

## Какой камень **PO®OMAX** подойдет для Вашего дома по теплозащите?

Для того чтобы определить какой камень **PO®OMAX** подойдет по теплозащите для жилого дома, придется несколько углубиться в теорию.

Тепловая защита зданий регламентируется сводом правил СП 50.13330.2012 "Тепловая защита зданий", далее по тексту СП 50.13330.2012.

Итак, что такое **тепловая защита здания** – это теплозащитные свойства совокупности наружных и внутренних ограждающих конструкций здания (наружные стены, окна, двери, кровля), обеспечивающие заданный уровень расхода тепловой энергии с учетом воздухообмена помещений не выше допустимых пределов, а так же их воздухопроницаемость и защиту от переувлажнения при оптимальных параметрах микроклимата помещений.

Согласитесь достаточно сложная формулировка, из которой следует, что ограждающие конструкции здания, в том числе стены должны обеспечивать:

- эффективность расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию;
- заданные параметры микроклимата, необходимые для жизнедеятельности людей;
- защиту от переувлажнения ограждающих конструкций;
- необходимую надежность и долговечность конструкций.

К наружным стенам жилого дома по теплозащите, СП 50.13330.2012 установлены следующие требования:

1. Приведенное сопротивление теплопередаче должно быть не меньше нормируемых значений;
2. Теплоустойчивость в теплый период года не должна быть меньше нормируемых значений;
3. Сопротивление воздухопроницанию должно быть не менее нормируемого значения;
4. Защита от переувлажнения должна обеспечиваться сопротивлением паропроницанию внутренних слоев не менее нормируемого значения;

Как видно из цитируемых требований по теплозащите, наружные стены должны обеспечивать целый комплекс защитных свойств и стены из камня **PO®OMAX** соответствуют этим требованиям, и так по порядку:

### 1. Приведенное сопротивление теплопередаче

Основной характеристикой стены, обеспечивающей теплозащиту, является **приведенное сопротивление теплопередаче  $R_0^{пр}$ , ( $м^2 \cdot 0C/Вт$ )** – физическая величина, характеризующая усредненную по площади плотность потока теплоты через наружные стены.

#### 1.1. Нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче

Нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен определяется по формуле 5.1 СП 50.13330.2012.

$$R_0^{норм} = R_0^{TP} * m_p \quad м^2 \cdot 0C/Вт$$

где:

$R_0^{TP}$  – базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче стен;

$m_p$  – коэффициент, учитывающий особенности региона строительства, принимаемый 1;

В соответствии с п.5.2 СП 50.13330.2012 значение коэффициента  $m_p$  для стен допускается принимать равным **0.63**, в случае, если расчетное значение удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания  $q_{от}$  меньше нормируемого удельного расхода тепловой энергии  $q_{от}^{TP}$ , тогда:

$$R_0^{норм} = R_0^{TP} * 0.63 \quad (м^2 \cdot 0C/Вт)$$

В соответствии с Таблицей 3 СП 50.13330.2012, значение  $R_0^{TP}$  определяется по формуле:

$$R_0^{TP} = a * GCOП + b \quad (m^2 * ^\circ C / Bt)$$

где: **a** и **b** – коэффициенты, значения которых принимаются по Таблице 3 СП 50.13330.2012, для жилых домов: **a = 0.00035**, **b = 1.4**

**GCOП** - градусо-сутки отопительного периода, определяются по формуле 5.2 СП 50.13330.2012:

$$GCOП = (t_b - t_{от}) * Z_{от} \quad ^\circ C * сут/год$$

где:

**t<sub>b</sub> = 20 °C** - расчетная температура внутреннего воздуха (°C), принимается по ГОСТ 30494.

**t<sub>от</sub>, Z<sub>от</sub>** – средняя температура наружного воздуха (°C) и продолжительность (сут/год) отопительного периода, определяемые по Таблице 3.1 СП.131.13330.2012 "Строительная климатология" для жилых домов принимается период с фактической температурой наружного воздуха не более 8 °C.

