**Какой камень POROMAX подойдет для Вашего дома по теплозащите?**

Для того чтобы определить какой камень **POROMAX** 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, 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 **POROMAX** соответствуют этим требованиям, и так по порядку:

**1. Приведенное сопротивление теплопередаче**

Основной характеристикой стены, обеспечивающей теплозащиту, является **приведенное сопротивление теплопередаче R0пр, (м2\*0С)/Вт** – физическая величина, характеризующая усредненную по площади плотность потока теплоты через наружные стены.

**1.1. Нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен**

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

**R0норм = R0тр \* mp м2 \* 0С/Вт**

где:

**R0тр** – базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче стен принимаемое по Таблице 3 СП 50.13330.2012 в зависимости от градусо-суток отопительного периода ГСОП (0С\*сут/год) и назначения здания;

**mp** – коэффициент, учитывающий особенности региона строительства, принимаемый 1;

В соответствии с п.5.2 СП 50.13330.2012 значение коэффициента **mp** для стен допускается принимать равным **0.63**, в случае, если расчетное значение удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания **qот** меньше нормируемого удельного расхода тепловой энергии **qоттр**.

Для малоэтажного жилого одноквартирного дома **qоттр = 0.434** **Вт/м3\*0С** (Таблица 13 СП 50.13330.2012) при количестве этажей " **2** " и площади **250 м2**.

В предварительных оценочных расчетах при определении **R0норм** значение коэффициента **mp** для стен принимается равным **0.63**, с последующим проверочным расчетом удельного расхода тепловой энергии на отопление **qот**.

**R0норм = R0тр \* 0.63** (м2 \* 0С/Вт)

В соответствии с Таблицей 3 СП 50.13330.2012, значение **R0тр** определяется по формуле:

**R0тр = а \* ГСОП + b** (м2 \* 0С/Вт)

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

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

**ГСОП = (tв – tот) \* Zот** 0С \* сут/год

где:

**tв = 20 0С** - расчетная температура внутреннего воздуха (0С), принимается по ГОСТ 30494.

**tот, Zот** – средняя температура наружного воздуха (0С) 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 0С.

Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП), определяются по формуле 5.2 СП 50.13330.2012

**ГСОП = (tв – tот) \* Zот** 0С \* сут/год

где: **tот, Zот** – средняя температура наружного воздуха (0С) и продолжительность (сут/год) отопительного периода соответственно, определяемые по Таблице 3.1 СП.131.13330.2012 "Строительная климатология" для периода с фактической температурой наружного воздуха не более 8 0С для жилых домов.

**Проведем расчет ГСОП, R0тр и R0норм для г.Краснодара:**

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

**tот = 2.5 0С, Zот = 145 суток**

**tв = 20 0С** - расчетная температура внутреннего воздуха жилого дома (0С), принимается для соответствующего типа здания по минимальным значениям оптимальной температуры по ГОСТ 30494.

тогда:

**ГСОПКраснодар = (20 – 2.5) \* 145 = 2 538 0С \* сут/год**

**R0тр = 0.00035 \* 2 538 + 1.4 = 2.29 м2 \* 0С/Вт**

**R0норм = 2.29 \* 0.63 = 1.44 м2 \* 0С/Вт**

По аналогии с проведенным расчетом проведем расчет **ГСОП, R0тр и R0норм** для населенных пунктов Европейской части России, результаты вычислений сведем в Таблицу 1.

**Таблица 1** – Климатические параметры, градусо-сутки отопительного периода, требуемое и нормируемое сопротивление теплопередаче, условия эксплуатации по зонам влажности

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Населенный пункт\*** | Средняя температура наружного воздуха отопи-тельного периода | Продолжи-тельность отопи-тельного периода | Градусо-сутки отопи-тельного периода | Требуемое сопротивле-ние теплопе-редаче стен | Норими-руемое сопротивле-ние теплопе-редаче стен | Условия эксплу-атации огражда-ющих конструк-ций по зонам влажности |
|
|
| **t от** | **Zот** | **ГСОП** | **R0тр** | **R0норм** |
| **0С** |  **сут/год** |  **0С \* сут/год** |  **м2 \* 0С/Вт** |  **м2 \* 0С/Вт** |
| **Южный и Северо-Кавказский Федеральные Округа - ЮФО и СКФО** |
| **Астрахань** | -0,8 | 164 | **3 411** | 2,59 | **1,63** | **А** |
| **Владикавказ** | 0,7 | 169 | **3 262** | 2,54 | **1,60** | **А** |
| **Волгоград** | -2,3 | 176 | **3 925** | 2,77 | **1,75** | **А** |
| **Грозный** | 0,9 | 159 | **3 037** | 2,46 | **1,55** | **А** |
| **Дербент** | 3,7 | 138 | **2 249** | 2,19 | **1,38** | **А** |
| **Кисловодск** | 0,4 | 179 | **3 508** | 2,63 | **1,66** | **Б** |
| **Красная Поляна** | 3,0 | 181 | **3 077** | 2,48 | **1,56** | **Б** |
| **Краснодар** | 2,5 | 145 | **2 538** | 2,29 | **1,44** | **А** |
| **Майкоп** | 2,3 | 148 | **2 620** | 2,32 | **1,46** | **Б** |
| **Махачкала** | 2,7 | 144 | **2 491** | 2,27 | **1,43** | **А** |
| **Миллерово** | -1,7 | 195 | **4 232** | 2,88 | **1,82** | **А** |
| **Нальчик** | 0,6 | 168 | **3 259** | 2,54 | **1,60** | **А** |
| **Невинномыск** | 0,1 | 168 | **3 343** | 2,57 | **1,62** | **Б** |
| **Приморско-Ахтарск** | 1,0 | 159 | **3 021** | 2,46 | **1,55** | **А** |
| **Пятигорск** | 0,2 | 175 | **3 465** | 2,61 | **1,65** | **Б** |
| **Ростов-на-Дону** | -0,1 | 166 | **3 337** | 2,57 | **1,62** | **А** |
| **Сочи** | 6,6 | 94 | **1 260** | 1,84 | **1,16** | **Б** |
| **Ставрополь** | 0,5 | 168 | **3 276** | 2,55 | **1,60** | **Б** |
| **Симферопль\*\*** | 2,6 | 153 | **2 662** | 2,33 | **1,47** | **Б** |
| **Таганрог** | 0,0 | 180 | **3 600** | 2,66 | **1,68** | **А** |
| **Тихорецк** | 1,2 | 156 | **2 933** | 2,43 | **1,53** | **А** |
| **Черкесск** | 0,6 | 169 | **3 279** | 2,55 | **1,60** | **Б** |
| **Феодосия\*\*** | 3,4 | 140 | **2 324** | 2,21 | **1,39** | **Б** |
| **Элиста** | -1,0 | 169 | **3 549** | 2,64 | **1,66** | **А** |
| **Ялта\*\*** | 5,1 | 119 | **1 773** | 2,02 | **1,27** | **Б** |
| **Центральный Федеральный Округ - ЦФО** |
| **Белгород** | -1,9 | 191 | **4 183** | 2,86 | **1,80** | **А** |
| **Брянск** | -2,0 | 199 | **4 378** | 2,93 | **1,85** | **Б** |
| **Владимир** | -3,5 | 213 | **5 006** | 3,15 | **1,99** | **Б** |
| **Воронеж** | -2,5 | 190 | **4 275** | 2,90 | **1,82** | **А** |
| **Дмитров** | -3,1 | 216 | **4 990** | 3,15 | **1,98** | **Б** |
| **Калуга** | -2,9 | 210 | **4 809** | 3,08 | **1,94** | **Б** |
| **Кашира** | -3,4 | 212 | **4 961** | 3,14 | **1,98** | **Б** |
| **Кострома** | -3,9 | 222 | **5 306** | 3,26 | **2,05** | **Б** |
| **Курск** | -2,3 | 194 | **4 326** | 2,91 | **1,84** | **Б** |
| **Липецк** | -3,4 | 202 | **4 727** | 3,05 | **1,92** | **А** |
| **Москва** | -2,2 | 205 | **4 551** | 2,99 | **1,89** | **Б** |
| **Орел** | -2,4 | 199 | **4 458** | 2,96 | **1,86** | **Б** |
| **Рязань** | -3,5 | 224 | **5 264** | 3,24 | **2,04** | **Б** |
| **Смоленск** | -2,0 | 209 | **4 598** | 3,01 | **1,90** | **Б** |
| **Тула** | -3,0 | 207 | **4 761** | 3,07 | **1,93** | **Б** |
| **Ярославль** | -4,0 | 221 | **5 304** | 3,26 | **2,05** | **Б** |
| **Приволжский Федеральный Округ - ПФО** |
| **Йошкар-Ола** | -4,9 | 215 | **5 354** | 3,27 | **2,06** | **Б** |
| **Нижний Новгород** | -4,1 | 215 | **5 182** | 3,21 | **2,02** | **Б** |
| **Пенза** | -4,1 | 200 | **4 820** | 3,09 | **1,94** | **А** |
| **Самара** | -5,2 | 217 | **5 468** | 3,31 | **2,09** | **А** |
| **Саранск** | -4,5 | 209 | **5 121** | 3,19 | **2,01** | **А** |
| **Саратов** | -3,5 | 202 | **4 747** | 3,06 | **1,93** | **А** |
| **Ульяновск** | -5,4 | 212 | **5 385** | 3,28 | **2,07** | **А** |
| **Чебоксары** | -4,9 | 217 | **5 403** | 3,29 | **2,07** | **Б** |

