

Открытое акционерное общество
«Центральный научно-исследовательский и
проектный институт жилых и общественных зданий»
ОАО «ЦНИИЭП жилых и общественных зданий (ЦНИИЭП жилища)»

Теплотехнические расчеты
системы «Стоун-Строй» для условий
г.г. Москвы и Екатеринбурга

(Договор № 2-9132)

Заместитель директора
по научной деятельности



А.А. Магай

Заведующий лабораторией
теплового и воздушного
режима зданий

В.С. Беляев

Москва
2008 г.

Теплотехнические расчеты

1. Введение

В настоящем разделе приводятся принципы теплотехнического проектирования систем наружных стен с вентилируемыми воздушными прослойками между экраном и теплоизоляционным слоем, приводятся рекомендации по различным техническим параметрам для системы «Стоун-Строй».

Принципы теплотехнического проектирования включают методы теплотехнических расчетов, расчеты воздухообмена и влагообмена в воздушных прослойках.

Методика теплотехнических расчетов базируется на требованиях МГСН 2.01-99 [13], СНиП II-3-79* (изд.98г.) [6], СНиП 23-02-2003 [7].

Эти требования (п.5.1а,б [7]) заключаются в обеспечении соответствия приведенного сопротивления теплопередаче R_o^f наружных ограждений (средневзвешенное R_o^f на этаж) требуемому (R_o^{req}) значению приведенного сопротивления теплопередаче (табл. 1б СНиП II-3-79* (изд.98 г.), табл. 4 СНиП 23-02-2003).

Методика расчета воздухо и влагообмена в наружных стенах основывается на требовании СНиП II-3-79* (изд.98г.) и СНиП 23-02-2003 по недопустимости накопления влаги в стенах за годовой период эксплуатации, а также накопления влаги в воздушных зазорах (прослойках) между экранами и утеплителем.

2. Основные, используемые в тексте, понятия

Воздушная прослойка между утеплителем и экраном, вентилируемая наружным воздухом; швы (зазоры), приточные (воздухозаборные) и вытяжные (воздуховыводящие) отверстия. Пути прохождения наружного воздуха могут являться как стыковые швы элементов экрана, так и специальные отверстия.

Условное сопротивление паропрооницанию - приведенное, учитывающее сопротивление паропрооницанию материалов экрана с учетом швов между облицовочными панелями и вентиляционными отверстиями.

3. Основные положения по проектированию фасадных систем наружных стен с вентилируемой воздушной прослойкой

При проектировании зданий с вентилируемыми фасадами следует учитывать уже принятые параметры системы:

- минимальный размер швов для притока воздуха рекомендуется 5 мм (при размерах плит экрана 600х900 мм) для Москвы и Екатеринбурга;
- общая толщина воздушной прослойки 60 мм для условий Москвы в соответствии с МГСН 2.01-99 и 40 мм – по данным Заказчика;
- площадь отверстий для вытяжки воздуха не должна быть менее сечения отверстий для притока.

4. Правила теплотехнического проектирования наружных ограждений с вентилируемым фасадом

Теплотехническое проектирование наружных стен, где применяются фасадные системы с вентилируемым воздушным зазором, выполняется в два этапа.

Причем второй этап применяется, если после первого этапа не выявится надежность рассматриваемой конструкции в теплотехническом отношении.

Первый этап

Назначается конструктивное решение стены, в т.ч. параметры экранов, приточных и выводных щелей с учетом раздела 3.

Выполняется теплотехнический расчет наружной стены с экраном, при котором определяется необходимая толщина теплоизоляции.

Выполняется расчет влажностного режима стены по методике СНиП II-3-79* (изд.98г.) [6], СНиП 23-02-2003 [7] с учетом коэффициента паропроницаемости по глади экрана.

Если по результатам расчетов влажностный режим стены удовлетворяет требованиям норм строительной теплотехники [6], [7], то на этом теплотехническое проектирование заканчивается.

Если по результатам расчетов влажностный режим экранированных стен не удовлетворяет требованиям, то подбирается такой материал стены экрана, чтобы с ними конструкция стены удовлетворяла действующим нормативным требованиям [6], [7].

Если расчет влажностного режима наружного ограждения с вентилируемым фасадом показал невыполнение требований [6], [7], а другой материал стены и экрана подобрать нельзя, то переходят ко второму этапу теплотехнического проектирования.

1) Определяется условное сопротивление паропрооницанию экрана с учетом швов и вентиляционных отверстий по методике раздела 6.6.

2) С учетом этого показателя проводят расчет влажностного режима по методике [6], [7].

3) При необходимости рассчитывается влажностный режим рассматриваемой конструкции в годовом цикле с учетом средних месячных температур.

4) С учетом результатов расчета по п.п. 2, 3 анализируются результаты, при необходимости корректируются материалы и их толщины в конструкции с целью исключения влагонакопления в годовом цикле. Если проведенных упомянутых расчетов для определения применимости конструкции не достаточно, то расчет продолжается в следующей последовательности.

4.1) С учетом этажности здания и района строительства определяется скорость движения воздуха в прослойке за экраном и расход воздуха.

4.2) Определяется температура на выходе из воздушной прослойки.

4.3) Определяется действительная упругость водяного пара на выходе из прослойки e_y по формуле (16). Проверяется условие $e_y < E_n$, где E_n - максимальная упругость водяного пара на выходе из прослойки. Если это условие соблюдается, то данная конструктивная система рекомендуется к применению.

5. Краткая характеристика объекта и нормативные требования

Для расчета принято многоэтажное жилое здание, расположенное в г.Москве и Екатеринбурге.

Рассматриваются для Москвы два варианта наружной стены: с внутренним слоем из монолитного железобетона $\gamma_0 = 2500 \text{ кг/м}^3$, толщиной 0,18 м ($\lambda_B = 2,04 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$) и из кирпича, толщиной 0,51 м ($\lambda_B = 0,64 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$) и из монолитного железобетона для Екатеринбурга. Утеплитель в виде минераловатных плит, покрытый паропроницаемой влаговетрозащитной пленкой "ТАУВЕК", укреплен на утеплителе с его наружной стороны тарельчатыми дюбелями. С этой же стороны к внутреннему слою через паронитовую прокладку анкерными дюбелями прикреплены кронштейны из коррозионностойкой стали, а к ним саморезами крепят вертикальные

профили, к которым посредством болтов фиксируют элементы из коррозионностойкой стали с регулирующими ручками. На шпильки ручек навешивают плиты из гранита, являющиеся облицовочным слоем фасада. Длина кронштейнов и соответственно расстояние от внутреннего слоя стены до облицовочного таково, что между облицовочным слоем и слоем утеплителя есть воздушный зазор расчетной толщины. Для облицовочного слоя применяют плиты из натурального камня размером 600x900 мм, толщиной 50 и 30 мм и плотностью 2800 кг/м³. Воздушный зазор в фасадных системах в нижней части (у цоколя) имеет отверстия для притока воздуха, а в верхней части - аналогичные вытяжные отверстия. Кроме того, обмен воздуха происходит благодаря зазорам в горизонтальных швах величиной 5 мм между смежными плитками.

