаряется, и большую часть летнего периода конструкция находится в воздушно-сухом состоянии.

**4.7 Расчет требуемого сопротивления паропроницанию *R reqvp2* из условия ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными среднемесячными температурами**

Нормируемое сопротивление паропроницанию ***R reqvp2***из условия ограничения влаги в конструкции за период с отрицательными среднемесячными температурами (период влагонакопления) определяется по формуле

. (4.5)

В этом выражении ***eint*** и ***eext 0***найдены в п.4.1; ***Е0*** - в п.4.4;

***z0*** – продолжительность периода влагонакопления, сут, принимаемая равной продолжительности периода с отрицательными среднемесячными температурами (табл.А.1 Приложения А и СНиП 23-01-99);

***ρ*** и***δ*** – плотность и толщина теплоизоляционного слоя;

***Δwav*** – предельно допустимое приращение расчетного массового отношения влаги в материале увлажняемого слоя, %, за период влагонакопления, принимаемое по таблице 3.4;

**,** (4.6)

где ***Rеvp*** рассчитывается в п.4.5.

**4.8 Проверка соответствия сопротивления паропроницанию ограждающей конструкции требованиям СНиП 23-02**

Согласно нормам сопротивление паропроницанию части ограждающей конструкции от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации ***R ivp*** должно быть не менее наибольшего из нормируемых сопротивлений паропроницанию

(***R reqvp1*** *,* ***R reqvp2***).

Из значений ***R reqvp1***и ***R reqvp2***, определяемых в п.4.6 и 4.7, выбирается наибольшее; обозначим его ***R reqvp***. Оно сопоставляется с расчетным значением ***R ivp***, найденным в п.4.5.

Если ***R ivp ≥ R reqvp***, ограждающая конструкция удовлетворяет требованиям СНиП 23-02 в отношении сопротивления паропроницанию.

Если ***R ivp < R reqvp***, то требуется дополнительный слой пароизоляции, необходимое сопротивление паропроницаниюкоторого рассчитывается как

***ΔRvp = R reqvp - R ivp*** (4.7)

Слой пароизоляции выбирается по табл. Приложения Г. Следует изобразить эскиз запроектированной ограждающей конструкции с устройством слоя пароизоляции.

**5. Оценка требуемого уровня тепловой защиты здания по нормируемому удельному расходу тепловой энергии на отопление зданий**

Как отмечалось во введении, при выборе требований показателя тепловой защиты «в» нормируется величина удельного расхода тепловой энергии на отопление. Это комплексная величина, которая учитывает энергосбережение от использования архитектурных, строительных, теплотехнических и инженерных решений, направленных на экономию энергетических ресурсов, и поэтому возможно при необходимости в каждом конкретном случае установить меньшие, чем по показателям «а», нормируемые сопротивления теплопередаче для отдельных видов ограждающих конструкций. Удельный расход тепловой энергии зависит от теплозащитных свойств ограждающих конструкций, объемно-планировочных решений здания, тепловыделений и количества солнечной энергии, поступающих в помещения здания, эффективности инженерных систем поддержания требуемого микроклимата помещений и систем теплоснабжения.

Удельный расход тепловой энергии на отопление зданий *,* кДж/(м2·°С·сут) или [кДж/(м3·°С·сут)], определяется по формуле

или

, (5.1)

где - расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода, МДж;

- отапливаемая площадь квартир или полезная площадь помещений, м2;

- отапливаемый объем здания, м3;

***D*** – градусо-сутки отопительного периода, °С · сут (1.1).

Удельный расход тепловой энергии на отопление зданийдолжен быть меньше или равен нормируемому значению

***≤***.(5.2)

**5.1 Определение отапливаемых площадей и объемов здания**

Этот пункт выполняется в разделе дипломного проекта для жилых и общественных зданий.