Примечание

**\*** - климатические параметры приняты для населенных пунктов, приведенных в СП 131.13330.2012

**\*\*** - климатические параметры приняты по СНиП 23-01-82

**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 больше значения нормируемого приведенного сопротивления теплопередаче

**R0пр ≥ R0норм**

Расчет приведенного сопротивления теплопередаче **R0пр** наружных стен производится в соответствии с Приложением Е СП 50.13330.2012 по результатам расчета температурных полей по формуле Е.1:

**R0пр** =$\frac{1}{\frac{1}{Rоусл}+ \sum\_{}^{}LjΨj+ \sum\_{}^{}nkχk}$=$\frac{1}{\sum\_{}^{}aiUi+ + \sum\_{}^{}LjΨj+ \sum\_{}^{}nkχk}$(м2 \* 0С/Вт)

где:

**R0усл** – осредненное по площади условное сопротивление теплопередаче фрагмента ограждающей конструкции (м2 \* 0С/Вт), определяемое по формуле Е.6;

**ai** – площадь плоского элемента конструкции **i**-того вида, приходящегося на 1м2 фрагмента ограждающей конструкции (м2/м2);

**Ui** – удельные потери теплоты через плоский элемент ограждающей конструкции **i**-того вида (Вт/м2 \* 0С);

**Lj** – протяженность (м) линейной неоднородности **j**-того вида, приходящегося на 1м2 фрагмента ограждающей конструкции (м/м2);

**Ψj** – удельные потери теплоты через линейную неоднородность **j**-того вида (Вт/м \* 0С);

**nk** – количество (шт) точечных неоднородностей **k**-того вида, приходящегося на 1м2 фрагмента ограждающей конструкции (м/м2);

**χk** – удельные потери теплоты через точечную неоднородность **k**-того вида (Вт/ 0С).

**ai =** $\frac{A\_{i}}{\sum\_{}^{}А\_{i}}$(м2/м2)

где:

**Ai** – площадь **i**-той части фрагмента ограждающей конструкции (м2)

**Ui =** $\frac{1}{R0усл}$(Вт/м2 \* 0С)

Значения удельных потерь теплоты **Ψj** и **Xk** 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".

Полный тепловой расчет, в том числе: расчет приведенного сопротивления теплопередаче, удельного расхода энергии на отопление, теплоустойчивости, воздухопроницаемости и защиты от переувлажнения типового двухэтажного одноквартирного жилого дома с наружными стенами из камня **POROMAX** смотрите в **Тепловой расчет жилого дома**.

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 наружной стены **R0пр**, применив коэффициент теплотехнических неоднородностей **Ктпн = 0.8**, тогда:

**R0пр** = **R0усл \* Ктпн** =  **R0усл \* 0,8** $ $(м2 \* 0С/Вт)

Определим **R0усл** по формуле Е.6:

**R0усл** = $\frac{1}{∝\_{в}}+ \sum\_{}^{}R\_{s}+\frac{1}{∝\_{н}} $(м2 \* 0С/Вт)

где:

**αв** – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, принимается по Таблице 4:

для стен: **αв = 8.7 Вт/м2 \* 0С**

**αн** – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции, принимается по Таблице 6:

для стен: **αв = 23 Вт/м2 \* 0С**

**Rs** – термическое сопротивление слоя однородной части фрагмента ограждающей конструкции (м2 \* 0С/Вт), определяемое по формуле Е.7:

**Rs** =$\frac{δs}{ʎs}$(м2 \* 0С/Вт)

где:

**δs** – толщина слоя (м)

**ʎs** – теплопроводность слоя материала (Вт/м \* 0С), 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 для городов Европейской части РФ и результаты сведем в Таблицу 1.

 Значения коэффициентов теплопроводности для камня **POROMAX** и керамического лицевого кирпича приняты по результатам испытаний на теплопроводность каменных кладок и представлены в Таблице 2.

