ФГБОУ «МОСКОВСКИЙ АРХИТЕКТУРНЫЙ ИНСТИТУТ (ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ)»

Кафедра «АРХИТЕКТУРНАЯ ФИЗИКА»

Е.Г. Киселева, М.С. Мягков

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

К курсовой расчётно-графической работе по АРХИТЕКТУРНОЙ КЛИМАТОЛОГИИ

Для студентов, обучающихся по специальности - АРХИТЕКТУРА

Москва, 2012

УДК624.01:621.1(075)
ББК – 38.113
Т 34

Киселева Е.Г., Мягков М.С.
Теплотехнический расчет ограждающих конструкций жилых и общественных зданий: учебно-методические указания к курсовой расчётно-графической работе по архитектурной климатологии. Для студентов, обучающихся по специальности «Архитектура» И «Дизайн архитектурной среды». – М.,: МАРХИ, 2012. – 36 с.

Учебно-методические указания излагают порядок и правила выполнения расчета сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций жилых и общественных зданий и определения положения и толщины слоя утеплителя в составе многослойных ограждающих конструкций по теплотехническим показателям. Расчет основан на соблюдении санитарно-гигиенических и строительных требований действующего документа СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» с учетом правил и указаний СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий» и других нормативно-методических документов.

Рассмотрены конкретные примеры подбора расчетным способом слоя утеплителя в ограждающей конструкции здания для реальных строительно-климатических условий.

Учебно-методические указания могут использоваться также для выполнения соответствующего раздела курсовых и дипломных проектов.

Под общей редакцией зав. кафедрой, доктора арх., проф.
Щепеткова Николая Ивановича

©МАРХИ, 2012
©Е.Г.Киселева, М.С.Мягков

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....3
1. Нормативные ссылки 4
2. Исходные данные 4
3. Порядок выполнения работы 4
4. Методика и пример выполнения работы.....5
Литература 17
Приложения 1-12 (таблицы и схемы) 18
Приложение 13 (индивидуальные задания для расчета) 29

ВВЕДЕНИЕ

От теплотехнических качеств наружных ограждений зданий зависят:

- благоприятный микроклимат внутренней среды зданий, обеспечение температуры и влажности воздуха в помещении не ниже нормативных санитарно-гигиенических и строительно-технических требований;
- расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий за отопительный период;
- температура внутренней поверхности ограждения, гарантирующая от образования на ней конденсата, а также сверхнормативной асимметрии эффективной температуры, воздействующей на человека внутри помещений;
- влажностный режим конструктивного решения ограждения, влияющий на его теплозащитные качества;
- продолжительность срока эксплуатации ограждающих конструкций.

Обеспечение нормативных параметров микроклимата внутренней среды зданий обеспечивается за счет:

- соответствующей толщины и эффективности ограждающей конструкции;
- мощности систем отопления, вентиляции или кондиционирования.

Методика теплотехнического расчета основана на том, что оптимальная толщина и эффективность конструкции находится, исходя из:

- климатических показателей района строительства;
- нормативных санитарно-гигиенических условий эксплуатации зданий и помещений;
- условий энергосбережения и энергоэффективности зданий;
- экономической целесообразности и сроков окупаемости затрат на строительство зданий.

Методика теплотехнического расчета заключается в определении минимального достаточного значения сопротивления теплопередаче наружной ограждающей конструкции. При этом расчетное значение сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции должно быть не менее величины, требуемой по санитарно-гигиеническим и строительно-техническим показателям.

В методических указаниях рассматривается расчет однородных и многослойных конструкций.

1. НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

1. СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий.
2. СП 131.13330.2012 Строительная климатология.
3. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
4. ГОСТ 30494-96 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
5. СП 23-101-2004 Проектирование тепловой защиты зданий.

2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

В состав исходных данных для расчета входят следующие сведения:

2.1. Район застройки – принимается в соответствии с индивидуальным заданием преподавателя (см. «УЧЕБНОЕ ЗАДАНИЕ ПО АРХИТЕКТУРНОЙ КЛИМАТОЛОГИИ»).

2.2. Характеристика ограждений здания – конструкция наружной стены (пример: см. рис.1).

2.3. Назначение здания и помещения (пример: жилое здание, назначение помещения – жилая комната).

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Выполнение расчета производится в следующем порядке:

3.1. Определение исходных данных для расчета исходя из задания на расчетно-графическую работу.

3.1.1. Определение расчетных параметров наружной среды для района строительства (см. приложение 13, табл. Т-10).

3.1.2. Определение режима эксплуатации помещения с учетом нормативных санитарно-гигиенических показателей микроклимата его внутренней среды.

3.1.3. Определение условий эксплуатации ограждающей конструкции (ОК) с учетом климатических показателей района строительства и режима эксплуатации зданий и помещений.

3.2. Определение требуемого R_{req} термического сопротивления теплопередаче ОК и толщины слоя утеплителя.

3.3. Определение приведенного $R_0^{усл.тр}$ термического сопротивления ОК, исходя из варианта задания.

3.4. Определение толщины утеплителя наружной стены с целью обеспечения приведенного $R_0^{усл.тр}$ термического сопротивления ОК.

3.5. Определение расчетно-температурного перепада Δt_0 (разница между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности стены).

3.6. Определение положения слоя утеплителя относительно наружной поверхности ОК.

3.7. Оформление пояснительной записки к расчетно-графической работе.

4. МЕТОДИКА И ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Задание и исходные данные

Определить требуемую толщину утеплителя и вычислить приведенное сопротивление теплопередаче многослойной ограждающей конструкции (согласно индивидуальному заданию) с металлическими связями d = 6 мм (шаг раскладки — 0,6 м) стены жилого помещения здания, расположенного в г. Москве.

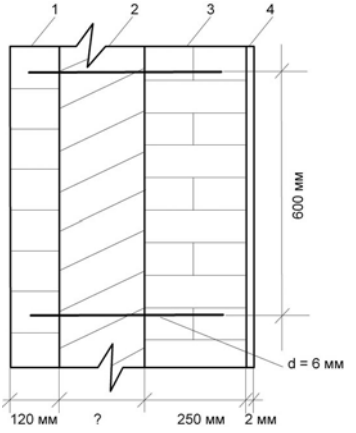


Рисунок 1. Схема ограждающей конструкции

Таблица 1. Слои ограждающей конструкции

№ слоя	Материал	Плотность ρ_0, кг/м³	Толщина δ, м
1	Кладка из керамического кирпича	1600	0.12
2	Плита минераловатная прошивная на синтетическом связующем	125	?
3	Кладка из сплошного глиняного кирпича	1800	0.25
4	Штукатурка (цементно-песчаный раствор)	1800	0.02

Порядок выполнения работы

4.1. Определение расчетных параметров наружной среды для района строительства

Расчетные параметры наружной среды, необходимые для расчета сопротивления теплопередаче, приведены в СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» [1] и определяются по СП 131.13330.2012 «Строительная климатология» [2]. К ним относятся:

– средняя температура воздуха периода со среднесуточной температурой воздуха меньше 8°С, определяется по таблице 1 СП 131.13330.2012: $t_{ht} = -3.1°C$;

– продолжительность периода со среднесуточной температурой воздуха меньше 8°С, определяется по табл. 1 СП 131.13330.2012: $z_{ht} = 214$ суток;

– средняя температура наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0.92, определяется по таблице 1 СП 131.13330.2012: t_{ext} = -32°С.

