

НАУЧНЫЙ ПОДХОД К ТЕМЕ «ДЫШАЩИХ СТЕН»

П.П. ПАСТУШКОВ, НИИСФ РАССН

Автор статьи проводит анализ определения «дышащие стены» в части удовлетворения требований действующего СНиП «Тепловая защита зданий».

Выражение «дышащие стены», которое так часто сейчас используют многие производители строительных материалов, рекламируя свою продукцию, можно трактовать с точки зрения двух различных характеристик ограждающих конструкций. Во-первых, с точки зрения воздухопроницаемости — тогда под «дышащими» подразумеваются стены, обеспечивающие воздухообмен в помещении, а во-вторых, с точки зрения сопротивления паропрооницанию — тогда подразумевается отсутствие влагонакопления внутри и отсутствие конденсата на поверхности ограждающей конструкции.

Рассмотрим вначале трактовку с точки зрения воздухопроницаемости. Первые исследования в этой области были проведены немецким ученым врачом-гигиенистом Максом фон Петтенкофером (1818-1901). Исследования включали многочисленные эксперименты над конструкциями с учетом влияния человека на атмосферу внутри помещения. Результатом этих трудов стало создание научных основ вентиляции и установление норм по воздухообмену в помещении. В дальнейшем русский ученый Р.Е. Брилинг развил данные наработки, а результаты его исследований вошли в СНиП «Тепловая защита зданий» в раздел «Воздухопроницаемость ограждающих конструкций».

По современным нормам одному человеку в помещении необходимо 60 м^3 воздуха в час. Согласно табл. 9 раздела 9 СНиП «Тепловая защита зданий» [1] через 1 м^2 наружной стены в расчетных условиях может проходить не более $0,5 \text{ кг}$ воздуха в час, т.е., учитывая его плотность в нормальных условиях ($\approx 1,2 \text{ кг/м}^3$), получается примерно $0,4 \text{ м}^3$ воздуха через 1 м^2 стены. Таким образом, ни одна ограждающая конструкция, удовлетворяющая требованиям СНиП, не может обеспечить достаточного воздухообмена в помещении.

Подобный вывод, касающийся воздухопроницаемости конструкции, можно сделать и без сложных вычислений. Однако при анализе конструкций с точки зрения сопротивления паропрооницанию не обойтись без специальных методов.

С 1930-х гг. известны нестационарные методы расчета влажностного режима ограждающих

конструкций зданий, а в 1984 г. НИИ строительной физики выпустил Руководство по такому расчету [2]. защите от переувлажнения конструкций посвящен 8-й раздел СНиП «Тепловая защита зданий» [1]. В него включена наиболее точная методика расчета влажностного режима в стационарных условиях. Таким образом, имеется возможность рассчитать любую ограждающую конструкцию при разных условиях эксплуатации с точки зрения сопротивления паропрооницанию и убедиться в достаточности влагоудаления из помещения, а не ограничиваться рассуждениями.

В последнее время в околостроительных кругах часто говорится о том, что стены с утеплителем из экструдированного пенополистирола «не дышат» (здесь как раз и предполагается отсутствие должного влагоудаления из помещения). Поэтому вторая часть настоящей статьи посвящена расчету защиты от переувлажнения основных вариантов конструкций стен с применением утеплителя из экструдированного пенополистирола «ПЕНОПЛЭКС Стена» и удовлетворению требований СНиП «Тепловая защита зданий» в основных климатических зонах строительства России.

Типовые ограждающие конструкции с применением плит из экструдированного пенополистирола представлены на рис. 1, 2, 3. Составы стен с толщинами слоев и теплотехническими характеристиками материалов сведены в табл. 1-3.