**Таблица 2** – Значения коэффициентов теплопроводности

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Наименование материала** | **Коэффициент теплопроводности при условиях эксплуатации, Вт/м2 \* 0С**  | **Источник информации** |
| **условия А** | **условия Б** |
| **ʎА** | **ʎБ** |
| Раствор цементно-песчанный | **0,76** | **0,93** | Таблица Т.1, п.201 СП 50.13330.2012 |
| Раствор известково-песчанный | **0,70** | **0,81** | Таблица Т.1, п.203СП 50.13330.2012 |
| **Кирпич** керамический лицевой пустотелый **0,7NF** | **0,331** | **0,445** | **Протокол № 626 от 28.05.2009г.** |
| **Кирпич** керамический лицевой пустотелый **1NF** | **0,323** | **0,333** | **Протокол № 81 от 29.11.2007г.** |
| Камень керамический**POROMAX-380** | **0,189** | **0,199** | **Протокол № 1877 от 25.11.2013г.** |
| Камень керамический**POROMAX-280** | **0,179** | **0,190** | **Протокол № 185 от 12.02.2014г.** |
| Камень керамический**POROMAX-250** | **0,194** | **0,204** | **Протокол № 1876 от 25.11.2013г.** |

Рассмотрим наиболее **распространенные типы стен** из камня **POROMAX** и проведем теплотехнический расчет:

 **Тип-1 Тип-2 Тип-3**

   

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

**1. Штукатурный слой** – 20 мм, раствор известково-песчанный;

**2. Камень керамический** – POROMAX-380 (380 мм) или POROMAX-280 (280 мм) или POROMAX-250 (250 мм);

**3. Вертикальный растворный шов\*** – 10 мм, раствор цементно-песчанный;

**4. Кирпич керамический лицевой** – 1NF (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-песчанный;

**2. Камень керамический** – POROMAX-380 (380 мм) или POROMAX-280 (280 мм) или POROMAX-250 (250 мм);

**3. Вертикальный растворный шов** – 10 мм, раствор цементно-песчанный;

**4. Кирпич керамический лицевой** – 0,7NF (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-песчанный;

**2. Камень керамический** – POROMAX-380 (380 мм) или POROMAX-280 (280 мм) или POROMAX-250 (250 мм);

**3. Штукатурный слой** – 20 мм, раствор цементно-песчанный;

Определим термическое сопротивление слоев **Rs** и условное сопротивление теплопередаче **R0усл** для стены **Тип-1-380**, условия эксплуатации - **А**, используя коэффициенты теплопроводности слоев (Таблица 2):

**1 слой** - штукатурный - **ʎА1 = 0.70 Вт/м \* 0С**

**Rs1 =** $\frac{0.02}{0.7}$ **= 0.029 Вт/м \* 0С**

**2 слой** – каменный, POROMAX-380 - **ʎА2 = 0.189 Вт/м \* 0С**

**Rs2 =** $\frac{0.38}{0.189}$ **= 2.01 Вт/м \* 0С**

**3 слой** - растворный шов - **ʎА3 = 0.76 Вт/м \* 0С**

**Rs3 =** $\frac{0.01}{0.76}$ **= 0.013 Вт/м \* 0С**

**4 слой** – каменный, кирпич лицевой 1NF - **ʎА4 = 0.323 Вт/м \* 0С**

**Rs4 =** $\frac{0.12}{0.323}$ **= 0.372 Вт/м \* 0С**

тогда:

**R0усл** = $\frac{1}{8.7}+ 0.029+2.01+0.013+0.372+\frac{1}{23} $ **= 2.58 м2 \* 0С/Вт**

Определим термическое сопротивление слоев **Rs** и условное сопротивление теплопередаче **R0усл** для стены **Тип-1-380**, условия эксплуатации - **Б**, используя коэффициенты теплопроводности слоев (Таблица 2):

**1 слой** - штукатурный - **ʎБ1 = 0.81 Вт/м \* 0С**

**Rs1 =** $\frac{0.02}{0.81}$ **= 0.025 Вт/м \* 0С**

**2 слой** – каменный, POROMAX-380 - **ʎБ2 = 0.199 Вт/м \* 0С**

**Rs2 =** $\frac{0.38}{0.199}$ **= 1.91 Вт/м \* 0С**

**3 слой** - растворный шов - **ʎБ3 = 0.93 Вт/м \* 0С**

**Rs3 =** $\frac{0.01}{0.93}$ **= 0.011 Вт/м \* 0С**

**4 слой** – каменный, кирпич лицевой 1NF - **ʎБ4 = 0.333 Вт/м \* 0С**

**Rs4 =** $\frac{0.12}{0.333}$ **= 0.36 Вт/м \* 0С**

тогда:

**R0усл** = $\frac{1}{8.7}+ 0.025+1.91+0.011+0.36+\frac{1}{23} $ **= 2.46 м2 \* 0С/Вт**

По аналогии рассчитаем условное сопротивление теплопередаче **R0усл** рассматриваемых типов стен при условиях эксплуатации **А** и **Б**, результаты вычислений сведем в Таблицу 3.

**Таблица 3** – Расчетные значения условного сопротивления теплопередаче

|  |  |
| --- | --- |
| **Тип стены** | **Условное сопротивление теплопередаче наружной стены без учета точечных и линейных теплопроводных неоднородностей,** **R0усл, м2 \* 0С/Вт** |
| при основном слое **POROMAX** при условиях эксплуатации **А** и **Б** |
| **POROMAX-380** | **POROMAX-280** | **POROMAX-250** |
| **А** | **Б** | **А** | **Б** | **А** | **Б** |
| **Тип-1** | **2.58** | **2.46** | **2.14** | **2.03** | **1.86** | **1.78** |
| **Тип-2** | **2.47** | **2.30** | **2.02** | **1.86** | **1.75** | **1.61** |
| **Тип-3** | **2.22** | **2.12** | **1.78** | **1.68** | **1.50** | **1.43** |

Рассчитаем приведенное сопротивление теплопередаче **R0пр** рассматриваемых типов стен при условиях эксплуатации **А** и **Б**, с учетом условных теплотехнических неоднородностей:

**R0пр = R0усл \* 0.8**, **м2 \* 0С/Вт**

результаты вычислений сведем в Таблицу 4.

**Таблица 4** – Расчетные значения приведенного сопротивления теплопередаче

|  |  |
| --- | --- |
| **Тип стены** | **Приведенное сопротивление теплопередаче наружных стен с учетом точечных и линейных теплопроводных неоднородностей (Ктпн = 0.8)****R0пр, м2 \* 0С/Вт** |
| при основном слое **POROMAX** при условиях эксплуатации **А** и **Б** |
| **POROMAX-380** | **POROMAX-280** | **POROMAX-250** |
| **А** | **Б** | **А** | **Б** | **А** | **Б** |
| **Тип-1** | **2.06** | **1.97** | **1.71** | **1.62** | **1.49** | **1.42** |
| **Тип-2** | **1.98** | **1.84** | **1.62** | **1.49** | **1.40** | **1.29** |
| **Тип-3** | **1.78** | **1.70** | **1.42** | **1.34** | **1.20** | **1.14** |

Сравним 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 **POROMAX** подойдут для условного жилого дома по теплозащите.

