

СПРАВОЧНИК АРХИТЕКТОРА СООТВЕТСТВИЕ НОРМАМ СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕПЛОТЕХНИКИ

В данной главе представлена методика расчёта термического сопротивления стен из блоков ARXX в соответствии со СНиП II-3-79* для влажностных режимов А и Б и трёх видов внешней отделки.

РАСЧЕТ ТЕРМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

СТАНДАРТЫ

Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций зависит от влажностного режима помещений и зоны влажности в регионе эксплуатации здания. Режим влажности помещений устанавливается в зависимости от влажности внутреннего воздуха (%) и температуры воздуха по таблице.

Режим	Влажность внутреннего воздуха, %		
	до 12°C	св. 12 до 24°C	св. 24°C
Сухой	до 50	до 50	до 40
Нормальный	св. 60 до 75	св. 50 до 60	св. 40 до 50
Влажный	св. 75	св. 60 до 75	св. 50 до 60
Мокрый		св. 75	св. 60

СНиП II-3-79* (2000 г.) «Строительная теплотехника» устанавливает два условия эксплуатации ограждающих конструкций: условие А и условие Б. Условия эксплуатации ограждающих конструкций в зависимости от влажностного режима помещений и зоны влажности в регионе строительства определяются по таблице 2.

Влажностный режим помещений (по таблице 1 СНиП)	Условия эксплуатации А и Б в зонах влажности (по приложению 1* СНиП)		
	сухой	нормальный	влажный
Сухой	А	А	Б
Нормальный	А	Б	Б
Влажный	Б	Б	Б

Для каждого условия эксплуатации конструкции СНиП II-3-79* (2000 г.) устанавливает расчетные коэффициенты теплопроводности и теплоусвоения материалов ограждения. Согласно опытным испытаниям НИИСФ Госстроя России опалубочных блоков из пенополистирола расчетные коэффициенты теплопроводности для условий эксплуатации: $\lambda_a = 0,032 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$; $\lambda_b = 0,036 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$.

СПРАВОЧНИК АРХИТЕКТОРА
СООТВЕТСТВИЕ НОРМАМ СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕПЛОТЕХНИКИ**НЕСЪЕМНАЯ
ОПАЛУБКА**

Сопротивление теплопередаче по полу стеновой панели $\frac{1}{a_b} + \sum_{i=1}^{n=3} \frac{\delta_i}{a_h} + \frac{1}{a_h}$

где $a_b = 8,7 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$ - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждения;
 $a_h = 23 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$ - коэффициент теплоотдачи для наружной поверхности ограждения;
 δ_i - толщина i-го слоя конструкции в метрах.

При общей толщине стены, равной 300 мм, толщина слоев опалубки из пенополистирола $\delta_1 - \delta_3 = 60 \text{ мм}$; толщина слоя железобетона - 180 мм.

Сопротивление теплопередаче стены, облицованной кирпичом, равно:

- для условий эксплуатации «А» $R_{\text{оА}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,12}{0,7} + \frac{0,060}{0,032} + \frac{0,180}{1,92} + \frac{0,060}{0,032} + \frac{0,03}{0,19} + \frac{1}{23} = 4,331 \text{ м}^2 \cdot \text{С/Вт}$

- для условий эксплуатации «Б» $R_{\text{оБ}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,12}{0,81} + \frac{0,060}{0,036} + \frac{0,180}{2,04} + \frac{0,060}{0,036} + \frac{0,03}{0,21} + \frac{1}{23} = 3,870 \text{ м}^2 \cdot \text{С/Вт}$

Сопротивление теплопередаче стены со штукатуркой толщиной 30 мм равно:

- для условий эксплуатации «А» $R_{\text{оА}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,03}{0,7} + \frac{0,060}{0,032} + \frac{0,180}{1,92} + \frac{0,060}{0,032} + \frac{0,03}{0,19} + \frac{1}{23} = 4,203 \text{ м}^2 \cdot \text{С/Вт}$

- для условий эксплуатации «Б» $R_{\text{оБ}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,03}{0,87} + \frac{0,060}{0,036} + \frac{0,180}{2,04} + \frac{0,060}{0,036} + \frac{0,03}{0,21} + \frac{1}{23} = 3,757 \text{ м}^2 \cdot \text{С/Вт}$

Сопротивление теплопередаче стены с тонкослойной штукатуркой равно:

- для условий эксплуатации «А» $R_{\text{оА}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,008}{0,7} + \frac{0,060}{0,032} + \frac{0,180}{1,92} + \frac{0,060}{0,032} + \frac{0,03}{0,19} + \frac{1}{23} = 4,171 \text{ м}^2 \cdot \text{С/Вт}$

- для условий эксплуатации «Б» $R_{\text{оБ}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,12}{0,81} + \frac{0,060}{0,036} + \frac{0,180}{2,04} + \frac{0,060}{0,036} + \frac{0,03}{0,21} + \frac{1}{23} = 3,871 \text{ м}^2 \cdot \text{С/Вт}$

СВОДНАЯ ТАБЛИЦА ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ СТЕН

Условия эксплуатации	Приведенное сопротивление теплопередаче стен, м ² ·С/Вт		
	при облицовке кирпичная	при штукатурке толщиной 30 мм	при трехслойной штукатурке толщиной 4 мм
А	4,331	4,203	4,171
Б	3,870	3,757	3,871

СПРАВОЧНИК АРХИТЕКТОРА
СООТВЕТСТВИЕ НОРМАМ СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕПЛОТЕХНИКИНЕСЪЕМНАЯ
ОПАЛУБКА**4.2 Требования к теплозащите стен**

Ниже приведена таблица требуемого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций жилых зданий на территории России по СНиП II-3-79*. Цветом выделены города, где наружная стена из блоков ARXX требует дополнительного утепления. На стр. 31 приведён чертёж крепления дополнительного утеплителя из пенополистирола к стене ARXX. Требуемое сопротивление теплопередаче ограждений зданий для различных регионов России

Географический пункт	Отопительный период		Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП) гр.сутк	R ^{тп} , м ² °C/Вт		
	Средняя температура отопительного периода t _{т.пер.р} , °C	Продолжительность отопительного периода z, сут		Наружных стен	Чердачных перекрытий	Окон
Архангельск	-4,4	253	6173	3,56	4,68	0,61
Астрахань	-1,2	167	3540	2,18	3,49	0,42
Барнаул	-7,7	221	6122	3,54	4,65	0,61
Белгород	-1,9	191	4183	2,86	3,78	0,46
Благовещенск	-10,6	218	6671	3,73	4,9	0,63
Бодайбо (Ирк. обл.)	-13,9	254	8611	4,41	5,77	0,72
Брянск	-2,3	205	4572	3	3,96	0,49
Владивосток	-3,9	196	4684	3,04	4,01	0,5
Владикавказ	0,4	174	3410	2,59	3,43	0,4
Владимир	-3,5	213	5006	3,15	4,15	0,52
Волгоград	-2,2	178	3952	2,78	3,68	0,45
Вологда	-4,1	231	5567	3,35	4,4	0,58
Воронеж	-3,1	196	4528	2,98	3,94	0,49
Вятка	-5,4	231	5867	3,45	4,54	0,59
Грозный	0,9	160	3056	2,47	3,28	0,38
Екатеринбург	-6	230	5980	3,49	4,59	0,6
Иваново	-3,9	219	5234	3,23	4,26	0,54
Ижевск	-5,6	222	5683	3,39	4,46	0,58
Иркутск	-8,5	240	6840	3,79	4,98	0,64
Йошкар-Ола	-5,1	220	5522	3,33	4,38	0,56
Казань	-5,2	215	5418	3,3	4,34	0,56
Калининград	1,1	193	3648	2,68	3,54	0,42
Калуга	-2,9	210	4809	3,08	4,06	0,51
Кемерово	-8,3	231	6537	3,69	4,84	0,63
Кострома	-3,9	222	5306	3,26	4,29	0,55
Краснодар	2	149	2682	2,33	3,11	0,35
Красноярск	-7,1	234	6341	3,62	4,75	0,62
Курган	-7,7	216	5983	3,49	4,59	0,6
Курск	-2,4	198	4435	2,95	3,9	0,48
Кызыл	-15	225	7875	4,16	5,44	0,69
Липецк	-3,4	202	4727	3,05	4,03	0,5

СПРАВОЧНИК АРХИТЕКТОРА
СООТВЕТСТВИЕ НОРМАМ СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕПЛОТЕХНИКИ**НЕСЪЕМНАЯ
ОПАЛУБКА**