Требования к теплотехническим характеристикам конструкций и к сопротивлению теплопередаче конструкций содержатся в СНиП II-3-79* (изд.98г.) [6], СНиП 23-02-2003 [7], МГСН 2.01-99 [13] и СП 23-101-2004 [9].

На основе [6], [7] и [13] составлена таблица 1 исходных расчетных данных, где представлены требуемые сопротивления теплопередаче наружных стен жилых зданий.

Таблица 1.

Значения нормативных требований к наружным ограждениям жилых зданий

№ пп	Название нормативного документа	Требуемое сопротивление теплопередаче наружных стен, R_{req} максимальное (*)/минимальное	ГСОП	Город
1	2	3	4	5
1.	СНиП 23.01-99 [8], СНиП 23.02.2003 [6]	3,13/1,97	4943	Москва
2.	СНиП 23.01-99 [8], СНиП 23.02.2003 [6]	3,57/2,25	6210	Екатеринбург

Указанное в графе 3 табл. 1 R_{req} может корректироваться в соответствии с п.5.1; 5.2 и формулами (8, 9) СНиП 23-02-2003 [7] при соблюдении требований п.5.13 [7].

*-) В соответствии с п. 5.1.3 СНиП 23.02.2003

6. Методика теплотехнического расчета наружных стен с вентилируемой воздушной прослойкой

6.1. Общие требования

Теплозащита наружных стен с экраном и вентилируемой воздушной прослойкой основана на расчетах теплотехнических характеристик и влажностного режима стен.

Теплотехнический расчет наружных стен с вентилируемой прослойкой в соответствии с настоящим разделом включает в себя:

- подбор толщины теплоизоляционного слоя;
- определение влажностного режима всей стены;
- определение параметров воздухообмена в прослойке;
- определение тепловлажностного режима прослойки.

6.2. Определение толщины теплоизоляционного слоя

В основу конструктивных решений наружных стен при определении приведенных сопротивлений теплопередаче предварительно принимаются толщины утеплителя, рассчитанные по формуле:

$$\delta_{ут} = \left(\frac{R_0^{req}}{\gamma} - R_l - R_n - \frac{1}{\alpha_v} - \frac{1}{\alpha_n} \right) \cdot \lambda_{ут} \quad (1)$$

где:

R_0^{req} (или) $R_0^{тро про}$ - требуемое приведенное сопротивление теплопередаче стен, $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$;

γ - коэффициент теплотехнической однородности по табл. 2; 3 для определения предварительной толщины утеплителя в зависимости от материала, толщины и физических характеристик стены.

Значения " γ ", данные в табл. 2, 3, подсчитанные для фрагмента стены размером 3х3м с оконным проемом 1,5х1,5м, хотя и являются предварительными, учитывают теплопроводные включения.

Значения γ кирпичных утепленных снаружи стен

Толщина, м		Коэффициент γ при λ , Вт/м °С		
стены (без дополнительного утепления)	утеплителя	0,04	0,05	0,08
0,38	0,1	0,705	0,726	0,73
	0,15	0,693	0,713	0,73
	0,2	0,68	0,7	0,715
0,51	0,1	0,694	0,714	0,73
	0,15	0,682	0,702	0,72
	0,2	0,667	0,687	0,702
0,64	0,1	0,685	0,7	0,715
	0,15	0,675	0,69	0,705
	0,2	0,665	0,68	0,695

Примечания:

1. Для получения значений " γ " с учетом глухих участков и торцовых стен приведенные в таблице значения умножаются на $n = 1,05$. Коэффициент " n " может быть уточнен.

2. Коэффициент " γ " посчитан для фрагментов с проемностью 25%. При проемности, отличающейся от табл. 2, 3 (см. ниже), на каждые 10% коэффициент " γ " соответственно изменяется на 4% для кирпичных стен.

Таблица 3.

Значения γ бетонных утепленных снаружи стен

Толщина, м		Коэффициент γ при λ , Вт/м °С		
панели (без дополнительного утепления)	утеплителя	0,04	0,05	0,08
0,3	0,05	0,9	0,92	0,95
	0,1	0,84	0,87	0,88
	0,15	0,81	0,84	0,85
0,35	0,05	0,87	0,9	0,93
	0,1	0,8	0,83	0,86
	0,15	0,78	0,81	0,83
0,4	0,05	0,82	0,87	0,9
	0,1	0,77	0,8	0,83
	0,15	0,75	0,78	0,8
	0,2	0,74	0,765	0,785

Примечание:

1. Проемность 25% с учетом коэффициента $n = 1,05$ (см. формулу (3) ниже). При проемности, отличающейся от данных табл. 3, на каждые 10% коэффициент " γ " соответственно изменяется на 2%.

2. Значения " γ " в табл. 2, 3 даны для учета ориентировочной толщины утеплителя в расчете влажностного режима стены.

Учет влияния металлических связей выполняется по формуле:

$$R_o^{np} = R_{он}^{np} \cdot r_{св},$$

где

$$r_{св} = \left\{ 1 + \frac{2\eta}{Z^2} \left(\frac{R_o^{ycl}}{R_o^{св}} - 1 \right) [1 - (1 + Z) \cdot e^{-Z}] \right\}^{-1} \quad (2)$$

где: $R_o^{св}$ и R_o^{ycl} - сопротивления теплопередаче в сечениях по связи и в отдалении от включения, учитывающие теплотехнические характеристики материалов, через которые проходят связи ($R_o^{св}$);

$$Z = \beta \cdot \sqrt{\frac{F_{уч}}{\Pi} \cdot 10^3}, \quad (3)$$

β и η - коэффициенты, характеризующие диаметр и вид металлической связи;

$F_{уч}$ - площадь участка конструкции, в котором расположена гибкая связь.

Расчет влияния анкеров и других металлических включений, показывающий аналогичные результаты с вышеприведенной методикой, выполняется также в соответствии с приложением СП 23-101-2004.