**Проведем расчет GCOП, R<sub>0</sub><sup>TP</sup> и R<sub>0</sub><sup>норм</sup> для г.Краснодара:**

В соответствии с Таблицей 3.1 СП.131.13330.2012 "Строительная климатология"

$$t_{от} = 2.5 \text{ } ^\circ C, \quad Z_{от} = 145 \text{ суток}$$

$$GCOП_{\text{Краснодар}} = (20 - 2.5) * 145 = 2 \text{ } 538 \text{ } ^\circ C * \text{сут/год}$$

$$R_0^{TP} = 0.00035 * 2 \text{ } 538 + 1.4 = 2.29 \text{ } m^2 * ^\circ C / Bt$$

$$R_0^{норм} = 2.29 * 0.63 = 1.44 \text{ } m^2 * ^\circ C / Bt$$

По аналогии проведем расчет **GCOП, R<sub>0</sub><sup>TP</sup> и R<sub>0</sub><sup>норм</sup>** для населенных пунктов Европейской части РФ, результаты вычислений значений нормируемого сопротивления теплопередаче **R<sub>0</sub><sup>норм</sup>** сведем в Таблицу 2.

## 1.2. Приведенное сопротивление теплопередаче наружных стен

Расчетное значение приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен в соответствии с п.5 СП 50.13330.2012 должно быть не менее значения нормируемого приведенного сопротивления теплопередаче

$$R_0^{np} \geq R_0^{норм}$$

Расчет приведенного сопротивления теплопередаче **R<sub>0</sub><sup>np</sup>** наружных стен жилого дома производится в соответствии с Приложением Е СП 50.13330.2012 по результатам расчета температурных полей с учетом:

- общей площади наружных стен и теплотехнических характеристик материалов их составляющих;
- условий эксплуатации по зоне влажности;
- типа и количества линейных теплотехнических неоднородностей (примыкание каменной кладки к балконным плитам, дверные и оконные проемы и т.п.);
- типа и количества точечных теплотехнических неоднородностей (металлические крепежные скобы, металлические гибкие связи и т.п.).

по формуле Е.1:

$$R_0^{np} = \frac{1}{\frac{1}{R_{0усл}} + \sum L_j \Psi_j + \sum n k \chi_k} = \frac{1}{\sum a_i U_i + \sum L_j \Psi_j + \sum n k \chi_k} \quad (m^2 * ^\circ C / Bt)$$

где:

**R<sub>0</sub><sup>усл</sup>** – осредненное по площади условное сопротивление теплопередаче фрагмента ограждающей конструкции (m<sup>2</sup> \* °C/Bt), определяемое по формуле Е.6;

**a<sub>i</sub>** – площадь плоского элемента конструкции i-того вида, приходящегося на 1м<sup>2</sup> фрагмента ограждающей конструкции (m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>);

$U_i$  – удельные потери теплоты через плоский элемент ограждающей конструкции  $i$ -того вида ( $\text{Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ );

$L_j$  – протяженность (м) линейной неоднородности  $j$ -того вида, приходящегося на  $1\text{ м}^2$  фрагмента ограждающей конструкции ( $\text{м/м}^2$ );

$\Psi_j$  – удельные потери теплоты через линейную неоднородность  $j$ -того вида ( $\text{Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$ );

$n_k$  – количество (шт) точечных неоднородностей  $k$ -того вида, приходящегося на  $1\text{ м}^2$  фрагмента ограждающей конструкции ( $\text{м/м}^2$ );

$X_k$  – удельные потери теплоты через точечную неоднородность  $k$ -того вида ( $\text{Вт/}^\circ\text{C}$ ).

$$a_i = \frac{A_i}{\sum A_i} \quad (\text{м}^2/\text{м}^2)$$

где:

$A_i$  – площадь  $i$ -той части фрагмента ограждающей конструкции ( $\text{м}^2$ )

$$U_i = \frac{1}{R_{0\text{усл}}} \quad (\text{Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

Значения удельных потерь теплоты  $\Psi_j$  и  $X_k$  через линейные и точечные теплотехнические неоднородности рассчитываются по температурным полям по формулам и методике представленной в разделах Е.3 и Е.4 СП 50.13330.2012, либо принимаются по справочным значениям в соответствии с СП 230.1325800.2015 "Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей".