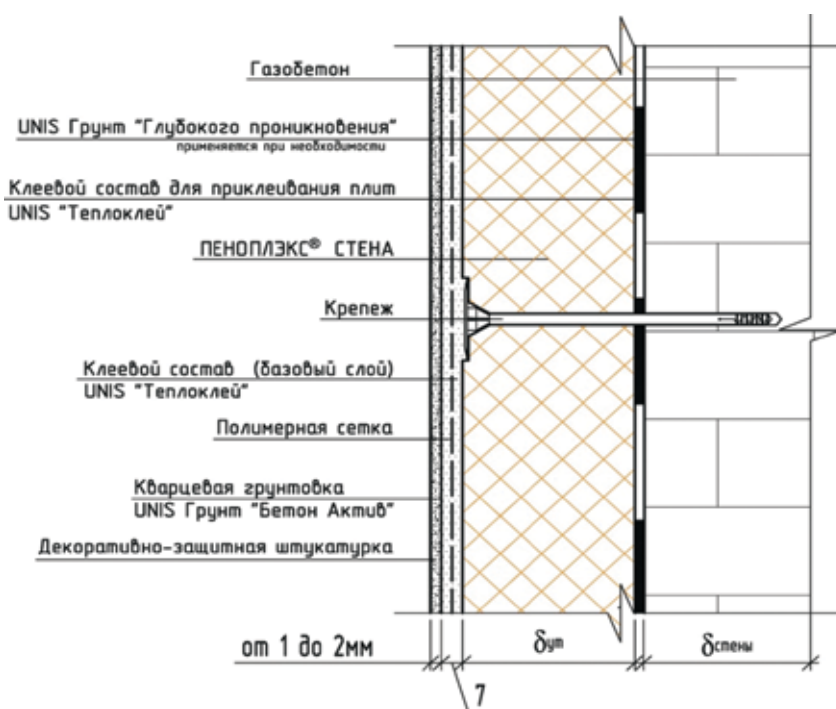


Рис. 1. Конструкция наружной стены здания № 1 (газобетон – ПЕНОПЛЭКС Стена – тонкослойная штукатурка)

Табл. 1. Состав стены (конструкция № 1)

Состав стены изнутри наружу	Толщина слоя, δ , м	Плотность, ρ_0 , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности при условиях эксплуатации А, λ_A , Вт/м ^{°С}	Коэффициент теплопроводности при условиях эксплуатации Б, λ_B , Вт/м ^{°С}	Коэффициент паропроницаемости, μ , мг/(м ^ч ·Па)
Газобетон D400	0,3	400	0,14	0,15	0,23
ПЕНОПЛЭКС Стена	см. табл. 4	30	0,031	0,032	0,008
Цементно-песчаная штукатурка	0,007	1800	0,76	0,93	0,09

Табл. 2. Состав стены (конструкция № 2)

Состав стены изнутри наружу	Толщина слоя, δ , м	Плотность, ρ_0 , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности при условиях эксплуатации А, λ_A , Вт/м ^{°С}	Коэффициент теплопроводности при условиях эксплуатации Б, λ_B , Вт/м ^{°С}	Коэффициент паропроницаемости, μ , мг/(м ^ч ·Па)
Кирпич пустотелый	0,25	1200	0,47	0,52	0,17
Цементно-песчаная штукатурка	0,01	1800	0,76	0,93	0,09
Кирпич пустотелый	0,12	1200	0,47	0,52	0,17
ПЕНОПЛЭКС Стена	см. табл. 4	30	0,031	0,032	0,008
Цементно-песчаная штукатурка	0,007	1800	0,76	0,93	0,09

Табл. 3. Состав стены (конструкция № 3)

Состав стены изнутри наружу	Толщина слоя, δ , м	Плотность, ρ_0 , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности при условиях эксплуатации А, λ_A , Вт/м ^{°С}	Коэффициент теплопроводности при условиях эксплуатации Б, λ_B , Вт/м ^{°С}	Коэффициент паропроницаемости, μ , мг/(м ^ч ·Па)
Кирпич пустотелый	0,25	1200	0,47	0,52	0,17
Цементно-песчаная штукатурка	0,01	1800	0,76	0,93	0,09
Кирпич пустотелый	0,12	1200	0,47	0,52	0,17
ПЕНОПЛЭКС Стена	см. табл. 4	30	0,031	0,032	0,008
Кирпич пустотелый	0,12	1200	0,47	0,52	0,17