1.Отапливаемую площадь здания следует определять как площадь этажей (в том числе и мансардного, отапливаемого цокольного и подвального) здания, измеряемую в пределах внутренних поверхностей наружных стен, включая площадь, занимаемую перегородками и внутренними стенами. При этом площадь лестничных клеток и лифтовых шахт включается в площадь этажа.

В отапливаемую площадь здания не включаются площади теплых чердаков и подвалов, неотапливаемых технических этажей, подвала (подполья), холодных неотапливаемых веранд, неотапливаемых лестничных клеток, а также холодного чердака или его части, не занятой под мансарду.

2. При определении площади мансардного этажа учитывается площадь с высотой до наклонного потолка 1,2 м при наклоне 30° к горизонту; 0,8 м — при 45° — 60°; при 60° и более — площадь измеряется до плинтуса.

3. Площадь жилых помещений здания подсчитывается как сумма площадей всех общих комнат (гостиных) и спален.

4. Отапливаемый объем здания определяется как произведение отапливаемой площади этажа на внутреннюю высоту, измеряемую от поверхности пола первого этажа до поверхности потолка последнего этажа.

При сложных формах внутреннего объема здания отапливаемый объем определяется как объем пространства, ограниченного внутренними поверхностями наружных ограждений (стен, покрытия или чердачного перекрытия, цокольного перекрытия).

5. Площадь наружных ограждающих конструкций определяется по внутренним размерам здания. Общая площадь наружных стен (с учетом оконных и дверных проемов) определяется как произведение периметра наружных стен по внутренней поверхности на внутреннюю высоту здания, измеряемую от поверхности пола первого этажа до поверхности потолка последнего этажа с учетом площади оконных и дверных откосов глубиной от внутренней поверхности стены до внутренней поверхности оконного или дверного блока. Суммарная площадь окон определяется по размерам проемов в свету. Площадь наружных стен (непрозрачной части) определяется как разность общей площади наружных стен и площади окон и наружных дверей.

6. Площадь горизонтальных наружных ограждений (покрытия, чердачного и цокольного перекрытия) определяется как площадь этажа здания (в пределах внутренних поверхностей наружных стен).

При наклонных поверхностях потолков последнего этажа площадь покрытия, чердачного перекрытия определяется как площадь внутренней поверхности потолка.

Расчет площадей и объемов объемно-планировочного решения здания выполняют по рабочим чертежам архитектурно-строительной части проекта. В результате получают следующие основные объемы и площади:

- отапливаемый объем ***Vh*** ,м3;

- отапливаемая площадь (для жилых зданий — общая площадь квартир) ***Ah*** ,м2;

- общая площадь наружных ограждающих конструкций здания , м2.

**5.2 Определение нормируемого значения удельного расхода тепловой энергии на отопление здания**

Нормируемое значение удельного расхода тепловой энергии на отопление жилого или общественного здания определяют по табл. 5.1 и 5.2.

Нормируемый удельный расход тепловой энергии на отоплениежилых домов одноквартирных отдельно стоящих и блокированных, кДж/(м2·°С·сут)

Таблица 5.1

|  |  |
| --- | --- |
| Отапливаемая площадь домов, м2 | С числом этажей |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 60 и менее | 140 | — | — | — |
| 100 | 125 | 135 | — | — |
| 150 | 110 | 120 | 130 | — |
| 250 | 100 | 105 | 110 | 115 |
| 400 | — | 90 | 95 | 100 |
| 600 | — | 80 | 85 | 90 |
| 1000 и более | — | 70 | 75 | 80 |
| Примечание — При промежуточных значениях отапливаемой площади дома в интервале 60—1000 м2 значения должны определяться по линейной интерполяции. |

Нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление зданий , кДж/(м2·°С·сут) или [кДж/(м3·°С·сут)]

