

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

АРХИТЕКТУРНАЯ ФИЗИКА

Методические указания
по выполнению расчетно-графической работы
для направлений подготовки 07.03.04 «Градостроительство»,
07.03.01 «Архитектура» (бакалавриат)

Пенза 2016

УДК 72: 53 (075.8)
ББК 85.11+22.3я 73
А87

Рекомендовано Редсоветом университета
Рецензенты – кандидат технических наук,
доцент О.Л. Викторова (ПГУАС)

Архитектурная физика: методические указания по выполнению расчетно-графической работы для направлений подготовки 07.03.04 «Градостроительство», 07.03.01 «Архитектура» (бакалавриат) / Л.Н. Петрянина. – Пенза: ПГУАС, 2016. – 32 с.

Рассмотрены теоретические основы для подготовки к выполнению расчетно-графической работы по дисциплине «Архитектурная физика» в разделе строительная тепло-техника. Изложены методы расчета и проектирования ограждающих конструкций, отвечающих требованиям тепловой защиты зданий. Приведены примеры расчетов, справочные материалы с учетом современных нормативных требований по проектированию ограждающих конструкций.

Методические указания подготовлены на кафедре «Городское строительство и архитектура» и предназначены для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 07.03.04 «Градостроительство», 07.03.01 «Архитектура».

© Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2016
© Петрянина Л.Н., 2016

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Расчетно-графическая работа по архитектурной физике выполняется по разделу «Теплотехника».

Основная задача раздела теплотехники – обоснование наиболее целесообразных в эксплуатации решений зданий и ограждающих конструкций, удовлетворяющих требованиям обеспечения в помещениях благоприятного микроклимата для деятельности или отдыха человека. Поэтому студент должен:

Знать нормативно-технические требования по проектированию ограждающих конструкций, отвечающих тепловой защите зданий, отечественного и зарубежного опыта;

Уметь использовать знания, требования и опыт проектирования наружных ограждающих конструкций для разработки своих конструктивных решений, согласно задания на проектирование и составлять отчеты по выполненным расчетам;

Владеть имеющейся методикой и расчетными программами по проектированию энергоэффективных наружных ограждающих конструкций.

Таким образом, выполнение расчетно-графической работы позволит студентам сформировать следующие компетенции:

по направлению подготовки 07.03.04 «Градостроительство»:

– готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;

– владение знаниями комплекса гуманитарных, естественнонаучных и прикладных дисциплин, необходимых для формирования градостроительной политики и разработки программ градостроительного развития территории; владение навыками предпроектного градостроительного анализа, в том числе выявлением достоинств и недостатков, ограничений и рисков освоения территории и реконструкции застройки; готовность планировать градостроительное развитие территории;

по направлению подготовки 07.03.01 «Архитектура»:

– умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;

– способность разрабатывать архитектурные проекты согласно функциональным, эстетическим, конструктивно-техническим, экономическим и другим основополагающим требованиям, нормативам и законодательству на всех стадиях: от эскизного проекта – до детальной разработки и оценки завершеного проекта согласно критериям проектной программы;

– способностью взаимно согласовывать различные факторы, интегрировать разнообразные формы, знания и навыки при разработке проектных решений, координировать междисциплинарные цели;

– способность применять знания смежных и сопутствующих дисциплин при разработке проектов, действовать инновационно и технически грамотно при использовании строительных технологий, материалов, конструкций, систем жизнеобеспечения и информационно-компьютерных средств;

– способность координировать взаимодействие специалистов смежных профессий в проектном процессе с учетом профессионального разделения труда.

Рационально запроектированные наружные ограждающие конструкции должны удовлетворять следующим теплотехническим требованиям:

1) обладать достаточными теплотехническими свойствами, предохраняя помещение от холодов в зимнее время и осенью, и защищать их от перегрева солнцем в летнее время.

2) при эксплуатации не иметь на внутренней поверхности слишком низкой температуры, во избежание образования на ней конденсата;

3) воздухопроницаемость их не должна превосходить допустимого предела, выше которого воздухообмен будет охлаждать помещение;

4) сохранять нормальный влажностный режим, учитывая, что увлажнённые ограждения ухудшают его теплозащитные свойства и недолговечны.

Исходя из теплотехнических требований, предъявляемых к наружной стене задание на выполнение расчетно-графической работы должно включать разделы, позволяющие запроектировать ограждающую конструкцию, отвечающую современным требованиям тепловой защиты зданий.

Тепловая защита здания обеспечивается, если выполняются два условия:

1. Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции (R_0) должно быть больше нормируемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции из условия энергосбережения (R_{reg}): $R_0 < R_{reg}$.

2. Расчетный температурный перепад между температурой воздуха внутри помещения и температурой на внутренней поверхности ограждающей конструкции (Δt_0) не должен превышать нормируемого температурного перепада (Δt_n): $\Delta t_0 < \Delta t_n$.

Общее сопротивление теплопередаче R_0 определяется по формуле

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{int}} + \sum_i \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{ext}} ;$$

где α_{int} – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции и определяется по [4, табл. 7], Вт/(м²·°С);

α_{ext} – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции и определяется по [5, табл. 8], Вт/(м²·°С);

λ_i – расчетный коэффициент теплопроводности материала первого слоя [1, прил. 3*] или [5, прил. Д], Вт/(м·°С);

δ_i – толщина конструктивного слоя, м.

Нормируемое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции R_{reg} следует определять по формуле

$$R_{reg} = a D_d + b,$$

где a , b – коэффициенты, определяемые по табл.4[4] для соответствующих групп зданий и вида ограждающих конструкций;

D_d – градусо-сутки отопительного периода города строительства (ГСОП), определяются по формуле

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

где z_{ht} – длительность отопительного периода определяется по [2, табл. 1], сут;

t_{ht} – средняя температура отопительного периода наружного воздуха за отопительный период [2, табл. 1], °С;

t_{int} – расчетная температура внутреннего воздуха, принимается по санитарно-гигиеническим нормам проектирования ГОСТ 30494, Сан-ПиН 2.1.2.1002, в зависимости от принятого температурно-влажностного режима помещения, °С.

Расчётный температурный перепад между температурой внутри помещения и температурой на внутренней поверхности ограждающей конструкции определяется по формуле

$$\Delta t_0 = \frac{n \cdot (t_{int} - t_{ext})}{R_0 \cdot \alpha_{int}}, \text{ } ^\circ\text{C},$$

где t_{ext} – расчетная зимняя температура наружного воздуха, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 по [2, табл. 1], °С;

n – коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху по [4, табл. 6].

Δt_n – нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции по [4, табл. 5] °С;

Температура на внутренней поверхности наружного ограждения при температуре внутреннего воздуха t_{int} и наружного t_{ext} определяется по формуле

$$\tau_{int} = t_{int} - \frac{t_{int} - t_{ext}}{R_0} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_{int}} \right).$$

Температура в толще n -го слоя ограждения при температуре внутреннего воздуха t_{int} и наружного t_{ext} определяется по формуле

$$\tau_x = t_{int} - \frac{t_{int} - t_{ext}}{R_0} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_{int}} + \sum (n-1)R_x \right),$$

где $(\sum (n-1)R_x)$ – сумма термических сопротивлений предыдущих конструктивных слоев, $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$.