4.2. Определение режима эксплуатации помещения с учетом нормативных санитарно-гигиенических показателей микроклимата его внутренней среды

Параметры воздушной среды для обеспечения минимально-допустимых условий комфортности внутри жилого помещения в холодный период года, определяемые согласно таблице 1 СП 23-101-2004[1] (см. приложение 1), составляют:

– температура воздуха - t_{int} = 20°С;

– относительная влажность воздуха - j_{int} = 55%.

Режим эксплуатации помещения в холодный период года в зависимости от относительной влажности и температуры внутреннего воздуха определяется по таблице 1 СНиП 23-02-2003 (см. приложение 2): **нормальный**.

4.3. Определение условий эксплуатации ограждающей конструкции (ОК) с учетом климатических показателей района строительства и режима эксплуатации зданий и помещений

Условия эксплуатации ограждающей конструкции определяется с учетом климатических показателей района строительства и режима эксплуатации зданий и помещений.

Определяем зону влажности района строительства (г. Москва) по климатическим показателям наружной среды согласно приложению «В» к СНиП 23-02-2003 (см. приложение 10)[2]: **нормальная**.

---

[1] Для помещений, не указанных в таблице, температуру и относительную влажность воздуха внутренней среды следует принимать согласно ГОСТ 30494 (см. приложение 3) и нормам проектирования соответствующих зданий.

[2] Для районов строительства, расположенных на территории бывшего СССР за пределами Российской Федерации, зону влажности следует определять по аналогичной схеме из СНиП II-3-79* «Строительная климатология и геофизика» (см. приложение 11).

Условия эксплуатации ОК определяются по таблице 2 СНиП 23-02-2003 (см. приложение 4). Для **нормального** режима эксплуатации помещения и **нормальной** зоны влажности **условия эксплуатации ОК соответствуют параметру «Б».**

4.4. Определение требуемого R_{req} термического сопротивления теплопередаче ОК и толщины слоя утеплителя

4.4.1. Приведенное сопротивление теплопередаче R_0, м^2·°С/Вт, ограждающих конструкций, а также окон и фонарей (с вертикальным остеклением или с углом наклона более 45°) следует принимать не менее нормируемых значений R_{req}, м^2×°С/Вт, определяемых по таблице 4 СНиП 23-02-2003 (см. приложение 5) в зависимости от градусо-суток отопительного периода района строительства D_d, °С×сут.

Определяем градусы-сутки отопительного периода по формуле (1):

$$D_d = (t_{\text{int}} - t_{ht}) \times z_{ht} \quad [°\text{C}\times\text{сут}] \qquad (1)$$

(условные обозначения – см. в пп. 1, 2 настоящих Методических указаний).

$$D_d = (20 - (-3.1)) \times 214 = 4943.4 \quad [°\text{C}\times\text{сут}].$$

4.4.2. Определяем нормированное сопротивление теплопередаче по формуле (2):

$$R_{req} = a \times D_d + b \quad [\text{м}^2\times{}^0\text{С/Вт}] \qquad (2)$$

где: $a = 0{,}00035$; $b = 1{,}4$ согласно «Примечания» к табл. 4 СНиП 23-02-2003 (см. приложение 5);

$$R_{req} = 0{,}00035 \times 4943.4 + 1.4 = 3.13 \quad [\text{м}^2\times{}^0\text{С/Вт}].$$

4.4.3. Находим требуемое условное сопротивление теплопередаче по формуле (3):

$$R_0^{усл.тр} = \frac{R_{req}}{r} \quad [\text{м}^2\times°\text{С/Вт}] \qquad (3)$$

Где: $R_0^{усл.тр}$ – требуемое сопротивление теплопередаче конструкции без учета теплотехнической неоднородности ОК,

r – коэффициент теплотехнической неоднородности, «глади», глухой части стены. В рассматриваемом варианте принимаем $r = 0.87$.

$$R_0^{усл.тр} = \frac{3.13}{0.87} = 3.60 \quad [\text{м}^2\times°\text{С/Вт}].$$

4.4.4. Требуемое значение сопротивления теплопередаче слоя утеплителя из плит минераловатных прошивных на синтетическом связующем находим согласно п. 8 СП 23-101-2004 по формуле (4):

$$R_{ут}^{тр} = R_0^{усл.тр.} - (R_в + \sum R_{т,изв} + R_н) \text{ [м}^2\times°\text{C/Вт]} \qquad (4)$$

где: $R_в = 1/\alpha_{int}$ – коэффициент сопротивления теплоотдаче внутренней поверхности ограждающих конструкций. α_{int} принимаемый по таблице 7 СНиП 23-02-2003 (см. приложение 6): $\alpha_{int} = 8.7$ [Вт /(м^2×°С)].

$R_н = 1/\alpha_{ext}$ – коэффициент сопротивления теплоотдаче наружной поверхности ограждающих конструкций. α_{ext} принимаемый по табл. 8 СП 23-101-2004 для наружных стен, покрытий, перекрытий над проездами: $\alpha_{ext} = 23$ [Вт /(м^2×°С)].

$\sum R_{т,изв}$ – сумма сопротивления теплопередаче известных слоев ограждающей конструкции:

$$\sum R_{т,изв} = \frac{\delta 1}{\lambda 1} + ... + \frac{\delta n}{\lambda n} \text{ [м}^2\times°\text{C/Вт]},$$

где: $\delta 1$ – толщина 1-го известного слоя ограждающей конструкции; $\lambda 1$ – коэффициент теплопроводности 1-го известного слоя ограждающей конструкции; n – количество слоев многослойной ограждающей конструкции.

Для удобства расчетов заполняем таблицу расчетных данных:

Таблица 2 – Расчетные данные

Слой	Материал	Плотность ρ_0, кг/м^3	Толщина δ, м	Коэффициент теплопроводности λ_A, Вт/(м×°С)
1	Кладка из керамического кирпича	1600	0.12	0.64
2	Плита минераловатная прошивная (ГОСТ 21880)	125	?	0.07
3	Кладка из сплошного глиняного кирпича	1800	0.25	0.81
4	Штукатурка (цементно-песчаный раствор)	1800	0.02	0.93
Примечание: коэффициенты теплопроводности материалов в соответствии с п. 3 расчета принимаем для режима эксплуатации ОК «Б» по приложению 7[3]				

[3] Для материалов, не вошедших в приложение 7, коэффициент теплопроводности следует принимать по СП 23-101-2004 (приложение «Д»).

$$R_{ут}^{тр} = 3.60 - \left(\frac{1}{23} + \frac{0.12}{0.64} + \frac{0.25}{0.81} + \frac{0.02}{0.93} + \frac{1}{8.7} \right) = 3.60 - 0.68 = 2.92 \text{ [м}^2 \times {}^0\text{С/Вт]}$$

4.4.5. Расчетную толщину утеплителя находим по формуле (5):

$$\delta_{ут} = R_{ут}^{тр} \cdot \lambda_{ут} \text{ [м]} \qquad (5)$$

$$\delta_{ут} = 2.92 \times 0.07 = 0{,}204 \text{ [м]}.$$

Фактическую толщину утеплителя из конструктивных соображений принимаем (округляем полученный выше результат до целых см. в большую сторону):

$$\delta^{ф}{}_{ут} = 0.21 \text{ [м]}.$$

4.4.6. Для проверки полученного результата находим приведенное сопротивление теплопередаче наружной стены по формулам (6)-(7):

$$R_0^{усл.} = R_в + \sum R_{T,j} + R_н \text{ [м}^2 \times {}^0\text{С/Вт]} \qquad (6)$$

$$R_0 = R_0^{усл.} \times r \text{ [м}^2 \times {}^0\text{С/Вт]} \qquad (7)$$

$$R_0 = \left(\frac{1}{\alpha_н} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_{ут.}^{ф}}{\lambda_{ут}} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_в} \right) \times r =$$

$$\left(\frac{1}{23} + \frac{0.12}{0.64} + \frac{0.21}{0.07} + \frac{0.25}{0.81} + \frac{0.02}{0.93} + \frac{1}{8.7} \right) \times 0.87 = 3.20 \ \ м^2 \times {}^\circ C / Вт$$

4.4.7. Проверяем выполнение неравенства (достаточность сопротивления теплопередаче):

$$R_0 = 3.20 > R_{req} = 3.13 \text{ [м}^2 \times {}^\circ\text{С/Вт]}.$$

Вывод: фактическое приведенное сопротивление теплопередаче не меньше требуемого.