Таблица 5.2

|  |  |
| --- | --- |
| Типы зданий | Этажность зданий |
| 1-3 | 4, 5 | 6,7 | 8,9 | 10,11 | 12 и выше |
| 1. Жилые, гостиницы, общежития | По таблице 5.1 | 85[31]для 4-этажных одноквартирных и блокированных домов — по табл. 5.1 | 80[29] | 76[27,5] | 72[26] | 70[25] |
| 2. Общественные, кроме перечисленных в поз. 3, 4 и 5 таблицы | [42]; [38]; [36] соответственно нарастанию этажности | [32] | [31] | [29,5] | [28] | — |
| 3. Поликлиники и лечебные учреждения, дома-интернаты | [34]; [33]; [32] соответственно нарастанию этажности | [31] | [30] | [29] | [28] | — |
| 4. Дошкольные учреждения | [45] | — | — | — | — | — |
| 5. Сервисного обслуживания | [23]; [22]; [21] соответственно нарастанию этажности | [20] | [20] | — | — | — |
| 6.Администра-тивного назначения (офисы) | [36]; [34]; [33] соответственно нарастанию этажности | [27] | [24] | [22] | [20] | [20] |

**5.3 Определение расчетного удельного расхода тепловой энергии на отопление здания**

Этот пункт не выполняется в курсовой работе, а в разделе дипломного проекта выполняется по согласованию с руководителем и консультантом.

Расчет удельного расхода тепловой энергии на отопление жилых и общественных зданий проводят, используя приложение Г СНиП 23-02 и методику приложения И.2 СП 23-101-2004.

**5.4 Определение расчетного показателя компактности здания**

Этот пункт выполняется в разделе дипломного проекта для жилых зданий и не выполняется в курсовой работе. Расчетный показатель компактности здания определяется по формуле:

, (5.3)

где и ***Vh*** находят в п.5.1.

Расчетный показатель компактности жилых зданий не должен превышать следующих нормируемых значений:

0,25 — для 16-этажных зданий и выше;

0,29 — для зданий от 10 до 15 этажей включительно;

0,32 — для зданий от 6 до 9 этажей включительно;

0,36 — для 5-этажных зданий;

0,43 — для 4-этажных зданий;

0,54 — для 3-этажных зданий;

0,61; 0,54; 0,46 — для двух-, трех- и четырехэтажных блокированных и секционных домов соответственно;

0,9 — для двух- и одноэтажных домов с мансардой;

1,1 — для одноэтажных домов.

Если расчетное значение больше нормируемого, то рекомендуется изменить объемно-планировочное решение с целью достижения нормируемого значения.

**Литература**

1. СНиП 23-01-99 Строительная климатология. – М.: Госстрой России, 2004.

2. СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий. – М.: Госстрой России, 2004.

3. СП 23-01-2004 Проектирование тепловой защиты зданий. – М.: Госстрой России, 2004.

4. Карасева Л.В., Чебанова Е.В., Геппель С.А. Теплофизика ограждающих конструкций архитектурных объектов: Учебное пособие. – Ростов-на-Дону, 2008.

5. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / Под ред. Ю.А. Табунщикова, В.Г. Гагарина. – 5-е изд., пересмотр. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2006.

**Приложение А**

**Наружные климатические условия**

Климатические параметры холодного периода года

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Город | Зонавлаж- ности | Температура воздуха наиболее холодной пятидневки, ºС, обеспе- ченностью 0,92 | Продолжительность, сут, и средняя температура, ºС, периода со среднесуточной температурой воздуха |
| ≤ 0 ºС | ≤ 8 ºС | ≤ 10 ºС |
| Прод- ть | Темп- ра | Прод- ть | Темп- ра | Прод- ть | Темп- ра |
| Ростов-на-Дону | Сух. | -22 | 102 | -3,6 | 171 | -0,6 | 199 | -1,2 |
| Волгоград | Сух. | -25 | 117 | -5,4 | 178 | -2,2 | 190 | -1,5 |
| Краснодар | Сух. | -19 | 49 | -1,2 | 149 | 2 | 168 | 2,8 |
| Сочи | Влаж. | -3 | 0 | - | 72 | 6,4 | 121 | 7,4 |
| Воронеж | Сух. | -26 | 134 | -6,3 | 196 | -3,1 | 212 | -2,2 |
| Ставрополь | Норм. | -19 | 83 | -2 | 168 | 0,9 | 187 | 1,7 |
| Нижний Новгород | Норм. | -31 | 151 | -7,5 | 215 | -4,1 | 231 | -3,2 |
| Астрахань | Сух. | -23 | 106 | -4,2 | 167 | -1,2 | 184 | -0,3 |
| Москва | Норм. | -28 | 145 | -6,5 | 214 | -3,1 | 231 | -2,2 |