Общее сопротивление паропроницаемости ограждающей конструкции $R_{0П}$ состоит из суммы трех сопротивлений:

1) сопротивления паропроницаемости внутренней поверхности стены ($R_{ВП}$);

2) суммы сопротивлений паропроницаемости конструктивных слоев $R_n = \sum \frac{\delta_i}{\mu_i}$; где μ_i – коэффициент паропроницаемости материала принимается по [1, прил. 3*] или [5, прил. Д], ($\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{мм рт.ст}$); δ_i – толщина конструктивного слоя, м .

3) сопротивления паропроницаемости наружной поверхности стены ($R_{НП}$).

Определяется сопротивление паропроницаемости по формуле

$$R_{on} = R_{ВП} + \sum \frac{\delta_i}{\mu_i} + R_{НП},$$

где $R_{ВП} = k \left(1 - \frac{\varphi_B}{100} \right)$ $\text{мм рт. ст.} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{ч} / \text{г} = \text{Па} \cdot \text{с} / \text{г}$;

$R_{НП} = k \left(1 - \frac{\varphi_H}{100} \right)$ $\text{мм рт. ст.} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{ч} / \text{г} = \text{Па} \cdot \text{с} / \text{г}$;

φ_B – расчетная влажность внутреннего воздуха, %;

φ_H – расчетная влажность наружного воздуха, %;

K – коэффициент, учитывающий размерность парциального давления (для мм рт.ст K равен 1).

Парциальное давление в толще n -го слоя ограждения при парциальном давлении внутри помещения e_{int} и снаружи e_{ext} определяется по формуле

$$\ell_X = \ell_{int} - \frac{\ell_{int} - \ell_{ext}}{R_{on}} \left(\sum_{n-1} (n-1)R_n + R_{en} \right),$$

где $(\sum (n-1)R_n)$ – сумма сопротивлений паропроницанию предыдущих конструктивных слоев, $\text{мм рт.ст.} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{ч} / \text{г}$.

2. ЗАДАНИЕ НА ВЫПОЛНЕНИЕ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

на тему: «Исследование тепловлажностного состояния
наружной стены жилого здания»

Для гражданского здания с нормальным внутренним влажностным режимом эксплуатации помещений, расположенного в одном из городов Российской Федерации выполнить следующие расчеты:

1. Исходя из требований по тепловой защите здания в холодное время года, запроектировать конструкцию наружной стены, сделать вывод;

2. Для запроектированной конструкции наружной стены определить, как будет распределяться температура в ее толще и какая температура будет на внутренней поверхности наружной стены; построить график распределения температур, сделать вывод;

3. Исследовать конструкцию наружной стены на влажностное состояние, определить возможность образования конденсата на внутренней поверхности конструкции и в ее толще; сделать вывод;

Города Российской Федерации для выполнения расчетно-графической работы по дисциплине архитектурная физика:

1. Астрахань
2. Архангельск
3. Белгород
4. Брянск
5. Владимир
6. Волгоград
7. Вологда
8. Воронеж
9. Екатеринбург
10. Иваново
11. Иркутск
12. Йошкар-Ола
13. Казань
14. Калининград
15. Калуга
16. Кострома
17. Краснодар
18. Красноярск
19. Курган
20. Курск
21. Липецк
22. Москва
23. Мурманск
24. Нижний Новгород

25. Новгород
26. Новосибирск
27. Омск
28. Оренбург
29. Орел
30. Пенза
31. Пермь
32. Псков
33. Ростов-на-Дону
34. Рязань
35. Самара
36. Санкт-Петербург
37. Саранск
38. Саратов
39. Смоленск
40. Ставрополь
41. Тамбов
42. Тверь
43. Томск
44. Тула
45. Улан-Удэ
46. Ульяновск
47. Уфа
48. Чебоксары
49. Челябинск
50. Ярославль

Город для выполнения расчетно-графической работы выдается студенту преподавателем из представленного списка. Таким образом, формируется индивидуальное задание для каждого студента в группе.

3. ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ

Задание 1.

Исходя из требований по тепловой защите здания в холодное время года, запроектировать конструкцию наружной стены, сделать вывод;

Пример расчета:

1.1 Задаемся конструктивным решением наружной стены

Состав ограждающей конструкции

	Материал слоя	Толщина, м
1	Цементно-песчаный раствор, 1800	0,02
2	Блоки из пенобетона, 600	0,3
3	Пенополистирол ПСБ-С25Ф (ТУ 2244-051-04001232-99)	X
4	Цементно-песчаный раствор, 1800	0,02

1.2 Выписываем исходные данные для выполнения расчета:

Город строительства

Пенза;

Тип здания

Жилое здание;

Тип ограждающей конструкции

Наружные стены;

Определяемые и рассчитываемые параметры:

- расчетная температура внутреннего воздуха $t_{int} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$;
- расчетная влажность внутреннего воздуха $\varphi_{в} = 55\%$;
- г. Пенза [4, прил. В] *зона сухая*
- влажностный режим помещения [4, табл. 1] *нормальный;*
- условия эксплуатации ограждающих конструкций [4, табл. 2] *A;*
- коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху [4, табл. 6] $n = 1$;
- расчетная температура внутреннего воздуха, принимаемая согласно ГОСТ 30494, СанПиН 2.1.2.1002 и нормам проектирования соответствующих зданий и сооружений (задание на проектирование) $t_{int} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$;
- расчетная зимняя температура наружного воздуха, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 [2, табл. 1] $t_{ext} = -29 \text{ }^\circ\text{C}$;
- коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций [4, табл. 7] $\alpha_{int} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C})$;
- коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций [5, табл. 8] $\alpha_{ext} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C})$;
- расчетный коэффициент теплопроводности материала первого слоя [1, прил. 3*] или [5, прил. Д] $\lambda_1 = 0,76 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{ }^\circ\text{C})$;

- расчетный коэффициент теплопроводности материала второго слоя [1, прил. 3*] или [5, прил. Д] $\lambda_2 = 0,22 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{С})$;
- расчетный коэффициент теплопроводности материала третьего слоя [1, прил. 3*] или [5, прил. Д] $\lambda_3 = 0,031 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{С})$;
- расчетный коэффициент теплопроводности материала четвертого слоя [1, прил. 3*] или [5, прил. Д] $\lambda_4 = 0,76 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{С})$;
- упругость водяного пара начала конденсации влаги внутри помещения $E_6 = 2,339 \text{ кПа}$
- упругость водяного пара внутри помещения $e_6 = E_6 \cdot w_6 = 2,339 \cdot 55\% = 1,286 \text{ кПа}$;

- температура точки росы в помещении имеющемся парциальном давлении [5, прил. Р] $t_p = 10,69^\circ\text{С}$;

- нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции [4, табл. 5] $\Delta t_n = 4^\circ\text{С}$;

- требуемое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции из санитарно-гигиенических и комфортных условий определяется по формуле

$$R_{red} = \frac{n \cdot (t_{int} - t_{ext})}{\Delta t_n \cdot \alpha_{int}} = \frac{1 \cdot (20 - (-29))}{4 \cdot 8,7} = 0,626 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт};$$

- длительность отопительного периода [2, табл. 1] $z_{ht} = 207 \text{ сут}$;
- средняя температура отопительного периода наружного воздуха за отопительный период [2, табл. 1] $t_{ht} = -4,5^\circ\text{С}$;
- градусо-сутки отопительного периода ($ГСОП(D_d)$) определяем по формуле

$$ГСОП(D_d) = (t_{int} - t_{ht}) \cdot z_{ht} = (20 - (-4,5)) \cdot 207 = 5071,5.$$

1.3 Определение нормируемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции исходя из энергосбережения – R_{reg}

определяется нормируемое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции из условий энергосбережения [3, табл. 4] R_{reg} ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}$) в зависимости от рассчитанной величины $ГСОП(D_d)$. Для величин D_d отличающихся от табличных значения нормируемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции (R_{reg}) следует определять по формуле

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

где a, b – коэффициенты, значения которых следует определять по табл.4[4] для соответствующих групп зданий и вида ограждающей конструкции. Для наружных стен жилых зданий $a=0,00035$; $b=1,4$.

