

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

СТРОИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

Методические указания к выполнению расчетно-графической работы
по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство»

Пенза 2016

УДК 53: 69 (075.8)

ББК 38.113 я 73

С86

Рекомендовано Редсоветом университета

Рецензент – доктор технических наук, профессор
А.М. Береговой (ПГУАС)

Строительная физика: метод. указания к выполнению расчетно-графической работы по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» / О.Л. Викторова. – Пенза: ПГУАС, 2016. – 36 с.

Рассмотрены теоретические основы подготовки к выполнению расчетно-графической работы по дисциплине «Строительная физика» (раздел «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 направлению 08.03.01 «Строительство» и изучающих дисциплину «Строительная физика».

© Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2016

© Викторова О.Л., 2016

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Изучение строительной физики предполагает выполнение расчетно-графической работы (раздел «Строительная теплотехника»).

Основная задача строительной 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 к проектированию ограждающих конструкций, отвечающих тепловой защите зданий, отечественный и зарубежный опыт проектирования;

уметь использовать полученные знания для разработки своих конструктивных решений согласно заданию 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 профессиональные компетенции:

– знание научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по профилю деятельности;

– владение математическим (компьютерным) моделированием на базе универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и автоматизированных систем проектирования, стандартных пакетов автоматизации исследований, методами постановки и проведения экспериментов по заданным методикам;

– способность составлять отчеты по выполненным работам, участвовать во внедрении результатов исследований и практических разработок;

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 защищая его от перегрева солнцем в летнее время;

2) при эксплуатации их внутренняя поверхность не должна быть слишком холодной 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 исходя 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, определяемый по [4, табл. 7], Вт/(м²·°С);

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

λ_i – расчетный коэффициент теплопроводности материала первого слоя, определяемый по [1, прил. 3*] или по [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 [4, табл.4] для соответствующих групп зданий и вида ограждающих конструкций;

D_d – градусосутки отопительного периода города строительства (ГСОП),

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

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

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

t_{int} – расчетная температура внутреннего воздуха, принимаемая по санитарно-гигиеническим нормам проектирования ГОСТ 30494, СанПиН 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

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

где t_{ext} – расчетная зимняя температура наружного воздуха, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92, определяемая по [2, табл. 1], $^\circ\text{C}$;

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, определяемый по [4, табл. 5], $^\circ\text{C}$.

Температура на внутренней поверхности наружного ограждения при температуре внутреннего t_{int} и наружного t_{ext} воздуха 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 t_{int} и наружного t_{ext} воздуха вычисляется 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 $\left(\sum (n-1)R_x \right)$ – сумма термических сопротивлений предыдущих конструктивных слоев, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Общее сопротивление паропроницаемости ограждающей конструкции $R_{\text{оп}}$ состоит из суммы трех сопротивлений:

1) сопротивления паропроницаемости внутренней поверхности стены $R_{\text{вп}}$;

2) суммы сопротивлений паропроницаемости конструктивных слоев $R_n = \sum \frac{\delta_i}{\mu_i}$; где μ_i – коэффициент паропроницаемости материала, принимаемый 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 $R_{\text{нп}}$.

Определяется сопротивление паропроницаемости по формуле

$$R_{\text{оп}} = R_{\text{вп}} + \sum \frac{\delta_i}{\mu_i} + R_{\text{нп}},$$

где

$$R_{\text{вп}} = k \left(1 - \frac{\varphi_{\text{в}}}{100} \right), \text{ мм рт. ст.} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{ч} / \text{Г} = \text{Па} \cdot \text{с} / \text{Г};$$

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

где $\varphi_{\text{в}}$ – расчетная влажность внутреннего воздуха, %;

$\varphi_{\text{н}}$ – расчетная влажность наружного воздуха, %;

k – коэффициент, учитывающий размерность парциального давления (для размерности в 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

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

где $\left(\sum (n-1)R_n \right)$ – сумма сопротивлений паропроницанию предыдущих конструктивных слоев, мм рт.ст.·м²·ч/Г.