Результаты сравнения представим в виде Таблицы 5, где типы стен, удовлетворяющие требованиям п.5 СП 50.13330.2012, то есть **R0пр ≥ R0норм**, обозначены знаком " + " и выделены оранжевым цветом.

Полный тепловой расчет, в том числе: расчет приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен, удельного расхода энергии на отопление, теплоустойчивости, воздухопроницаемости и защиты от переувлажнения типового двухэтажного одноквартирного жилого дома с наружными стенами из камня **POROMAX** смотрите в **Тепловой расчет жилого дома**.

**Таблица 5** – Типы стен из камня **POROMAX**, удовлетворяющие требованиям п.5 СП 50.13330.2012 для населенных пунктов Европейской части РФ без дополнительного утепления

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Населенный пункт** | Нормируемое сопротив-ление теплопередаче стен | Условия эксплуатации ограждающих конструкций по зонам влажности | Типы стен с основным несущим слоем из камня **POROMAX** |
| **POROMAX-380** | **POROMAX-280** | **POROMAX-250** |
| **Тип-1** | **Тип-2** | **Тип-3** | **Тип-1** | **Тип-2** | **Тип-3** | **Тип-1** | **Тип-2** | **Тип-3** |
| с облицовкой кирпичом 1NF | с облицовкой кирпичом 0.7NF | Однослой-ная | с облицовкой кирпичом 1NF | с облицовкой кирпичом 0.7NF | Однослой-ная | с облицовкой кирпичом 1NF | с облицовкой кирпичом 0.7NF | Однослой-ная |
| **Приведенное сопротивление теплопередаче стены при условиях эксплуатации А и Б**  **R0пр , м2 \* 0С/Вт** |
| **R0норм** | **А** | **2,06** | **1,98** | **1,78** | **1,71** | **1,62** | **1,42** | **1,49** | **1,40** | **1,20** |
|  **м2 \* 0С/Вт** | **Б** | **1,97** | **1,84** | **1,70** | **1,62** | **1,49** | **1,34** | **1,42** | **1,29** | **1,14** |
| **Южный и Северо-Кавказский Федеральные Округа - ЮФО и СКФО** |
| **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** | **+** | **+** | **+** | **+** | **+** | **+** | **+** | **+** |  |
| **Центральный Федеральный Округ - ЦФО** |
| **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** | **+** |  |  |  |  |  |  |   |  |
| **Приволжский Федеральный Округ - ПФО** |
| **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 0С и выше расчетная амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности ограждающих конструкций, в том числе наружных стен **АƬ** (0С) жилых зданий, не должна быть более нормируемой амплитуды колебаний температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции **АƬтр** (0С), определяемой по формуле 6.1

**АƬтр = 2,5 – 0,1 (tн – 21),**  0С

где: **tн** – среднемесячная температура наружного воздуха за июль 0С, 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 = ∑ Di = ∑ Ri \* si**

где:

**Di** – тепловая инерция отдельного i-го слоя;

**Ri** – термическое сопротивление i-го слоя, **м2 \* 0С/Вт**;

**si** – расчетный коэффициент теплоусвоения материала i-го слоя ограждающей конструкции, **Вт/м2 \* 0С**;

Термическое сопротивление слоя конструкции определяется по формуле 6.6:

**Ri** =$\frac{δi}{ʎi}$ **м2 \* 0С/Вт**

где:

**δi** – толщина i-го слоя, м;

**ʎi** – теплопроводность i-го слоя материала, Вт/м \* 0С;

Значение расчетных коэффициентов теплоусвоения материалов i-го слоя **si,** принимается по таблице Т.1СП 50.13330.2012 и представлены Таблице 6.

**Таблица 6** – Коэффициенты теплоусвоения материалов

|  |  |
| --- | --- |
| **Наименование материала** | **Коэффициент теплоусвоения****s, Вт/м2 \* 0С** |
| 187. Кирпичная кладка из керамического пустотелого кирпича плотностью 1400 кг/м3 (брутто) на цементно-песчанном растворе | **8,48** |
| 189. Кирпичная кладка из керамического пустотелого кирпича плотностью 1000 кг/м3 (брутто) на цементно-песчанном растворе | **6,62** |
| 201. Раствор цементно-песчанный | **11,09** |
| 203. Раствор известково-песчанный | **9,76** |

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**:

**1 слой** - штукатурный - **Rs1 =** $\frac{0.02}{0.7}$ **= 0.029 Вт/м \* 0С**

**2 слой** – каменный, POROMAX-380 - **Rs2 =** $\frac{0.38}{0.189}$ **= 2.01 Вт/м \* 0С**

**3 слой** - растворный шов - **Rs3 =** $\frac{0.01}{0.76}$ **= 0.013 Вт/м \* 0С**

**4 слой** – каменный, кирпич лицевой 1NF - **Rs4 =** $\frac{0.12}{0.323}$ **= 0.372 Вт/м \* 0С**

тогда:

**D1-380** = $0.029\*9,76+2.01\*6,62+0.013\*11,09+0.372\*8,48$ **= 16, 89**

По аналогии рассчитаем суммарную тепловую инерцию **D** для рассматриваемых типов стен для условий эксплуатации по зонам влажности **А** и **Б**, результаты вычислений сведем в Таблицу 7.

**Таблица 7** – Тепловая инерция наружных стен

|  |  |
| --- | --- |
| **Тип стены** | **Тепловая инерция наружных стен, D** |
| при основном слое **POROMAX** при условиях эксплуатации **А** и **Б** |
| **POROMAX-380** | **POROMAX-280** | **POROMAX-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 **А** и **Б** составляет **D > 4,** соответственно проведение расчетов на теплоустойчивость наружных стен из камня **POROMAX** **не требуется**.

**3. Воздухопроницаемость наружных стен**

Сопротивление воздухопроницанию **Ru** ограждающих конструкций в соответствии с требованием п. 7.1 СП 50.13330.2012 должно быть не менее нормируемого сопротивления воздухопроницанию **Ruтр**, м2 \* ч \*Па/кг, определяемого по формуле 7.1:

**Ruтр = ∆р / Gн, м2 \* ч \*Па/кг**

где:

**∆р** – разность давлений воздуха на наружной и внутренних поверхностях ограждающей конструкции, Па.

**Gн** – нормируемая поперечная воздухопроницаемость ограждающих конструкций, **кг/м2 \* ч**, принимаемая по таблице 9 СП 50.13330.2012.