Нормируемое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции из условия энергосбережения составит

$$R_{reg} = a \cdot D_d + b = 0,00035 \cdot 5071,5 + 1,4;$$

$$R_{reg} = 3,175 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}.$$

1.4 Определение необходимой толщины утеплителя

Минимально необходимая толщина утеплителя в конструктивном решении наружной стены определяется из условия:

Общее сопротивление теплопередаче (R_0) равно нормируемому сопротивлению теплопередаче (R_{reg})

$$R_0 = R_{reg},$$

Тогда получим следующее уравнение:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{int}} + \sum_i \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{ext}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,020}{0,76} + \frac{0,300}{0,22} + \frac{x}{0,031} + \frac{0,020}{0,76} + \frac{1}{23} = \\ = R_{reg} = 3,175 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C/Вт)};$$

Решая уравнение, получим $x=0,049$ м.

Принимаем толщину утеплителя, исходя из применяемых в строительстве: 30, 40, 50, 60, 80, 100, 120 мм.

В данном расчете рекомендуемая толщина утеплителя составит 60 мм.

1.5 Определение общего сопротивления теплопередаче наружной стены

Тогда общее сопротивление теплопередаче наружной стены составит:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{int}} + \sum_i \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{ext}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,020}{0,76} + \frac{0,300}{0,22} + \frac{0,06}{0,031} + \frac{0,020}{0,76} + \frac{1}{23} = \\ = 3,51 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C/Вт)};$$

1.6 Определение расчетного температурного перепада

• расчетный температурный перепад между температурой внутри помещения и температурой на внутренней поверхности ограждающей конструкции определяется по формуле

$$\Delta t_0 = \frac{n \cdot (t_{int} - t_{ext})}{R_0 \cdot \alpha_{int}} = \frac{1 \cdot (20 - (-29))}{3,51 \cdot 8,7} = 1,61 \text{ °C};$$

Вывод:

Тепловая защита здания обеспечивается, если выполняются два условия:

1. Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции (R_0) должно быть больше нормируемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции из условия энергосбережения (R_{reg}): $R_0 < R_{reg}$.

2. Расчетный температурный перепад между температурой воздуха внутри помещения и температурой на внутренней поверхности ограждающей конструкции (Δt_0) не должен превышать нормируемого температурного перепада (Δt_n): $\Delta t_0 < \Delta t_n$.

Поскольку общее сопротивление теплопередаче запроектированной наружной стены, больше нормируемого значения сопротивления с учетом энергосбережения: $R_0=3,51 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C/Вт)} < R_{reg}= 3,175 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C/В)}$ и расчетный температурный перепад между температурой воздуха внутри помещения и температурой на внутренней поверхности ограждающей конструкции

меньше нормируемого $\Delta t_0 = 1,035(^{\circ}\text{C}) < \Delta t_n = 4,0(^{\circ}\text{C})$ следовательно конструкция удовлетворяет требованиям тепловой защиты здания.

Задание 2. Для запроектированной конструкции наружной стены определить, как будет распределяться температура в ее толще, и какая температура будет на внутренней поверхности наружной стены; построить график распределения температур, сделать вывод;

Пример расчета:

Состав запроектированной конструкции наружной стены

	Материал слоя	Толщина, м
1	Цементно-песчаный раствор, 1800	0,02
2	Блоки из пенобетона, 600	0,30
3	Пенополистирол ПСБ-С25Ф (ТУ 2244-051-04001232-99)	0,06
4	Цементно-песчаный раствор, 1800	0,02

2.1 Определение температуры в толще наружной стены:

Температура на внутренней поверхности наружной стены определяется по формуле

$$\tau_{\text{int}} = t_{\text{int}} - \frac{t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}}{R_0} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_{\text{int}}} \right).$$

Температура в толще n -го слоя ограждения при температуре внутреннего воздуха t_{int} и наружного t_{ext} определяется по формуле

$$\tau_x = t_{\text{int}} - \frac{t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}}{R_0} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \sum (n-1)R_x \right).$$

где $(\sum (n-1)R_x)$ – сумма термических сопротивлений предыдущих конструктивных слоев, $\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$.

Конструкцию наружной стены делим на участки и на границах рассматриваемых участках, а также на поверхностях наружной стены определяем расчетом значения температур.

Схема конструкции представлена на рис. 1.

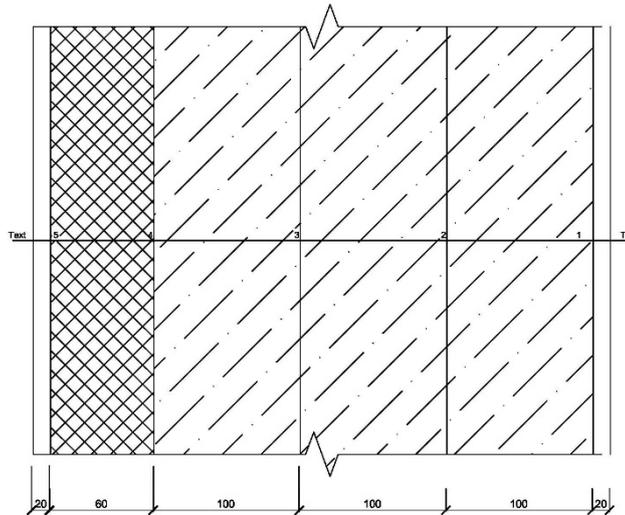


Рис.1. Схема расположения сечений

Исходные параметры для выполнения данного расчета приведены в предыдущем расчете, тогда

$$\tau_{\text{int}} = 20 - \frac{20 - (-29)}{3,51} \cdot \left(\frac{1}{8,7} \right) = 18,39^\circ\text{C};$$

$$\tau_1 = 20 - \frac{20 - (-29)}{3,51} \cdot \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,76} \right) = 18,02^\circ\text{C};$$

$$\tau_2 = 20 - \frac{20 - (-29)}{3,51} \cdot \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,76} + \frac{0,10}{0,22} \right) = 11,76^\circ\text{C};$$

$$\tau_3 = 20 - \frac{20 - (-29)}{3,51} \cdot \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,76} + \frac{0,20}{0,22} \right) = 5,35$$

$$\tau_4 = 20 - \frac{20 - (-29)}{3,51} \cdot \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,76} + \frac{0,30}{0,22} \right) = -1,03^\circ\text{C};$$

$$\tau_5 = 20 - \frac{20 - (-29)}{3,51} \cdot \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,76} + \frac{0,30}{0,22} + \frac{0,06}{0,031} \right) = -27,88^\circ\text{C};$$

$$\tau_{\text{ext}} = 20 - \frac{20 - (-29)}{3,51} \cdot \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,76} + \frac{0,30}{0,22} + \frac{0,06}{0,031} + \frac{0,02}{0,76} \right) = -28,25^\circ\text{C}$$