2. ЗАДАНИЕ НА ВЫПОЛНЕНИЕ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ НА ТЕМУ «ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОГО СОСТОЯНИЯ НАРУЖНОЙ СТЕНЫ ГРАЖДАНСКОГО ЗДАНИЯ»

Для гражданского здания с нормальным внутренним влажностным режимом эксплуатации помещений, расположенного в одном из городов Российской Федерации, необходимо 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.

Ниже приведен список городов Российской Федерации. Для выполнения расчетно-графической работы по дисциплине «Строительная физика» название города из представленного списка выдается студенту преподавателем. Таким образом, формируется индивидуальное задание для каждого студента в группе.

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

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. Выбор конструктивного решения 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. Определение исходных данных 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 | $\varphi_B = 55 \%$ |
| • 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] | $\alpha_{\text{ext}} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ |
| • расчетный коэффициент теплопроводности материала первого слоя [1, прил. 3*] или [5, прил. Д] | $\lambda_1 = 0,76 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$ |
| • расчетный коэффициент теплопроводности материала второго слоя [1, прил. 3*] или [5, прил. Д] | $\lambda_2 = 0,22 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$ |
| • расчетный коэффициент теплопроводности материала третьего слоя [1, прил. 3*] или [5, прил. Д] | $\lambda_3 = 0,031 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$ |
| • расчетный коэффициент теплопроводности материала четвертого слоя [1, прил. 3*] или [5, прил. Д] | $\lambda_4 = 0,76 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$ |
| • упругость водяного пара начала конденсации влаги внутри помещения | $E_g = 2,339 \text{ кПа}$ |
| • упругость водяного пара внутри помещения | $e_g = E_g \cdot w_g = 2,339 \cdot 55 \% = 1,286 \text{ кПа}$ |
| • температура точки росы в помещении при имеющемся парциальном давлении [5, прил. Р] | $t_p = 10,69 \text{ °C}$ |
| • нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции [4, табл. 5] | $\Delta t_n = 4 \text{ °C}$ |
| • требуемое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции из санитарно-гигиенических и комфортных условий определяется по формуле | $R_{\text{red}} = \frac{n \cdot (t_{\text{int}} - t_{\text{ext}})}{\Delta t_n \cdot \alpha_{\text{int}}} = \frac{1 \cdot (20 - (-29))}{4 \cdot 8,7} = 0,626 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт};$ |
| • длительность отопительного периода [2, табл. 1] | $z_{ht} = 207 \text{ сут}$ |
| • средняя температура отопительного периода наружного воздуха за отопительный период [2, табл. 1] | $t_{ht} = -4,5 \text{ °C}$ |
| • градусо-сутки отопительного периода (ГСОП) D_d вычисляются по формуле | $\text{ГСОП}(D_d) = (t_{\text{int}} - t_{ht}) \cdot z_{ht} = (20 - (-4,5)) \cdot 207 = 5071,5$ |

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

Нормируемое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции определяется из условий энергосбережения [3, табл. 4] R_{reg} ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$) в зависимости от рассчитанной величины ГСОП D_d . Для величин D_d , отли-

чающихся от табличных значений 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 [4, табл.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 исходя из условия энергосбережения составит

$$R_{reg} = a \cdot D_d + b = 0,0003 \cdot 5071,5 + 1,4;$$

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

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:

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

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

Общее сопротивление теплопередаче наружной стены составит:

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

1.6. Определение расчетного температурного перепада

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

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

Вывод

Тепловая защита здания обеспечивается, если выполняются два условия:

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

$$R_0 < R_{\text{reg}}.$$

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 ($R_0 = 3,51 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт} < R_{\text{reg}} = 3,175 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{В}$) и расчетный температурный перепад между температурой воздуха внутри помещения и температурой на внутренней поверхности ограждающей конструкции меньше нормируемого ($\Delta t_0 = 1,035 \text{ } ^\circ\text{C} < \Delta t_n = 4,0 \text{ } ^\circ\text{C}$), 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

2.1. 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 |

2.2. 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 t_{int} и наружного t_{ext} воздуха 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 $\left(\sum (n-1)R_x \right)$ – сумма термических сопротивлений предыдущих конструктивных слоев, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

Конструкцию наружной стены делим на участки и на границах рассматриваемых участков, а также на поверхностях наружной стены рассчитываем значения температур (рис. 1).