Средневзвешенное значение приведенного сопротивления теплопередаче слоистых наружных стен определяется (на секцию) по формуле:

$$R_o^{r\text{cp}^*)} = \frac{\sum_i^k F_i}{\sum_i^k \frac{F_i}{R_{oi}^r}}, \quad (4)$$

где:

$\sum_i^k F_i$ - сумма площадей фрагментов наружных стен
(k - количество фрагментов стен), m^2 ;

F_i, R_{oi}^r - соответственно площадь и приведенное сопротивление теплопередаче i -го фрагмента стен, $m^2 \cdot \text{C/Вт}$;

Если $R_o^{r\text{cp}} > R_o^{\text{req}^*)}$, СНиП 23-02-2003 [7], конструкция стены удовлетворяет требованиям теплотехнических норм. Если $R_o^{r\text{cp}} < R_o^{\text{req}^*)}$, то следует либо увеличить толщину утепляющего слоя, либо рассмотреть возможность включения в проект энергосберегающих мероприятий.

*) $R_o^{r\text{cp}}$, то же, что $R_o^{\text{прср}}$ и R_o^r , то же, что R_o^{np}

Для расчета средневзвешенного значения многослойных наружных стен при наличии в стенах глухих (без проемов) участков может быть также использована формула:

$$R_0^{r\text{cp}} = R_0^r \cdot n \quad (5)$$

где:

$n = 1,05$ - коэффициент, учитывающий наличие глухих участков в торцовых стенах. При выполнении проектов этот коэффициент "n" в каждом случае имеет свое значение, соответствующее особенностям данных конструктивных и объемно-планировочных решений.

6.3. Определение влажностного режима наружных стен

Влажностный режим наружных стен может определяться двумя методами. По СНиП 23-02-2003, СНиП II-3-79* (изд.98г.) и исходя из баланса влаги.

Определение влажностного режима наружных стен по балансу влаги производится в следующей последовательности:

1. Определяются исходные данные для расчета;
2. Определяются сопротивления паропрооницанию слоев конструкции наружной стены, параметры внутреннего и наружного воздуха;
3. Определяется приток (ΔP_1) и отток (ΔP_2) влаги (пара) к рассматриваемому сечению по формулам:

$$\Delta P_1 = \frac{e_{\text{int}} - e_{\tau}}{R_{\text{п.вн.сл}}} \quad \text{и} \quad \Delta P_2 = \frac{e_{\tau}' - e_{\text{н}}}{R_{\text{оп}} - R_{\text{о п.вн.сл}}}, \quad (6)$$

где

$e_{\text{в}}$, $e_{\text{н}}$ - упругость водяного пара внутреннего и наружного воздуха;

e_{τ} и e_{τ}' - то же, в рассматриваемом сечении;

$$e_{\tau} (e_{\tau}') = e_{\text{в}} - \frac{e_{\text{в}} - e_{\text{н}}}{R_{\text{оп}}} \cdot (\sum R_{\text{п.сл}}), \quad (7)$$

$R_{\text{о п.вн.сл}}$ - сопротивление паропрооницанию от внутренней поверхности до границы зоны возможной конденсации;

$\sum R_{\text{п.сл}}$ - сумма сопротивлений паропрооницанию слоев до рассматриваемого сечения;

$R_{\text{оп}}$ - сопротивления паропрооницанию всей стены.

По указанным формулам определяется упругость водяного пара e_i в характерных сечениях конструкции в годовом цикле.

Если e_i окажется больше максимальной упругости водяного пара E , то в данном сечении может образовываться конденсат.

6.4. Определение параметров воздухообмена в прослойке

Движение воздуха в прослойке осуществляется за счет гравитационного (теплого) и ветрового напора. В общем виде скорость движения воздуха в прослойках $V_{пр}$ может определяться по следующим формулам:

$$V_{пр} = \sqrt{\frac{k(k_n - k_z) \cdot V_n^2 + 0,08H(t_{ср} - t_n)}{\Sigma\xi}}, \quad (8)$$

где:

k_n, k_z - аэродинамические коэффициенты принимаются по СНиП 2.01.07-85 [4];

V_n - скорость движения наружного воздуха;

k - коэффициент учета изменения скорости потока по высоте по СНиП 2.01.07-85;

H - разности высот от входа воздуха в прослойку до ее выхода из нее;

$t_{ср}, t_n$ - средняя температура воздуха в прослойке и температура наружного воздуха;

$\Sigma\xi$ - сумма коэффициентов местных сопротивлений (определяется сложением аэродинамических сопротивлений).

При расположении воздушной прослойки на одной стороне стены здания, формула (8) примет вид:

$$V_{пр} = \sqrt{\frac{0,08 H (t_{ср} - t_n)}{\Sigma\xi}}, \quad (9)$$

Из полученных по указанным формулам скорость движения воздуха корректируется с учетом потерь давления на трение по известным из курса "Вентиляция" методам.

Суммарный расход воздуха в прослойке определяется по формуле:

$$W = V_{\text{пр}} \cdot 3600 \cdot \delta_{\text{пр}} \cdot \gamma_{\text{пр}}, \quad (10)$$

где: $\delta_{\text{пр}}$ – толщина воздушной прослойки, м; шириной 1 м.

$\gamma_{\text{пр}}$ – плотность воздуха в прослойке принимается по формуле (14) [7].

6.5. Определение параметров тепловлажностного режима прослойки

Температура входящего в прослойку воздуха τ_0 может определяться по формуле:

$$\tau_0 = t_{\text{н}} + \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}{m \cdot \alpha_{\text{в}} (\sqrt{B_{\text{в}}} + 23 B_0)}, \quad (11)$$

где $t_{\text{в}}$, $t_{\text{н}}$ – расчетные температуры в помещении и наружного воздуха;
 m – коэффициент.

Остальные обозначения даны в [19].

Допускается определять температуру воздуха, входящего в прослойку по формуле

$$\tau_0 = t_{\text{в}} - n \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}), \quad (12)$$

где $n = 0,97$.

Температура воздуха по высоте прослойки определяется по формуле:

$$t_y = \frac{(k_{\text{в}} \cdot t_{\text{в}} + k_{\text{н}} \cdot t_{\text{н}}) + [\tau_0 (k_{\text{в}} + k_{\text{н}}) - (k_{\text{в}} \cdot t_{\text{в}} + k_{\text{н}} \cdot t_{\text{н}})] \cdot e^{-[C_{\text{в}} (k_{\text{в}} + k_{\text{н}}) h_y / WC]}}{k_{\text{в}} + k_{\text{н}}}, \quad (13)$$

где

$k_{\text{в}}$ и $k_{\text{н}}$ – коэффициенты теплопередачи внутреннего и наружного слоя стены до середины прослойки;

h_y – расстояние по высоте между отверстиями (щелями, швами), служащими для поступления и вытяжки воздуха;

C – удельная теплоемкость воздуха.