В соответствии с таблицей 9 нормируемая поперечная воздухопроницаемость наружных стен жилых зданий равна **Gн** = **0.5 кг/ м2 \* ч.**

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

**∆р = 0,55Н (yн – yв) + 0,03yн \* v2, Па**

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

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

**yн** , **yв**  - удельный вес соответственно наружного и внутреннего воздуха, **Н/м3**, определяемые по формуле 7.3:

**y = 3463 / (273 + t), Н/м3**

**tв** – температура воздуха внутреннего (для определения **yв**) принимается = **20 0С**, для жилых зданий;

**tн** – температура воздуха наружного (для определения **yн**) 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

**Yв = 3463 / (273 + tв)** = 3463 / (273 + 20) = **11,82 Н/м3**

Удельный вес наружного воздуха для жилых зданий:

**Yн = 3463 / (273 + tн)**

Определим значения удельного веса наружного воздуха **Yн**, разность давлений на наружной и внутренней поверхности стен **∆р** и нормируемого сопротивления воздухопроницанию **Ruтр** для жилого дома высотой **15 м** в **г.Краснодаре** при климатических параметрах **tн = - 14 0С, v = 3, 7 м/с**:

**Yн** = 3463 / (273 - 14) = **13, 37 Н/м3**

**∆р** = 0, 55\*15 (13, 37 – 11, 82) + 0, 03\* 13, 37 \* 3, 72 = **18, 28 Па**

**Ruтр** = 18, 28 / 0, 5 = **36, 57м2 \* ч \*Па/кг**

По аналогии рассчитаем значения удельного веса наружного воздуха, разности давлений и нормируемого сопротивления воздухопроницанию **Ruтр** для населенных пунктов Европейской части РФ представленных в таблице 2 для жилого дома высотой **Н = 15 м**, результаты сведем в таблицу 8.

**Таблица 8** – Климатические параметры, удельный вес наружного воздуха, разность давлений и нормируемое сопротивление воздухопроницанию

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Населенный пункт** | Средняя температура наиболее холодной пятидневки, обеспечен-ностью 92 % | Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, повторяе-мость которых составляет 16% и более | Удельный вес наружного воздуха | Разность давления воздуха на наружной и внутренней поверхности стены | Нормируемое сопротивле-ние воздухопро-ницанию, |
|
|
|
|
| **t н** | **V** | **Ун** | **∆р** | **Ruтр** |
| **0С** | **м/с** | **Н/м3** | **Па** |  **м2 \* ч \* Па/кг** |
| **Южный и Северо-Кавказский Федеральные Округа - ЮФО и СКФО** |
| **Астрахань** | -21 | 3,8 | **13,74** | **21,81** | **43,62** |
| **Владикавказ** | -13 | 2,0 | **13,32** | **13,97** | **27,93** |
| **Волгоград** | -22 | 5,1 | **13,80** | **27,07** | **54,15** |
| **Грозный** | -17 | 3,8 | **13,53** | **19,95** | **39,89** |
| **Дербент** | -9 | 5,2 | **13,12** | **21,34** | **42,69** |
| **Кисловодск** | -16 | 6,2 | **13,47** | **29,19** | **58,38** |
| **Красная Поляна** | -9 | 2,5 | **13,12** | **13,16** | **26,33** |
| **Краснодар** | -14 | 3,7 | **13,37** | **18,28** | **36,57** |
| **Майкоп** | -19 | 5,7 | **13,63** | **28,25** | **56,51** |
| **Махачкала** | -13 | 5,1 | **13,32** | **22,76** | **45,52** |
| **Миллерово** | -21 | 6,1 | **13,74** | **31,20** | **62,39** |
| **Нальчик** | -18 | 2,5 | **13,58** | **17,07** | **34,14** |
| **Невинномыск** | -18 | 7,0 | **13,58** | **34,49** | **68,97** |
| **Приморско-Ахтарск** | -20 | 3,8 | **13,69** | **21,34** | **42,68** |
| **Пятигорск** | -20 | 6,3 | **13,69** | **31,71** | **63,41** |
| **Ростов-на-Дону** | -19 | 4,8 | **13,63** | **24,39** | **48,78** |
| **Сочи** | -2 | 2,5 | **12,78** | **10,30** | **20,61** |
| **Ставрополь** | -18 | 7,4 | **13,58** | **36,83** | **73,67** |
| **Симферопль\*** |  нет данных |  нет данных |  |  |  |
| **Таганрог** | -18 | 4,0 | **13,58** | **21,04** | **42,08** |
| **Тихорецк** | -17 | 3,9 | **13,53** | **20,26** | **40,52** |
| **Черкесск** | -18 | 3,2 | **13,58** | **18,70** | **37,39** |
| **Феодосия\*** |  нет данных |  нет данных |  |  |  |
| **Элиста** | -23 | 8,5 | **13,85** | **46,79** | **93,58** |
| **Ялта\*** |  нет данных |  нет данных |  |  |  |
| **Центральный Федеральный Округ - ЦФО** |
| **Белгород** | -23 | 5,9 | **13,85** | **31,23** | **62,46** |
| **Брянск** | -24 | 3,4 | **13,91** | **22,05** | **44,09** |
| **Воронеж** | -24 | 4,0 | **13,91** | **23,90** | **47,80** |
| **Калуга** | -27 | 4,9 | **14,08** | **28,76** | **57,52** |
| **Курск** | -24 | 3,9 | **13,91** | **23,57** | **47,14** |
| **Липецк** | -27 | 5,9 | **14,08** | **33,32** | **66,65** |
| **Москва** | -25 | 2,0 | **13,96** | **19,36** | **38,72** |
| **Орел** | -25 | 4,7 | **13,96** | **26,94** | **53,88** |
| **Смоленск** | -25 | 3,9 | **13,96** | **24,06** | **48,11** |
| **Тула** | -27 | 4,9 | **14,08** | **28,76** | **57,52** |
| **Приволжский Федеральный Округ - ПФО** |
| **Пенза** | -27 | 4,4 | **14,08** | **26,80** | **53,60** |
| **Самара** | -30 | 5,4 | **14,25** | **32,52** | **65,05** |
| **Саранск** | -30 | 6,9 | **14,25** | **40,41** | **80,82** |
| **Саратов** | -25 | 4,4 | **13,96** | **25,80** | **51,59** |

Примечание - \* для населенных пунктов климатические параметры в СП 131.13330.2012 не представлены.

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

**Ru = ∑ Ri , м2 \* ч \*Па/кг**

Где: **Ri** – сопротивление воздухопроницанию i-го слоя ограждающей конструкции, м2 \* ч \*Па/кг

Значение сопротивления воздухопроницанию **R**для каждого слоя ограждающей конструкции принимается по таблице С.1 СП 50.13330.2012 и представлены Таблице 9.