4.5. Определение расчетно-температурного перепада Δt_0 (разница между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности стены)

4.5.1. Определяем расчетный температурный перепад Δt_0, °С, между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции в соответствии с п. 5.8 СНиП 23-02-2003 по формуле (8):

$$\Delta t_0 = \frac{n(t_{\text{int}} - t_{ext})}{R_0 \cdot \alpha_{\text{int}}} \ [°\text{C}] \qquad (8)$$

где: Δt_0 – показывает расчетную разницу между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности стены;

n – коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности ограждения по отношению к наружному воздуху. Принимаем по таблице 6 СНиП 23-02-2003 (см. приложение 8): $n = 1$.

t_{int} – температура внутреннего воздуха здания, принимаемая по минимальным значениям оптимальной температуры для жилого помещения по таблице 1 СП 23-101-2004 (см. приложение 1): $t_{int} = 20°\text{C}$.

t_{ext} – температура наружного воздуха в холодный период года, °С, принимаемая равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0.92. Принимается по таблице 1 СП 131.13330.2012: $t_{ext} = -32°\text{C}$.

$$\Delta t_0 = \frac{1 \times (20 - (-32))}{3.2 \times 8.7} = 1.87 \ [°\text{C}]$$

4.5.2. Проверяем условие: $\Delta t_0 \le \Delta t_n$, где Δt_n – нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, принимаемый по таблице 5 СНиП 23-02-2003 (см. приложение 9): $\Delta t_n = 4°\text{C}$:

$$1.87°\text{C} < 4.0°\text{C}.$$

Вывод: принятая конструкция стены отвечает санитарно-гигиеническим и строительным требованиям к теплопередаче ограждающих конструкций по температурному перепаду.

4.6. Определение положения слоя утеплителя относительно наружной поверхности ОК.

4.6.1. Положение слоя утеплителя в составе ограждающей конструкции выбирается исходя из функционального назначения и режима эксплуатации зданий и помещений. При этом должна обеспечиваться требуемая термостабильность внутренней среды помещений при минимальном потреблении энергоресурсов на их отопление и кондиционирование.

Правильное расположение слоя утеплителя в составе ограждающей конструкции определяет долговечность и надежность ее эксплуатации. Для этого требуется предотвратить возможность образования и замерзания конденсата в жестких слоях ОК и обеспечить их минимальную температурную деформацию, обусловленную амплитудой колебания температуры наружного воздуха и других климатических параметров, определяющих условия эксплуатации ОК в течение всего года.

4.6.2. Для определения правильности положения слоя утеплителя, учитывая его ранее найденную толщину, рассмотрим распределение температур по сечению ограждающей конструкции при температуре наружного воздуха t_{ext} -32°С для двух вариантов (рис. 2):

1 вариант – слой утеплителя находится со стороны наружной среды, а кирпичная кладка (несущий слой) – с внутренней стороны;

2 вариант – слой утеплителя находится со стороны внутренней среды, а кирпичная кладка (несущий слой) – с наружной стороны ОК.

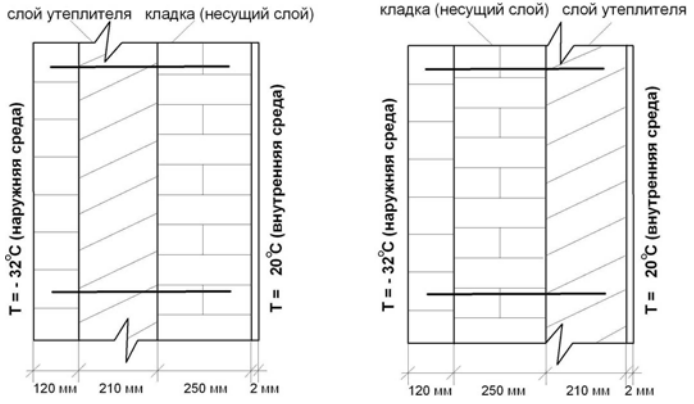


Рисунок 2. Варианты положения слоя утеплителя в ОК

4.6.3. Определение распределения температур в сечении конструкции для двух вариантов положения слоя утеплителя.

Температура на границе n-ного слоя ограждающей конструкции τ_n, с его «теплой» стороны, определяется как:

$$\tau_n = t_{\text{int}} - \frac{t_{\text{int}} - t_{ext}}{R_0} \times \text{r} \times (\text{R}_{\text{в}} + \text{R}_1 + ... + \text{R}_{\text{n}}) \ [°\text{C}] \qquad (9)$$

где: R_1 … R_n – сопротивление теплопередаче n-ного слоя ОК, остальные обозначения те же, что и выше по тексту.

4.6.4. Подставляя в (9) исходные данные и полученные расчетом значения, получаем, что для 1-го варианта (слой утеплителя находится со стороны наружной среды, а кирпичная кладка – с внутренней):

а) температура внутренней поверхности ограждающей конструкции составит

$\tau_{int} = t_{int} - [(t_{int} - t_{ext})/R_0] \times r \times [1/\alpha_{int}] = 20 - [(20+32)/3.20] \times 0.87 \times [1/8.7] = 18.37°\text{C}$.

б) температура внутренней поверхности несущего слоя (кладка из сплошного глиняного кирпича) составит

$\tau_1 = 20 - [(20+32)/3.20] \times 0.87 \times [1/8.7+0.02/0.93] = 18.07°\text{C}$.

в) температура внутренней поверхности утеплителя (плита минераловатная) составит

$$\tau_2 = 20 - [(20+32)/3.20]\times 0.87\times[1/8.7+0.02/0.93+ 0.25/0.81] = 13.71^{\circ}\text{C}.$$

г) температура внутренней поверхности облицовки (кладка из керамического кирпича) составит

$$\tau_3 = 20 - [(20+32)/3.20]\times 0.87\times[1/8.7+0.02/0.93+ 0.25/0.81 + 0.21/0.07] =$$
$$= -28.71^{\circ}\text{C}.$$

д) температура внешней поверхности облицовки (кладка из керамического кирпича) составит

$$\tau_{ext} = 20 - [(20+32)/3.20]\times 0.87\times[1/8.7+0.02/0.93+0.25/0.81+0.21/0.07 + 0.12/0.64] = -31.36^{\circ}\text{C}.$$

4.6.5. Подставляя в (9) исходные данные и полученные расчетом значения, получаем, что для 2-го варианта (слой утеплителя находится со стороны внутренней среды, а кирпичная кладка – с наружной):