При определении термического сопротивления прослойки $R_{пр}$ следует пользоваться следующими формулами:

$$R_{пр} = \frac{1}{\alpha_{вп}}, \quad (14)$$

$$\text{где } \alpha_{вп} = 5,5 + 5,7 V_{пр} + \alpha_{л}, \quad (15)$$

где $\alpha_{л}$ - коэффициент лучистого теплообмена;

C_v - переводной коэффициент, равный в системе СИ - 3,6,
а в технической - 1.

Упругость водяного пара на выходе из прослойки определяется по формуле:

$$e_y = \frac{(M_v \cdot e_v + M_n \cdot e_n) + [e_0 (M_v + M_n) - (M_v \cdot e_v + M_n \cdot e_n)] e^{-[n(M_v + M_n) h_y / WB]}}{M_v + M_n}, \quad (16)$$

Полученная по данной формуле величина упругости водяного пара на выходе из прослойки e_y должна быть меньше максимальной упругости водяного пара E_y .

Если $e_y > E_y$, то необходимо изменить размеры воздушной прослойки или материалы слоев стены.

В формуле (16) M_v и M_n равны соответственно:

$$M_v = \frac{1}{\sum R_{вп}}; \quad M_n = \frac{1}{\sum R_{пн}}, \quad (17)$$

где:

$R_{вп}$ и $R_{пн}$ - сумма сопротивлений паропроницанию от внутренней поверхности до воздушной прослойки и от воздушной прослойки до наружной поверхности;

e_v и e_n - действительная упругость водяного пара с внутренней стороны стены и снаружи;

e_0 - упругость водяного пара воздуха, входящего в прослойку;

$$B = \frac{1,058}{1 + t_y / 273}, \quad (18)$$

n - переводной коэффициент, равный в системе СИ - 0,13,
а в технической - 1.

6.6. Методика определения условного приведенного сопротивления паропрооницанию с учетом швов-зазоров между панелями экранами

Расчет приведенного сопротивления паропрооницанию экранов с учетом швов-зазоров производится в следующей последовательности:

1) Определяется условное сопротивление паропрооницанию в стыковых швах по формуле:

$$R_{\text{ш}}^1 = \frac{\delta_3}{(v\eta_{\text{ш}} / \sum \xi_{\text{ш}})} \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг} (\text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{мм рт.ст.}) / \text{г}, \quad (19)$$

где v – переводной коэффициент,

$$\eta_{\text{ш}} = 0,1.$$

$\sum \xi_{\text{ш}}$ – местные сопротивления проходу воздуха;

δ_3 – толщина экрана, м.

2) Определяется сопротивление паропрооницанию плит экрана по его глади по формуле:

$$R_{\text{пл}} = \frac{\delta_3}{\mu_3}, \quad (20)$$

где: μ_3 – коэффициент паропрооницаемости экрана.

3) Определяется приведенное условное сопротивление паропрооницанию экрана с учетом стыковых швов $R_{\text{ш}}^{\text{пр}}$ по формуле:

$$R_{\text{ш}}^{\text{пр}} = \frac{\Sigma F}{\frac{F_{\text{гл}}}{R_{\text{пл}}} + \frac{F'}{R_{\text{ш}}'}}, \quad (21)$$

где:

ΣF – суммарная расчетная площадь экрана (как правило принимается 1 м^2);

$F_{\text{гл}}$ – площадь экрана без швов, м^2 ;

F' – площадь швов, через которые поступает воздух. Как правило, площадь выходных швов в верхней части экрана не учитывается;

$R_{\text{пл}}$ и $R_{\text{ш}}'$ – см. выше.

7. Теплотехнический расчет наружных стен с вентилируемой воздушной прослойкой

7.1. Исходные данные

Расчет выполняется для многоэтажного жилого здания, расположенного в г. Москве и Екатеринбурге, наружные стены которого облицованы фасадной системой с вентилируемым воздушным зазором «Стоун-Строй».

Наружные стены двух вариантов: с внутренним слоем из монолитного железобетона $\gamma_0 = 2500 \text{ кг/м}^3$, толщиной 0,18 м ($\lambda_B = 2,04 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}$) и кирпичной кладки, толщиной 0,51 м ($\lambda_B = 0,64 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}$).

7.2. Расчет толщины теплоизоляции

Толщина теплоизоляции из минваты типа "Фасад-Баттс" для кирпичной (рис. 1) стены для г. Москвы равна:

$$\delta_{\text{ут}}^{*}) = \left(\frac{3,13}{0,726} - \frac{0,02}{0,93} - \frac{0,51}{0,64} - 0,12 - \frac{1}{8,7} - \frac{1}{23} \right) \times 0,045 = 0,15 \text{ м}$$

где:

3,13 – требуемое сопротивление теплопередаче стен для г. Москвы;

0,726 (** – коэффициент теплотехнической однородности, см. табл. 2 (при проемности 25%);

0,12 – термическое сопротивление вентилируемой воздушной прослойки.