По полученным результатам строим график распределения температур

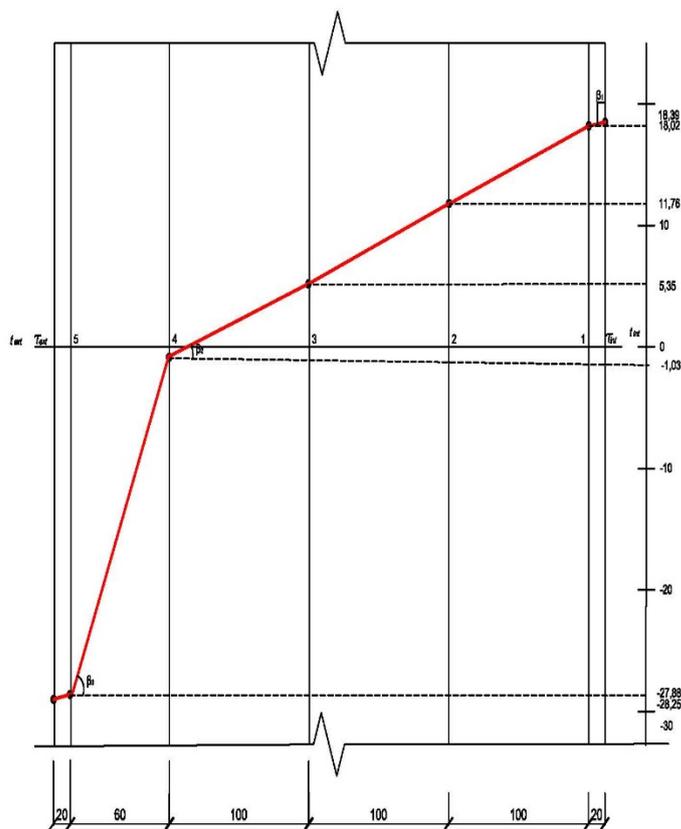


Рис.2. График распределения температур в толще стены и на поверхностях наружной конструкции

Вывод:

1. В слоистой конструкции температура в толще каждого конструктивного слоя изменяется по линейному закону;
2. Угол наклона линий температур к горизонту зависит от теплозащитных свойств материала слоя, а именно, от коэффициента теплопроводности материала: чем меньше коэффициент теплопроводности материала, тем больше угол наклона линий температур к горизонту;
3. В слоистой конструкции с наружным расположением утепляющего слоя, основная часть наружной стены находится в зоне положительных температур, поэтому при таком конструктивном решении наружной стены значительно уменьшаются затраты на отопление здания.

Задание 3. Исследовать конструкцию наружной стены на влажностное состояние, определить возможность образования конденсата на внутренней поверхности конструкции и в ее толще; сделать вывод;

Пример расчета:

3.1 Состав запроектированной конструкции наружной стены

	Материал слоя	Толщина, м
1	Цементно-песчаный раствор, 1800	0,02
2	Блоки из пенобетона, 600	0,30

3	Пенополистирол ПСБ-С25Ф (ТУ 2244-051-04001232-99)	0,06
4	Цементно-песчаный раствор, 1800	0,02

Схема конструкции представлена на рис. 1

Дополнительные исходные данные:

- расчетная температура внутреннего воздуха $t_{int} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- расчетная температура наружного воздуха $t_{ext} = -29\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- расчетная влажность внутреннего воздуха $\varphi_{в} = 55\%$;
- расчетная влажность наружного воздуха, принимается для города строительство по [2, табл.1] $\varphi_{н} = 84\%$;
- г. Пенза [4, прил.В] *зона сухая*

3.2 Определяемые и рассчитываемые параметры:

- влажностный режим помещения [4, табл. 1] *нормальный;*
- коэффициент паропроницаемости цементнопесчаного раствора [1, прил. 3*] или [5, прил. Д] $\mu_1 = 0,012\text{ г}/(\text{м}\cdot\text{ч}\cdot\text{мм рт.ст})$;
- расчетный коэффициент паропроницаемости легкого бетона [1, прил. 3*] или [5, прил. Д] $\mu_2 = 0,014\text{ г}/(\text{м}\cdot\text{ч}\cdot\text{мм рт.ст})$;
- расчетный коэффициент паропроницаемости пенополистирола [1, прил. 3*] или [5, прил. Д] $\mu_3 = 0,055\text{ г}/(\text{м}\cdot\text{ч}\cdot\text{мм рт.ст})$;

3.3 Определение сопротивления паропроницаемости ограждающей конструкции

- $R_{вп}$ сопротивление паропроницаемости внутренней поверхности стены и определяется по формуле:

$$R_{вп} = k \left(1 - \frac{\varphi_{в}}{100} \right) = 1 \left(1 - \frac{55}{100} \right) = 0,45\text{ мм рт. ст.}\cdot\text{м}^2\cdot\text{ч}/\text{г}$$

- $R_{нп}$ сопротивление паропроницаемости наружной поверхности стены, определяется по формуле.

$$R_{нп} = k \left(1 - \frac{\varphi_{н}}{100} \right) = 1 \left(1 - \frac{84}{100} \right) = 0,16\text{ мм рт.ст.}\cdot\text{м}^2\cdot\text{ч}/\text{г}$$

Общее сопротивление паропроницаемости ограждающей конструкции составит:

$$R_{он} = R_{вп} + \sum \frac{\delta_i}{\mu_i} + R_{нп} =$$

$$= 0,45 + \frac{0,02}{0,012} + \frac{0,30}{0,014} + \frac{0,06}{0,055} + \frac{0,02}{0,012} + 0,16 = 26,47$$

(мм рт.ст. · м²·ч/г.).

3.4 Определение парциального давления в толще наружной стены с утеплением (слоистой)

Парциальные давления в толще наружной стены определяем по формуле

$$l_X = l_{\text{int}} - \frac{l_{\text{int}} - l_{\text{ext}}}{R_{\text{он}}} \left(\sum_{n-1} (n-1)R_n + R_{\text{en}} \right),$$

где e_{int} – парциальное давление внутри помещения;

e_{ext} – парциальное давление наружного воздуха.

Парциальные давления рассчитываются исходя из формулы

$$e_{\text{int}} = \frac{\varphi_{\text{int}} \cdot E_{\text{int}}}{100\%} = \frac{55 \cdot 17,54}{100} = 9,65 \text{ мм рт.ст.}$$

$$e_{\text{ext}} = \frac{\varphi_{\text{int}} \cdot E_{\text{ext}}}{100\%} = \frac{84 \cdot 0,31}{100} = 0,26 \text{ мм рт.ст.}$$

E_i – максимальная упругость водяного пара, принимается в зависимости от температуры по прил. 1

$(\sum (n-1)R_n)$ – сумма сопротивлений паропрооницанию предыдущих конструктивных слоев, мм рт.ст. · м²·ч/г.