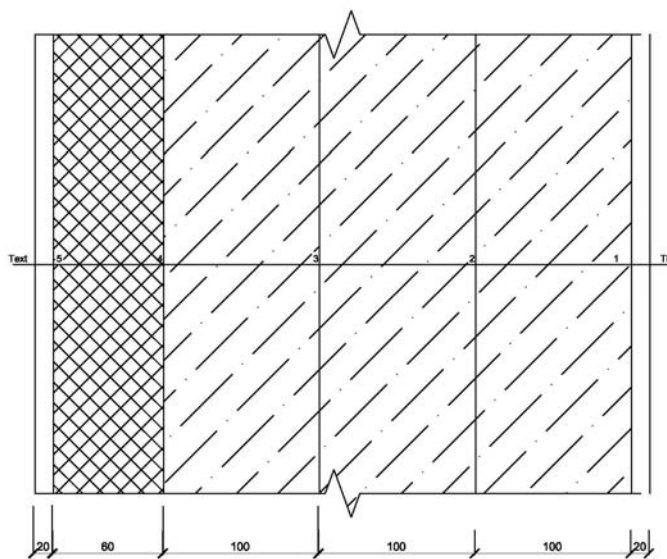


Рис. 1. Схема расположения сечений

Исходные параметры для выполнения данного расчета приведены в задании 1.

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

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

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

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

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

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

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

По полученным результатам строим график распределения температур (рис. 2).

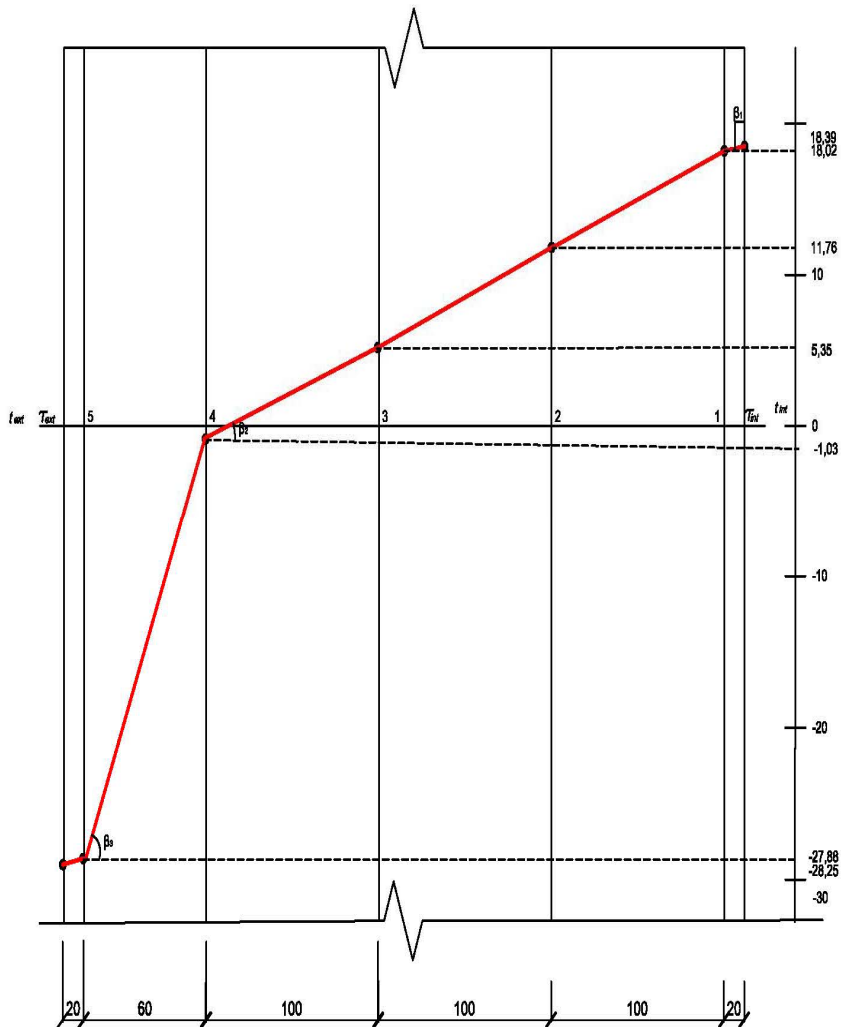


Рис. 2. График распределения температур в толще стены и на поверхностях наружной конструкции

