

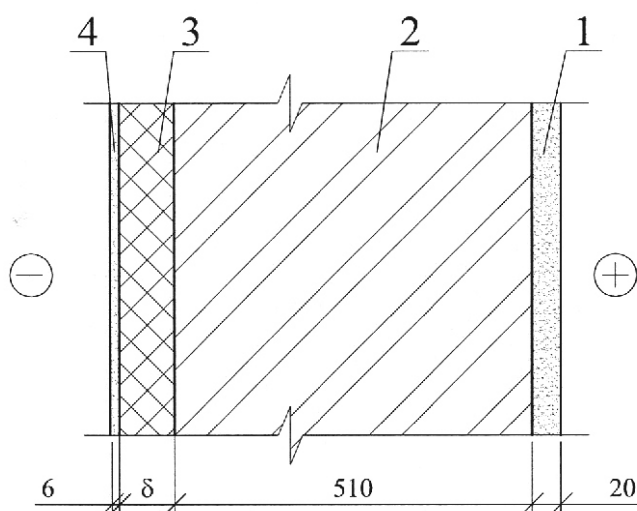
## ПРИЛОЖЕНИЯ

# EUROIZOL

### ПРИМЕР ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО РАСЧЕТА НАРУЖНОЙ СТЕНЫ (НОВОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО)

1. *Жилое здание* в г. Ульяновске. Стены из глиняного обыкновенного кирпича толщиной 510 мм утеплены минераловатной плитой ИЗОЛ ФШ 150. С внутренней стороны они оштукатурены цементно-известковым раствором толщиной 20 мм, а с наружной стороны – тонкослойной штукатуркой толщиной 6 мм. Рассчитать толщину теплоизоляционного слоя.

2. *Конструкция стены.*



1 – цементно-известковая штукатурка,  $\lambda_{1A} = 0,70$  Вт/(м·°С);

2 – кирпичная кладка,  $\lambda_{2A} = 0,70$  Вт/(м·°С);

3 – минераловатная плита ИЗОЛ ФШ 150,  $\lambda_{3A} = 0,043$  Вт/(м·°С);

4 – тонкослойная штукатурка,  $\lambda_{4A} = 0,70$  Вт/(м·°С)

3. *Требуемое сопротивление теплопередаче стены* является функцией числа градусо-суток отопительного периода ( $D_d$ ):

$$D_d = (t_{int} - t_{ht}) \cdot Z_{ht},$$

где:  $t_{int}$  – расчетная температура внутреннего воздуха жилых помещений равна 20 °С (согласно ГОСТ30494);

Окончание приложения 1

$t_{hb}, Z_{ht}$  – средняя температура (-5,4 °С) и продолжительность (212 сут.) периода со средней суточной температурой воздуха ниже или равной 8 °С по СНиП 23-01 «Строительная климатология» (таблица 1\*).

$D_d = (20 - (-5,4)) \cdot 212 = 5384,8$ ; тогда  $R_{req} = 3,29 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$ . (по таблице СНиП 23-02 «Тепловая защита зданий»)

$$R_o = \frac{1}{\alpha_{int}} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + \frac{1}{\alpha_{ext}},$$

где  $\alpha_{int} = 8,7 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°С)}$  и  $\alpha_{ext} = 23 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°С)}$  – коэффициенты теплоотдачи внутренней (таблица 7 СНиП 23-02) и наружной (таблица 8 СП 23-101-2004) поверхности стены.

$$R_o = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,70} + \frac{0,51}{0,70} + \frac{\delta}{0,043} + \frac{0,006}{0,70} + \frac{1}{23},$$

$$R_o = 0,115 + 0,029 + 0,729 + \frac{\delta}{0,043} + 0,009 + 0,044 = 0,926 + \frac{\delta}{0,043} \text{ м}^2 \cdot \text{°С / Вт};$$

Толщину теплоизоляции находим из условия:

$$R_{req} \leq R_o$$

При коэффициенте теплотехнической однородности  $r = 0,92$  получим:

$$(3,29 - 0,926) \cdot 0,043 = 0,92 \delta$$

$$\delta = 0,111 \text{ м} = 111 \text{ мм}.$$

Таким образом, в жилом доме в г. Ульяновске теплоизоляция из минераловатной плиты ИЗОЛ ФШ 150 для стены из глиняного обыкновенного кирпича толщиной 510 мм с внутренней и наружной штукатуркой толщиной, соответственно, 20 и 6 мм должна иметь толщину 120 мм (Приложение 3, пункт 65).

## ПРИМЕР ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО РАСЧЕТА НАРУЖНОЙ СТЕНЫ (РЕКОНСТРУКЦИЯ)

1. *Реконструируемое жилое здание* в г. Ульяновске. Стены выполнены из глиняного обыкновенного кирпича с коэффициентом теплопроводности  $\lambda_k = 0,56$  Вт/(м·°С) с внутренней штукатуркой толщиной 20 мм и коэффициентом  $\lambda_{ш} = 0,52$  Вт/(м·°С).

