

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПО ВЫСШЕМУ ОБРАЗОВАНИЮ

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра отопления и вентиляции

ВЛАЖНОСТНЫЙ РЕЖИМ НЕОДНОРОДНОГО НАРУЖНОГО ОГРАЖДЕНИЯ

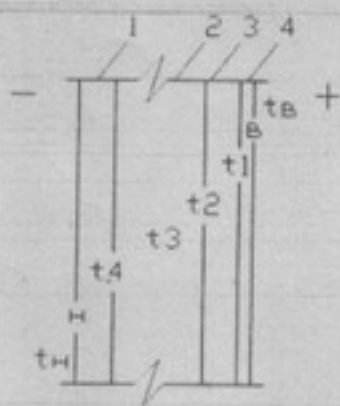
Методические указания и примеры расчетов
к курсовой работе по курсу Строительная теплофизика
(выпуск 4)

МОСКВА 2004

дальше не вылез

4.1. Требуется проверить возможность конденсации водяных паров на внутренней поверхности гладкой наружной стены и в наружном углу, а также в толще наружной стены.

4.1.1. Определяем распределение температуры по сечению стены при температуре наружного воздуха, равной средней температуре наиболее холодного месяца - января $t_H = t_{я} = -12^\circ\text{C}$ (так как влажностные процессы происходят медленно):



$$t_B = t_B - \frac{R_B \cdot r}{R_0^{\Phi}} (t_B - t_H) = 19 - \frac{1/8,7 \cdot 0,87}{2,69} (19 - (-11,8)) = 17,85^\circ\text{C}$$

$$t_1 = t_B - \frac{(R_B + R_1) \cdot r}{R_0^{\Phi}} (t_B - t_H) = 19 - \frac{(1/8,7 + 0,02/0,76) \cdot 0,87}{2,69} \cdot 30,8 = 17,38^\circ\text{C}$$

$$t_2 = t_B - \frac{(R_B + R_1 + R_2) \cdot r}{R_0^{\Phi}} (t_B - t_H) = 19 - \frac{(1/8,7 + 0,02/0,76 + 0,25/0,7) \cdot 0,87}{2,69} \cdot 30,8 = 14,04^\circ\text{C}$$

$$t_3 = t_H + \frac{(R_n + R_1 + \frac{R_2}{2}) \cdot r}{R_0^{\Phi}} (t_B - t_H) = -11,8 + \frac{[1/23 + 0,12/0,58 + 0,15/(2 \cdot 0,064)] \cdot 0,87}{2,69} \cdot 30,8 = 2,36^\circ\text{C}$$

$$t_4 = t_n + \frac{(R_n + R_1) \cdot r}{R_0^{\Phi}} (t_B - t_H) = -11,8 + \frac{(1/23 + 0,02/0,76) \cdot 0,87}{2,69} \cdot 30,8 = -11,11^\circ\text{C}$$

$$t_{н.н} = t_n + \frac{R_n \cdot r}{R_0^{\Phi}} (t_B - t_H) = -11,8 + \frac{1/23 \cdot 0,87}{2,69} \cdot 30,8 = -11,37^\circ\text{C}$$

4.1.2. Соответствующие полученным температурам давления насыщения водяных паров определяем по прил. 4 Методического указания: $E_B = 2197$ Па; $E_{в.п} = 2044$ Па; $E_1 = 1985$ Па; $E_2 = 1603$ Па; $E_3 = 725$ Па; $E_4 = 235$ Па; $E_{н.п} = 230$ Па; $E_n = 221$ Па.

4.1.3. Определяем парциальные давления водяных паров в наружном и внутреннем воздухе по формуле:

$$e = E \cdot \varphi$$

где φ - относительная влажность воздуха. В п. 1.2. определено, что $\varphi_B = 55\%$; φ_H принимаем, исходя из того, что в районе с влажной зоной влажности $\varphi_H = 95\%$; в нормальной зоне влажности $\varphi_H = 90\%$; в сухой зоне влажности $\varphi_H = 85\%$. В нашем случае при нормальной зоне влажности $\varphi_H = 90\%$.

Тогда: $e_B = E_B \cdot \varphi_B = 2197,0,55 = 1208 \text{ Па}$; $e_H = E_H \cdot \varphi_H = 221,0,9 = 199 \text{ Па}$.

Сравниваем полученную величину e_n с взятой в п. 1.1. упругостью водяного пара наружного воздуха в самый холодный месяц - $e_n = 2,5 \text{ гПа} = 250 \text{ Па} = 0,25 \text{ кПа}$.

Для дальнейшего расчета принимается большая из двух, но не превосходящая E_n : $e_n = 221 \text{ Па}$.