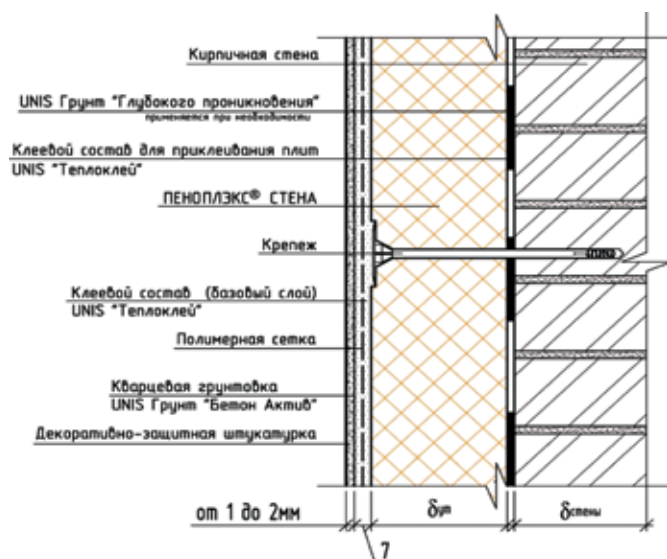


Рис. 2. Конструкция наружной стены здания № 2 (кирпич – ПЕНОПЛЭКС Стена – тонкослойная штукатурка)

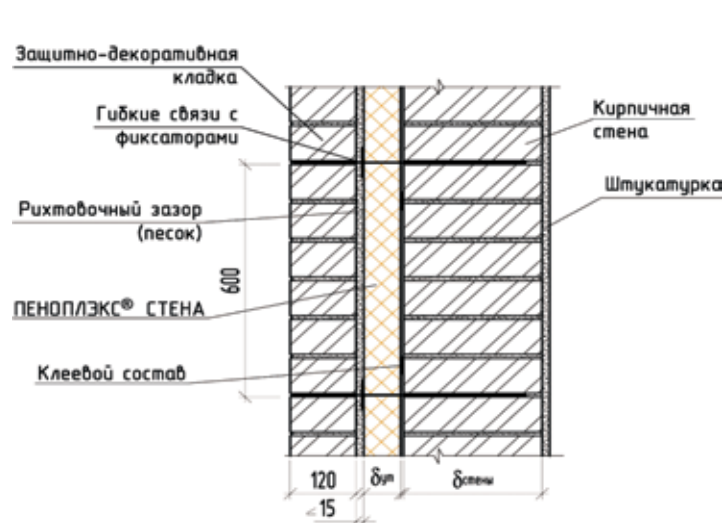


Рис. 3. Конструкция наружной стены здания № 3 (кирпич – ПЕНОПЛЭКС Стена – защитно-декоративная кладка)

Теплотехнические показатели взяты из Приложения Т актуализированной редакции СНиП 23-02-2003 [1], а также по данным экспериментов, проведенных в НИИСФ РААСН. Отдельно в табл. 4 вынесены толщины утеплителя в различных городах строительства для удовлетворения требований СНиП в части теплозащиты.

Табл. 4. Толщина слоя утеплителя, $\delta_{ут}$, м, в различных городах строительства

Вариант конструкции	Санкт-Петербург	Москва	Краснодар	Екатеринбург	Новосибирск	Владивосток
Конструкция № 1	0,04	0,04	0,02	0,05	0,05	0,04
Конструкция № 2	0,08	0,08	0,06	0,09	0,1	0,08
Конструкция № 3	0,08	0,08	0,05	0,09	0,09	0,08

В табл. 5 сведены все необходимые для расчета по методике из 8-го раздела «Защита от переувлажнения ограждающих конструкций» актуализированной редакции СНиП 23-02-2003 [1] климатические параметры различных городов строительства в России, взятые из СНиП 23-01-99 «Строительная климатология» [3]. Влажностный режим внутри помещения для всех вариантов принят нормальным, отсюда следует выбор условий эксплуатации в зависимости от зоны влажности строительства согласно табл. 2 СНиП 23-02-2003 [1].