Магадан	-7,1	288	7805	4,13	5,41	0,69
Махачкала	2,7	148	2560	2,3	3,05	0,34
Москва	-3,1	214	4943	3,13	4,12	0,52
Мурманск	-3,2	275	6380	3,63	4,77	0,62
Нальчик	0,6	168	3259	2,54	3,37	0,39
Нижний Новгород	-4,1	215	5182	3,21	4,23	0,54
Новгород	-2,3	221	4928	3,12	4,12	0,52
Новосибирск	-8,7	230	6601	3,71	4,87	0,63
Омск	-8,4	221	6276	3,60	4,72	0,61
Орел	-2,7	205	4654	3,03	3,99	0,5
Оренбург	-6,3	202	5313	3,32	4,29	0,55
Пенза	-4,5	207	5071	3,17	4,18	0,53
Пермь	-5,9	229	5931	3,48	4,57	0,59
Петрозаводск	-3,1	240	5544	3,34	4,39	0,56
Петропавловск-Камч.	1,6	259	4766	3,07	4,04	0,51
Псков	-1,6	212	4579	3,00	3,96	0,49
Ростов-на-Дону	-0,6	171	3523	2,63	3,48	0,41
Рязань	-3,5	208	4888	3,11	4,1	0,52
Самара	-5,2	203	5116	3,19	4,2	0,53
Санкт-Петербург	-1,8	220	4796	3,08	4,06	0,51
Саранск	-4,5	225	5513	3,33	4,38	0,56
Саратов	-4,3	196	4763	3,07	4,04	0,51
Смоленск	-2,4	215	4816	3,08	4,07	0,51
Ставрополь	0,9	168	3209	2,52	3,34	0,39
Сургут	-13,8	200	6760	3,77	4,9	0,65
Сыктывкар	-5,8	245	6321	3,61	4,74	0,62
Тамбов	-3,7	201	4764	3,07	4,04	0,51
Тверь	-3	218	5014	3,15	4,16	0,53
Томск	-8,4	236	6702	3,74	4,92	0,64
Тула	-3	207	4761	3,07	4,04	0,51
Туруханск	-12,9	279	9179	4,61	6,03	0,73
Тюмень	-7,2	225	6120	3,54	4,65	0,61
Улан-Удэ	-10,4	237	7205	3,92	5,14	0,66
Ульяновск	-5,4	212	5385	2,93	4,32	0,55
Уфа	-5,9	213	5517	3,33	4,38	0,56
Хабаровск	-9,3	211	6182	3,56	4,68	0,61
Хантымансийск	-8,8	250	7200	3,92	5,03	0,58
Чебоксары	-4,9	217	5403	3,29	4,33	0,56
Челябинск	-6,5	218	5777	3,42	4,5	0,58
Чита	-11,4	242	7599	4,06	5,32	0,68
Элиста	-1,2	173	3668	2,68	3,55	0,42
Южно-Сахалинск	-4,3	230	5589	3,36	4,42	0,57
Якутск	-20,6	256	10394	5,04	6,58	0,76
Ярославль	-4	221	5304	3,26	4,29	0,55