4.1.4. Находим температуру точки росы во внутреннем воздухе. Для этого по прил. 4 Методических указаний определим температуру, для которой найденное парциальное давление водяных паров $e_B = 1208 \text{ Па}$ является давлением насыщения. При $E = 1208 \text{ Па}$ $t = 9,7^\circ\text{C}$. Таким образом, температура точки росы $t_p = 9,7^\circ\text{C}$. Так как температура внутренней поверхности наружной стены $t_b = 17,8^\circ\text{C}$ и внутренней поверхности наружного угла $t_y = 14,5^\circ\text{C}$ при температуре наиболее холодной пятидневки выше, чем $t_p = 9,7^\circ\text{C}$:

$$t_b = 17,8^\circ\text{C} > t_y = 14,5^\circ\text{C};$$

$$t_y = 14,5^\circ\text{C} > t_p = 9,7^\circ\text{C},$$

можно быть уверенным в том, что выпадения конденсата на этих поверхностях не будет.

4.1.5. Определяем сопротивление паропрооницанию наружной стены по формуле:

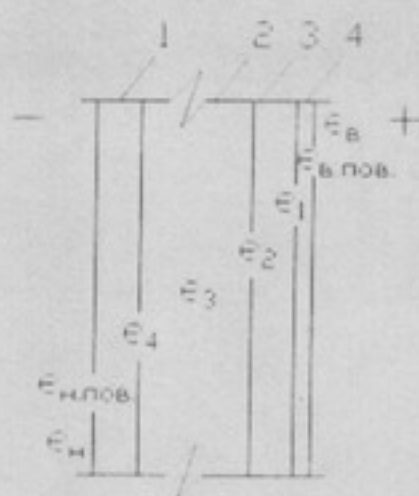
$$R_{\pi} = R_{\pi.в.} + \sum \frac{\delta_i}{\mu_i} + R_{\pi.н} = 0,0267 + \frac{0,12}{0,14} + \frac{0,15}{0,49} + \frac{0,25}{0,11} + \frac{0,02}{0,09} + 0,0052 = 3,69$$

$$\frac{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}}{\text{мг}};$$

и интенсивность потока водяного пара:

$$g = \frac{e_B - e_H}{R_{\pi}} = \frac{1208 - 221}{3,69} = 267,5 \text{ мг/м}^2 \cdot \text{ч}$$

4.1.6. Определяем распределение парциального давления водяных паров по сечению стены при температуре наружного воздуха, равной средней температуре января $t_n = t_a = -11,8^\circ\text{C}$:



$$e_x = e_B - \frac{R_{\pi} \cdot x}{R_{\pi}} \cdot (e_B - e_H);$$

$$e_x = e_H + \frac{R_{\pi} \cdot x}{R_{\pi}} \cdot (e_B - e_H)$$

$$e_{в.п.} = e_B - (R_{п.в.}/R_{п.})(e_B - e_H) = 1208 - (0,0267/3,69)(1208 - 221) = 1201 \text{ Па};$$

$$e_1 = e_B - \frac{R_{п.в.} + R_{п.4}}{R_{п.}} \cdot (e_B - e_H) = 1208 - \frac{0,0267 + 0,02/0,09}{3,69} \cdot 987 = 1141 \text{ Па};$$

$$e_2 = e_B - \frac{R_{п.в.} + R_{п.4} + R_{п.3}}{R_{п.}} \cdot (e_B - e_H) = 1208 - \frac{0,0267 + 0,02/0,09 + 0,25/0,11}{3,69} \cdot 987 = 534$$

Па;

$$e_3 = e_H + \frac{R_{п.н.} + R_{п.1} + R_{п.2}/2}{R_{п.}} \cdot (e_B - e_H) = 221 + \frac{0,0052 + 0,12/0,14 + 0,15/(2 \cdot 0,49)}{3,69} \cdot 987 = 492$$

Па;

$$e_4 = e_H + \frac{R_{п.н.} + R_{п.1}}{R_{п.}} \cdot (e_B - e_H) = 221 + \frac{0,0052 + 0,12/0,14}{3,69} \cdot 987 = 452 \text{ Па};$$

$$e_{н.п.} = e_H + \frac{R_{п.н.}}{R_{п.}} \cdot (e_B - e_H) = 221 + \frac{0,0052}{3,69} \cdot 987 = 222 \text{ Па}.$$

Полученные результаты расчета сведем в таблицу:

Сечение	Температура, °С	Давление насыщения, Па	Парциальное давление, Па
внутренний воздух	19,0	2197	1208
внутренняя поверхность	17,85	2044	1201
1	17,38	1985	1141
2	14,04	1603	534
3	2,36	725	492
4	-11,11	235	452
наружная поверхность	-11,37	230	222
наружный воздух	-11,8	221	221

То, что в сечении между облицовочным кирпичом и утеплителем парциальное давление водяных паров превысило максимально возможную величину для соответствующей температуры (давления насыщения), свидетельствует о возможности конденсации водяных паров в толще ограждения (сечение 4: 452 Па > 235 Па). Вопрос о необходимости дополнительной пароизоляции с внутренней

стороны наружной стены должен быть решен на основе расчета на ЭВМ требуемых сопротивлений паропроницанию ограждения между внутренней поверхностью и плоскостью возможной конденсации.