$$l_{\text{в}} = l_{\text{int}} - \frac{l_{\text{int}} - l_{\text{ext}}}{R_{\text{он}}} (R_{\text{вп}}) = 9,65 - \frac{9,65 - 0,26}{26,47} \cdot 0,45 = 9,5 \text{ мм рт.ст.}$$

$$\begin{aligned} l_1 &= l_{\text{int}} - \frac{l_{\text{int}} - l_{\text{ext}}}{R_{\text{он}}} \left(R_{\text{вп}} + \frac{\delta_1}{\mu_1} \right) = \\ &= 9,65 - \frac{9,65 - 0,26}{26,47} \cdot \left(0,45 + \frac{0,02}{0,012} \right) = 8,9 \text{ мм рт.ст.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_2 &= l_{\text{int}} - \frac{l_{\text{int}} - l_{\text{ext}}}{R_{\text{он}}} \left(R_{\text{вп}} + \frac{\delta_1}{\mu_1} + \frac{\delta_2}{\mu_2} \right) = \\ &= 9,65 - \frac{9,65 - 0,26}{26,47} \cdot \left(0,45 + \frac{0,02}{0,012} + \frac{0,1}{0,014} \right) = 6,4 \text{ мм рт.ст.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_3 &= l_{\text{int}} - \frac{l_{\text{int}} - l_{\text{ext}}}{R_{\text{он}}} \left(R_{\text{вп}} + \frac{\delta_1}{\mu_1} + 2 \frac{\delta_2}{\mu_2} \right) = \\ &= 9,65 - \frac{9,65 - 0,26}{26,47} \cdot \left(0,45 + \frac{0,02}{0,012} + \frac{0,2}{0,014} \right) = 3,9 \text{ мм рт.ст.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ell_4 &= \ell_{\text{int}} - \frac{\ell_{\text{int}} - \ell_{\text{ext}}}{R_{\text{оп}}} \left(R_{BII} + \frac{\delta_1}{\mu_1} + 3 \frac{\delta_2}{\mu_2} \right) = \\ &= 9,65 - \frac{9,65 - 0,26}{26,47} \cdot \left(0,45 + \frac{0,02}{0,012} + \frac{0,3}{0,014} \right) = 1,4 \text{ мм рт.ст.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ell_5 &= \ell_{\text{int}} - \frac{\ell_{\text{int}} - \ell_{\text{ext}}}{R_{\text{оп}}} \left(R_{BII} + \frac{\delta_1}{\mu_1} + 3 \frac{\delta_2}{\mu_2} + \frac{\delta_3}{\mu_3} \right) = \\ &= 9,65 - \frac{9,65 - 0,26}{26,47} \cdot \left(0,45 + \frac{0,02}{0,012} + \frac{0,3}{0,014} + \frac{0,06}{0,055} \right) = \\ &= 1,0 \text{ мм рт.ст.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ell_{\text{н}} &= \ell_{\text{int}} - \frac{\ell_{\text{int}} - \ell_{\text{ext}}}{R_{\text{оп}}} \left(R_{BII} + 2 \frac{\delta_1}{\mu_1} + 3 \frac{\delta_2}{\mu_2} + \frac{\delta_3}{\mu_3} \right) = \\ &= 9,65 - \frac{9,65 - 0,26}{26,47} \cdot \left(0,45 + \frac{0,04}{0,012} + \frac{0,3}{0,014} + \frac{0,06}{0,055} \right) = \\ &= 0,76 \text{ мм рт.ст.} \end{aligned}$$

По полученным результатам строим графики распределения парциального давления и максимальной упругости водяного пара.

Для построения графика распределения максимальной упругости водяного пара в толще ограждающей конструкции, необходимо для рассчитанных ранее значений температур по прил.1, 2 определить значения максимальной упругости водяного пара.

$$E_{\text{int}} = 15,87 \text{ мм рт.ст.}$$

$$E_1 = 15,48 \text{ мм рт.ст.}$$

$$E_2 = 10,38 \text{ мм рт.ст.}$$

$$E_3 = 6,38 \text{ мм рт.ст.}$$

$$E_4 = 4,228 \text{ мм рт.ст.}$$

$$E_5 = 0,348 \text{ мм рт.ст.}$$

$$E_{\text{ext}} = 0,32 \text{ мм рт.ст.}$$

3.5 Определение возможности образования конденсата в толще наружной стены

Оценка возможности определения конденсата в толще наружной стены определяется графо-аналитическим способом. По рассчитанным значениям парциальных давлений и максимальной упругости водяного пара строим графики. Если построенные кривые пересекаются, то это свидетельствует о возможности образования конденсата в толще конструкции. Зона конденсации находится между кривой парциальных давлений и касательных, построенных в точках пересечения графиков к линии максимальной упругости водяного пара.

Если построенные кривые не пересекаются, то это свидетельствует о невозможности образования конденсата в толще конструкции.

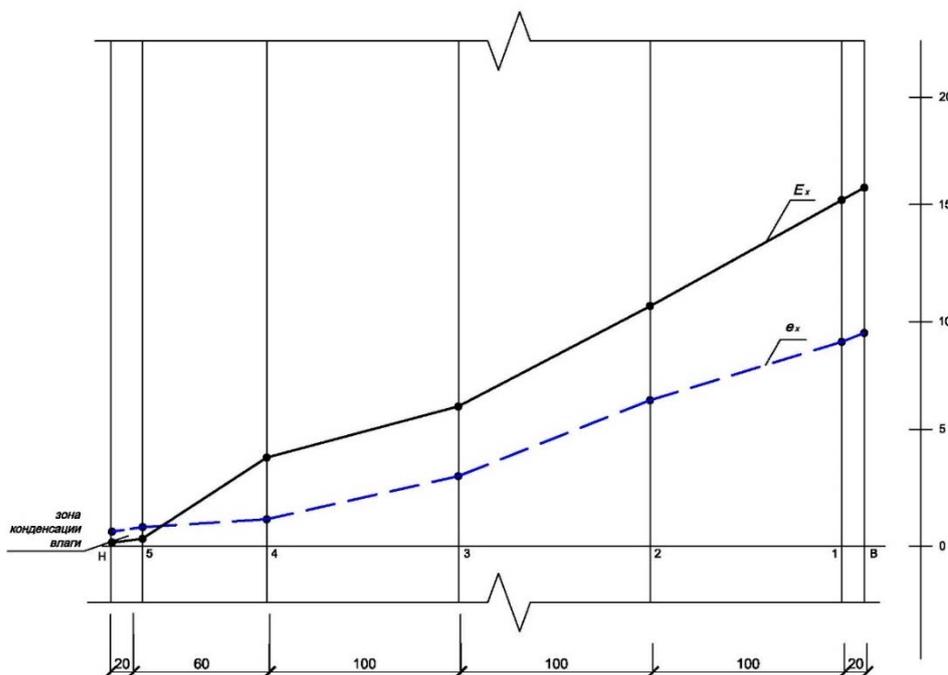


Рис.3. Графики распределения парциальных давлений

Вывод. График распределения парциальных давлений пересекается с графиком максимальной упругости водяного пара, что говорит о возможности образования конденсата между слоем утеплителя и отделочного слоя штукатурки наружной стены. В процессе эксплуатации возможно отслоение слоя штукатурки и ее разрушение, но это не затрагивает основного несущего конструктивного слоя стены, там конденсат не образуется.

4. ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Расчетно-графическая работа выполняется на листах формата А-4 рукописным шрифтом с графическим выполнением схем и графиков.

Расчетно-графическая работа должна содержать титульный лист, задание, выполненные три раздела работы по представленным примерам решения и оформления, список используемой литературы. На каждом листе должна размещаться рамка с нумерацией листов. Работа обязательно сшивается и сдается преподавателю в указанные сроки. Не соблюдение сроков выполнения расчетно-графической работы влечет за собой снижение оценки за выполнение работы.

Каждый раздел работы должен содержать исходные данные и определяемые параметры со ссылкой на нормативные источники, по которым определяется данный параметр.

Каждый параметр используемой формулы должен иметь пояснение.