**Средние месячные и годовые температуры воздуха, ºС и парциальные давления водяного пара, Па**

Таблица А.2

|  |  |
| --- | --- |
| Город | Температура, ºС / Парциальное давление водяного пара, Па |
| I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Год |
| Ростов-на-Дону | -5,7321 | -4,8408 | 0,6540 | 9,4810 | 16,21110 | 20,21450 | 23,01600 | 22,11490 | 16,31160 | 9,2870 | 2,5690 | -2,6492 | 8,9920 |
| Волгоград | -7,6300 | -7,0330 | -1,0480 | 10,0710 | 16,7990 | 21,31280 | 23,61400 | 22,11280 | 16,01020 | 8,0740 | -0,6581 | -4,2429 | 8,2800 |
| Краснодар | -1,6490 | -0,6530 | 4,3620 | 11,3900 | 17,01290 | 20,71610 | 23,31790 | 22,71720 | 17,61340 | 11,41010 | 5,6800 | 1,1610 | 11,11060 |
| Сочи | 5,9680 | 6,1690 | 8,2760 | 11,71020 | 16,11430 | 19,91830 | 22,82180 | 23,12140 | 19,91720 | 15,71280 | 11,7990 | 8,2770 | 14,11290 |
| Воронеж | -9,8219 | -9,6222 | -3,7430 | 6,6700 | 14,6940 | 17,91270 | 19,91500 | 18,61380 | 13,01030 | 5,9730 | -0,6540 | -6,2363 | 5,6790 |
| Ставрополь | -3,2420 | -2,3430 | 1,3530 | 9,3760 | 15,31120 | 19,31350 | 21,91480 | 21,21410 | 16,11150 | 9,6870 | 4,1660 | -0,5500 | 9,1890 |
| Нижний Новгород | -11,8186 | -11,1197 | -5,0360 | 4,2600 | 12,0870 | 16,41200 | 18,41480 | 16,91370 | 11,01010 | 3,6660 | -2,8450 | -8,9287 | 3,6730 |
| Астрахань | -6,7292 | -5,6370 | 0,4500 | 9,9750 | 18,01130 | 22,81500 | 25,31710 | 23,61620 | 17,31230 | 9,6860 | 2,4630 | -3,2460 | 9,5930 |
| Москва | -10,2218 | -9,2279 | -4,3390 | 4,4620 | 11,9910 | 16,01240 | 18,11470 | 16,31400 | 10,71040 | 4,3700 | -1,9500 | -7,3330 | 4,1770 |