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

3.2. Определяемые и рассчитываемые параметры

| | |
|--|---|
| влажностный режим помещения [4, табл. 1] | нормальный; |
| коэффициент паропроницаемости цементно-песчаного 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

• Сопротивление паропроницаемости внутренней поверхности стены $R_{вп}$ вычисляется по формуле

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

• Сопротивление паропроницаемости наружной поверхности стены $R_{нп}$ определяется по формуле.

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

Общее сопротивление паропроницаемости ограждающей конструкции составит:

$$R_{оп} = R_{вп} + \sum \frac{\delta_i}{\mu_i} + R_{нп} = \\ = 0,45 + \frac{0,02}{0,012} + \frac{0,30}{0,014} + \frac{0,06}{0,055} + \frac{0,02}{0,012} + 0,16 = 26,47, \text{ мм рт.ст.} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{ч/г.}$$

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

Парциальные давления в толще наружной стены определяется по формуле

$$e_X = e_{int} - \frac{\ell_{int} - \ell_{ext}}{R_{оп}} \left(\sum_{n-1} (n-1)R_{п} + R_{вп} \right),$$

где e_{int} – парциальное давление внутри помещения;

e_{ext} – парциальное давление наружного воздуха.

Парциальные давления рассчитываются исходя из формулы

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

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

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

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

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

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

$$l_2 = l_{\text{int}} - \frac{l_{\text{int}} - l_{\text{ext}}}{R_{\text{оп}}} \left(R_{\text{вп}} + \frac{\delta_1}{\mu_1} + \frac{\delta_2}{\mu_2} \right) =$$

$$9,65 - \frac{9,65 - 0,26}{26,47} \cdot \left(0,45 + \frac{0,02}{0,012} + \frac{0,1}{0,014} \right) = 6,4 \text{ мм рт.ст.};$$

$$l_3 = l_{\text{int}} - \frac{l_{\text{int}} - l_{\text{ext}}}{R_{\text{оп}}} \left(R_{\text{вп}} + \frac{\delta_1}{\mu_1} + 2 \frac{\delta_2}{\mu_2} \right) =$$

$$9,65 - \frac{9,65 - 0,26}{26,47} \cdot \left(0,45 + \frac{0,02}{0,012} + \frac{0,2}{0,014} \right) = 3,9 \text{ мм рт.ст.};$$

$$l_4 = l_{\text{int}} - \frac{l_{\text{int}} - l_{\text{ext}}}{R_{\text{оп}}} \left(R_{\text{вп}} + \frac{\delta_1}{\mu_1} + 3 \frac{\delta_2}{\mu_2} \right) =$$

$$9,65 - \frac{9,65 - 0,26}{26,47} \cdot \left(0,45 + \frac{0,02}{0,012} + \frac{0,3}{0,014} \right) = 1,4 \text{ мм рт.ст.};$$

$$l_5 = l_{\text{int}} - \frac{l_{\text{int}} - l_{\text{ext}}}{R_{\text{оп}}} \left(R_{\text{вп}} + \frac{\delta_1}{\mu_1} + 3 \frac{\delta_2}{\mu_2} + \frac{\delta_3}{\mu_3} \right) =$$

$$9,65 - \frac{9,65 - 0,26}{26,47} \cdot \left(0,45 + \frac{0,02}{0,012} + \frac{0,3}{0,014} + \frac{0,06}{0,055} \right) = 1,0 \text{ мм рт.ст.};$$

$$l_H = l_{\text{int}} - \frac{l_{\text{int}} - l_{\text{ext}}}{R_{\text{оп}}} \left(R_{\text{вп}} + 2 \frac{\delta_1}{\mu_1} + 3 \frac{\delta_2}{\mu_2} + \frac{\delta_3}{\mu_3} \right) =$$

$$9,65 - \frac{9,65 - 0,26}{26,47} \cdot \left(0,45 + \frac{0,04}{0,012} + \frac{0,3}{0,014} + \frac{0,06}{0,055} \right) = 0,76 \text{ мм рт.ст.}$$