По полученным в таблице данным постройте график распределения температур, парциальных давлений и давлений насыщения в сечении стены М 1:10, по температуре масштаб удобно принять таким, чтобы по вертикали график температуры занимал около 8-15 см. В нашем случае удобно принять в 1 см 5°C. По парциальному давлению удобно принять следующий масштаб: в 1 см 100 Па. Допустимо, чтобы графики температуры и парциальных давлений накладывались друг на друга. Можно каждый из трех графиков представить разными цветами.

4.2. Подготовьте исходные данные для расчета на ЭВМ требуемых сопротивлений паропроницанию ограждения между внутренней поверхностью и плоскостью возможной конденсации, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$, в соответствии со СНиП 23-02-2003

- из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации, $R_{п1,тр}$;

- из условия ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха, $R_{п2,тр}$.

Ниже приведен пример диалога для ввода исходной информации при расчете требуемых сопротивлений паропроницанию, а так же его результаты. В диалоге галочками помечены строки ответов на запросы с дисплея, которые представляют собой строки без галочек.

В диалоге комментариев требуют следующие позиции:

-расчетная температура внутреннего воздуха помещений в теплый период года принимается на 3 оС выше температуры наружного воздуха по параметрам А:

$$t_{\text{в,т}} = 22,4 \text{ оС (п. 1.1. выпуска 1);}$$

$$t_{\text{в}} = 22,4 + 3 = 25,4;$$

-расчетная влажность внутреннего воздуха в теплый период года принимается равной верхней границе допустимых условий по СНиП 2.04.05-91* "Отопление, вентиляция и кондиционирование", то есть 65%;

- предельно допустимое приращение расчетного массового отношения влаги в утеплителе $dw_{ср}$, %, принимается по таблице 12 СНиП 23-03-2003, воспроизведенной в Приложении к настоящему выпуску.

За диалогом представлены результаты расчета на ЭВМ.

Диалог:

Введите фамилию, курс, группу

<Малявина Е.Г., каф. ОВ

введите имя файла для записи результатов счета.

<Maljavin.res

Выберете из меню код для начала работы: ввод данных в диалоговом режиме - 1, расчет по данным, введенным в файл - 2.

<1

Введите наименование района строительства

<Нижний Новгород

Введите характеристики параметров наружного воздуха: -средние за месяц температуры, °C (12 чисел)

<-11.78 -11.1 -50.6 4.2 12.0 16.4 18.4 16.9 11.0 3.6 -2.8 -8.9

-средние за месяц упругости водяного пара, °C (12 чисел)

<2.5 2.5 3.6 6.0 8.7 12.0 14.8 13.7 10.1 6.6 4.5 3.2

Введите характеристики параметров внутреннего воздуха в холодный и теплый периоды (по 2 числа) -расчетные температуры, °C

<19 25.4

-относительные влажности, %

<50 65

Введите характеристики ограждения:

-число слоев

<4

-для слоя 1 начиная с наружного, введите:

толщину, м; коэфф.паропроницаемости, мг/м.ч.Па;

коэфф. теплопроводности, Вт/м.С

<0.12 0.14 0.58

-для слоя 2 начиная с наружного, введите:

толщину, м; коэфф.паропроницаемости, мг/м.ч.Па;

коэфф. теплопроводности, Вт/м.С

<0.15 0.3 0.064

-для слоя 3 начиная с наружного, введите:

толщину, м; коэфф.паропроницаемости, мг/м.ч.Па;

коэфф. теплопроводности, Вт/м.С

<0.25 0.11 0.7

-для слоя 4 начиная с наружного, введите:

толщину, м; коэфф.паропроницаемости, мг/м.ч.Па;

коэфф. теплопроводности, Вт/м.С

<0.02 0.09 0.76

плотность утеплителя, кг/куб.м

<100.

предельно допустимое приращение расчетного массового

отношения влаги в утеплителе d_{wcp} , %

<3.