**Приложение Б**

Расчетные теплотехнические показатели строительных материалов

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п.п. | Материал | Плотность, кг/м3 | Расчетные коэффициенты |
| теплопроводности,Вт/(м К) | паропрониц., мг/(м ч Па) |
| А | Б | А, Б |
| Теплоизоляционные материалы |
| 1 | Пенополистирол | 150 | 0,052 | 0,06 | 0,05 |
| 2 | То же | 100 | 0,041 | 0,052 | 0,05 |
| 3 | Пенополистирол Стиропор | 30 | 0,036 | 0,040 | 0,03 |
| 4 | Пенопласт  | 125 | 0,06 | 0,064 | 0,23 |
| 5 | То же | 100 и менее | 0,05 | 0,052 | 0,23 |
| 6 | Пенополиуретан | 80 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| 7 | То же | 40 | 0,04 | 0,04 | 0,05 |
| 8 | Перлитопластбетон | 200 | 0,052 | 0,06 | 0,008 |
| 9 | То же | 100 | 0,041 | 0,05 | 0,008 |
| 10 | Маты минераловатные | 100 | 0,061 | 0,067 | 0,49 |
| 11 | Плиты минераловатные | 200 | 0,076 | 0,08 | 0,49 |
| 12 | То же | 150 | 0,068 | 0,073 | 0,49 |
| 13 | То же | 100 | 0,06 | 0,065 | 0,56 |
| 14 | То же | 75 | 0,056 | 0,063 | 0,60 |
| 15 | Плиты из стекловолокна«URSA» | 85 | 0,046 | 0,05 | 0,50 |
| 16 | То же | 60 | 0,04 | 0,045 | 0,51 |
| 17 |  То же | 30 | 0,042 | 0,046 | 0,52 |
| 18 | Плиты фибролитовые | 400 | 0,13 | 0,16 | 0,26 |
| 19 | Плиты камышитовые | 200 | 0,07 | 0,09 | 0,49 |
| 20 | Пеностекло | 400 | 0,12 | 0,14 | 0,02 |
| 21 | Гравий керамзитовый | 600 | 0,17 | 0,19 | 0,23 |
| 22 | То же | 300 | 0,12 | 0,13 | 0,25 |
| *Строительные растворы* |
| 23 | Цементно-шлаковый | 1400 | 0,52 | 0,64 | 0,11 |
| 24 | Цементно-перлитовый | 1000 | 0,26 | 0,30 | 0,15 |
| 25 | То же | 800 | 0,21 | 0,26 | 0,16 |
| 26 | Поризованный гипсоперлитовый | 500 | 0,15 | 0,19 | 0,43 |
| 27 | Цементно-песчаный | 1800 | 0,76 | 0,93 | 0,09 |
| 28 | Известково-песчаный | 1600 | 0,7 | 0,81 | 0,12 |
| *Сухая штукатурка* |
| 29 | Листы гипсовые обшивочные | 1050 | 0,34 | 0,36 | 0,075 |
| 30 | То же | 800 | 0,19 | 0,21 | 0,075 |