а) температура внутренней поверхности ограждающей конструкции составит

$$\tau_{int} = t_{int} - [(t_{int} - t_{ext})/R_0]\times r]\times[1/\alpha_{int}\ ] = 20 - [(20+32)/3.20]\times 0.87\times[1/8.7] = 18.37^{\circ}\text{C}.$$

б) температура внутренней поверхности утеплителя (плита минераловатная) составит

$$\tau_1 = 20 - [(20+32)/3.20]\times 0.87\times[1/8.7+0.02/0.93] = 18.07^{\circ}\text{C}.$$

в) температура внутренней поверхности несущего слоя (кладка из сплошного глиняного кирпича) составит

$$\tau_2 = 20 - [(20+32)/3.20]\times 0.87\times[1/8.7+0.02/0.93+ 0.21/0.07] = -25.16^{\circ}\text{C}.$$

г) температура внутренней поверхности облицовки (кладка из керамического кирпича) составит

$$\tau_3 = 20 - [(20+32)/3.20]\times 0.87\times[1/8.7+0.02/0.93+ 0.21/0.07 + 0.25/0.81] =$$
$$= -28.71^{\circ}\text{C}.$$

д) температура внешней поверхности облицовки (кладка из керамического кирпича) составит

$$\tau_{ext} = 20 - [(20+32)/3.20]\times 0.87\times[1/8.7+0.02/0.93+0.21/0.07 + 0.25/0.81+ 0.12/0.64] = -31.36^{\circ}\text{C}.$$

4.6.5. Сравним варианты распределения температур по сечению конструкции. Для этого построим соответствующие диаграммы с результатами расчета (рис. 3)

В первом варианте (слой утеплителя расположен снаружи кладки) температура в кладке падает всего на 4.66°С, таким образом, несущий слой всегда будет находиться в области положительных температур, а диапазон их колебаний будет оставаться небольшим даже при больших амплитудах суточных и сезонных колебаний температуры наружного воздуха. Это уменьшает размер температурных деформаций в кладке и, следственно, вероятность образования деформационных напряжений и трещин. Пологий наклон графика температур показывает, что при временном отключении систем отопления наружу будет отдаваться небольшое количество тепла, что обеспечит термостабильность внутренней среды помещения. За счет того, что кладка (несущий слой) даже при экстремальных похолоданиях будет находиться в области положительных температур, снижается вероятность образования конденсата и исключается возможность его замерзания в теле кладки несущей конструкции.

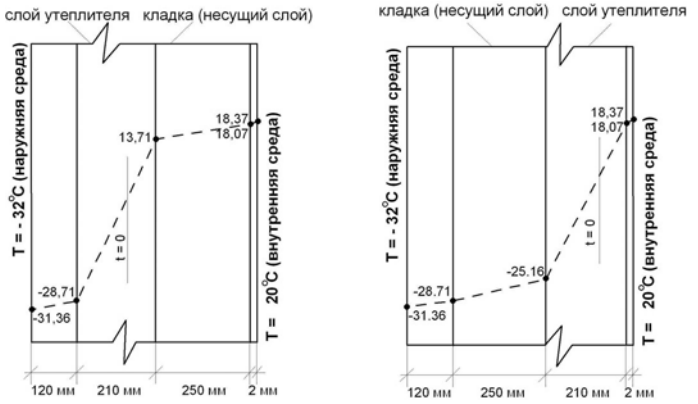


Рисунок 3. Распределение температур в ОК при различных вариантах положения слоя утеплителя

Во втором варианте, кода слой утеплителя расположен со стороны внутренней среды здания, температура в кладке в зимнее время будет находиться в области отрицательных температур. Таким образом, при резких изменениях температуры воздуха в годовом ходе, а также при резкой смене погодных условий (потепление, похолодание) кладка будет подвергаться воздействию больших температурных колебаний, что может привести к появлению в ней трещин от температурных деформаций.

Кроме того, в переходные сезоны года, когда в суточном ходе температура наружной среды переходит через 0°С, в кладке может накапливаться конденсат, а при положении нулевой изотермы внутри несущего слоя конструкции будет происходить его замерзание и, как следствие, появится возможность образования трещин, связанных с увеличение объема воды при превращении ее в лед (физическое выветривание).

Таким образом, положение слоя утеплителя в ограждающей конструкции в общем случае не влияет на значения температур внутренней и наружной поверхности. Несмотря на это в конструктивном отношении слой утеплителя целесообразно располагать с внешней стороны ограждающих конструкций жилых домов и других зданий, к помещениям которых предъявляется требования поддержания стабильной положительной температуры в течение всего времени их эксплуатации (суток, года).

4.7. Оформление пояснительной записки к расчетно-графической работе

Расчетно-графическая работа оформляется в виде пояснительной записки, состоящей из титульного листа (см. приложение 12), текстовой части (включающей соответствующие рисунки и таблицы), оформляемой аналогично пп. 4.1-4.6 настоящих учебно-методических указаний и списка литературы.

ЛИТЕРАТУРА

Михеев А.П., Береговой А.М., Петрянина Л.Н. Проектирование зданий и застройки населенных мест с учетом климата и энергосбережения: Учебное пособие. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Издательство АСВ, 2002. – 192 с.

Пономарев В.А. Архитектурное конструирование: Учебное пособие. М.: «Архитектура –С», 2008. – 738 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Таблица П-1. Оптимальная температура и допустимая относительная влажность воздуха внутри здания для холодного времени года

Тип здания	Температура воздуха внутри здания t_{int}, °С (для расчетов брать минимальное значение)	Относительная влажность внутри здания j_{int}, % не более
Жилые	20-22	55
Поликлиники и лечебные учреждения	21-22	55
Дошкольные учреждения	22-23	55

Приложение 2

Таблица П-2. Влажностный режим помещений зданий

Режим	Влажность внутреннего воздуха, %, при температуре, °С		
	до 12	св. 12 до 24	св.24
Сухой	До 60	До 50	До 40
Нормальный	Св. 60 до 75	Св. 50 до 60	Св. 40 до 50
Влажный	Св.75	» 60 » 75	» 50 » 60
Мокрый	—	Св. 75	Св. 60

Таблица П-3. Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в обслуживаемой зоне помещений жилых зданий и общежитий

Период года	Наименование помещения	Температура воздуха, °С		Результирующая температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая, не более	оптимальная, не более	допустимая, не более
Холодный	Жилая комната	20-22	18-24 (20-24)	19-20	17-23 (19-23)	45-30	60	0,15	0,2
	То же, в районах с температурой наиболее холодной пятидневки (обеспеченностью 0,92) минус 31°С	21-23	20-24 (22-24)	20-22	19-23 (21-23)	45-30	60	0,15	0,2
	Кухня	19-21	18-26	18-20	17-25	НН*	НН	0,15	0,2
	Туалет	19-21	18-26	18-20	17-25	НН	НН	0,15	0,2
	Ванная, совмещенный санузел	24-26	18-26	23-27	17-26	НН	НН	0,15	0,2
	Помещения для отдыха и учебных занятий	20-22	18-24	19-21	17-23	45-30	60	0,15	0,2
	Межквартирный коридор	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	НН	НН	0,2	0,3
	Кладовые	16-18	12-22	15-17	11-21	НН	НН	НН	НН
Теплый	Жилая комната	22-25	20-28	22-24	18-27	60-30	65	0,2	0,3

*НН - не нормируется

Примечание - Значения в скобках относятся к домам для престарелых и инвалидов

Приложение 4

Таблица П-4. Условия эксплуатации ограждающих конструкций

Влажностный режим помещений зданий	Условия эксплуатации А и Б в зоне влажности		
	сухой	нормальной	влажной
Сухой	А	А	Б
Нормальный	А	Б	Б
Влажный или мокрый	Б	Б	Б