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 образования конденсата в толще наружной стены определяется графо-аналитическим способом. По рассчитанным значениям парциальных давлений и максимальной упругости водяного пара строим графики (рис. 3). Если построенные кривые пересекаются, то это свидетельствует о возможности образования конденсата в толще конструкции. Зона конденсации находится между кривой парциального давления и касательными к линии максимальной упругости водяного пара, построенными в точках пересечения графиков.

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

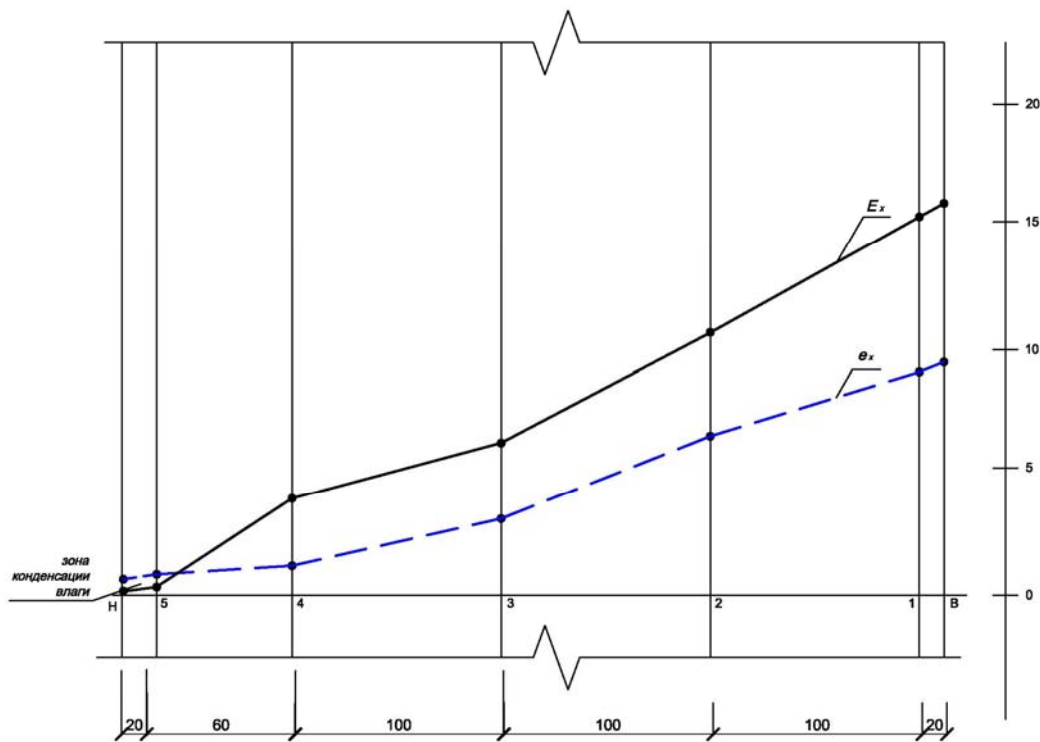


Рис. 3. Графики распределения парциальных давлений

Вывод

График распределения парциальных давлений пересекается с графиком максимальной упругости водяного пара, что говорит о возможности образования конденсата между слоем утеплителя и отделочным слоем 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 определялся данный параметр.

Каждый параметр используемой формулы должен иметь пояснение.

Схемы и графики необходимо выполнять с соблюдением масштабов. Масштаб выбирается студентом самостоятельно, но должен быть достаточным для хорошего и ясного восприятия рисунка.