Поскольку мы проводим расчет для **условной наружной стены**, в которой общая площадь стен, тип и количественные показатели теплотехнических неоднородностей нам не известны, проведем расчет приведенного сопротивления теплопередаче условной наружной стены  $R_0^{\text{нп}}$ , применив коэффициент теплотехнических неоднородностей  $K_{\text{тнн}} = 0,8$ , тогда:

$$R_0^{\text{нп}} = R_0^{\text{усл}} \cdot K_{\text{тнн}} = R_0^{\text{усл}} \cdot 0,8 \quad (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт})$$

Определим  $R_0^{\text{усл}}$  по формуле Е.6:

$$R_0^{\text{усл}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum R_s + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} \quad (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт})$$

где:

$\alpha_{\text{в}}$  – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, принимается по Таблице 4:

$\alpha_{\text{н}}$  – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции, принимается по Таблице 6:

для стен:  $\alpha_{\text{в}} = 8,7 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ ,  $\alpha_{\text{н}} = 23 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

$R_s$  – термическое сопротивление слоя однородной части фрагмента ограждающей конструкции ( $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}$ ), определяемое по формуле Е.7:

$$R_s = \frac{\delta_s}{\lambda_s} \quad (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт})$$

где:

$\delta_s$  – толщина слоя (м)

$\lambda_s$  – теплопроводность слоя материала ( $\text{Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$ ), принимается по результатам испытаний сертифицированной лаборатории, или по Таблице Т.1 СП 50.13330.2012 для соответствующих условий эксплуатации **А** или **Б** по географической зоне влажности, определяемой по п.4.4.

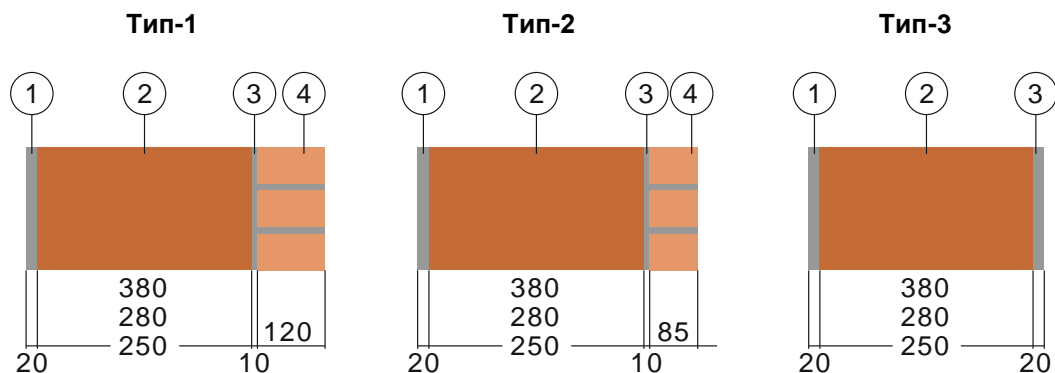
В соответствии с п.4.4 определим условия эксплуатации ограждающих конструкций **А** или **Б** по зоне влажности для жилых домов в городах Европейской части РФ и результаты сведем в Таблицу 2.

Значения коэффициентов теплопроводности для камня **PO@OMAX** и керамического лицевого кирпича примем по результатам испытаний на теплопроводность каменных кладок.

**Таблица 1** – Значения коэффициентов теплопроводности

Наименование материала	Коэффициент теплопроводности при условиях эксплуатации, Вт/м <sup>2</sup> ·°С		Источник информации
	условия А	условия Б	
	λ <sub>А</sub>	λ <sub>Б</sub>	
Раствор цементно-песчаный	<b>0,76</b>	<b>0,93</b>	Таблица Т.1, п.201 СП 50.13330.2012
Раствор известково-песчаный	<b>0,70</b>	<b>0,81</b>	Таблица Т.1, п.203 СП 50.13330.2012
<b>Кирпич керамический лицевой пустотелый 0,7НФ</b>	<b>0,331</b>	<b>0,445</b>	<b>Протокол № 626 от 28.05.2009г.</b>
<b>Кирпич керамический лицевой пустотелый 1НФ</b>	<b>0,323</b>	<b>0,333</b>	<b>Протокол № 81 от 29.11.2007г.</b>
Камень керамический <b>PO@OMAX-380</b>	<b>0,189</b>	<b>0,199</b>	<b>Протокол № 1877 от 25.11.2013г.</b>
Камень керамический <b>PO@OMAX-280</b>	<b>0,179</b>	<b>0,190</b>	<b>Протокол № 185 от 12.02.2014г.</b>
Камень керамический <b>PO@OMAX-250</b>	<b>0,194</b>	<b>0,204</b>	<b>Протокол № 1876 от 25.11.2013г.</b>

Рассмотрим наиболее **распространенные типы стен** из камня **PO@OMAX** и проведем теплотехнический расчет:



**Стена Тип-1 (Тип-1-380, Тип-1-280, Тип-1-250)** конструкция из помещения наружу:

- 1. Штукатурный слой** – 20 мм, раствор известково-песчаный;
- 2. Камень керамический** – PO@OMAX-380 (380 мм) или PO@OMAX-280 (280 мм) или PO@OMAX-250 (250 мм);
- 3. Вертикальный растворный шов\*** – 10 мм, раствор цементно-песчаный;
- 4. Кирпич керамический лицевой** – 1НФ (120 мм).