Приложение 5

Таблица П-5. Нормируемые значения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций

Здания и помещения, коэффициенты *a* и *b*	Градусо-сутки отопительного периода D_d, °С·сут	Нормируемые значения сопротивления теплопередаче стен R_{req}, м^2·°С/Вт
1	2	3
1 Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты, гостиницы и общежития	2000	2,1
	4000	2,8
	6000	3,5
	8000	4,2
	10000	4,9
	12000	5,6
a	—	0,00035
b	—	1,4

Примечания:

1 Значения R_{req} для величин D_d, отличающихся от табличных, следует определять по формуле:

$$R_{req} = aD_d + b,$$

где D_d — градусо-сутки отопительного периода, °С·сут, для конкретного пункта; a, b — коэффициенты, значения которых следует принимать по данным таблицы для соответствующих групп зданий

Приложение 6

Таблица П-6. Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции

Внутренняя поверхность ограждения	Коэффициент теплоотдачи α_{int}, Вт/(м2·°С)
1. Стен, полов, гладких потолков, потолков с выступающими ребрами при отношении высоты h ребер к расстоянию а между гранями соседних ребер h/a ≤ 0,3	8,7
2. Потолков с выступающими ребрами при отношении h/a > 0,3	7,6
3. Окон	8,0
4. Зенитных фонарей	9,9

Приложение 7

Таблица П-7. Теплотехнические показатели некоторых строительных материалов при условиях эксплуатации по А и Б.

Наименование материала	ρ_0 кг/м³	λ Вт/(мºС)	
		А	Б
1	2	3	4
1. Бетоны и растворы			
Железобетон	2500	1,92	2,04
Пемзобетон	1000	0,30	0,34
Бетон на вулканическом шлаке	1000	0,29	0,35
Керамзитобетон на керамзитовом песке и керамзитобетон	1000	0,33	0,41
Керамзитобетон на кварцевом песке с поризацией	1000	0,41	0,47
Керамзитобетон на перлитовом песке	1000	0,35	0,41
Шунгизитобетон	1000	0,33	0,38
Перлитобетон	800	0,27	0,33
Шлакопемзобетон /термозитобетон/	1000	0,31	0,37
Шлакопемзогазобетон	1000	0,35	0,41

Приложение 7 (продолжение)

1	2	3	4
Газо- и пенобетон, газо- и пено-силикат			
То же	600	0,22	0,26
Газо- и пенозолобетон	300	0.11	0.13
Цементно-песчаный раствор	800	0,35	0,41
Известково-песчаный раствор	1800	0,76	0,93
Гипсоперлитовый раствор	1600	0,70	0,81
Листы гипсовые обшивочные /сухая	600	0,19	0,23
штукатурка/	800	0,19	0,21
2. Кирпичная кладка и облицовка природным камнем			
Кирпичная кладка из кирпича:			
-глиняного обыкновенного на цементно-песчаном р-ре	1800	0,70	0,81
-глиняного обыкновенного на цементно-перлитовом растворе	1600	0,58	0,70
-силикатного на цементно-песч. р-ре	1800	0,76	0,87
-шлакавого на цементно-песч. р-ре	1500	0,64	0,70
-керамического пустотного на цементно-песчаном растворе	1600	0,58	0,64
-то же	1400	0,52	0,58
-то же	1200	0,47	0,52
3. Теплоизоляционные материалы			
- Маты минераловатные прошивные на синтетическом связующем	125	0,064	0,07
-Плиты мягкие, полужесткие и жесткие минераловатные на синтетическом и битумном связующем	150	0,068	0,073
-Плиты минераловатные повышенной жесткости на органофосфатном связующем	200	0,07	0,076
-Плиты полужесткие минераловатные на крахмальном связующем	125	0,06	0,064
-Плиты из стеклянного и штапельного волокна на синтетическом связующем	45	0,06	0,064
-Пенополистирол	150	0,052	0,06
-То же	40	0,041	0,05
-Пенополиуретан	80	0,05	0,05
-Плиты из резольно-фенолформальде-гидного пенопласта	90	0,053	0,073

Таблица П-8. Коэффициент, учитывающий зависимость положения ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху

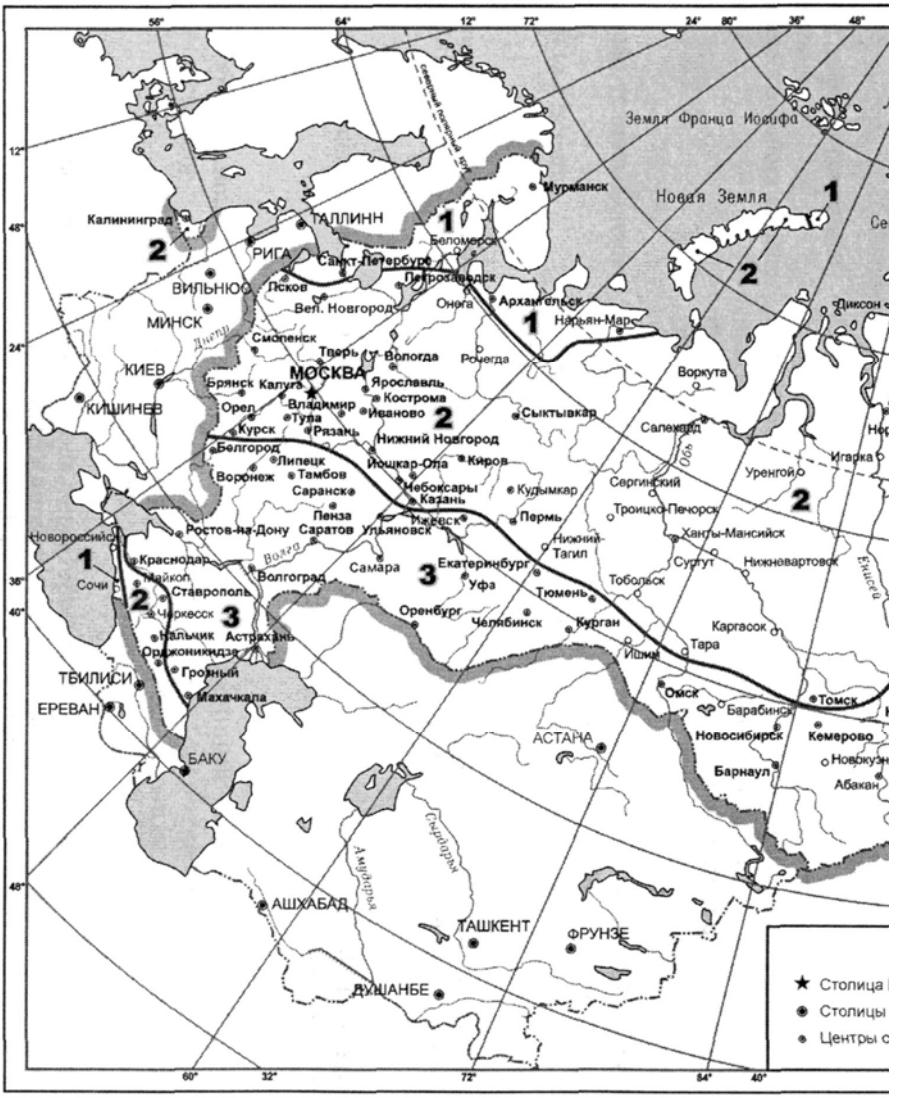
Ограждающие конструкции	Коэффициент n
1. Наружные стены и покрытия (в том числе вентилируемые наружным воздухом), зенитные фонари, перекрытия чердачные (с кровлей из штучных материалов) и над проездами; перекрытия над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительно-климатической зоне	1
2. Перекрытия над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; перекрытия чердачные (с кровлей из рулонных материалов); перекрытия над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в Северной строительно-климатической зоне	0,9
3. Перекрытия над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах	0,75
4. Перекрытия над неотапливаемыми подвалами без световых проемов в стенах, расположенные выше уровня земли	0,6
5. Перекрытия над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенными ниже уровня земли	0,4