Схемы и графики должны выполняться с соблюдением масштабов. Масштаб выбирается студентом самостоятельно, но должен быть достаточным для хорошего и ясного просмотра рисунка.

Текст работы должен излагаться доступным языком, с использованием нормативных терминологий и символов. В конце каждого раздела делаются выводы и рекомендации по дальнейшей эксплуатации ограждающей конструкции.

5. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Расчетно-графическая работа должна быть выполнена строго по заявленному заданию, выбор района строительства осуществляет преподаватель по приведенному выше списку.

Расчетно-графическая работа оценивается по системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно».

К общим критериям оценки расчетно-графической работы относят:

- творческий подход и самостоятельность в анализе, обобщениях и выводах;
- уровень овладения методикой расчета;
- правильность выполнения, практическая направленность;
- соблюдение всех требований к оформлению расчетно-графической работы и сроков выполнения.

На **«отлично»** может быть оценена РГР при:

- соответствии содержания заявленному заданию;
- глубококом и полном раскрытии вопросов теоретической и практической части работы;
- отсутствии ошибок, неточностей, несоответствий в изложении теоретических и практических разделов;
- глубококом и полном анализе результатов работы, постановке верных выводов, указании их практического применения;
- высоком качестве оформления;
- представлении РГР в указанные руководителем сроки;
- уверенной защите РГР.

На **«хорошо»** может быть оценена расчетно-графическая работа при:

- соответствии содержания заявленному заданию;

– наличии небольших неточностей в изложении вопросов теоретической или практического разделов, исправленных самим студентом в ходе защиты;

– отсутствии ошибок, неточностей, несоответствий в изложении теоретических и практических разделов;

– глубоком и полном анализе результатов, постановке верных выводов, указании их практического применения;

– хорошем качестве оформления РГР;

– представлении РГР в указанные руководителем сроки.

На **«удовлетворительно»** может быть оценена расчетно-графическая работа при:

– соответствии содержания заявленному заданию;

– недостаточно полном раскрытии вопросов теоретической или практической части;

– наличии ошибок и неточностей в изложении теоретического или практического разделов курсового проекта, исправленных самим обучающимся в ходе защиты;

– недостаточно глубоком и полном анализе результатов;

– небрежном оформлении РГР;

– представлении РГР в поздние сроки;

– обнаружении ошибок и неточностей в ходе защите РГР.

На **«неудовлетворительно»** может быть оценена расчетно-графическая работа при:

– несоответствии содержания заявленному заданию;

– нераскрытии вопросов теоретической или практической части;

– наличии грубых ошибок в изложении теоретического и практического разделов;

– отсутствии анализа результатов РГР;

– низком качестве оформления РГР;

– представлении РГР в поздние сроки;

– обнаружении грубых ошибок в ходе защиты РГР.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНиП II-3-79** Строительная теплотехника [Текст]. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 32с.

2. СП131.13330.2012 СНиП 23-01-99. Строительная климатология [Текст]. – М.: Минрегион России, 2012. – 136 с.

3. Архитектура гражданских и промышленных зданий. Т. II. Основы проектирования [Текст] / под ред. В.М. Предтеченского. – М.: Стройиздат, 1986. – 215 с
4. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита здания [Текст]. – М.: Госстрой России, 2004. – 40 с.
5. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты здания. [Текст]. – М.: Госстрой России, 2005. – 140 с.
6. Викторова, О.Л. Основы строительной физики. [Текст]: учеб. пособие / О.Л. Викторова, О.В. Карпова. – Пенза: ПГУАС, 2005. – 77с.
7. Викторова, О.Л. Строительная физика [Текст]: учеб. пособие по практическим занятиям / О.Л. Викторова. – Пенза:, ПГУАС , 2015. – 88с.
8. Архитектурная физика [Текст] / под ред. Н.В. Оболенского. – М.: Стройиздат, 2007. – С. 315-321.
9. Михеев, А.П. Климат и архитектурно-строительное проектирование [Текст] /А.П. Михеев, О.В. Карпова, Л.Н. Петрянина. – Пенза: ПГУАС , 2006. – 40 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Значения максимальной упругости водяного пара E , мм рт.ст.
(при $V=755$ мм рт.ст) при положительных температурах

°C	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	4,58	4,61	4,65	4,68	4,72	4,75	4,79	4,82	4,86	4,89
1	4,93	4,96	5,00	5,03	5,07	5,11	5,14	5,18	5,22	5,26
2	5,29	5,33	5,37	5,41	5,45	5,49	5,53	5,57	5,61	5,65
3	5,69	5,73	5,77	5,84	5,85	5,89	5,93	5,97	6,02	6,06
4	6,10	6,14	6,19	6,23	6,27	6,32	6,36	6,41	6,45	6,50
5	6,54	6,59	6,64	6,68	6,73	6,78	6,82	6,87	6,92	6,97
6	7,01	7,06	7,1	7,16	7,21	7,26	7,31	7,36	7,41	7,46
7	7,51	7,57	7,62	7,67	7,72	7,78	7,83	7,88	7,94	7,99
8	8,05	8,10	8,16	8,21	8,27	8,32	8,38	8,44	8,49	8,55
9	8,61	8,67	8,73	8,79	8,85	8,91	8,97	9,03	9,09	9,15
10	9,21	9,27	9,33	9,40	9,45	9,52	9,59	9,65	9,71	9,78
11	9,84	8,91	9,98	10,04	10,11	10,18	10,24	10,31	10,38	10,45
12	10,52	10,59	10,66	10,73	10,80	10,87	10,94	11,01	11,09	11,16
13	11,23	11,31	11,38	11,45	11,53	11,60	11,68	11,76	11,83	11,91
14	11,99	12,07	12,14	12,22	12,30	12,38	12,46	12,54	12,62	12,71
15	12,79	12,87	12,95	13,04	13,12	13,21	13,29	13,38	13,46	13,55
16	13,63	13,72	13,81	13,90	13,99	14,08	14,17	14,26	14,36	14,44
17	14,53	14,62	14,72	14,81	14,90	15,00	15,09	15,19	15,28	15,38
18	15,48	15,58	15,67	15,77	15,87	15,97	16,07	16,17	16,27	16,37
19	16,48	16,58	16,69	16,79	16,89	17,00	17,11	17,21	17,32	17,43
20	17,54	17,64	17,75	17,86	17,97	18,09	18,20	18,31	18,42	18,54
21	18,65	18,77	18,88	19,00	19,11	19,23	19,35	19,47	19,59	19,71
22	19,83	19,95	20,07	20,19	20,32	20,44	20,57	20,69	20,82	20,94
23	21,07	21,20	21,32	21,45	21,58	21,71	21,85	21,9	22,11	22,24
24	22,38	22,51	22,65	22,79	22,92	23,06	23,20	23,34	23,48	23,62
25	23,76	23,90	24,04	24,18	24,33	24,47	24,62	24,62	24,76	25,06

Приложение 2

Значения максимальной упругости в мм рт.ст.
для отрицательных значений температур

°C	E	°C	E	°C	E	°C	E	°C	E
0	4,58	-8	2,32	-16	1,13	-24	0,52	-32	0,23
-1	4,22	-9	2,13	-17	1,00	-25	0,47	-33	0,21
-2	3,88	-10	1,95	-18	0,94	-26	0,42	-34	0,19
-3	3,57	-11	1,78	-19	0,85	-27	0,38	-35	0,17
-4	3,28	-12	1,63	-20	0,77	-28	0,34	-36	0,15
-5	3,01	-13	1,49	-21	0,70	-29	0,31	-37	0,13
-6	2,76	-14	1,36	-22	0,64	-30	0,28	-38	0,12
-7	2,53	-15	1,24	-23	0,58	-31	0,25	-39	0,11