Примечание \* - вертикальный растворный шов между слоями каменной кладки необходим для обеспечения **термического и конструктивного соединения слоев**.

**Стена Тип-2 (Тип-2-380, Тип-2-280, Тип-2-250)** конструкция из помещения наружу:

- 1. Штукатурный слой** – 20 мм, раствор известково-песчаный;
- 2. Камень керамический** – PO@OMAX-380 (380 мм) или PO@OMAX-280 (280 мм) или PO@OMAX-250 (250 мм);
- 3. Вертикальный растворный шов** – 10 мм, раствор цементно-песчаный;
- 4. Кирпич керамический лицевой** – 0,7НФ (85 мм).

Стена Тип-3 (Тип-3-380, Тип-3-280, Тип-3-250) конструкция из помещения наружу:

1. Штукатурный слой – 20 мм, раствор известково-песчаный;
2. Камень керамический – РО@ОМАХ-380 (380 мм) или РО@ОМАХ-280 (280 мм) или РО@ОМАХ-250 (250 мм);
3. Штукатурный слой – 20 мм, раствор цементно-песчаный;

Определим термическое сопротивление слоев  $R_s$ , условное сопротивление теплопередаче  $R_0^{усл}$  и приведенное сопротивление теплопередаче  $R_0^{np}$  для стены **Тип-1-380**, условия эксплуатации - **А**, используя коэффициенты теплопроводности слоев – условия **А**:

**1 слой** - штукатурный -  $\lambda_{A1} = 0.70 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C}$

$$R_{s1} = \frac{0.02}{0.7} = 0.029 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C}$$

**2 слой** – каменный, РО@ОМАХ-380 -  $\lambda_{A2} = 0.189 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C}$

$$R_{s2} = \frac{0.38}{0.189} = 2.01 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C}$$

**3 слой** - растворный шов -  $\lambda_{A3} = 0.76 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C}$

$$R_{s3} = \frac{0.01}{0.76} = 0.013 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C}$$

**4 слой** – каменный, кирпич лицевой 1НФ -  $\lambda_{A4} = 0.323 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C}$

$$R_{s4} = \frac{0.12}{0.323} = 0.372 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C}$$

$$R_0^{np} = R_0^{усл} \cdot 0,8 = \left( \frac{1}{8,7} + 0.029 + 2.01 + 0.013 + 0.372 + \frac{1}{23} \right) \cdot 0,8 = 2.58 \cdot 0,8 = 2,06 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

Определим термическое сопротивление слоев  $R_s$ , условное сопротивление теплопередаче  $R_0^{усл}$  и приведенное сопротивление теплопередаче  $R_0^{np}$  для стены **Тип-1-380**, условия эксплуатации - **Б**, используя коэффициенты теплопроводности слоев – условия **Б**:

$$R_{s1} = \frac{0.02}{0.81} = 0.025 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C}$$

$$R_{s2} = \frac{0.38}{0.199} = 1.91 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C}$$

$$R_{s3} = \frac{0.01}{0.93} = 0.011 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C}$$

$$R_{s4} = \frac{0.12}{0.333} = 0.36 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C}$$

$$R_0^{np} = R_0^{усл} \cdot 0,8 = \left( \frac{1}{8,7} + 0.025 + 1.91 + 0.011 + 0.36 + \frac{1}{23} \right) \cdot 0,8 = 2.46 \cdot 0,8 = 1,97 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

По аналогии рассчитаем приведенное сопротивление теплопередаче  $R_0^{np}$  рассматриваемых типов стен при условиях эксплуатации **А** и **Б**, результаты вычислений сведем в Таблицу 2.

Сравним полученные расчетные значения приведенного сопротивления теплопередаче рассматриваемых типов стен со значением нормируемого сопротивления теплопередаче для населенных пунктов Европейской части РФ с учетом условий эксплуатации по зонам влажности и, определим, какие типы стен из камня **РО@ОМАХ** подойдут для условного жилого дома по теплозащите.

Результаты сравнения представлены в Таблице 2, где типы стен, удовлетворяющие требованиям п.5 СП 50.13330.2012, то есть  $R_0^{np} \geq R_0^{норм}$ , обозначены знаком "+" и выделены оранжевым цветом.