Конструкционно-теплоизоляционные материалы

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 31 | Туфобетон | 1800 | 0,87 | 0,99 | 0,09 |
| 32 | То же | 1400 | 0,52 | 0,58 | 0,11 |
| 33 | Пемзобетон | 1600 | 0,62 | 0,68 | 0,075 |
| 34 | То же | 1200 | 0,40 | 0,43 | 0,098 |
| 35 | Керамзитобетон на керамзитовом песке | 1800 | 0,80 | 0,92 | 0,09 |
| 36 | То же | 1400 | 0,56 | 0,65 | 0,098 |
| 37 | То же |  1200 | 0,44 | 0,52 | 0,11 |
| 38 | То же | 800 | 0,24 | 0,31 | 0,19 |
| 39 |  То же | 500 | 0,17 | 0,23 | 0,30 |
| 40 | Керамзитобетон на перлитовом песке | 1000 | 0,35 | 0,41 | 0,15 |
| 41 | Перлитобетон | 1200 | 0,44 | 0,50 | 0,15 |
| 42 | То же | 800 | 0,27 | 0,33 | 0,26 |
| 43 | Шлакопемзобетон | 1400 | 0,44 | 0,52 | 0,098 |
| 44 | То же | 1000 | 0,31 | 0,37 | 0,11 |
| 45 | Газо- и пенобетон | 1000 | 0,41 | 0,47 | 0,11 |
| 46 | То же | 800 | 0,33 | 0,37 | 0,14 |
| 47 | То же | 600 | 0,22 | 0,26 | 0,17 |
| 48 | То же | 400 | 0,14 | 0,15 | 0,23 |
| 49 | То же | 300 | 0,11 | 0,13 | 0,26 |
| *Кирпичная кладка из кирпича* |
| 50  | Глиняного обыкн. на цементно-песчаном р-ре | 1800 | 0,7 | 0,81 | 0,11 |
| 51 | Глиняного обыкн. на цементно-перлит.р-ре | 1600 | 0,58 | 0,70 | 0,15 |
| 52 | Силикатного на цементно-песчаном растворе | 1800 | 0,76 | 0,87 | 0,11 |
| 53 | Керамического пустотного на цементно песчаном р-ре | 1600 | 0,58 | 0,64 | 0,14 |
| 54 | То же | 1400 | 0,52 | 0,58 | 0,16 |
| 55 | То же | 1200 | 0,47 | 0,52 | 0,17 |
| **Конструкционные материалы** |
| 56 | Железобетон | 2500 | 1,92 | 2,04 | 0,03 |
| 57 | Бетон на гравии или щебне из природного камня | 2400 | 1,74 | 1,86 | 0,03 |
| *Облицовка природным камнем* |
| 58 | Мрамор | 2800 | 2,91 | 2,91 | 0,008 |
| 59 | Известняк | 1800 | 0,93 | 1,05 | 0,075 |
| 60 | То же | 1400 | 0,56 | 0,58 | 0,11 |
| 61 | Туф | 1400 | 0,43 | 0,52 | 0,098 |
| *Материалы гидроизоляционные* |
| 62 | Рубероид на мастике  | 1100 | 0,22 | 0,22 | 0,0025 |