Приложение 9

Таблица П-9. Нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции

Здания и помещения	Нормируемый температурный перепад Δt_n, °С, для			
	наружных стен	покрытий и чердачных перекрытий	перекрытий над проездами, подвалами и подпольями	зенитных фонарей
Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты	4,0	3,0	2,0	$t_{int} - t_d$

Схема С-1. Карта зон влажности (ПО СНиП 23-02-2003)



Приложение 10

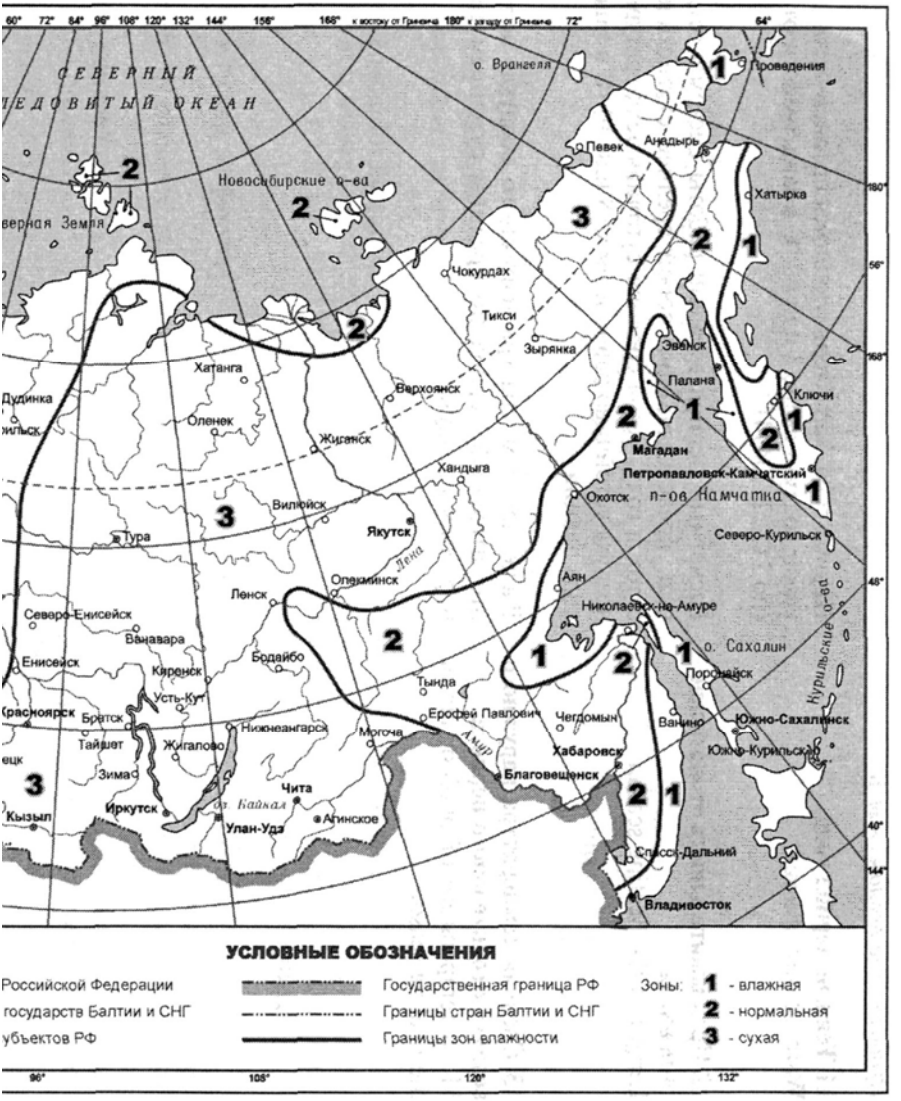
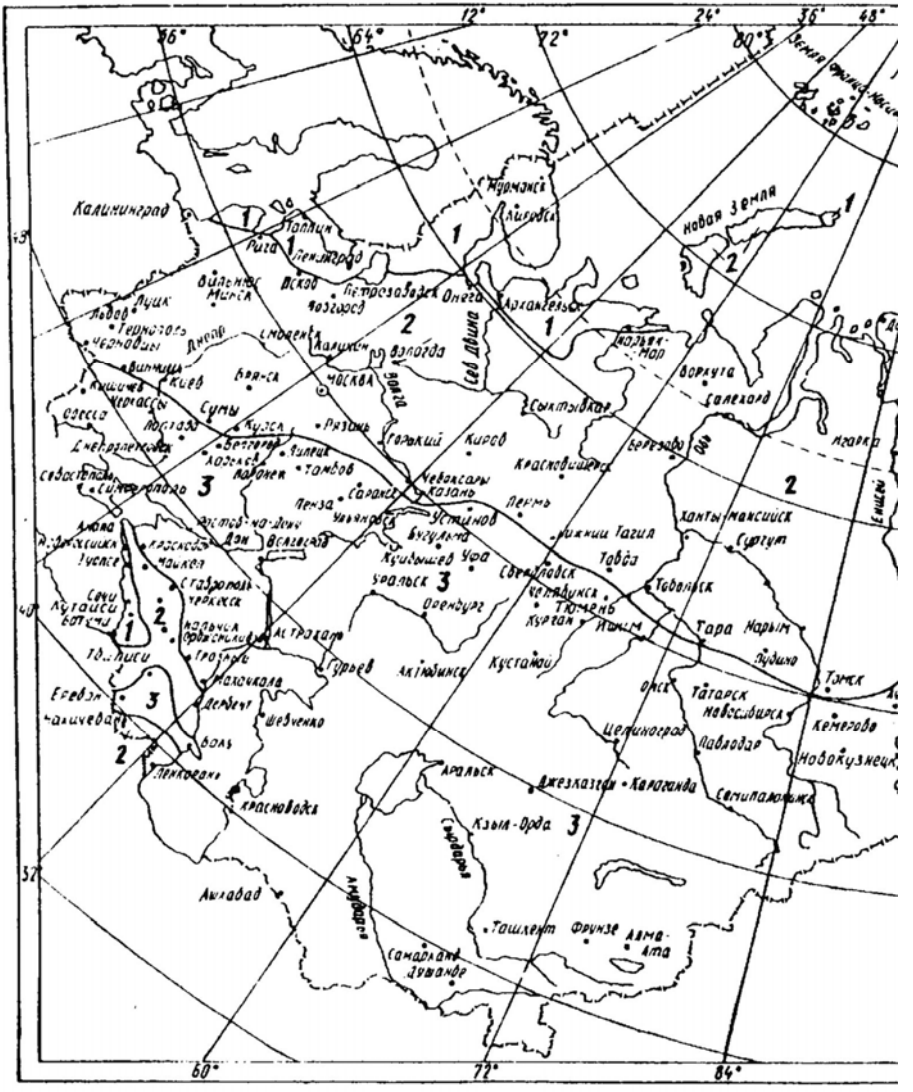
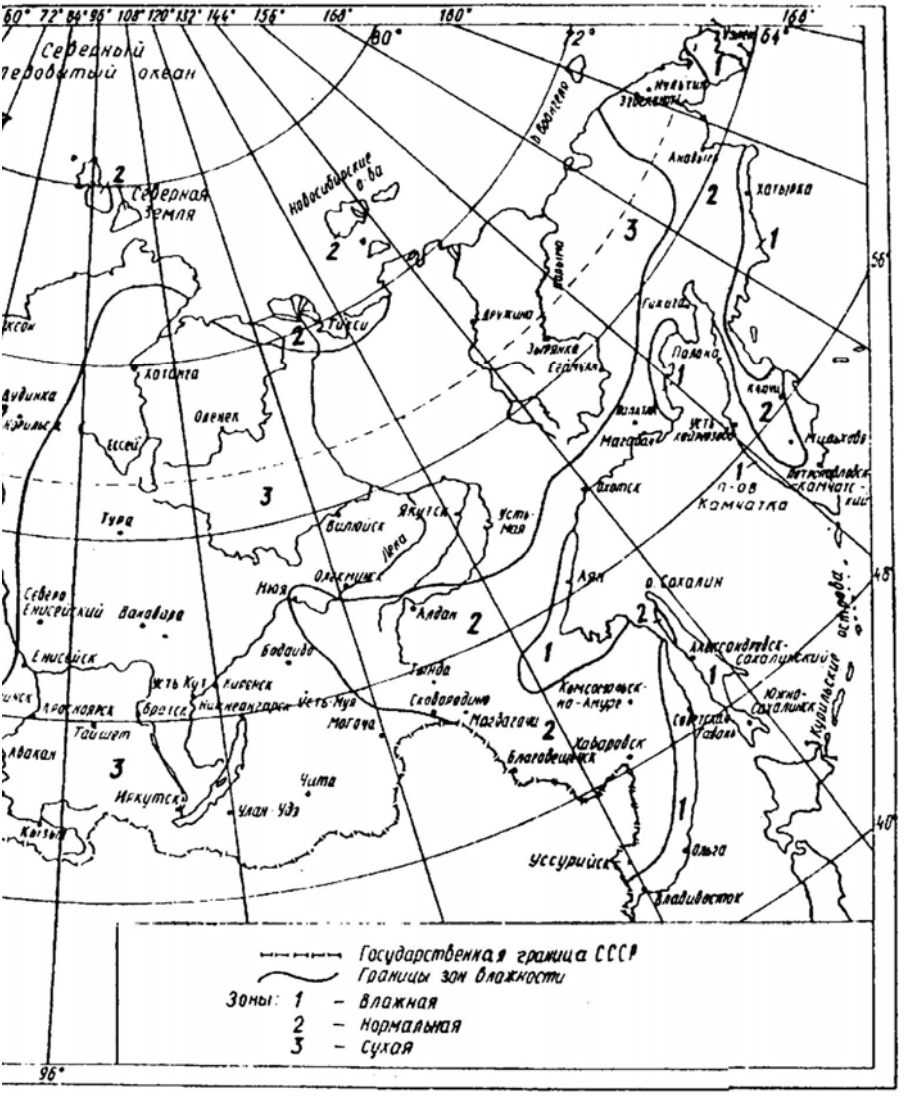