ТРЕБОВАНИЯ К ТЕПЛОЗАЩИТЕ СТЕН

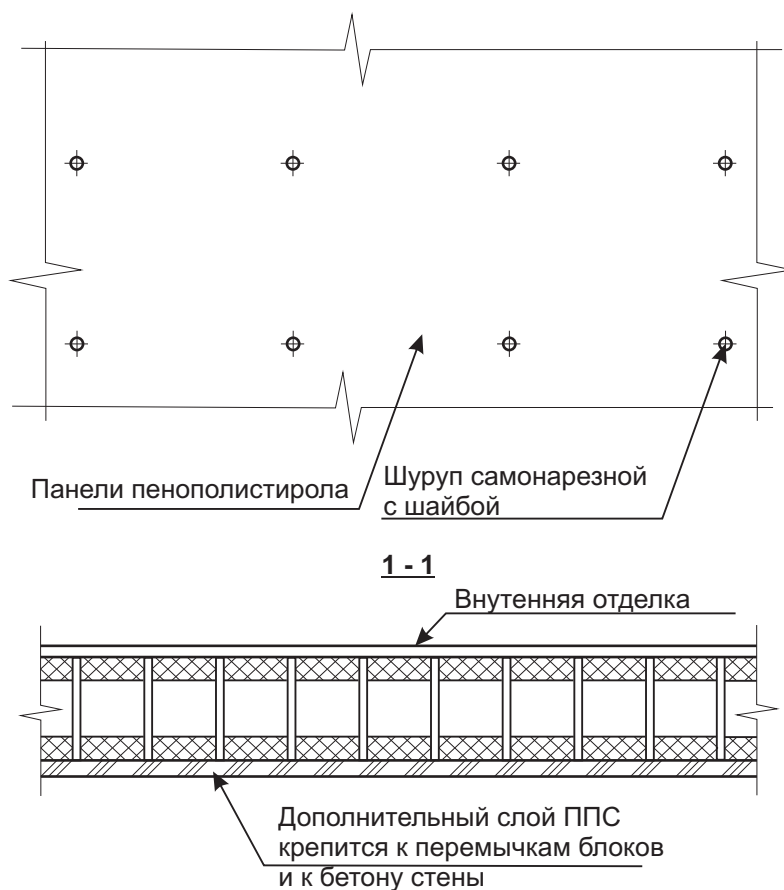
Южнее линии-обозначения (на карте) возможно применение строительной системы ARXX в России, без дополнительного утепления. По данным теоретического расчёта по СНиП II-3-79* «Строительная теплотехника» и СНиП 23-01-99 «Строительная климатология».

КАРТА РОССИИ**СОПРОТИВЛЕНИЕ ПАРОПРОНИЦАЕМОСТИ**

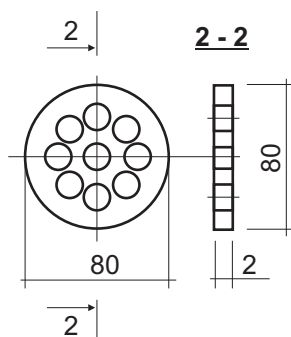
В данном разделе приведен пример расчёта сопротивления паропроницаемости стены из блоков ARXX для климатических условий города Екатеринбурга.

1. Общее сопротивление теплопередаче наружной стены (экспериментальные данные) для г.Екатеринбурга равно: $R_0 = 3,8 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$.
2. Средние сезонные температуры и продолжительность сезонных периодов в заданных климатических условиях:
 - Зимний период (ноябрь-март): $t_{n1} = (-7,1 - 13,3 - 15,3 - 13,4 + 7,3)/5 = -11,3 \text{ °C}$; $z_1 = 5 \text{ мес.}$
 - Весенне-осенний период (апрель, октябрь): $t_{n2} = (2,6 + 1,3)/2 = 2,0 \text{ °C}$; $z_2 = 2 \text{ мес.}$
 - Летний период (май-сентябрь): $t_{n3} = (10,1 + 15,6 + 17,4 + 15,1 + 9,2)/5 = 13,5 \text{ °C}$; $z_3 = 5 \text{ мес.}$

Узел крепления
дополнительного утеплителя
из пенополистирола



Шайба



СОПРОТИВЛЕНИЕ ПАРОПРОНИЦАЕМОСТИ

3. Средняя упругость водяного пара наружного воздуха за годовой период:

$$e_n = 1/12 \times (334 + 193 + 161 + 191 + 330 + 759 + 759 + 1236 + 1772 + 1986 + 1716 + 1164) = 883 \text{ Па}$$

4. Средняя упругость водяного пара внутреннего воздуха при $t = 20^\circ\text{C}$ и $\varphi_{в} = 55\%$: $e_v = 0,55 \cdot 2338 = 1286 \text{ Па}$

5. Плоскость возможной конденсации водяных паров совпадает с наружной поверхностью внешнего слоя утеплителя, толщина увлажняемого слоя 0,318 м, предельно допустимое приращение расчетного массового отношения влаги в материале увлажняемого слоя (пенополистирол) $\Delta w_{ср} = 25\%$.

6. Значение температур в плоскости возможной конденсации, соответствующих средним сезонным температурам наружного воздуха, определяем: $T_v = t_v - (n - (t_v - t_n)) / R_v \cdot (\alpha_1 / \alpha_v + \sum R)$,

где $\sum R = 3,642 \text{ м}^2 \text{ C/Вт}$ - термическое сопротивление слоев в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации.