**Приложение В**

**Значения парциального давления насыщенного водяного пара *Е*, Па, для различных значений температур**

Значения парциального давления насыщенного водяного пара *Е*, Па, для температуры *t* от 0 до +30 °С (над водой)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *t*, °С | 0,0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 |
| 0 | 611 | 615 | 620 | 624 | 629 | 633 | 639 | 643 | 648 | 652 |
| 1 | 657 | 661 | 667 | 671 | 676 | 681 | 687 | 691 | 696 | 701 |
| 2 | 705 | 711 | 716 | 721 | 727 | 732 | 737 | 743 | 748 | 753 |
| 3 | 759 | 764 | 769 | 775 | 780 | 785 | 791 | 796 | 803 | 808 |
| 4 | 813 | 819 | 825 | 831 | 836 | 843 | 848 | 855 | 860 | 867 |
| 5 | 872 | 879 | 885 | 891 | 897 | 904 | 909 | 916 | 923 | 929 |
| 6 | 935 | 941 | 948 | 956 | 961 | 968 | 975 | 981 | 988 | 995 |
| 7 | 1001 | 1009 | 1016 | 1023 | 1029 | 1037 | 1044 | 1051 | 1059 | 1065 |
| 8 | 1072 | 1080 | 1088 | 1095 | 1103 | 1109 | 1117 | 1125 | 1132 | 1140 |
| 9 | 1148 | 1156 | 1164 | 1172 | 1180 | 1188 | 1196 | 1204 | 1212 | 1220 |
| 10 | 1228 | 1236 | 1244 | 1253 | 1261 | 1269 | 1279 | 1285 | 1287 | 1304 |
| 11 | 1312 | 1321 | 1331 | 1339 | 1348 | 1355 | 1365 | 1375 | 1384 | 1323 |
| 12 | 1403 | 1412 | 1421 | 1431 | 1440 | 1449 | 1459 | 1468 | 1479 | 1488 |
| 13 | 1497 | 1508 | 1517 | 1527 | 1537 | 1547 | 1557 | 1568 | 1577 | 1588 |
| 14 | 1599 | 1609 | 1619 | 1629 | 1640 | 1651 | 1661 | 1672 | 1683 | 1695 |
| 15 | 1705 | 1716 | 1727 | 1739 | 1749 | 1761 | 1772 | 1784 | 1795 | 1807 |
| 16 | 1817 | 1829 | 1841 | 1853 | 1865 | 1877 | 1889 | 1901 | 1913 | 1925 |
| 17 | 1937 | 1949 | 1962 | 1974 | 1986 | 2000 | 2012 | 2025 | 2037 | 2050 |
| 18 | 2064 | 2077 | 2089 | 2102 | 2115 | 2129 | 2142 | 2156 | 2169 | 2182 |
| 19 | 2197 | 2210 | 2225 | 2238 | 2252 | 2266 | 2281 | 2294 | 2309 | 2324 |
| 20 | 2338 | 2352 | 2366 | 2381 | 2396 | 2412 | 2426 | 2441 | 2456 | 2471 |
| 21 | 2488 | 2502 | 2517 | 2538 | 2542 | 2564 | 2580 | 2596 | 2612 | 2628 |
| 22 | 2644 | 2660 | 2676 | 2691 | 2709 | 2725 | 2742 | 2758 | 2776 | 2792 |
| *t*, °С | 0,0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 |
| 23 | 2809 | 2826 | 2842 | 2860 | 2877 | 2894 | 2913 | 2930 | 2948 | 2965 |
| 24 | 2984 | 3001 | 3020 | 3038 | 3056 | 3074 | 3093 | 3112 | 3130 | 3149 |
| 25 | 3168 | 3186 | 3205 | 3224 | 3244 | 3262 | 3282 | 3301 | 3321 | 3341 |
| 26 | 3363 | 3381 | 3401 | 3421 | 3441 | 3461 | 3481 | 3502 | 3523 | 3544 |
| 27 | 3567 | 3586 | 3608 | 3628 | 3649 | 3672 | 3692 | 3714 | 3796 | 3758 |
| 28 | 3782 | 3801 | 3824 | 4846 | 3869 | 3890 | 3913 | 3937 | 3960 | 3982 |
| 29 | 4005 | 4029 | 4052 | 4076 | 4100 | 4122 | 4146 | 4170 | 4194 | 4218 |
| 30 | 4246 | 4268 | 4292 | 4317 | 4341 | 4366 | 4390 | 4416 | 4441 | 4466 |