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

5. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Расчетно-графическая работа (РГР) должна выполняться 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»** расчетно-графическая работа может быть оценена при:

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

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

- соответствии содержания заявленному заданию;
- наличии небольших неточностей в изложении вопросов теоретического или практического разделов, исправленных самим студентом в ходе защиты;
- отсутствии ошибок, неточностей, несоответствий в изложении теоретических и практических разделов;
- глубоким и полным 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» расчетно-графическая работа может быть оценена:

- при несоответствии содержания заявленному заданию;
- при не раскрытии вопросов теоретической или практической части;
- при наличии грубых ошибок в изложении теоретического и практического разделов;
- при отсутствии анализа результатов РГР;
- при низком качестве оформления РГР;
- при представлении РГР в поздние сроки;
- при обнаружении грубых ошибок в ходе защиты РГР.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП131.13330.2012. СНиП 23-01–99. Строительная климатология [Текст]. – М.: Минрегион России, 2012. – 136 с.
2. СП50.13330.2012 СНиП 23-02–2003. Тепловая защита здания [Текст]. – М.: Минрегион России, 2012. – 36 с.
3. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты здания. – М.:Госстрой России, 2005. – 140 с.
4. Викторова, О.Л. Строительная физика [Текст] метод. указания по выполнению лабораторных работ / О.Л. Викторова. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 72 с.
5. Викторова, О.Л. Строительная физика. Практические занятия [Текст]: учеб. пособие / О.Л. Викторова. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 88 с.
6. Викторова, О.Л. Строительная физика [Текст]: курс лекций / О.Л. Викторова. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 83 с.
7. Береговой, А.М. Энергоэкономичные и энергоактивные здания в архитектурно-строительном проектировании [Текст] / А.М. Береговой, А.В. Гречишкин, В.А. Береговой. – 3-е изд., перераб. и доп.– Пенза: ПГУАС, 2012. – 200 с.
8. Соловьев, А.К. Физика среды [Текст] / А.К. Соловьев. – М.: Изд-во АСВ, 2011. – 342 с.
9. Архитектура гражданских и промышленных зданий. Т. II. Основы проектирования [Текст] / под ред. В.М. Предтеченского. – М.: Стройиздат, 1976. – 215 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

| Значения максимальной упругости водяного пара E , мм рт.ст., (при $B = 755$ 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 | 16,45 | 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 E , 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 |

Продолжение прил. 3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|----|-----|----|------|
| 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 | Ю3 | 6 |
| Воронежская область | | | | | | | | | | | | |
| Воронеж | -32 | -31 | -28 | -26 | -37 | 6,7 | 196 | -3,1 | 83 | 172 | 3 | 5,1 |
| Ивановская область | | | | | | | | | | | | |
| Иваново | -38 | -34 | -34 | -30 | -45 | 7,1 | 219 | -3,9 | 85 | 209 | Ю3 | 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 |

Продолжение прил. 3

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|----|-----|----|-----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 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 | Ю3 | 5,3 |
| Липецкая область | | | | | | | | | | | | |
| Липецк | -34 | -31 | -29 | -27 | -38 | 6,8 | 202 | -3,4 | 85 | 248 | Ю3 | 5,9 |
| Ленинградская область | | | | | | | | | | | | |
| Санкт-Петербург | -33 | -30 | -30 | -26 | -36 | 5,6 | 220 | -1,8 | 86 | 200 | Ю3 | 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 | Ю3 | 4,9 |
| 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 | Ю3 | 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 | Ю3 | 5,7 |
| Омская область | | | | | | | | | | | | |
| Омск | -42 | -41 | -39 | -37 | -49 | 8,8 | 221 | -8,4 | 80 | 79 | Ю3 | 5,1 |
| Оренбургская область | | | | | | | | | | | | |

Продолжение прил. 3

| | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|----|-----|----|-----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 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 | Ю3 | 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 | 3 | 5 |
| Саратовская область | | | | | | | | | | | | |
| Саратов | -34 | -33 | -30 | -27 | -37 | 6,9 | 196 | -4,3 | 82 | 159 | С3 | 5,6 |
| Смоленская область | | | | | | | | | | | | |
| Смоленск | -34 | -31 | -28 | -26 | -41 | 6,1 | 215 | -2,4 | 86 | 234 | Ю | 6,8 |
| 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 | | | | | | | | | | | | |