**Таблица 2** – Нормируемое  $R_0^{\text{норм}}$  и расчетное  $R_0^{\text{пр}}$  значения приведенного сопротивления теплопередаче, условия эксплуатации **А** или **Б**, типы стен из камня **PO®OMAX**, удовлетворяющие требованиям п.5 СП 50.13330.2012 по теплозащите для населенных пунктов Европейской части РФ без дополнительного утепления

Населенный пункт	Нормируемое сопротивление теплопередаче стен	Условия эксплуатации ограждающих конструкций по зонам влажности	Типы стен с основным несущим слоем из камня <b>PO®OMAX</b>								
			PO®OMAX-380			PO®OMAX-280			PO®OMAX-250		
			Тип-1	Тип-2	Тип-3	Тип-1	Тип-2	Тип-3	Тип-1	Тип-2	Тип-3
			облицовкой кирпичом 1НФ	облицовкой кирпичом 0.7НФ	Однослойная	облицовкой кирпичом 1НФ	облицовкой кирпичом 0.7НФ	Однослойная	облицовкой кирпичом 1НФ	облицовкой кирпичом 0.7НФ	Однослойная
			Приведенное сопротивление теплопередаче стены при условиях эксплуатации А и Б $R_0^{\text{пр}}, \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$								
$R_0^{\text{норм}}$	А	2,06	1,98	1,78	1,71	1,62	1,42	1,49	1,40	1,20	
$\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$	Б	1,97	1,84	1,70	1,62	1,49	1,34	1,42	1,29	1,14	
<b>Южный и Северо-Кавказский Федеральные Округа - ЮФО и СКФО</b>											
Астрахань	1,63	А	+	+	+	+					
Владикавказ	1,60	А	+	+	+	+	+				
Волгоград	1,75	А	+	+	+						
Грозный	1,55	А	+	+	+	+	+				
Дербент	1,38	А	+	+	+	+	+	+	+	+	
Кисловодск	1,66	Б	+	+	+						
Красная Поляна	1,56	Б	+	+	+	+	+				
Краснодар	1,44	А	+	+	+	+	+	+			
Майкоп	1,46	Б	+	+	+	+	+				
Махачкала	1,43	А	+	+	+	+	+	+			
Миллерово	1,82	А	+	+							
Нальчик	1,60	А	+	+	+	+	+				
Невинномыск	1,62	Б	+	+	+	+					
Приморско-Ахтарск	1,55	А	+	+	+	+	+				
Пятигорск	1,65	Б	+	+	+						
Ростов-на-Дону	1,62	А	+	+	+	+	+				
Сочи	1,16	Б	+	+	+	+	+	+	+	+	
Ставрополь	1,60	Б	+	+	+	+					
Симферопль	1,47	Б	+	+	+	+	+				
Таганрог	1,68	А	+	+	+	+					
Тихорецк	1,53	А	+	+	+	+	+				
Черкесск	1,60	Б	+	+	+	+					
Феодосия	1,39	Б	+	+	+	+	+	+			
Элиста	1,66	А	+	+	+	+					
Ялта	1,27	Б	+	+	+	+	+	+	+	+	
<b>Центральный Федеральный Округ - ЦФО</b>											
Белгород	1,80	А	+	+							
Брянск	1,85	Б	+								
Воронеж	1,82	А	+	+							

Калуга	1,94	Б	+								
Курск	1,84	Б	+	+							
Липецк	1,92	А	+	+							
Москва	1,89	Б	+								
Орел	1,86	Б	+								
Смоленск	1,90	Б	+								
Тула	1,93	Б	+								
<b>Приволжский Федеральный Округ - ПФО</b>											
Пенза	1,94	А	+	+							
Саранск	2,01	А	+								
Саратов	1,93	А	+	+							

## 2. Теплоустойчивость наружных стен

В соответствии с требованием п.6.1 СП 50.13330.2012 в районах со среднемесячной температурой июля 21 °С и выше расчетная амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности ограждающих конструкций, в том числе наружных стен  $A_T$  (°С) жилых зданий, не должна быть более нормируемой амплитуды колебаний температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции  $A_{T^{TP}}$  (°С), определяемой по формуле 6.1

$$A_{T^{TP}} = 2,5 - 0,1 (t_n - 21), \text{ } ^\circ\text{C}$$

где:  $t_n$  – среднемесячная температура наружного воздуха за июль °С, принимаемая по таблице 5.1 СП 131.13330.2012 "Строительная климатология".