**Таблица 9** – Сопротивление воздухопроницанию слоев конструкции

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Наименование материала** | **Толщина слоя, мм** | **Сопротивление воздухопроницанию** **R, м2 \* ч \*Па/кг** |
| Раствор цементно-песчанный | **10 - 20** | **248 - 496** |
| Раствор известково-песчанный | **20** | **189** |
| **Кирпич** керамический лицевой пустотелый **0,7NF** с расшивкой швов | **85** | **15,6** |
| **Кирпич** керамический лицевой пустотелый **1NF** с расшивкой швов | **120** | **22** |
| Камень керамический**POROMAX-380** | **380** | **12,35** |
| Камень керамический**POROMAX-280** | **280** | **9,1** |
| Камень керамический**POROMAX-250** | **250** | **8,12** |

Определим расчетное сопротивление наружной стены **Тип-1-380**:

**Ru** = 189 + 12, 35 + 248 + 22 = **471 м2 \* ч \*Па/кг**

По аналогии рассчитаем значения сопротивления воздухопроницанию **Ru** для рассматриваемых типов стен, результаты сведем в таблицу 10.

**Таблица 10** – Расчетные значения сопротивления воздухопроницанию

|  |  |
| --- | --- |
| **Тип стены** | **Сопротивление воздухопроницанию, Ru, м2 \* ч \*Па/кг** |
| при основном слое **POROMAX** |
| **POROMAX-380** | **POROMAX-280** | **POROMAX-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 больше нормируемого сопротивления воздухопроницания **Ru > Ruтр**, **требование по сопротивлению воздухопроницания выполняетя.**

**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 **Rn, м2 \* ч \* Па/мг**, наружной стены в пределах от внутренней поверхности до плоскости максимального увлажнения, определяется по п.8.5 СП 50.13330.2012:

**Rn = ∑ Rni до сечения Х**, **м2 \* ч \* Па/мг**

где: **Rni до сечения Х** – сопротивление паропроницанию i-го слоя ограждающей конструкции до сечения максимального увлажнения.

**Rni = δi / μi, м2 \* ч \* Па/мг**

где:

**δi** – толщина i-го слоя ограждающей конструкции, м;

**μi** – коэффициент паропроницаемости материала i-го слоя ограждающей конструкции, м2 \* ч \* Па/мг;

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

**Rn > наибольшего из Rn1тр или Rn2тр**

а) Требуемого сопротивления паропроницанию **Rn1тр** (из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации), определяемого по формуле 8.1 СП 50.13330.2012.

**Rn1тр = [(eв – Е) Rп.н] / (Е – eн), м2 \* ч \* Па/мг**

б) Требуемого сопротивления паропроницанию **Rn2тр** (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.

**Rn2тр = [0,0024Z0(eв – Е0)] / (ρwδw∆ω + ɳ), м2 \* ч \* Па/мг**

где:

**eв** – парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха, **Па**, определяемое по формуле 8.3:

**eв = (φв / 100) Ев, Па**

где:

**φв** – относительная влажность внутреннего воздуха, **%**, принимаемая в соответствии с п.5.7 СП 50.13330.2012 для жилых зданий **φв = 55 %**

**Ев** – парциальное давление насыщенного водяного пара, **Па**, при температуре воздуха помещения, определяемое по формуле 8.8 СП 50.13330.2012:

**Ев = 1.84 \* 1011 \* exp[- 5330 / (273 + t)], Па**

для жилых зданий **tв** **= 20 0С** тогда:

**Ев = 2315 Па, eв = 1273 Па**

**E** – парциальное давление насыщенного водяного пара в плоскости максимального увлажнения за годовой период эксплуатации, **Па**, определяемое по формуле 8.4 СП:

**E = (Е1\*z1 + Е2\*z2 + Е3\*z3) / 12**

где:

**Е1, Е2, Е3** – парциальное давление насыщенного водяного пара в плоскости максимального увлажнения, соответственно зимнего, весеннее-летнего и летнего периодов, **Па**, определяемые по температуре в плоскости максимального увлажнения по формуле 8.8, при средней температуре наружного воздуха соответствующего периода.

**z1, z2, z3** – продолжительность зимнего, весеннее-летнего и летнего периодов года, **мес**, определяемые по таблице 5.1 СП 131. 13330.2012 с учетом следующих условий:

а) к зимнему периоду относятся месяцы со средними температурами наружного воздуха ниже **– 5 0С**;

б) к весеннее-летнему периоду относятся месяцы со средними температурами наружного воздуха от **– 5 0С** до + **5 0С**;

в) к летнему периоду относятся месяцы со средними температурами наружного воздуха выше + **5 0С**;

Продолжительность периодов **z** и среднюю температуру периодов **t** определяем по таблице 5.1 СП 131.13330.2012:

**для г.Краснодара:**

**z1 = 0 мес.** с t < - 5 0С

**z2 = 3 мес.** с - 5 0С < t < + 5 0С (I, II, XII)

**z3 = 9 мес.** с t > + 5 0С (IV - XI)

**t2** = (- 0,2 + 1 + 2) / 3 = **0,9 0C**

**t3** = (5,4 + 12,2 + 17,3 + 21 + 23,8 + 23,2 + 18,1 + 11,9 + 6,3) / 9 = **15,5 0C**

**Rп.н** – сопротивление паропроницанию части ограждающей конструкции, расположенной между наружной поверхностью ограждающей конструкции и плоскостью максимального увлажнения, определяемое как разница между общим сопротивлением паропроницаемости ограждающей конструкции **Rо.п** и сопротивления паропроницаемости части ограждающей конструкции от внутренней поверхности до плоскости максимального увлажнения **Rn**.

**eн** – среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха за годовой период, **Па**, определяемое по таблице 7.1 СП 131.13330.2012:

**г.Краснодар: eн = 1060 Па**

**Z0** – продолжительность периода влагонекопления, **сутки**, принимаемая равной периоду с отрицательными средними температурами наружного воздуха **tн.отр** по таблице Т.3.1 СП 131.13330.2012:

**г.Краснодар: Z0 = 41 сут. tн.отр = - 0,2 0С**

**Е0** – парциальное давление насыщенного водяного пара в плоскости максимального увлажнения, **Па**, определяемое при средней температуре наружного воздуха периода влагонакопления **Z0**. Определим после определения плоскости максимального увлажнения ограждающей конструкции.

**ρw** – плотность материала увлажняемого слоя, **кг/м3**;

**δw** – толщина увлажняемого слоя ограждающей конструкции, **м**, принимаемая равной 2/3 толщины однородной (однослойной) стены или толщине слоя многослойной ограждающей конструкции, в котором располагается плоскость максимального увлажнения;

**∆ω** – предельно допустимое приращение влажности в материале увлажняемого слоя, **% по массе**, за период влагонакопления **Z0**, принимается по таблице 10 СП 50.13330.2012:

**Кладка из глиняного кирпича и керамических камней: ∆ω = 1,5 % по массе**

**Цементно-песчанный раствор: ∆ω = 2,0 % по массе**

**ɳ** - коэффициент, определяемый по формуле 8.5 СП:

**ɳ = [0,0024 (Е0 – ен.отр) Z0] / Rп.н**

где:

**ен.отр** – среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами, **Па**, определяемое по таблице 7.1 СП 131.13330.2012:

**г.Краснодар: eн.отр = 490/1 = 490 Па**

Проведем определение плоскости максимального увлажнения для наружных стен: **Тип-1-280, Тип-2-380 и Тип-3-380**