Приложение 3

Климатические параметры холодного периода года

Республика, область, пункт	Температура воздуха наиболее холодных суток, °С, обеспеченностью		Температура воздуха наиболее холодной пятидневки, °С, обеспеченностью		Абсолютная минимальная температура воздуха, °С	Средняя суточная амплитуда температуры воздуха наиболее холодного месяца °С,	Продолжительность, сут и средняя температура воздуха, °С, период со среднесуточной температурой воздуха меньше 8°С		Средняя отн. влажность воздуха наиболее холодного месяца, %	Количество осадков за ноябрь-март, мм.	Преобладающее направление ветра за декабрь-февраль	Максимальная скорость ветра по румбам за январь, м/с.
	0,98	0,92	0,98	0,92								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ												
Архангельская область												
Архангельск	-39	-37	-34	-31	-45	7,8	253	-4,4	86	188	ЮВ	5,9
Астраханская область												
Астрахань	-27	-26	-24	-23	-33	7,3	167	-1,2	84	82	В	4,8
Республика Башкортостан												
Уфа	-41	-39	-38	-35	-49	8,3	213	-5,9	81	195	Ю	5,5
Белгородская область												
Белгород	-29	-28	-27	-23	-35	5,9	191	-1,9	84	191	ЮЗ	5,9
Брянская область												
Брянск	-34	-30	-30	-26	-42	6,6	205	-2,3	85	177	ЮВ	6,3
Республика Бурятия												
Улан-Удэ	-46	-40	-40	-37	-51	11,1	237	-10,4	74	36	З	2,8
Владимирская область												
Владимир	-38	-34	-32	-28	-48	6,3	213	-3,5	84	194	Ю	4,5
Волгоградская область												
Волгоград	-33	-30	-28	-25	-35	5,6	178	-2,2	85	174	СВ	8,1
Вологодская область												
Вологда	-42	-37	-38	-32	-47	7,2	231	-4,1	85	171	ЮЗ	6
Воронежская область												
Воронеж	-32	-31	-28	-26	-37	6,7	196	-3,1	83	172	З	5,1

Продолжение прил. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ивановская область												
Иваново	-38	-34	-34	-30	-45	7,1	219	-3,9	85	209	ЮЗ	4,9
Иркутская область												
Иркутск	-40	-38	-38	-36	-50	10,5	240	-8,5	80	87	ЮВ	2,9
Калининградская область												
Калининград	-29	-24	-21	-19	-33	5	193	1,1	85	280	ЮВ	5,9
Калужская область												
Калуга	-34	-31	-30	-27	-46	7,3	210	-2,9	83	213	Ю	4,9
Кировская область												
Вятка	-39	-37	-35	-33	-45	7,2	231	-5,4	86	167	Ю	5,3
Республика Коми												
Воркута	-46	-45	-43	-41	-52	8,6	306	-9,1	81	178	Ю	10,1
Костромская область												
Кострома	-40	-35	-34	-31	-46	6,5	222	-3,9	85	169	Ю	5,8
Краснодарский край												
Краснодар	-27	-23	-23	-19	-36	8,1	149	2	83	293	В	3,2
Сочи	-9	-6	-5	-3	-18	6,5	72	6,4	72	286	СВ	6,5
Красноярский край												
Красноярск	-48	-44	-43	-40	-53	8,4	234	-7,1	71	85	3	7,3
Курганская область												
Курган	-43	-41	-39	-37	-48	8,4	216	-7,7	79	95	Ю	-
Курская область												
Курск	-32	-30	-29	-26	-35	6,3	198	-2,4	86	212	ЮЗ	5,3
Липецкая область												
Липецк	-34	-31	-29	-27	-38	6,8	202	-3,4	85	248	ЮЗ	5,9
Ленинградская область												
Санкт-Петербург	-33	-30	-30	-26	-36	5,6	220	-1,8	86	200	ЮЗ	4,2
Республика Марий Эл												
Йошкар-Ола	-42	-39	-38	-34	-47	8	220	-5,1	83	151	Ю	6,2
Республика Мордовия												
Саранск	-38	-34	-34	-30	-44	6,7	209	-4,5	83	155	Ю	6,9
Московская область												
Москва	-36	-32	-30	-28	-42	6,5	214	-3,1	84	201	ЮЗ	4,9

Продолжение прил. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Мурманская область												
Мурманск	-35	-32	-29	-27	-39	6,2	275	-3,2	84	166	Ю	7,5
Нижегородская область												
Н.Новгород	-38	-34	-34	-31	-41	6,1	215	-4,1	84	172	ЮЗ	5,1
Новгородская область												
Новгород	-38	-31	-33	-27	-45	6,8	221	-2,3	85	176	Ю	6,6
Новосибирская область												
Новосибирск	-44	-42	-42	-39	-50	9,3	230	-8,7	80	104	ЮЗ	5,7
Омская область												
Омск	-42	-41	-39	-37	-49	8,8	221	-8,4	80	79	ЮЗ	5,1
Оренбургская область												
Оренбург	-37	-36	-34	-31	-43	8,1	202	-6,3	80	143	В	5,5
Орловская область												
Орел	-35	-31	-30	-26	-39	6,5	205	-2,7	86	178	ЮЗ	6,5
Пензенская область												
Пенза	-35	-33	-32	-29	-43	7,1	207	-4,5	84	221	Ю	5,6
Пермская область												
Пермь	-42	-39	-38	-35	-47	7,1	229	-5,9	81	192	Ю	5,2
Псковская область												
Псков	-35	-31	-30	-26	-41	6,1	212	-1,6	86	179	Ю	4,8
Ростовская область												
Ростов-на Дону	-29	-27	-25	-22	-33	6,1	171	-0,6	85	219	В	6,5
Рязанская область												
Рязань	-36	-33	-30	-27	-41	7	208	-3,5	83	172	Ю	7,3
Самарская область												
Самара	-39	-36	-36	-30	-43	6,7	203	-5,2	84	176	ЮВ	5,4
Свердловская область												
Екатеринбург	-42	-40	-38	-35	-47	7,1	230	-6	79	114	З	5
Саратовская область												
Саратов	-34	-33	-30	-27	-37	6,9	196	-4,3	82	159	СЗ	5,6
Смоленская область												
Смоленск	-34	-31	-28	-26	-41	6,1	215	-2,4	86	234	Ю	6,8

Окончание прил. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ставропольский край												
Ставрополь	-26	-23	-22	-19	-31	6,6	168	0,9	82	196	3	7,4
Тамбовская область												
Тамбов	-34	-32	-30	-28	-39	6,7	201	-3,7	84	194	ЮВ	4,7
Республика Татарстан												
Казань	-41	-36	-36	-32	-47	6,8	215	-5,2	83	135	Ю	5,7
Тверская область												
Тверь	-37	-33	-33	-29	-50	7,2	218	-3	85	206	ЮЗ	6,2
Томская область												
Томск	-47	-44	-44	-40	-55	8,7	236	-8,4	80	185	Ю	5,6
Тульская область												
Тула	-35	-31	-30	-27	-42	6,8	207	-3	83	187	ЮВ	4,9
Тюменская область												
Тюмень	-45	-42	-42	-38	-50	9,2	225	-7,2	81	107	ЮЗ	3,9
Удмуртская республика												
Ижевск	-41	-38	-38	-34	-48	6,9	222	-5,6	85	168	ЮЗ	4,8
Ульяновская область												
Ульяновск	-38	-36	-36	-31	-48	7,4	212	-5,4	82	220	-	-
Челябинская область												
Челябинск	-39	-38	-35	-34	-48	9,4	218	-6,5	78	104	ЮЗ	4,5
Чувашская республика												
Чебоксары	-40	-36	-35	-32	-44	6,8	217	-4,9	84	160	Ю	-
Ярославская область												
Ярославль	-37	-34	-34	-31	-46	8,3	221	-4	83	174	Ю	5,5

Таблица 1 – 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

Условия эксплуатации ограждающих конструкций А или Б в зависимости от влажностного режима помещений и зон влажности района строительства для выбора теплотехнических показателей материалов наружных ограждений следует устанавливать по таблице 2 данного приложения. Зоны влажности территории России следует принимать по прил. 6.