Схема С-2. Зоны влажности территории СССР (по СНиП II-3-79*)



Приложение 11



Приложение 12

Образец оформления титульного листа

Московский архитектурный институт (государственная академия)
Кафедра архитектурной физики

Специальность: 270100 – Архитектура.
(270300 – Дизайн архитектурной среды)

Расчетно-графическая работа

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ

по дисциплине_____«Архитектурная климатология»_____

Студента(ки)_____курса_____группы

_____Ф.И.О._____

Преподаватель: _____
(должность) (подпись) (Фамилия И.О.)

Оценка работы_____

Москва
201_

Приложение 13

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА

Таблица П-10 — Климатические данные для расчета

Город	Продолжительность отопительного периода z_{ht} ℃	Температура отопительного периода t_{ht}, *дни*	Температура наиболее холодной 5-дневки t_{ext} ℃	Город	Продолжительность отопительного периода z_{ht} ℃	Температура отопительного периода t_{ht}, *дни*	Температура наиболее холодной 5-дневки t_{ext} ℃
Актюбинск	200	-6,8	-36	Одесса	158	+1,7	-21
Архангельск	253	-4,4	-37	Петрозаводск	240	-3,1	-34
Астрахань	167	-1,2	-26	Рига	199	-0,4	-25
Ашхабад	108	+4	-16	Ростов-на-Дону	171	-0,6	-27
Гурьев (Атырау)	177	-3,4	-30	Санкт-Петербург	220	-1,8	-30
Джамбул	162	-0,7	-28	Саратов	196	-4,3	-33
О. Диксон	365	-11,4	-44	Семипалатинск	203	-7,8	-41
Ереван	140	+1,0	-19	Симферополь	153	+2,6	-20
Иркутск	240	-8,5	-38	Ставрополь	168	+0,9	-23
Каунас	104	-0,9	-22	Ташкент	129	+2,7	-16
Киев	176	-0,6	-26	Тбилиси	121	+4,1	-11
Кизиларват	118	+3,0	-18	Туркестан	151	-0,3	-26
Кишинев	162	+0,6	-22	Уральск	198	-5,9	-36
Кустанай	212	-8,1	-36	Харьков	179	-1,5	-28
Кзыл-Орда	175	-4,3	-30	Хабаровск	211	-9,3	-34
Махачкала	148	+2,7	-19	Херсон	163	+1,0	-23
Мурманск	275	-3,2	-32	Шевченко (Форт-)	157	0,9	-19
Новосибирск	230	-8,7	-42	Эльтон	181	-3,6	-31

ВАРИАНТЫ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

ВАРИАНТ 1

№ слоя	Материал	Плотность ρ_0, кг/м³	Толщина δ, м
1	Кладка из керамического кирпича	1600	0,12
2	Плита минераловатная на органофосфатном связующем	200	?
3	Кладка из сплошного глиняного кирпича	1800	0,25
4	Штукатурка (цементно-песчаный раствор)	1800	0,02

ВАРИАНТ 2

№ слоя	Материал	Плотность ρ_0, кг/м³	Толщина δ, м
1	Кладка из керамического кирпича	1400	0,12
2	Мат минераловатный прошивной	125	?
3	Кладка из сплошного глиняного кирпича	1800	0,38
4	Штукатурка (известково-песчаный раствор)	1600	0,02

ВАРИАНТ 3

№ слоя	Материал	Плотность ρ_0, кг/м³	Толщина δ, м
1	Кладка из керамического кирпича	1200	0,12
2	Мат минераловатный прошивной	125	?
3	Газобетон	800	0,38
4	Штукатурка (цементно-песчаный р-рр)	1800	0,02

ВАРИАНТ 4

№ слоя	Материал	Плотность ρ_0, кг/м³	Толщина δ, м
1	Кладка из глиняного кирпича	1800	0,12
2	Плита минераловатная на крахмальном связующем	125	?
3	Кладка из сплошного глиняного кирпича	1800	0,25
4	Сухая штукатерка (листы гипсовые обшивочные)	800	0,02