- Зимний период: $T_1 = 20 - (20 + 11,3) / 3,8 - (1/8,7 + 3,642) = -10,2^\circ\text{C}$; $E_1 = 264 \text{ Па}$
- Весенне-осенний период: $T_2 = 20 - (20 - 2) / 3,8 - (1/8,7 + 3,642) = 2,2^\circ\text{C}$; $E_1 = 743 \text{ Па}$
- Летний период: $T_3 = 20 - (20 - 13,5) / 3,8 - (1/8,7 + 3,642) = 13,8^\circ\text{C}$; $E_1 = 1556 \text{ Па}$

7. Упругость водяного пара в плоскости возможной конденсации за годовой период эксплуатации:

$$E = 1/12 \times (264 + 5 + 759 + 2 + 1577 + 5) = 894 \text{ Па}$$

8. Сопротивление паропроницанию слоев:

• Расположенных между внутренней поверхностью стены и плоскостью возможной конденсации: $R_{п.в.} = 0,024/0,075 + 2 \cdot 0,065/0,05 + 0,16/0,03 = 8,25 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$

• Расположенных между наружной поверхностью стены и плоскостью возможной конденсации: $R_{п.н.} = 0,01/0,12 = 0,08 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$

9. Требуемое сопротивление паропроницанию из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации: $R_{п1} = (1286 - 894) \cdot 0,08 / (894 - 883) = 2,85 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$

10. Продолжительность периода влагонакопления, принимаемая равной периоду с отрицательными среднемесячными температурами $z = 169$ сут. Средняя температура наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами $t_{н.о.} = -11,3^\circ\text{C}$. Температура в плоскости возможной конденсации при средней температуре наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами: $T_0 = 20 - (20 + 11,3) / 3,8 - (1/8,7 + 3,642) = -10,2^\circ\text{C}$

11. Упругость водяного пара в плоскости возможной конденсации при средней температуре наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами $E_0 = 264 \text{ Па}$. Средняя

упругость водяного пара наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами ен.о. = 242 Па. $\eta = 0,024 \cdot (264 - 242) \cdot 169 / 0,08 = 111,5$

12. Требуемое сопротивление паропрооницанию из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха: $R_{п2} = 0,024 \cdot 169 \cdot (1286 - 264) / 50 - 0,318 \cdot 25 + 111,5 = 0,81 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$

13. Сопротивление паропрооницанию наружной стены в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации $R_{п.в.} = 8,25 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$ превышает $R_{п1} = 2,85 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$ и $R_{п2} = 0,81 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$, следовательно, сопротивление паропрооницаемости стены из блоков ТСТ-ДОМ соответствует нормативным требованиям.

СОПРОТИВЛЕНИЕ ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ

Ниже приведен пример расчёта сопротивления воздухопроницаемости стены из блоков ТСТ-ДОМ для климатических условий города Екатеринбурга для многоэтажного здания.

Высота здания = 46 м; температура внутреннего воздуха = 20 гр.; средняя температура наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 = -35 гр., максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, повторяемость которых составляет 16% и более равна 5 м/с; нормативная воздухопроницаемость наружных стен жилых зданий $G = 0,5 \text{ кг} / (\text{м}^2 \cdot \text{ч})$.

1. Удельный вес наружного воздуха: $\gamma_n = 3463 / (273 - 35) = 14,55 \text{ Н} / \text{м}^3$.

2. Удельный вес внутреннего воздуха: $\gamma_v = 3463 / (273 + 20) = 11,82 \text{ Н} / \text{м}^3$.

3. Разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях наружной стены:
 $p = 0,55 \cdot 46 - (14,55 - 11,82) \cdot 0,03 \times 0,03 \times 14,55 \times 5 \times 5 = 79,98 \text{ Па}$

4. Требуемое сопротивление воздухопроницанию наружной стены: $R_{тр} = 79,88 / 0,5 = 159,96 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$

5. Сопротивление воздухопроницанию многослойной непрозрачной ограждающей конструкции стены ТСТ-ДОМ:

- 2 листа гипсокартона $R_{и1} = 48 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$
 - Пенополистирол $R_{и2} = 79 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$
 - Железобетон $R_{и3} = 31392 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$
 - Тонкослойная штукатурка по сетке $R_{и4} = 17 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$
- $R_{и} = 48 + 79 + 2 + 31392 + 17 = 31536 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$

Отсюда $R_{и} = 31536 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг} > R_{тр} = 159,96 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$, следовательно сопротивление воздухопроницаемости конструкции стены ТСТ-ДОМ удовлетворяет нормативным требованиям.