коэффициент теплотехнической однородности

< 0,87

Проверьте исходную информацию:

Район строительства

Нижний Новгород

Характеристики параметров наружного воздуха:

средние за месяц температуры, °С -11.8-11.1 -5.0 4.2 12.0 16.4

18.4 16.9 11.0 3.6 -2.8 -8.9

средние за месяц упругости водяного пара 2.5 2.5 3.6 6.0 8.7 12.0

гПа 14.8 13.7 10.1 6.6 4.5 3.2

Характеристики параметров внутреннего воздуха:

температура в холодный и теплый периоды, 19.0 25.4

относительная влажность в эти периоды, % 50.0 65.0

Характеристика ограждения:

число слоев 4

для каждого слоя, начиная с наружного, толщина, м;

коэфф.паропроницаемости, мг/м.ч.Па; коэфф. теплопроводности, Вт/м."С

-для слоя 1 лицевой кирпич 0.12000 0.14000 0.58000

-для слоя 2 минвата 0.15000 0.49000 0.06400

-для слоя 2 обыкновенный глиняный кирпич	0.25000 0.11000 0.70000
-для слоя 3 внутренняя штукатурка	0.02000 0.09000 0.76000
плотность утеплителя, кг/куб.м	125.0
предельно допустимое приращение расчетно- го массового отношения влаги в утеплителе	
dwcr, %	3.0
коэффициент теплотехнич. однородности г	0.87

Результаты расчета

Упругость водяного пара внутреннего воздуха, Па

-в холодный и переходный период года евх	1100.00
-в теплый период года евт	2108.60
-в среднем за год ев	1520.25

Упругость водяного пара наружного воздуха, Па

-средняя за год, ен	735.00
-периода с отрицательными среднемесячными температурами, ено	326.00

Продолжительность

- периода влагонакопления zo, сут	152.
-зимнего периода z1, мес	3
-весенне-осеннего периода z2, мес	4
-летнего периода z3, мес	5

Средняя температура наружного воздуха, °С,

-периода влагонакопления tно	-7.92
-зимнего периода tн1	-10.60
-весенне-осеннего периода tн2	.00
-летнего периода tн3	14.94

Средняя температура в плоскости возможной конденсации, °С

-периода влагонакопления to	-5.74
-зимнего периода t1	-8.20
-весенне-осеннего периода t2	1.54
-летнего периода t3	15.79

Давление насыщения водяных паров в плоскости возможной
конденсации, Па

-периода влагонакопления E_o	393.14
зимнего периода E_1	322.92
-весенне-осеннего периода E_2	685.85
-летнего периода E_3	1775.07
-годового периода эксплуатации E	1048.96
Сопротивление паропрооницанию ограждения, $\text{кв.м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$	
-между наружной поверхностью и плоскостью возможной конденсации $R_{п.н}$	.86
-фактическое общее $R_{п.о}$	3.69
-фактическое между внутренней поверхностью и плоскостью возможной конденсации $R_{п.в}$	2.83
Требуемое сопротивление паропрооницанию ограждения между внутренней поверхностью и плоскостью возможной конденсации, $\text{кв.м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$	
-из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации, $R_{п1,тр}$	1.29
-из условия ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха, $R_{п2,тр}$	3.05

Анализ результатов расчета

Общее сопротивление паропрооницанию ограждения $3,69 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$, причем от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации $2,83 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$, что больше требуемого по первому условию недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период ($2,83 > 1,29$), но не достаточно для удовлетворения второго условия ограничения влаги в ограждении за период с отрицательными температурами ($2,83 < 3,05$). Для увеличения сопротивления слоя от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации проектируем покрытие наружной стены между кирпичом и внутренней штукатуркой изольной мастикой. Сопротивление паропрооницанию слоя мастики равно $0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$ (смотрите Приложение 4.2) ($2,83 + 0,6 = 3,43 > 3,05 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$).

Приложение 4.1

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

Приложение 4.2

Сопротивление паропрооницанию листовых материалов и тонких слоев пароизоляции

Материал	Толщина слоя, мм	Сопротивление паропрооницанию R_p , м ² ·ч.Па/мг
1. Картон обыкновенный	1,3	0,016
2. Листы асбестоцементные	6	0,3
3. Листы гипсовые обшивочные (сухая штукатурка)	10	0,12
4. Листы древесно-волоконистые жесткие	10	0,11
5. Листы древесно-волоконистые мягкие	12,5	0,05
6. Окраска горячим битумом за один раз	2	0,3
7. Окраска горячим битумом за два раза	4	0,48
8. Окраска масляная за два раза с предварительной шпатлевкой и грунтовкой	-	0,64
9. Окраска эмалевой краской	-	0,48
10. Покрытие изольной мастикой за один раз	2	0,60
11. Покрытие битумно-кукерсольной мастикой за один раз	1	0,64
12. Покрытие битумно-кукерсольной мастикой за два раза	2	1,1
13. Пергамин кровельный	0,4	0,33
14. Полиэтиленовая пленка	0,16	7,3
15. Рубероид	1,5	1,1
16. Толь кровельный	1,9	0,4
17. Фанера клееная трехслойная	3	0,15