Окончание прил. 3

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|----|-----|----|-----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| Тверь | -37 | -33 | -33 | -29 | -50 | 7,2 | 218 | -3 | 85 | 206 | Ю3 | 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 | Ю3 | 3,9 |
| Удмуртская республика | | | | | | | | | | | | |
| Ижевск | -41 | -38 | -38 | -34 | -48 | 6,9 | 222 | -5,6 | 85 | 168 | Ю3 | 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 | Ю3 | 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 |

Приложение 4

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 табл. 2 данного приложения. Зоны влажности территории России следует принимать по [2, прил. 1].

Таблица 2

Условия эксплуатации ограждающих конструкций

| Влажностный режим помещений зданий (по табл. 1) | Условия эксплуатации А и Б в зоне влажности (по [2, прил. 1]) | | |
|---|---|------------|---------|
| | 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, % | Мероприятия, рекомендуемые органами администрации субъектов РФ |
|--|--|--|--|
| Для новых и реконструированных зданий | | | |
| <i>A</i> | Очень высокий | Менее минус 51 | Экономическое стимулирование |
| <i>B</i> | Высокий | От минус 10 до минус 50 | То же |
| <i>C</i> | Нормальный | От плюс 5 до минус 9 | - |
| Для существующих зданий | | | |
| <i>D</i> | Низкий | От плюс 6 до плюс 75 | Желательна реконструкция здания |
| <i>E</i> | Очень низкий | Более 76 | Необходимо утепление здания в ближайшей перспективе |

Таблица 4

Нормируемые значения сопротивления теплопередаче
ограждающих конструкций

| Здания и помещения, коэффициенты a и b | Градусо- сутки отопи- тельного периода $D_d, °C \cdot \text{сут}$ | Нормируемые значения сопротивления теплопередаче $R_{req}, \text{м}^2 \cdot °C / \text{Вт}$, ограждающих конструкций | | | | |
|--|--|--|--|---|--|--|
| | | Стен | Покрытий и перекры- тий над проездами | Перекрытий чердачных, над неотап- ливаемыми подпольями и подвалами | Окон и балконных дверей, витрин и витражей | Фонарей с верти- кальным остекле- нием |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 Жилые, лечебно- профилактические и детские учреждения, школы, интернаты, гостиницы и общежи- тия | 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, кро- ме указанных выше, административные и бытовые, производст- венные 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 сухим и нормальным режимами | 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 |
| <p>П р и м е ч а н и е . Значения R_{req} для величин D_d, отличающихся от табличных, следует определять по формуле</p> $R_{req} = a D_d + b.$ | | | | | | |

Продолжение прил. 4

Таблица 5

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

| Здания и помещения | Нормируемый температурный перепад Dt_n , °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 | $t_{int} - t_{dL}$, 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. Перекрытий 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 проемов в стенах | 6 |

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

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬСТВА

Инженерно-строительный институт
Кафедра «Городское строительство и архитектура»

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА
по дисциплине «Строительная физика»

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

Выполнил студент группы Ст 1-21 Иванов А.А.
Обозначение РГР 2069059-080301- № зач.книжки-2015
Принял к.т.н., доцент Викторова О.Л.
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 ГРАЖДАНСКОГО ЗДАНИЯ» | 7 |
| 3. ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ | 9 |
| 4. ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ..... | 19 |
| 5. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ..... | 20 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК | 22 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ..... | 23 |

Учебное издание

Викторова Ольга Леонидовна

СТРОИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

Методические указания к выполнению расчетно-графической работы
по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство»

Редактор Н.Ю. Шалимова

Верстка Т.А. Лильп

Подписано в печать 10.02.16. Формат 60×84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл.печ.л. 2,09. Уч.-изд.л. 2,25. Тираж 80 экз.
Заказ № 105.

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