Нормирование защиты от переувлажнения ограждающих конструкций в актуализированной редакции СНиП 23-02-2003 [1] заключается в условии, что сопротивление паропроницанию R_n , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$, в пределах от внутренней поверхности до плоскости максимального увлажнения должно быть не менее наибольшего из требуемых значений: требуемого сопротивления паропроницанию R_{n1}^{mp} из



Пример применения экструдированного пенополистирола ПЕНОПЛЭКС на фасаде многоквартирного дома

условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации либо требуемого сопротивления паропроницанию R_{n2}^{mp} из условия ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха.

Промежуточными операциями при расчете нормируемых показателей являются расчет координаты плоскости максимального увлажнения в конструкции, $x_{м.у.}$ (считается

Табл. 5. Климатические параметры различных городов строительства

Город	Зона влажности	Условия эксплуатации	Среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами, $e_{н,omp}$, Па	Среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха за годовой период, e_n , Па	Средняя температура наружного воздуха для периода с отрицательными среднемесячными температурами, $t_{н,omp}$, °С	Средняя температура наружного воздуха для зимнего периода месяцев, t_1 , °С	Средняя температура наружного воздуха для осенне-весеннего периода месяцев, t_2 , °С	Средняя температура наружного воздуха для летнего периода месяцев, t_3 , °С	Продолжительность периода влагонакопления, z_0 , сут.
Санкт-Петербург	Влажная	Б	402	780	-5,1	-6,87	0,95	13,9	139
Москва	Нормальная	Б	364	770	-6,5	-8,9	0,62	14,6	151
Краснодар	Сухая	А	510	1060	-1,2	-	0,8	16,2	49
Екатеринбург	Сухая	А	240	630	-10,8	-11,18	1,95	13,28	168
Новосибирск	Сухая	А	206	660	-12,4	-14,38	1,7	14,38	178
Владивосток	Влажная	Б	270	880	-7,7	-10,7	0,7	14,95	132

Табл. 6. Результаты расчетов для конструкции № 1

Город	Условное сопротивление теплопередаче, R_o^{ycl} , м ² ·°С/Вт	Координата плоскости максимального увлажнения, $x_{м.у.}$, м	Температура в плоскости макс. увлажнения, $t_{м.у.}$, °С	Сопротивление паропроницанию от внутр. поверх. до плоскости макс. увлажнения, R_n , м ² ·ч·Па/мг	Требуемое сопротивление паропроницанию, R_{n1}^{mp} , м ² ·ч·Па/мг	Требуемое сопротивление паропроницанию, R_{n2}^{mp} , м ² ·ч·Па/мг
Санкт-Петербург	3,42	0,3	4,46	1,3	-0,39	0,07
Москва	3,42	0,3	3,54	1,3	-0,38	0,07
Краснодар	3,42	0,3	6,71	1,3	-3,34	0,01
Екатеринбург	3,92	0,3	2,28	1,3	0,25	0,01
Новосибирск	3,42	0,3	1,35	1,3	0,34	0,09
Владивосток	3,42	0,3	3,81	1,3	-1,5	0,06