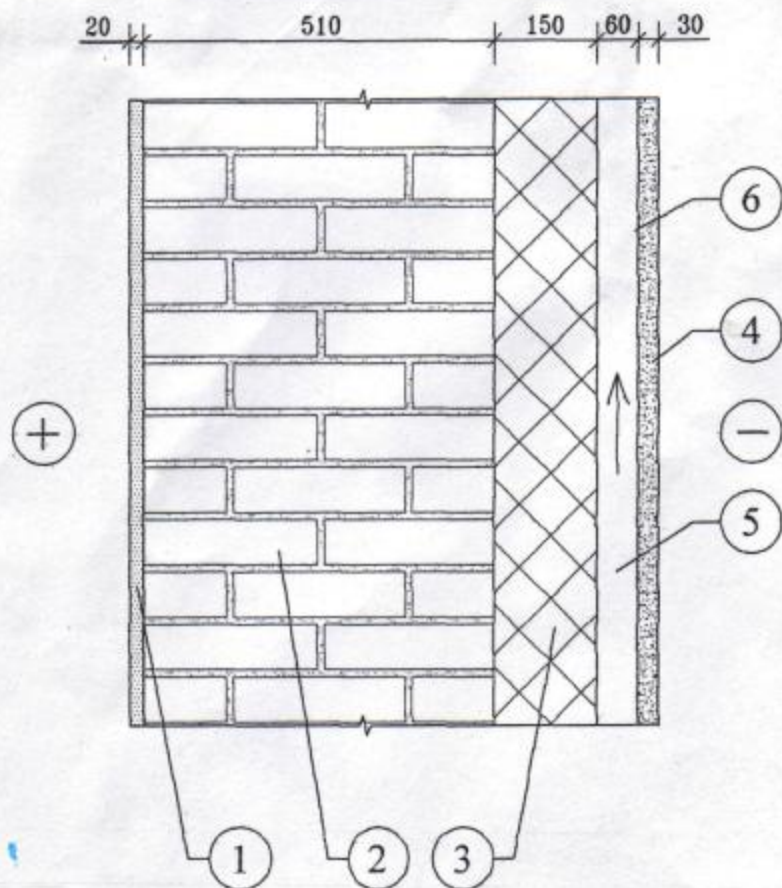
$$R_{\text{вп}} = \frac{1}{\alpha_{\text{вп}}} = \frac{1}{6,8} = 0,15 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{ч/Ккал} \quad (0,12 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}),$$

где $\alpha_{\text{вп}}$ – коэффициент теплообмена по формуле (21);

$$\alpha_{\text{вп}} = 5,5 + 5,7 V_{\text{пр}} + \alpha_{\text{л}} = 5,5 + 5,7 \cdot 0,1 + 0,66 = 6,8 \text{ Ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C} \quad (7,8 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C});$$

^{*)} В запас теплозащиты не приводится термическое сопротивление экрана.

^{**)} Коэффициент теплотехнической однородности при 3-х кронштейнах толщиной 5 мм на м^2 может составлять 0,71



- 1 - штукатурный раствор;
- 2 - кирпичная кладка;
- 3 - минеральная вата;
- 4 - панель экрана;
- 5 - воздушная прослойка;
- 6 - зона возможной конденсации.

Рис. 1. Схема наружной стены для расчета влажностного режима

$$\alpha_{л} = \frac{1}{\frac{1}{4,25} + \frac{1}{2,1} + \frac{1}{4,9}} \times 0,61 = 0,66;$$

где 4,25; 2,1; 4,9 - коэффициенты излучения, Ккал/м²·ч·°К⁴;

0,61 - температурный коэффициент;

0,045 - коэффициент теплопроводности минваты для условий эксплуатации "Б" в соответствии с сертификатами, Вт/м·°С.

Сопротивление теплопередаче по глади наружной стены при толщине утеплителя из минваты 0,15 м:

$$R_{о\text{ усл}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,51}{0,64} + \frac{0,15}{0,045} + 0,12 + \frac{1}{23} = 4,43 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}.$$

Приведенное сопротивление теплопередаче:

$$R_{о\text{ пр}} = 4,43 \cdot 0,726 = 3,22 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}.$$

Минимально требуемая толщина утеплителя для кирпичной стены для Москвы:

$$\delta_{\text{ут}} = \left(\frac{1,97}{0,726} - \frac{0,02}{0,93} - \frac{0,51}{0,64} - 0,12 - \frac{1}{8,7} - \frac{1}{23} \right) \times 0,045 = 0,08 \text{ м},$$

Толщина слоя теплоизоляции для бетонной стены для г. Москвы:

$$\delta_{\text{ут}} = \left(\frac{3,13}{0,83} - \frac{0,18}{2,04} - 0,12 - \frac{1}{8,7} - \frac{1}{23} \right) \times 0,045 = 0,16 \text{ м},$$

где $\gamma = 0,83$ в соответствии с табл. 3 (при проемности 25%).

Сопротивление теплопередаче по глади наружной стены условное:

$$R_{о\text{ усл}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,18}{2,04} + \frac{0,16}{0,045} + 0,12 + \frac{1}{23} = 3,9 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}.$$

Приведенное сопротивление теплопередаче:

$$R_{о\text{ пр}} = 3,9 \times 0,83 = 3,24 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}.$$

Минимально требуемая толщина утеплителя для бетонной стены для Москвы:

$$\delta_{\text{ут}} = \left(\frac{1,97}{0,83} - \frac{0,18}{2,04} - 0,12 - \frac{1}{8,7} - \frac{1}{23} \right) \times 0,045 = 0,1 \text{ м,}$$

Толщина утеплителя может быть скорректирована в соответствии с номенклатурой выпускаемых изделий, что не повлияет на правомочность полученных расчетов и выводов.

Толщина утеплителя для бетонной стены для г. Екатеринбурга:

$$\delta_{\text{ут}} = \left(\frac{3,57}{0,83} - \frac{0,18}{1,96} - 0,12 - \frac{1}{8,7} - \frac{1}{23} \right) \cdot 0,042 = 0,17 \text{ м}$$

Минимально требуемая толщина утеплителя для г. Екатеринбурга:

$$\delta_{\text{ут}} = \left(\frac{2,25}{0,83} - \frac{0,18}{1,96} - 0,12 - \frac{1}{8,7} - \frac{1}{23} \right) \cdot 0,042 = 0,1 \text{ м.}$$

Толщина утеплителя может варьироваться от 0,08 м до 0,15 м для кирпичных стен и от 0,1 м до 0,17 м для бетонных в зависимости от удельного расхода тепла при расчете энергоэффективности в соответствии со СНиП 23.02.2003.

7.3. Расчет влажностного режима бетонных стен

Выполняется расчет влажностного режима бетонных наружных стен с экраном по СНиП II-3-79* (изд.98 г.), СНиП 23-02-2003 по глади (без учета стыковых швов) для г. Москвы.

Влажностный режим наружных стен характеризуется процессами влагонакопления, зависящими от ряда внешних факторов и физических характеристик, от сопротивления паропрооницанию конструкции. Расчетное сопротивление паропрооницанию $R_{\text{вр}}$, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{мг}$ (до плоскости возможной конденсации) должно быть не менее большего из требуемых сопротивлений паропрооницанию $R_{\text{вр}}^{\text{req}}$, из условия недопустимости накопления влаги за год эксплуатации и $R_{\text{вр}}^{\text{req}}$ из условия ограничения влаги в конструкции за период с отрицательными среднемесячными температурами.

Расчет ведется с учетом того, что зона возможной конденсации располагается на внешней границе утеплителя.