ВАРИАНТ 5

№ слоя	Материал	Плотность ρ_0, кг/м³	Толщина δ, м
1	Кладка из силикатного кирпича на песчанно-цементном растворе	1800	0,12
2	Плита из стеклянного или штапельного волокна на синтетическом связующем	45	?
3	Керамзитобетон на керамзитовом песке	1000	0,38
4	Штукатурка (цементно-песчаный раствор)	1800	0,02

ВАРИАНТ 6

№ слоя	Материал	Плотность ρ_0, кг/м³	Толщина δ, м
1	Кладка из глиняного кирпича	1600	0,12
2	Пенополистирол	150	?
3	Керамзитобетон на керамзитовом песке	1000	0,25
4	Штукатурка (цементно-песчаный раствор)	1800	0,02

ВАРИАНТ 7

№ слоя	Материал	Плотность ρ_0, кг/м³	Толщина δ, м
1	Кладка из шлакового кирпича	1500	0,12
2	Пенополистирол	40	?
3	Керамзитобетон на керамзитовом песке	1000	0,38
4	Штукатурка (цементно-песчаный раствор)	1800	0,02

ВАРИАНТ 8

№ слоя	Материал	Плотность ρ_0, кг/м³	Толщина δ, м
1	Кладка из керамического пустотного кирпича	1600	0,12
2	Пенополиуретан	80	?
3	Керамзитобетон на керамзитовом песке	1000	0,25
4	Штукатурка (цементно-песчаный раствор)	1800	0,02

ВАРИАНТ 9

№ слоя	Материал	Плотность ρ_0, кг/м³	Толщина δ, м
1	Кладка из керамического пустотного кирпича	1400	0,12
2	Пенополиуретан	80	?
3	Керамзитобетон на керамзитовом песке	1000	0,38
4	Штукатурка (цементно-песчаный раствор)	1800	0,02

ВАРИАНТ 10

№ слоя	Материал	Плотность ρ_0, кг/м³	Толщина δ, м
1	Кладка из керамического пустотного кирпича	1200	0,12
2	Плита полужесткая минераловатная на битумном связующем	150	?
3	Керамзитобетон на керамзитовом песке	1000	0,25
4	Штукатурка (цементно-песчаный раствор)	1800	0,02

ВАРИАНТ 11

№ слоя	Материал	Плотность ρ_0, кг/м³	Толщина δ, м
1	Железобетон	2500	0,12
2	Пенополистирол	150	?
3	Кладка из сплошного глиняного кирпича	1800	0,38
4	Штукатурка (цементно-песчаный раствор)	1800	0,02

ВАРИАНТ 12

№ слоя	Материал	Плотность ρ_0, кг/м³	Толщина δ, м
1	Пемзобетон	1000	0,12
2	Плита из стеклянного или штапельного волокна на синтетическом связующем	45	?
3	Кладка из сплошного глиняного кирпича	1800	0,25
4	Штукатурка (цементно-песчаный раствор)	1800	0,02

ВАРИАНТ 13

№ слоя	Материал	Плотность ρ_0, кг/м³	Толщина δ, м
1	Бетон на вулканическом шлаке	1000	0,12
2	Пенополистирол	150	?
3	Кладка из сплошного глиняного кирпича	1800	0,25
4	Штукатурка (цементно-песчаный раствор)	1800	0,02

ВАРИАНТ 14

№ слоя	Материал	Плотность ρ_0, кг/м³	Толщина δ, м
1	Керамзитобетон на керамзитовом песке	1000	0,12
2	Плита из стеклянного или штапельного волокна на синтетическом связующем	45	?
3	Кладка из сплошного глиняного кирпича	1800	0,38
4	Штукатурка (цементно-песчаный раствор)	1800	0,02

ВАРИАНТ 15

№ слоя	Материал	Плотность ρ_0, кг/м³	Толщина δ, м
1	Керамзитобетон на кварцевом песке с поризацией	1000	0,12
2	Плита мягкая минераловатная на синтетическом связующем	150	?
3	Кладка из сплошного глиняного кирпича	1800	0,25
4	Штукатурка (цементно-песчаный раствор)	1800	0,02

ВАРИАНТ 16

№ слоя	Материал	Плотность ρ_0, кг/м³	Толщина δ, м
1	Керамзитобетон на перлитовом песке	1000	0,12
2	Пенополистирол	40	?
3	Кладка из сплошного глиняного кирпича	1800	0,25
4	Штукатурка (цементно-песчаный раствор)	1800	0,02

ВАРИАНТ 17

№ слоя	Материал	Плотность ρ_0, кг/м³	Толщина δ, м
1	Шунгизитобетон	1000	0,12
2	Пенополистирол	40	?
3	Кладка из сплошного глиняного кирпича	1800	0,25
4	Штукатурка (цементно-песчаный раствор)	1800	0,02

ВАРИАНТ 18

№ слоя	Материал	Плотность ρ_0, кг/м³	Толщина δ, м
1	Перлитобетон	800	0,12
2	Плита из стеклянного или штапельного волокна на синтетическом связующем	45	?
3	Кладка из сплошного глиняного кирпича	1800	0,25
4	Штукатурка (цементно-песчаный раствор)	1800	0,02

ВАРИАНТ 19

№ слоя	Материал	Плотность ρ_0, кг/м³	Толщина δ, м
1	Термозитобетон	1000	0,12
2	Плита полужесткая минераловатная на битумном связующем	150	?
3	Кладка из сплошного глиняного кирпича	1800	0,38
4	Штукатурка (цементно-песчаный раствор)	1800	0,02

ВАРИАНТ 20

№ слоя	Материал	Плотность ρ_0, кг/м³	Толщина δ, м
1	Шлакопемзогазобетон	1000	0,12
2	Плита из стеклянного или штапельного волокна на синтетическом связующем	50	?
3	Кладка из сплошного глиняного кирпича	1800	0,25
4	Штукатурка (цементно-песчаный раствор)	1800	0,02

ВАРИАНТ 21

№ слоя	Материал	Плотность ρ_0, кг/м³	Толщина δ, м
1	Газобетон	600	0,12
2	Плита полужесткая минераловатная на синтетическом связующем	150	?
3	Кладка из сплошного глиняного кирпича	1800	0,38
4	Штукатурка (цементно-песчаный раствор)	1800	0,02

ВАРИАНТ 22

№ слоя	Материал	Плотность ρ_0, кг/м³	Толщина δ, м
1	Газобетон	300	0,12
2	Пенополистирол	40	?
3	Кладка из сплошного глиняного кирпича	1800	0,25
4	Штукатурка (цементно-песчаный раствор)	1800	0,02

ВАРИАНТ 23

№ слоя	Материал	Плотность ρ_0, кг/м³	Толщина δ, м
1	Пенобетон	600	0,12
2	Плита минераловатная повышенной жесткости	200	?
3	Кладка из сплошного глиняного кирпича	1800	0,38
4	Штукатурка (цементно-песчаный раствор)	1800	0,02

ВАРИАНТ 24

№ слоя	Материал	Плотность ρ_0, кг/м³	Толщина δ, м
1	Пенобетон	600	0,12
2	Пенополистирол	40	?
3	Кладка из сплошного глиняного кирпича	1800	0,25
4	Штукатурка (цементно-песчаный раствор)	1800	0,02

ВАРИАНТ 25

№ слоя	Материал	Плотность ρ_0, кг/м³	Толщина δ, м
1	Газобетон	800	0,12
2	Плита минераловатная повышенной жесткости	200	?
3	Кладка из сплошного глиняного кирпича	1800	0,38
4	Штукатурка (цементно-песчаный раствор)	1800	0,02