Табл. 7. Результаты расчетов для конструкции № 2

Город	Условное сопротивление теплопередаче, R_o^{ycl} , м ² ·°С/Вт	Координата плоскости максимального увлажнения, $x_{м.у.}$, м	Температура в плоскости макс. увлажнения, $t_{м.у.}$, °С	Сопротивление паропроницанию от внутр. поверх. до плоскости макс. увлажнения, R_n , м ² ·ч·Па/мг	Требуемое сопротивление паропроницанию, R_{n1}^{mp} , м ² ·ч·Па/мг	Требуемое сопротивление паропроницанию, R_{n2}^{mp} , м ² ·ч·Па/мг
Санкт-Петербург	3,39	0,451	-2,73	11,21	1,05	4,39
Москва	3,39	0,44	-1,29	9,79	0,97	5,48
Краснодар	2,9	0,447	-0,88	9,86	-	-
Екатеринбург	3,87	0,432	-2,29	8,78	1,24	5,73
Новосибирск	4,19	0,428	-1,88	8,23	0,48	6,19
Владивосток	3,39	0,4	-1,38	9,4	0,27	3,79

Табл. 8. Результаты расчетов для конструкции № 3

Город	Условное сопротивление теплопередаче, R_o^{ycl} , м ² ·°С/Вт	Координата плоскости максимального увлажнения, $x_{м.у.}$, м	Температура в плоскости макс. увлажнения, $t_{м.у.}$, °С	Сопротивление паропроницанию от внутр. поверх. до плоскости макс. увлажнения, R_n , м ² ·ч·Па/мг	Требуемое сопротивление паропроницанию, R_{n1}^{mp} , м ² ·ч·Па/мг	Требуемое сопротивление паропроницанию, R_{n2}^{mp} , м ² ·ч·Па/мг
Санкт-Петербург	3,61	0,459	-2,94	12,14	0,82	3,95
Москва	3,61	0,449	-2,12	10,96	0,99	5,13
Краснодар	2,83	0,55	-0,87	9,24	-	-
Екатеринбург	4,12	0,449	-2,12	10,96	1,8	4,9
Новосибирск	4,12	0,45	-2,26	11,04	1,89	4,83
Владивосток	3,39	0,443	-1,6	10,2	0,31	3,77

от внутренней поверхности стены), температуры в этой плоскости при температуре наружного воздуха, равной средней температуре периода с отрицательными температурами, $t_{м.у.}$, условного сопротивления теплопередаче конструкции, R_o^{ycl} , м²·°С/Вт. Все эти показатели сведены для трех вариантов конструкций, описанных выше, и различных городов строительства соответственно в табл. 6, 7 и 8.

Плоскость максимального увлажнения для первого варианта конструкции находится между слоем газобетона и утеплителя. Отрицательные значения R_{n1}^{mp} означают, что в конструкции не происходит накопления влаги за годовой период эксплуатации. Как видно из табл. 6, для всех городов строительства выполнено условие, что сопротивление паропроницанию больше требуемых значений, следовательно, конструкция № 1 удовлетворяет требованиям СНиП в части защиты от переувлажнения.

В г. Краснодар плоскостью максимального увлажнения в конструкции согласно расчетам для вариантов № 2 и № 3 является внешняя стена, следовательно, внутри конструкции не происходит влагонакопления.

Таким образом, по анализу результатов расчетов конструкции № 2 и № 3 также удовлетворяют требованиям СНиП 23-02-2003 [1] в отношении сопротивления паропроницанию во всех рассмотренных городах строительства.

Из результатов проведенных исследований вытекает и общий вывод о том, что бытующее мнение об отсутствии «дыхания» у ограждающих конструкций с использованием в качестве утеплителя экструдированного пенополистирола является лишь рекламной уловкой, не обоснованной какими-либо научными изысканиями. Рассмотренные в статье типовые конструкции стен с таким утеплителем удовлетворяют требованиям СНиП «Тепловая защита зданий» в основных районах строительства России.

Библиографический список

1. Свод правил СП 50.13330.2012. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».
2. Руководство по расчету влажностного режима ограждающих конструкций зданий. – М., 1984. – 168 с.
3. Строительные нормы и правила. СНиП 23-01-99* «Строительная климатология».