^{*)} Коэффициент теплотехнической однородности при 3-хкронштейнах толщиной 5 мм на м^2 может опускаться до 0,75

Рассчитывается конструкция с максимально требуемой толщиной утеплителя, что не скажется на правомочности выводов.

Расчетное сопротивление паропрооницанию наружной стены до зоны возможной конденсации R_{vp} , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$:

$$R_{vp} = \frac{0,18}{0,03} + \frac{0,16}{0,3} = 6,533 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$$

($R_n = 49 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{мм рт.ст./г}$)

Расчетное сопротивление паропрооницанию части ограждающей конструкции, R_{vp}^c , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$, расположенной между наружной поверхностью и плоскостью возможной конденсации равно:

$$R_{vp}^c = \frac{0,03}{0,008} = 3,7 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг} \quad (27,7 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{мм рт.ст./г}).$$

Требуемое сопротивление паропрооницанию R_n , из условия недопустимости накопления влаги за год эксплуатации:

$$R_{vp}^{req} = \frac{(1283-996) \cdot 3,7}{996 - 761} = 4,4 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}.$$

Требуемое сопротивление паропрооницанию из условия ограничения влаги в наружной стеновой панели за период отрицательными температурами наружного воздуха:

$$R_{vp}^{req} = \frac{0,0024(1283 - 384) \cdot 151}{100 \cdot 0,16 \cdot 3 + 3,4} = 6,34 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}.$$

$$\eta = \frac{0,0024 (384 - 350) \cdot 151}{3,7} = 3,4.$$

Влажностный режим по глухой части экрана при отсутствии воздухообмена в прослойке на пределе удовлетворяет требованиям норм строительной теплотехники при расчете по СНиП 23-02-2003 для бетонной стены.

Следующим этапом расчета является учет стыковых швов-зазоров в соответствии с методикой влажностного расчета для вентилируемых фасадов [20] для панелей экранов $0,6 \times 0,9$ м толщиной 30 мм.

Условное сопротивление паропрооницанию зазоров в горизонтальных стыковых соединениях экранов по формуле (19):

$$R_{vp} = \frac{0,03}{(0,1/4)} = 1,2 \text{ (0,16) в скобках в системе СИ.}$$

Следующим этапом расчетов является учет воздухозаборных швов и отверстий приведенной площадью $0,014 \text{ м}^2$ на м^2 экрана.

Сопротивление паропрооницанию условное, приведенное:
формула (21)

$$R_{vp} = \frac{1}{\frac{1 - 0,014}{27,3} + \frac{0,014}{1,2}} = 21 \text{ (2,76)}$$

где $0,014 \text{ м}^2$ - приведенная площадь приточных швов и отверстий.

Расчетное сопротивление паропрооницанию части ограждающей конструкции R_{vp} , расположенной между наружной поверхностью и плоскостью возможной конденсации: $R_{m1} = 2,76$ (21).

Требуемое сопротивление паропрооницанию из условия недопустимости накопления влаги за год эксплуатации:

$$R_{vp1}^{req} = \frac{(1283-996) \cdot 2,76}{996 - 761} = 3,36 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг.}$$

Требуемое сопротивление паропрооницанию из условия ограничения влаги в наружной стене за период с отрицательными температурами наружного воздуха:

$$R_{vp2}^{req} = \frac{0,0024(1283 - 384) \cdot 151}{100 \cdot 0,16 \cdot 3 + 4,46} = 6,2 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг.}$$

$$\eta = \frac{0,0024 (384 - 350) \cdot 151}{2,76} = 4,46.$$

Поскольку $R_{vp}^{req} > R_{vp} = 6,53 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$, влажностный режим в зоне швов системы «Стоун-Строй» для г. Москвы не предельно удовлетворяет требованиям норм строительной теплотехники для бетонной стены при отсутствии воздухообмена в прослойке. Определяем влажностный режим в прослойке с учетом воздухообмена.

7.4. Определение скорости движения воздуха и упругости водяного пара на выходе из прослойки

Определяется скорость движения воздуха в прослойке при температуре наружного воздуха минус 28 °С для г. Москвы.

Температура входящего в прослойку воздуха по формуле (12):

$$t_x = 20 - 0,97 \cdot (20 + 28) = -26,6^\circ\text{C}.$$

Определяем расход воздуха в прослойке по формуле (10): при толщине прослойки 0,06 м в соответствии с МГСН 2.01.99 [13]:

Расход воздуха в прослойке составит $W = 3600 \cdot 0,102 \cdot 1,405 \cdot 0,06 = 31 \text{ кг/м} \cdot \text{ч}$; при толщине прослойки 0,04 м $W = 3600 \cdot 0,1 \cdot 1,405 \cdot 0,04 = 20 \text{ кг/м} \cdot \text{ч}$,

$$\text{где } V = \sqrt{\frac{0,08 (-26,6 + 28) 0,9}{8}} = 0,1 \text{ м/с};$$

$$V = 0,1 - 0,1 \cdot 0,07 = 0,102 \text{ м/с}.$$

где 0,07 – коэффициент, учитывающий трение [20].

Упругость водяного пара на выходе из воздушной прослойки e_y бетонной стены при начальной упругости $e_0 = 0,34 \text{ мм рт.ст.}$ (в технической системе) по формуле (16) с учетом швов между экранами.

Определяем влажностный режим в прослойке по глухой части экрана при прослойке толщиной 60 мм

$$e_y = \frac{0,2 + (0,34 \cdot 0,057 - 0,2) \cdot e^{-\frac{0,057 \cdot 0,9}{31 \cdot 1,17}}}{0,057} = 0,36 \text{ мм рт.ст.},$$

$$\text{где } M_b = \frac{1}{49} = 0,02, \text{ см. выше; } M_b + M_n = 0,057$$

$$M_n = \frac{1}{27,7} = 0,037; \quad M_b \cdot e_b + M_n \cdot e_n = 0,02 \cdot 9,64 + 0,037 \cdot 0,29 = 0,2$$

При толщине прослойки 40 мм и расходе воздуха $w = 20 \text{ кг/м} \cdot \text{ч}$ $e_y = 0,36 \text{ мм рт.ст.}$

e_y меньше максимальной упругости водяного пара.

Далее выполнен расчет влажностного режима наружной кирпичной стены с экраном.

В табл. 4 показано влагонакопление в годовом цикле стены, с экраном имеющим коэффициент паропроницаемости по глади $\mu = 0,008 \text{ мг/м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}$.