В соответствии с примечанием 3 п. 6 СП 50.13330.2012 при суммарной тепловой инерции ограждающей конструкции  $D > 4$ , расчет на теплоустойчивость не требуется.

Проведем расчет суммарной тепловой инерции  $D$  для рассматриваемых типов стен по формуле 6.5:

$$D = \sum D_i = \sum R_i * s_i$$

где:

$D_i$  – тепловая инерция отдельного  $i$ -го слоя;

$R_i$  – термическое сопротивление  $i$ -го слоя,  $\text{м}^2 * \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ ;

$s_i$  – расчетный коэффициент теплоусвоения материала  $i$ -го слоя ограждающей конструкции,  $\text{Вт}/\text{м}^2 * \text{ } ^\circ\text{C}$ ;

Термическое сопротивление слоя конструкции определяется по формуле 6.6:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i} \quad \text{м}^2 * \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

где:

$\delta_i$  – толщина  $i$ -го слоя, м;

$\lambda_i$  – теплопроводность  $i$ -го слоя материала,  $\text{Вт}/\text{м} * \text{ } ^\circ\text{C}$ ;

Значение расчетных коэффициентов теплоусвоения материалов  $i$ -го слоя  $s_i$ , принимается по таблице Т.1 СП 50.13330.2012.

Определим суммарную тепловую инерцию  $D$  для стены **Тип-1-380**, используя значения термического сопротивления слоев определенные в разделе 1.2 настоящей статьи для условий эксплуатации **А**:

$$\text{1 слой - штукатурный - } R_{s1} = \frac{0,02}{0,7} = 0,029 \text{ Вт}/\text{м} * \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{2 слой - каменный, PO@OMAX-380 - } R_{s2} = \frac{0,38}{0,189} = 2,01 \text{ Вт}/\text{м} * \text{ } ^\circ\text{C}$$

**3 слой** - растворный шов -  $R_{s3} = \frac{0.01}{0.76} = 0.013 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C}$

**4 слой** – каменный, кирпич лицевой 1НФ -  $R_{s4} = \frac{0.12}{0.323} = 0.372 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C}$

тогда:

$$D_{1-380} = 0.029 * 9,76 + 2.01 * 6,62 + 0.013 * 11,09 + 0.372 * 8,48 = 16,89$$

По аналогии рассчитаем суммарную тепловую инерцию **D** для рассматриваемых типов стен для условий эксплуатации по зонам влажности **A** и **Б**, результаты вычислений сведем в Таблицу 3.

**Таблица 3** – Тепловая инерция наружных стен

Тип стены	Тепловая инерция наружных стен, D					
	при основном слое PO@OMAX при условиях эксплуатации А и Б					
	PO@OMAX-380		PO@OMAX-280		PO@OMAX-250	
	А	Б	А	Б	А	Б
Тип-1	16,89	16,06	13,93	13,17	12,16	11,53
Тип-2	15,92	14,62	12,96	11,74	11,19	10,09
Тип-3	13,89	13,12	10,93	10,24	9,16	8,59

По результатам проведенных расчетов тепловая инерция всех рассмотренных типов наружных стен для условий эксплуатации **A** и **Б** составляет  $D > 4$ , соответственно проведение расчетов на теплоустойчивость наружных стен из камня **PO@OMAX** не требуется.

### 3. Воздухопроницаемость наружных стен

Сопrotивление воздухопроницанию  $R_u$  наружных стен в соответствии с требованием п. 7.1 СП 50.13330.2012 должно быть не менее нормируемого сопротивления воздухопроницанию  $R_u^{TP}$ ,  $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/кг}$ , определяемого по формуле 7.1:

$$R_u^{TP} = \Delta p / G_n, \quad \text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/кг}$$

где:

$\Delta p$  – разность давлений воздуха на наружной и внутренних поверхностях ограждающей конструкции, Па.

$G_n$  – нормируемая поперечная воздухопроницаемость ограждающих конструкций,  $\text{кг/м}^2 \cdot \text{ч}$ , принимаемая по таблице 9 СП 50.13330.2012.

В соответствии с таблицей 9 нормируемая поперечная воздухопроницаемость наружных стен жилых зданий равна  $G_n = 0.5 \text{ кг/ м}^2 \cdot \text{ч}$ .

Разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхности стен определяется по формуле 7.2:

$$\Delta p = 0,55H (y_n - y_v) + 0,03y_n * v^2, \quad \text{Па}$$

где: **H** – высота здания (от уровня пола первого этажа до верха вытяжной шахты), м.

Для типового двухэтажного жилого дома примем **H = 15 м**

$y_n$ ,  $y_v$  - удельный вес соответственно наружного и внутреннего воздуха,  $\text{Н/м}^3$ , определяемые по формуле 7.3:



$$y = 3463 / (273 + t), \quad \text{Н/м}^3$$

$t_v$  – температура воздуха внутреннего (для определения  $y_v$ ) принимается =  $20^{\circ}\text{C}$ , для жилых зданий;  
 $t_n$  – температура воздуха наружного (для определения  $y_n$ ) принимается равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 92 % по таблице 3.1 СП 131.13330.2012;  
 $v$  – максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, повторяемость которых составляет 16 % и более, принимается по таблице 3.1 СП 131.13330.2012, м/с;

Удельный вес внутреннего воздуха для жилых зданий

$$Y_v = 3463 / (273 + t_v) = 3463 / (273 + 20) = 11,82 \text{ Н/м}^3$$

Удельный вес наружного воздуха для жилых зданий:

$$Y_n = 3463 / (273 + t_n)$$

Определим значения удельного веса наружного воздуха  $Y_n$ , разность давлений на наружной и внутренней поверхности стен  $\Delta p$  и нормируемого сопротивления воздухопроницанию  $R_u^{TP}$  для жилого дома высотой **15 м** в **г.Краснодаре** при климатических параметрах  $t_n = -14^{\circ}\text{C}$ ,  $v = 3,7 \text{ м/с}$ :

$$Y_n = 3463 / (273 - 14) = 13,37 \text{ Н/м}^3$$

$$\Delta p = 0,55 \cdot 15 (13,37 - 11,82) + 0,03 \cdot 13,37 \cdot 3,7^2 = 18,28 \text{ Па}$$

$$R_u^{TP} = 18,28 / 0,5 = 36,57 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/кг}$$

По аналогии рассчитаем значение нормируемого сопротивления воздухопроницанию  $R_u^{TP}$  для населенных пунктов Европейской части РФ для жилого дома высотой **H = 15 м**:

**минимальное** значение нормируемого сопротивления воздухопроницанию  $R_u^{TP} = 20,61 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/кг}$  для **г.Сочи**;

**максимальное** значение нормируемого сопротивления воздухопроницанию  $R_u^{TP} = 93,58 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/кг}$  для **г.Элиста**.

Сопротивление воздухопроницанию  $R_u$  ограждающих конструкций в соответствии с требованием п. 7.4 СП 50.13330.2012 рассчитывается по формуле 7.4

$$R_u = \sum R_i, \quad \text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/кг}$$

Где:  $R_i$  – сопротивление воздухопроницанию  $i$ -го слоя ограждающей конструкции,  $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/кг}$

Значение сопротивления воздухопроницанию  $R$  для каждого слоя ограждающей конструкции принимается по таблице С.1 СП 50.13330.2012.

Результаты расчетов сопротивления воздухопроницанию  $R_u$  для рассматриваемых типов стен представлены в таблице 4.

**Таблица 4** – Расчетные значения сопротивления воздухопроницанию

Тип стены	Сопротивление воздухопроницанию, $R_u, \text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/кг}$		
	при основном слое PO@OMAX		
	PO@OMAX-380	PO@OMAX-280	PO@OMAX-250
Тип-1	471	468	467
Тип-2	465	462	461
Тип-3	697	694	693

По результатам проведенных расчетов, сопротивление воздухопроницанию наружных стен для населенных пунктов Европейской части РФ для жилого дома высотой 15 м более нормируемого сопротивления воздухопроницания  $R_u > R_u^{TP}$ , **требование по сопротивлению воздухопроницания выполняется.**

#### 4. Защита от переувлажнения наружных стен

Защита от переувлажнения ограждающих конструкций должна обеспечиваться путем проектирования ограждающих конструкций с сопротивлением паропроницанию внутренних слоев не менее требуемого значения, определяемого расчетом одномерного влагопереноса п.8.1 СП 50.13330.2012.