Таблица 2 – Условия эксплуатации ограждающих конструкций

Влажностный режим помещений зданий (по табл. 1)	Условия эксплуатации А и Б в зоне влажности (по прил. В)		
	сухой	нормальной	влажной
Сухой	А	А	Б
Нормальный	А	Б	Б
Влажный или мокрый	Б	Б	Б

Таблица 3 – Классы энергетической эффективности зданий

Обозначение класса	Наименование класса энергетической эффективности	Величина отклонения расчетного (фактического) значения удельного расхода тепловой энергии на отопление здания q_{h}^{des} от нормативного, %	Рекомендуемые мероприятия органами администрации субъектов РФ
Для новых и реконструированных зданий			
А	<i>Очень высокий</i>	Менее минус 51	Экономическое стимулирование
В	Высокий	От минус 10 до минус 50	То же
С	Нормальный	От плюс 5 до минус 9	-
Для существующих зданий			
Д	Низкий	От плюс 6 до плюс 75	Желательна реконструкция здания
Е	<i>Очень низкий</i>	Более 76	Необходимо утепление здания в ближайшей перспективе

Таблица 4 – Нормируемые значения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций

Здания и помещения, коэффициенты a и b	Гра-дусо-сутки отопи-тель-ного пе-риода D_d , °C×сут	Нормируемые значения сопротивления теплопередаче R_{req} , м ² ×°C/Вт, ограждающих конструкций				
		Стен	Покры-тий и пере-крытий над проез-дами	Перекрытий чердачных, над неотап-ливаемыми подпольями и подвалами	Окон и балко-ных две-рей, витрин и витра-жей	Фонарей с вертикаль-ным остек-лением
1	2	3	4	5	6	7
1. Жилые, лечебно-профи-лактические и детские учре-ждения, школы, интернаты, гостиницы и общежития	2000	2,1	3,2	2,8	0,3	0,3
	4000	2,8	4,2	3,7	0,45	0,35
	6000	3,5	5,2	4,6	0,6	0,4
	8000	4,2	6,2	5,5	0,7	0,45
	10000	4,9	7,2	6,4	0,75	0,5
	12000	5,6	8,2	7,3	0,8	0,55
a	-	0,00035	0,0005	0,00045	-	0,000025
b	-	1,4	2,2	1,9	-	0,25
2. Общественные, кроме указанных выше, админи-стративные и бытовые, про-изводственные и другие зда-ния и помещения с влажным или мокрым режимом	2000	1,8	2,4	2,0	0,3	0,3
	4000	2,4	3,2	2,7	0,4	0,35
	6000	3,0	4,0	3,4	0,5	0,4
	8000	3,6	4,8	4,1	0,6	0,45
	10000	4,2	5,6	4,8	0,7	0,5
	12000	4,8	6,4	5,5	0,8	0,55
a	-	0,0003	0,0004	0,00035	0,00005	0,000025
b	-	1,2	1,6	1,3	0,2	0,25
3. Производственные с су-хим и нормальным режи-мами	2000	1,4	2,0	1,4	0,25	0,2
	4000	1,8	2,5	1,8	0,3	0,25
	6000	2,2	3,0	2,2	0,35	0,3
	8000	2,6	3,5	2,6	0,4	0,35
	10000	3,0	4,0	3,0	0,45	0,4
	12000	3,4	4,5	3,4	0,5	0,45
a	-	0,0002	0,00025	0,0002	0,000025	0,000025
b	-	1,0	1,5	1,0	0,2	0,15

Примечание.

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

$$R_{req} = a D_d + b.$$

Таблица 5 – Нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции

Здания и помещения	Нормируемый температурный перепад D_m , °С, для			
	наружных стен	покрытий и чердачных перекрытий	перекрытий над проездами, подвалами и подпольями	зенитных фонарей
1. Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты	4,0	3,0	2,0	$t_{int} - t_d$
2. Общественные, кроме указанных в поз. 1, административные и бытовые, за исключением помещений с влажным или мокрым режимом	4,5	4,0	2,5	$t_{int} - t_d$
3. Производственные с сухим и нормальным режимами	$t_{int} - t_d$, но не более 7	0,8 ($t_{int} - t_d$), но не более 6	2,5	$t_{int} - t_d$
4. Производственные и другие помещения с влажным или мокрым режимом	$t_{int} - t_d$	0,8 ($t_{int} - t_d$)	2,5	-
5. Производственные здания со значительными избытками явной теплоты (более 23 Вт/м ³) и расчетной относительной влажностью внутреннего воздуха более 50 %	12	12	2,5	$t_{int} - t_d$

Таблица 6 – 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 строительной-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 строительной-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

Таблица 7 – Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции

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

Таблица 8 – Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции для условий холодного периода

Наружная поверхность ограждения	Коэффициент теплоотдачи a_{ext} , Вт/(м ² ×°С)
1. Наружных стен, покрытий, перекрытий над проездами и холодными подпольями	23
2. Перекрытия над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом	17
3. Перекрытий чердачных и над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах	12
4. Перекрытий над неотапливаемыми подвалами без световых проемах в стенах	6

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬСТВА

Архитектурный факультет

Кафедра Городское строительство и архитектура

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА
по дисциплине «Архитектурная физика»

на тему: **«Исследование тепловлажностного состояния
наружной стены жилого здания в г. Пензе»**

Выполнил студент группы ГС-31 Иванов А.А.

Обозначение РГР 2069059-070304- № зач.книжки-2016

Принял доцент Петрянина Л.Н.

Оценка _____

Дата защиты _____

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ	3
2. ЗАДАНИЕ НА ВЫПОЛНЕНИЕ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ на тему: «Исследование тепловлажностного состояния наружной стены жилого здания»	7
3. ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ	9
4. ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ	18
5. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ	19
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	20
ПРИЛОЖЕНИЯ	22

Учебное издание

Петрянина Любовь Николаевна

АРХИТЕКТУРНАЯ ФИЗИКА

Методические указания

по выполнению расчетно-графической работы

для направлений подготовки 07.03.04 «Градостроительство»,

07.03.01 «Архитектура»

В авторской редакции

Верстка Н.В. Кучина

Подписано в печать 31.03.16.

Формат 60x84/16.

Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.

Усл.печ.л. 1,86.

Уч.-изд.л. 2,0.

Тираж 80 экз.

Заказ № 220.

Издательство ПГУАС.

440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.