Как видно из табл. 4 при маловлагопроницаемом экране в годовом цикле во всех месяцах упругость водяного пара e больше максимальной упругости водяного пара E и, следовательно, происходит постоянное влагонакопление в прослойке у экрана, в отдалении от горизонтальных швов при отсутствии движения воздуха в прослойке.

При учете горизонтальных швов расчет влажностного режима кирпичной стены, утепленной снаружи минеральной ватой, показывает следующее.

Расчетное сопротивление паропроницанию стены до зоны возможной конденсации:

$$R_{vp} = \frac{0,020}{0,09} + \frac{0,51}{0,16} + \frac{0,15}{0,3} = 3,91 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг} \quad (29,3 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{мм рт.ст./г})$$

Расчетное сопротивление паропроницанию части наружной стены, расположенной между наружной поверхностью ее и плоскостью возможной конденсации при учете горизонтальных швов равно:

$$R_{vp} = 2,76 \quad (21).$$

Требуемое сопротивление паропроницанию, $R_{н1}$, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$ из условия недопустимости накопления влаги за год эксплуатации:

$$R_{vp}^{req} = \frac{(1283 - 994) \cdot 2,76}{994 - 761} = 3,42.$$

Требуемое сопротивление паропроницанию из условия ограничения влаги в стене за период с отрицательными температурами воздуха R_{vp2}^{req} :

$$R_{vp}^{req} = \frac{0,0024 \times (1283 - 384) \cdot 151}{100 \times 0,15 \times 3 + 4,46} = 6,6 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/кг}$$

$$\eta = \frac{0,0024 (384 - 350) \times 151}{2,76} = 4,46$$

Таблица 4.

Распределение влажности в кирпичной стене толщиной $\delta = 0,51$ м,
с утеплением минватой с экраном, имеющим по глады
 $\mu = 0,008$ мг/м · ч · Па (0,001 г/м ч мм рт. ст.)

Размерность	Индексы	М Е С Я Ц Ы											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
°C	t_n	-10,2	-9,6	-4,7	4	11,6	15,8	18,1	16,2	10,6	4,2	-2,2	-7,6
°C	t_b	20	20	20	20	11,6	15,8	18,1	16,2	10,6	20	20	20
°C	Δt	30,2	29,6	24,7	16	0	0	0	0	0	15,8	22,2	27,6
°C	t_n	-9,9	-9,3	-4,4	4,2						4,4	-2,0	-7,3
мм рт. ст.	E_t	1,96	2,07	3,17	6,19	10,24	13,46	15,58	13,81	9,59	6,27	3,88	2,47
мм рт. ст.	e_n	1,604	1,62	2,41	4,026	5,939	7,941	9,615	9,391	7,001	4,828	3,132	2,0485
мм рт. ст.	e_b^{35}	9,647	9,647	9,647	9,647	5,939	7,941	9,615	9,391	7,001	9,647	9,647	9,647
мм рт. ст.	Δe	8,043	8,027	7,237	5,671	-	-	-	-	-	4,819	6,545	7,598
мм рт. ст.	e_t	4,54	4,56	5,06	6,06						6,59	5,53	4,83
Часы		744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744
ч/м ²	$Q_{вн.сл.}$	1311,8	1167,9	1105,4	570,7	-836,4					576,3	952,4	1224,8
ч/м ²	$Q_{нар.сл.}$	105,4	120,3	225	619,9	1450,8					426,9	214,3	124,8
ч/м ²	ΔQ	1206,5	1047,6	880,4	-49,0	-2287,2					149,4	738,2	1100,0
ч/м ²	$\Sigma \Delta Q$	3194,0	4241,7	5122,9	5073,1	2285,8					149,4	887,6	1987,6
					Конденсат								

Поскольку $R_{vp}^{req} > R_n$, следовательно влажностный режим стены неудовлетворителен при отсутствии воздухообмена в прослойке.

Далее приводим расчет с учетом выноса влаги из прослойки движущимся воздухом.

Упругость водяного пара на выходе из воздушной прослойки толщиной 60 мм кирпичной стены:

$$e_y = \frac{0,34 + (0,34 \cdot 0,0816 - 0,34) \cdot e^{-\frac{0,0816 \cdot 0,9}{31 \cdot 1,17}}}{0,0816} = 0,375 \text{ мм рт.ст.},$$

$$\text{где: } M_v = \frac{1}{29,3} = 0,034; \quad M_n = 0,0476 \text{ (см. выше); } M_v + M_n = 0,0816$$

$$M_v \cdot e_a + M_n \cdot e_n = 0,034 \cdot 9,64 + 0,0476 \cdot 0,29 = 0,34$$

При толщине прослойки 60 мм $e_y = 0,38$ мм рт.ст.

e_y меньше максимальной упругости водяного пара E_y , равной 0,39, следовательно, принятые параметры конструкции удовлетворительные при движении воздуха в прослойке.

Расчет влажностного режима наружной стены для Екатеринбурга

В соответствии со СНиП 23.02.2003 влажностный режим наружных стен характеризуется процессами влагопакопления, зависящими от ряда внешних факторов и физических характеристик, сопротивления паропрооницанию конструкции.

Расчетное сопротивление паропрооницанию R_{vp} , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$ должно быть не менее большего из требуемых сопротивлений паропрооницанию R_{vp1}^{req} , из условия недопустимости накопления влаги за год эксплуатации и R_{vp2}^{req} , из условия ограничения влаги в конструкции за период с отрицательными среднемесячными температурами.

Расчет ведется с учетом того, что зона возможной конденсации располагается на внешней границе утеплителя и наружного слоя.

Расчетное сопротивление паропрооницанию наружной стены до зоны возможной конденсации R_n , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$:

$$R_{vp} = \frac{0,18}{0,03} + \frac{0,17}{0,30} = 6,56 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг} \quad (48,2 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{мм рт.ст./мг}).$$

Расчетное сопротивление паропроницанию части ограждающей конструкции, расположенной между наружной поверхностью ее и плоскостью возможной конденсации равно:

$$R_{vp}^e = \frac{0,03}{0,008} = 3,7 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг} \quad (27,7 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{мм рт.ст./мг}).$$

Требуемое сопротивление паропроницанию, R_n^{np} , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$ из условия недопустимости накопления влаги за год эксплуатации (формула 16, СНиП 23.03.2003).