**Таблица 11** - Технические характеристики материалов слоев выбранных типов стен

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Тип стены** | **Слой 1** | **Слой 2** | **Слой 3** | **Слой 4** |
| **Известково-песчанная штукатурка** | **POROMAX** | **Вертикальный цементно-песчанный шов (штукатурка)** | **Кирпич лицевой** |
| **δ** | **ρ** | **ʎА** | **μ** | **δ** | **ρ** | **ʎА** | **μ** | **δ** | **ρ** | **ʎА** | **μ** | **δ** | **ρ** | **ʎА** | **μ** |
| **м** | **кг/м3** | **Вт/м0С** | **мг/****мч Па** | **м** | **кг/м3** | **Вт/м0С** | **мг/****мч Па** | **м** | **кг/м3** | **Вт/м0С** | **мг/****мч Па** | **м** | **кг/м3** | **Вт/м0С** | **мг/****мч Па** |
| **Тип-1-280** | **0,02** | **1600** | **0.7** | **0.12** | **0,28** | **800** | **0.179** | **0.18** | **0,01** | **1800** | **0.76** | **0.09** | **0,12** | **1600** | **0.323** | **0.14** |
| **Тип-2-380** | **0,02** | **1600** | **0.7** | **0.12** | **0,38** | **800** | **0.189** | **0.18** | **0,01** | **1800** | **0.76** | **0.09** | **0,085** | **1600** | **0.331** | **0.14** |
| **Тип-3-380** | **0,02** | **1600** | **0.7** | **0.12** | **0,38** | **800** | **0.189** | **0.18** | **0,02** | **1800** | **0.76** | **0.09** | **нет** |

Слои пронумерованы от внутренней поверхности из помещения наружу.

Для каждого слоя наружной стены вычисляем значение комплекса **fi(tм.у)**, характеризующего температуру в плоскости максимального увлажнения по формуле 8.7 СП 50.13330.2012:

**fi(tм.у) = 5330[(Rо.п(tв – tн.отр)) / (R0усл (ев – ен.отр))] \* μi / ʎi**

где:

**Rо.п** – общее сопротивление паропроницанию ограждающей конструкции, **м2 \* ч \* Па/мг**;

**Rо.п = ∑ Rni**, **м2 \* ч \* Па/мг**

где: **Rni** – сопротивление паропроницанию i-го слоя ограждающей конструкции.

**Rni = δi / μi, м2 \* ч \* Па/мг**

где:

**δi** – толщина i-го слоя ограждающей конструкции, **м**;

**μi** – коэффициент паропроницаемости материала i-го слоя ограждающей конструкции, **мг/ м \* ч \* Па**;

**R0усл** – условное сопротивление теплопередаче многослойной ограждающей конструкции, **м2 \* 0С/Вт**;

**R0усл** = $\frac{1}{∝\_{в}}+ \sum\_{}^{}R\_{s}+\frac{1}{∝\_{н}} $ **м2 \* 0С/Вт**

Расчет **R0усл** для выбранных типов наружных стен произведен в разделе 1.2 настоящей статьи.

**tв** – температура внутреннего воздуха, **0С**, определена ранее = **200С**;

**tн.отр –** средняя температура наружного воздуха, для периода с отрицательными среднемесячными температурами, **0С**, определена ранее для г.Краснодара.

**ев** - парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха, **Па**, определенное ранее **eв = 1273 Па**;

**ен.отр** – среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами, **Па**, определено ранее для г.Краснодара.

Произведем расчет **Rо.п** для каждого типа наружных стен:

**Rо.п1-280** = 0.02/0.12 + 0.28/0.18 + 0.01/0.09 + 0.12/0.14 = **2,691** **м2 \* ч \* Па/мг**;

**Rо.п2-380** = 0.02/0.12 + 0.38/0.18 + 0.01/0.09 + 0.085/0.14 = **2,996** **м2 \* ч \* Па/мг**;

**Rо.п3-380** = 0.02/0.12 + 0.38/0.18 + 0.02/0.09 = **2,5** **м2 \* ч \* Па/мг**;

Проведем расчет комплекса **fi(tм.у)** для каждого слоя выбранных типов стен для условий г. г.Краснодара, результаты вычислений сведем в Таблицу 12.

**Таблица 12** – Расчетные значения комплекса **fi(tм.у)** для климатических условий г.Краснодара

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Тип стены** | **Слой 1** | **Слой 2** | **Слой 3** | **Слой 4** |
| **f1(tм.у)** | **f2(tм.у)** | **f3(tм.у)** | **f4(tм.у)** |
| **Тип-1-280** | **29,8** | **174,7** | **20,6** | **73,0** |
| **Тип-2-380** | **29,4** | **163,5** | **20,3** | **54,0** |
| **Тип-3-380** | **26,5** | **147,5** | **18,3** | **нет** |

По таблице 11 СП 50.13330.2012 определяем значение температуры в плоскости максимального увлажнения **tм.у** в зависимости от полученных значений комплекса **fi(tм.у)** для каждого слоя наружной стены.

Значения комплекса **f1(tм.у)** и **f3(tм.у)** для всех типов стен отсутствуют в таблице 11, т.е в этих слоях не может быть плоскости максимального увлажнения.

Проведем оценку значения комплекса и расчет на примере стены **Тип-1-280** для г.Краснодара

Значение комплекса **f2(tм.у) = 174,7**

лежит в границах комплекса **f(tм.у) = 167,6** при **tм.у = - 5 0С** и комплекса **f(tм.у) = 179,2** при **tм.у = - 6 0С**

Рассчитаем **единицу** комплекса: **1/ (179,2 – 167,6) = 0,086 0С;**

Тогда температура в плоскости максимального увлажнения 2-го слоя равна:

**tм.у-2 = - 5 + (174,7 – 167,6) \* 0,086 = - 5,6 0С**;

Значение комплекса **f4(tм.у) = 73,0**

лежит в границах комплекса **f(tм.у) = 69,22** при **tм.у = 9 0С** и комплекса **f(tм.у) = 73,51** при **tм.у = 8 0С**

Рассчитаем **единицу** комплекса: **1/ (73,51 – 69,22) = 0,233 0С;**

Тогда температура в плоскости максимального увлажнения 4-го слоя равна:

**tм.у-4 = 8 + (73,0 – 69,22) \* 0,233 = 8,1 0С**;

Далее необходимо определить температуры **tх** на границах каждого из слоев по формуле 8.10 СП при средней температуре наружного воздуха периода с отрицательными среднемесячными температурами:

**tх = tв** - [(**tв** – **tн) / R0усл] \* Rx, 0C**

где:

**Rx** – сопротивление теплопередаче части многослойной ограждающей конструкции от внутренней поверхности до плоскости, отстоящей от внутренней поверхности на расстояние **х**, определяемое по формуле 8.11 СП 50.13330.2012:

**Rx = 1/αв + ∑до сечения Х δi / ʎi, м2 \* 0С/Вт**;

Рассчитаем сопротивление теплопередаче на границах слоев, обозначив индексом равным расстоянию от внутренней поверхности до границы слоя, **м**:

**R0.02** = 1/8.7 + 0,02/0,7 = **0,14 м2 \* 0С/Вт**;

**R0.3** = 1/8.7 + 0,02/0,7 + 0,28/0,179 = **1,7 м2 \* 0С/Вт**;

**R0.**31 = 1/8.7 + 0,02/0,7 + 0,28/0,179 + 0,01/0,76 = **1,713 м2 \* 0С/Вт**;

**R0.43** = 1/8.7 + 0,02/0,7 + 0,28/0,179 + 0,01/0,76 + 0,12/0,333 = **2,07 м2 \* 0С/Вт**;

Тогда температуры на границах слоев при средней температуре наружного воздуха периода с отрицательными среднемесячными температурами **tн = - 0,2 0С**:

**t0.02** = 20- [(20– (-0,2)) / 2,13] \* 0,14 = **18,7 0С**;

**t0.3** = 20- [(20– (-0,2)) / 2,13] \* 1,7 = **3,9 0С**;

**t0.31** = 20- [(20– (-0,2)) / 2,13] \* 1,713 = **3,8 0С**;

**t0.43** = 20- [(20– (-0,2)) / 2,13] \* 2,07 = **0,36 0С**;

Сравнивая температуры **tм.у-2 = - 5 0С** и **tм.у-4 = 8 0С** с температурами на границах слоевпо условиям п. 8.5.4 и 8.5.5 СП определяем плоскость максимального увлажнения и координату **х = 0,31 м**, т.е плоскость максимального увлажнения расположена на границе 3 и 4 слоев.

Рассчитаем сопротивление паропроницания **Rn** на границе плоскости максимального увлажнения

**Rn = ∑ Rni до сечения Х = ∑ δi / μi до сечения Х**, **м2 \* ч \* Па/мг**

**Rn1-280-х** = 0,02/0,12 + 0,28/0,18 + 0,01/0,09 = **1,83 м2 \* ч \* Па/мг**;

Определим требуемое сопротивление паропроницания **Rn1тр** (из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации):

**Rn1тр = [(eв – Е) Rп.н] / (Е – eн), м2 \* ч \* Па/мг**

Все величины необходимые для расчета определены ранее за исключением значения парциального давления насыщенного водяного пара в плоскости максимального увлажнения **Е** за годовой период эксплуатации и сопротивления паропроницанию части ограждающей конструкции, расположенной между наружной поверхностью ограждающей конструкции и плоскостью максимального увлажнения **Rп.н**.

Рассчитаем **E = (Е1\*z1 + Е2\*z2 + Е3\*z3) / 12**

**Е1** не будем определять, поскольку **z1 = 0**;

**Е2 = 1,84 \* 1011 \* exp[- 5330 / (273 + tх-2)]**

Определим **tх-2 = tв - [(tв - t2) / R0усл] \* R0.31** = 20 - [(20– (-0,9) / 2,13] \* 1,713 = **4,76 0С**;

**Е2 = 1,84 \* 1011 \* 2,718[- 5330 / (273 + 4,76)] = 854 Па**;

**Е3 = 1,84 \* 1011 \* exp[- 5330 / (273 + tх-3)]**

Определим **tх-3 = tв - [(tв – t3) / R0усл] \* R0.31** = 20 - [(20– 15,5) / 2,13] \* 1,713 = **16,4 0С**;

**Е3 = 1,84 \* 1011 \* 2,718[- 5330 / (273 + 16,4)] = 1850 Па**;

Тогда:

**E = (854 \* 3 + 1850 \* 9) / 12 = 1601 Па**;

Расчетные и нормируемые значения температуры внутреннего и наружного воздуха, парциального давления насыщенного водяного пара сведем в Таблицу 13.

**Таблица 13** – Расчетные и нормируемые значения температур и парциальное давление насыщенного водяного пара для климатических условий г.Краснодара

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Параметр** | **Единица измерения** | **Значение** |
| **tв** | **0С** | **20** |
| **φв** | **%** | **55** |
| **Ев** | **Па** | **2315** |
| **ев** | **Па** | **1273** |
| **Z0** | **сутки** | **41** |
| **tн.отр** | **0С** | **- 0,2** |
| **ен** | **Па** | **1060** |
| **z1** | **месяц** | **0** |
| **z2** | **месяц** | **3** |
| **z3** | **месяц** | **9** |
| **t2** | **0С** | **0,9** |
| **t3** | **0С** | **15,5** |
| **ен.отр** | **Па** | **490** |

Определим **Rп.н1-280 = Rо.п1-280 – Rn1-280-х** = 2,691 – 1,83 = **0,861 м2 \* ч \* Па/мг**

Тогда

**Rn1тр** = [(1273 – 1601) 0,861] / (1601 – 1060) = **- 0,52, м2 \* ч \* Па/мг**

Определим требуемое сопротивление паропрницания **Rn2тр** (из условия ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха):

**Rn2тр = [0,0024 \* Z0(eв – Е0)] / (ρwδw∆ω + ɳ), м2 \* ч \* Па/мг**

Все величины необходимые для расчета определены ранее за исключением значения парциального давления насыщенного водяного пара в плоскости максимального увлажнения **Е0**, и коэффициента **ɳ**.

Рассчитаем **Ео = 1.84 \* 1011 \* exp[- 5330 / (273 + t)]**

При температуре в плоскости максимального увлажнения на границе 3 и 4 слоев **t0.31 = 3,8 0С**;

**Ео = 1.84 \* 1011 \* exp[- 5330 / (273 + 3,8)] = 800 Па**;

Определим **ɳ = [0,0024 (Е0 – ен.отр) Z0] / Rп.н** = [0,0024 (800 – 490) 41] / 0,861 = **35,4**;

Тогда:

**Rn2тр** = [0,0024\*41(1273 – 800)] / (800\*0,28\*1,5 + 35,4) = **0,125 м2 \* ч \* Па/мг**

Сравним полученные значения требуемых сопротивлений паропроницания **Rn1тр** и **Rn2тр** с расчетным значением сопротивления паропроницания наружной стены от внутренней поверхности до плоскости максимального увлажнения **Rn:**

**Rn1-280 = 1,83 > Rn2тр = 0,125 > Rn1тр = - 0,52 (м2 \* ч \* Па/мг)**

Следовательно наружная стена **Тип-1-280 в г.Краснодаре** **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 **Rn > Rn2тр > Rn1тр**, следовательно, наружные стены всех рассмотренных типов из камня **POROMAX** для климатических условий населенных пунктов Европейской части РФ **удовлетворяют требованиям** СП 50.13330.2012 в части **защиты от переувлажнения**.