Сопротивление паропроницанию  $R_n$ ,  $m^2 \cdot ч \cdot Па/мг$ , наружной стены в пределах от внутренней поверхности до плоскости максимального увлажнения, определяется по п.8.5 СП 50.13330.2012:

$$R_n = \sum R_{ni} \text{ до сечения } X, \quad m^2 \cdot ч \cdot Па/мг$$

где:  $R_{ni}$  до сечения  $X$  – сопротивление паропроницанию  $i$ -го слоя ограждающей конструкции до сечения максимального увлажнения.

$$R_{ni} = \delta i / \mu_i, \quad m^2 \cdot ч \cdot Па/мг$$

где:

$\delta i$  – толщина  $i$ -го слоя ограждающей конструкции, м;

$\mu_i$  – коэффициент паропроницаемости материала  $i$ -го слоя ограждающей конструкции,  $m^2 \cdot ч \cdot Па/мг$ ;

Сопротивление паропроницанию  $R_n$  до плоскости максимального увлажнения должно быть не менее, наибольшего из следующих требуемых сопротивлений паропроницанию:

$$R_n > \text{наибольшего из } R_{n1}^{TP} \text{ или } R_{n2}^{TP}$$

а) Требуемого сопротивления паропроницанию  $R_{n1}^{TP}$  (из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации), определяемого по формуле 8.1 СП 50.13330.2012.

$$R_{n1}^{TP} = [(e_v - E) R_{n,n}] / (E - e_n), \quad m^2 \cdot ч \cdot Па/мг$$

б) Требуемого сопротивления паропроницанию  $R_{n2}^{TP}$  (из условия ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха), определяемого по формуле 8.2 СП 50.13330.2012.

$$R_{n2}^{TP} = [0,0024Z_0(e_v - E_0)] / (\rho_w \delta_{w\Delta} \omega + \eta), \quad m^2 \cdot ч \cdot Па/мг$$

В основе расчета лежит определение плоскости максимального увлажнения в многослойной стене по методике СП 50.13330.2012.

Проведенные расчеты показывают, что для стен **Тип-1** и **Тип-2** плоскость максимального увлажнения лежит на границе 3 и 4 слоев, то есть на внутренней поверхности облицовочного кирпичного слоя, а для стен **Тип-3** плоскость максимального увлажнения внутри конструкции отсутствует, она лежит на внешней поверхности штукатурного слоя.

Рассчитаем сопротивление паропроницания  $R_n$  на границе плоскости максимального увлажнения для стены **Тип-1-280**:

$$R_n^{1-280-x} = 0,02/0,12 + 0,28/0,18 + 0,01/0,09 = 1,83 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг};$$

Определим требуемое сопротивление паропроницания  $R_{n1}^{TP}$  (из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации):

$$R_{n1}^{TP} = [(e_v - E) R_{n,n}] / (E - e_n) = [(1273 - 1601) 0,861] / (1601 - 1060) = - 0,52, \quad m^2 \cdot ч \cdot Па/мг$$

Определим требуемое сопротивление паропроницаемости  $R_{n2}^{TP}$  (из условия ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха):

$$R_{n2}^{TP} = [0,0024 * Z_0(e_B - E_0)] / (\rho_w \delta_{w\Delta} \omega + \eta) = [0,0024 * 41(1273 - 800)] / (800 * 0,28 * 1,5 + 35,4) = 0,125 \text{ м}^2 * \text{ч} * \text{Па/мг}$$

Сравним полученные значения требуемых сопротивлений паропроницаемости  $R_{n1}^{TP}$  и  $R_{n2}^{TP}$  с расчетным значением сопротивления паропроницаемости наружной стены от внутренней поверхности до плоскости максимального увлажнения  $R_n$ :

$$R_n^{1-280} = 1,83 > R_{n2}^{TP} = 0,125 > R_{n1}^{TP} = -0,52 \quad (\text{м}^2 * \text{ч} * \text{Па/мг})$$

Следовательно, наружная стена **Тип-1-280 удовлетворяет требованиям СП 50.13330.2012 в части защиты от переувлажнения.**

По аналогии проведем соответствующие расчеты для выбранных типов стен для населенных пунктов Европейской части РФ.

Для всех типов наружных стен выполняется условие  $R_n > R_{n2}^{TP} > R_{n1}^{TP}$ , следовательно, наружные стены всех рассмотренных типов из камня **PO@OMAX** для климатических условий населенных пунктов Европейской части РФ **удовлетворяют требованиям СП 50.13330.2012 в части защиты от переувлажнения.**

Вы также можете ознакомиться с полной версией данного материала на нашем сайте [www.slavkirp.ru](http://www.slavkirp.ru) в разделе "Полезная информация"