Значения парциального давления насыщенного водяного пара *Е*, Па, для температуры *t* от 0 до минус 41 °С (надо льдом)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *t*, °С | *Е* | *t*, °С | *Е* | *t*, °С | *Е* | *t*, °С | *Е* | *t*, °С | *Е* |
| 0 | 611 | -5,4 | 388 | -10,6 | 245 | -16 | 151 | -23 | 77 |
| -0,2 | 601 | -5,6 | 381 | -10,8 | 241 | -16,2 | 148 | -23,5 | 73 |
| -0,4 | 592 | -5,8 | 375 | -11 | 237 | -16,4 | 145 | -24 | 69 |
| *t*, °С | *Е* | *t*, °С | *Е* | *t*, °С | *Е* | *t*, °С | *Е* | *t*, °С | *Е* |
| -0,6 | 581 | -6 | 369 | -11,2 | 233 | -16,6 | 143 | -24,5 | 65 |
| -0,8 | 573 | -6,2 | 363 | -11,4 | 229 | -16,8 | 140 | -25 | 63 |
| -1 | 563 | -6,4 | 356 | -11,6 | 225 | -17 | 137 | -25,5 | 60 |
| -1,2 | 553 | -6,6 | 351 | -11,8 | 221 | -17,2 | 135 | -26 | 57 |
| -1,4 | 544 | -6,8 | 344 | -12 | 217 | -17,4 | 132 | -26,5 | 53 |
| -1,6 | 535 | -7 | 338 | -12,2 | 213 | -17,6 | 129 | -27 | 51 |
| -1,8 | 527 | -7,2 | 332 | -12,4 | 209 | -17,8 | 128 | -27,5 | 48 |
| -2 | 517 | -7,4 | 327 | -12,6 | 207 | -18 | 125 | -28 | 47 |
| -2,2 | 509 | -7,6 | 321 | -12,8 | 203 | -18,2 | 123 | -28,5 | 44 |
| -2,4 | 400 | -7,8 | 315 | -13 | 199 | -18,4 | 120 | -29 | 42 |
| -2,6 | 492 | -8 | 310 | -13,2 | 195 | -18,6 | 117 | -29,5 | 39 |
| *t*, °С | *Е* | *t*, °С | *Е* | *t*, °С | *Е* | *t*, °С | *Е* | *t*, °С | *Е* |
| -2,8 | 484 | -8,2 | 304 | -13,4 | 191 | -18,8 | 116 | — | — |
| -3 | 476 | -8,4 | 299 | -13,6 | 188 | -19 | 113 | -30 | 38 |
| -3,2 | 468 | -8,6 | 293 | -13,8 | 184 | -19,2 | 111 | -31 | 34 |
| -3,4 | 460 | -8,8 | 289 | -14 | 181 | -19,4 | 109 | -32 | 34 |
| -3,6 | 452 | -9 | 284 | -14,2 | 179 | -19,6 | 107 | -33 | 27 |
| -3,8 | 445 | -9,2 | 279 | -14,4 | 175 | -19,8 | 105 | -34 | 25 |
| -4 | 437 | -9,4 | 273 | -14,6 | 172 | — | — | -35 | 22 |
| -4,2 | 429 | -9,6 | 268 | -14,8 | 168 | -20 | 103 | -36 | 20 |
| -4,4 | 423 | -9,8 | 264 | -15 | 165 | -20,5 | 99 | -37 | 18 |
| -4,6 | 415 | — | — | -15,2 | 163 | -21 | 93 | -38 | 16 |
| -4,8 | 408 | -10 | 260 | -15,4 | 159 | -21,5 | 89 | -39 | 14 |
| -5 | 402 | -10,2 | 260 | -15,4 | 159 | -22 | 85 | -40 | 12 |
| -5,2 | 395 | -10,4 | 251 | -15,8 | 153 | -22,5 | 81 | -41 | 11 |

**Приложение Г**

Сопротивление паропроницанию листовых материалов и тонких слоев пароизоляции

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п.п. | Материал | Толщина слоя, мм | Сопротивление паропроницанию *Rvp*,м2·ч·Па/мг |
| 1 | Картон обыкновенный | 1,3 | 0,016 |
| 2 | Листы асбестоцементные | 6 | 0,3 |
| 3 | Листы гипсовые обшивочные (сухая штукатурка) | 10 | 0,12 |
| 4 | Листы древесно-волокнистые жесткие | 10 | 0,11 |
| 5 | Листы древесно-волокнистые мягкие | 12,5 | 0,05 |
| 6 | Окраска горячим битумом за один раз | 2 | 0,3 |
| 7 | Окраска горячим битумом за два раза | 4 | 0,48 |
| 8 | Окраска масляная за два раза с предварительной шпатлевкой и грунтовкой | — | 0,64 |
| 9 | Окраска эмалевой краской | — | 0,48 |
| 10 | Покрытие изольной мастикой за один раз | 2 | 0,60 |
| 11 | Покрытие битумно-кукерсольной мастикой за один раз | 1 | 0,64 |
| 12 | Покрытие битумно-кукерсольной мастикой за два раза | 2 | 1,1 |
| 13 | Пергамин кровельный | 0,4 | 0,33 |
| 14 | Полиэтиленовая пленка | 0,16 | 7,3 |
| 15 | Рубероид | 1,5 | 1,1 |
| 16 | Толь кровельный | 1,9 | 0,4 |
| 17 | Фанера клееная трехслойная | 3 | 0,15 |