В процессе эксплуатации требуемое сопротивление паропроницанию R_{vn1}^{req} , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$ из условия недопустимости накопления влаги за год эксплуатации равно:

$$R_{vn1}^{req} = \frac{(e_{inf} - E) R_{vp}^e}{E - e_{ext}} = \frac{(1368 - 860) \times 3,7}{86 - 630} = 8,16.$$

Требуемое сопротивление паропроницанию из условия ограничения влаги в наружной стене за период с отрицательными температурами наружного воздуха, R_{vn}^{req} , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$ (формула 17, СНиП 23.02.2003):

$$R_{vn2}^{req} = \frac{0,0024 z_0 (e_n - E_0) Z_0}{\gamma_w \cdot \delta_w \cdot W_{cp} + \eta} = \frac{0,0024 \times 169 (1368 - 227)}{100 \times 0,17 \times 3 - 1,42} = 9,3$$

$$\eta = \frac{0,0024 (E_0 - e_{н.о}) Z_0}{R_{нп}} = \frac{0,0024 \times 169 (227 - 240)}{3,7} = -1,42$$

Так как, R_{v1}^{req} и $R_{v2} > R_{vp}$ влажностный режим конструкции неудовлетворителен при отсутствии воздухообмена в прослойке.

Определяем влажностный режим стены при воздухообмене в прослойке.

Скорость движения воздуха в прослойке V , м/с, – при температуре наружного воздуха для г. Екатеринбурга $t_{ext} = -37 \text{ }^\circ\text{C}$.

Температура входящего в прослойку воздуха по формуле (12):

$$t_x = 21 - 0,97 (21 + 37) = -35,3 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Определяем расход воздуха в прослойке по формуле (10) при толщине прослойки 40 мм

$$w = 3600 \times 0,11 \times 1,45 = 0,04 = 23 \text{ кг/мм},$$

$$\text{где } V = \sqrt{\frac{0,08 (-35,3 + 37) 0,9}{8}} = 0,12 \text{ м/с};$$

$$V = 0,12 - 0,12 \times 0,07 = 0,11 \text{ м/с}$$

$$V_n = \sqrt{\frac{3463}{[273 + (-35,3)]}} = 1,45 \text{ м/с}.$$

Упругость водяного пара на выходе из воздушной прослойки e_y при начальной упругости водяного пара $e_0 = 0,121$ мм рт.ст. для глухой части экрана

$$e_y = \frac{0,207 + (0,121 \times 0,057 - 0,207) e^{-\frac{0,057 \times 0,9}{23 \times 1,17}}}{0,246} = 0,128 \text{ мм рт.ст.},$$

$$\text{где: } M_v = \frac{1}{49} = 0,02; \quad M_n = \frac{1}{27,7} = 0,037; \quad M_v + M_n = 0,057;$$

$$M_v \cdot e_0 + M_n \cdot e_n = 0,02 \times 10,2 + 0,037 \times 0,104 = 0,204 + 0,0038 = 0,207.$$

e_y меньше максимальной упругости водяного пара, равной $E_{\text{макс}} = 0,157$ мм рт.ст., следовательно, влажностный режим наружной стены при наличии воздухообмена в прослойке удовлетворителен.

8. Заключение

8.1. На основании выполненных теплотехнических расчетов наружных стен фасадной системы "Стоун-Строй", определены:

8.2. Теплозащитные качества системы, см. п. 8.2.1.

8.2.1. Требуемая толщина теплоизоляционных базальтовых минераловатных плит типа "Лайнрок Венти" составляет при железобетонной несущей стене для Москвы $0,1 \div 0,16$ м; при кирпичной стене $0,8 \div 0,15$ м. Приведенное сопротивление теплопередаче наружных стен при указанной максимальной толщине утеплителя составит: $3,24 \div 3,26 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$. (При проемности 25 %). Для Екатеринбурга толщина теплоизоляции при железобетонной несущей стене $0,1 \div 0,17$ м.

8.2.2. Влажностный режим системы при указанных в п. п. 8.2.2.2 – 8.3 условиях, удовлетворителен.

8.2.2.1. При отсутствии движения воздуха в прослойке влажностный режим стен может быть неудовлетворительный.

8.2.2.2. При наличии движения воздуха в количестве $20 \div 31$ кг/м·ч и выше для Москвы и 23 кг/м·ч для Екатеринбурга, при указанных в п. 8.3 параметрах, влажностный режим системы удовлетворителен.

8.3. Параметры системы, при которых обеспечиваются указанные выводы в п.7.8.2.2, следующие:

- высота (ширина) горизонтального шва между экранами составляет 5 мм;
- размеры экранов должны составлять 600×900 мм;
- толщина воздушной прослойки между утеплителем и экраном составляет $0,04 \div 0,06$ м;
- толщина (ширина) воздухозаборной щели внизу стены составляет $0,04 \div 0,06$ м, толщина (ширина) воздуховыводящей щели вверху стены должна быть не меньше воздухозаборной.

Перечень нормативных документов и литературы

1. СНиП 2.08.01-89* Жилые здания.
2. МГСН 3.01-01 Жилые здания.
3. СНиП 31-01-2003 Здания жилые многоквартирные.
4. СНиП 2.01.07-85 Нагрузки и воздействия.
5. СНиП II-23-81* Стальные конструкции.
6. СНиП II-3-79* Строительная теплотехника.
(изд.98г.)
7. СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий.
8. СНиП 23-01-99 Строительная климатология.
9. СП 23-101-2004 Проектирование тепловой защиты зданий.
10. СНиП 2.01.01-82 Строительная климатология и геофизика.
11. СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии.
12. СНиП 21-01-97 Пожарная безопасность зданий и сооружений.
13. МГСН 2.01.99 Нормативы по теплозащите и тепловодозлектроснабжению.
14. ГОСТ 17177-94 Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Методы испытаний.
15. ГОСТ 27180-86 Керамические плитки. Методы испытаний.
16. ГОСТ 30971-2002 Швы монтажные узлов примыканий оконных блоков к стеновым проемам. Общие технические условия.
17. ГОСТ 7025-78 Материалы стеновые и облицовочные. Методы определения водопоглощения и морозостойкости.
18. ГОСТ 481-80 Паронитовые листы.
19. Рекомендации по проверке и учету воздухопроницаемости наружных ограждающих конструкций жилых зданий. ЦНИИЭП жилища, Москва, 1983 г.
20. Рекомендации по проектированию и применению для строительства и реконструкции зданий в г.Москве системы с вентилируемым воздушным зазором "Краспан". Правительство Москвы. Москомархитектура, Москва, 2001 г.
21. Заключение и протокол сертификационных испытаний НИИСФ №51 от 22.06.2000 г. М.
22. Справочник проектировщика. Расчетно-теоретический. Книга 1. М.: Стройиздат, 1972 г.