2. *Требуемое сопротивление теплопередаче  $R_o^{мп}$  стены* реконструируемого здания **было определено**, исходя из санитарно-гигиенических и комфортных условий, по формуле (см. СНиП II-3-79\* «Строительная теплотехника»):

$$R_o^{тр} = \frac{t_b - t_n}{\Delta t_n \cdot \alpha_b} = \frac{1 \cdot [20 - (-31)]}{4 \cdot 8,7} = 1,47 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт},$$

где  $n=1$  – коэффициент (по таблице 3\*);

$t_b=20$  °С – расчетная температура внутреннего воздуха (по ГОСТ 30444);

$t_n=-31$  °С – расчетная зимняя температура наружного воздуха, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 (по СНиП 23-01);

$\alpha_b=8,7$  Вт/(м<sup>2</sup>·°С) – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности стены (по таблице 4\*);

$\Delta t_n=4$  °С – нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности стены (по таблице 2\*).

Толщина кирпичной стены была определена из условия  $R_o \geq R_o^{мп}$ ;

$$R_o = \frac{1}{\alpha_b} + R_k + R_{ш} + \frac{1}{\alpha_n},$$

где  $R_k$  и  $R_{ш}$  – соответственно, термическое сопротивление стены и штукатурки;

$\alpha_n=23$  Вт/(м<sup>2</sup>·°С) – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности стены (по таблице 6\*).

$$R_o = \frac{1}{8,7} + \frac{\delta_k}{0,56} + \frac{0,02}{0,52} + \frac{1}{23} = 1,38 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}.$$

Отсюда  $1,47 - 0,115 - 0,044 - 0,039 = \frac{\delta_k}{0,56}$  и  $\delta_k = 710$  мм, т.е. толщина кирпичной

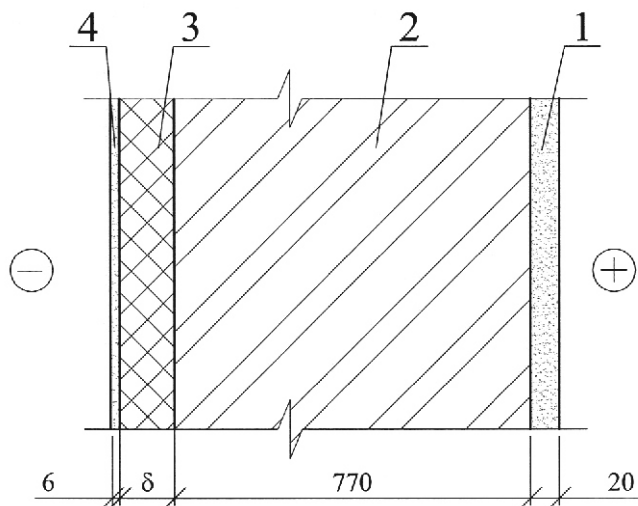
кладки была принята  $\delta_k = 770$  мм.

3. *Стены при реконструкции дома* решено дополнительно утеплить теплоизоляцией из минераловатной плиты ИЗОЛ ФШ 150.



Окончание приложения 2

4. Конструкция стены.



3 – минераловатная плита ИЗОЛ ФШ 150,  $\lambda_{3A} = 0,043$  Вт/(м·°С);

4 – тонкослойная штукатурка,  $\lambda_{4A} = 0,70$  Вт/(м·°С)

5. Толщину теплоизоляции из минераловатных плит ИЗОЛ ФШ 150 находим из условия:

$$R_{req} - R_o^{mp} = \frac{1}{\alpha_{ext}} + \frac{0,006}{0,70} + \frac{\delta}{0,043}$$

Для г. Ульяновска  $D_d = 5384,8$  и  $R_{req} = 3,29$  м<sup>2</sup>·°С/Вт. (расчет в Приложении 1).

При коэффициенте теплотехнической однородности  $\gamma=0,92$  получим:

$$3,29 - 1,47 = \frac{1}{23} + 0,009 + \frac{\delta \cdot 0,92}{0,043} ,$$

$$\delta = 0,083 \text{ м} = 83 \text{ мм.}$$

Таким образом, при реконструкции жилого дома в г. Ульяновске теплоизоляционный слой из минераловатных плит ИЗОЛ ФШ 150 для стены из глиняного обыкновенного кирпича толщиной 770 мм с внутренней и наружной штукатуркой толщиной, соответственно, 20 и 6 мм должен иметь толщину 85 мм (Приложение 3, пункт 65).

Приложение 3

**ТОЛЩИНА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ИЗ МИНЕРАЛОВАТНОЙ  
ПЛИТЫ ИЗОЛ ФШ 150 ДЛЯ СТЕН**

№ п/п	Город РФ, расчетная зимняя температура (°С) наиболее холодной пятидневки	Условия эксплуатации	Градусо-сутки	Группы зданий	СТЕНЫ			
					новое строительство		реконструкция	
					$R_{req}$ , м <sup>2</sup> ·°С/Вт	толщина теплоизоляции, мм	$R_{O^{сущ}}$ , м <sup>2</sup> ·°С/Вт	толщина дополнительной теплоизоляции, мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Анадырь минус 40	Б	9500	1	4,72	180	3,00	150
				2	3,87	140	2,20	105
				3	2,76	100	1,15	60
2	Архангельск минус 19	Б	6170	1	3,56	140	2,09	100
				2	2,90	100	1,49	70
				3	2,13	60	0,78	35
3	Астрахань минус 25	А	3540	1	2,64	85	1,4	65
				2	2,08	60	0,90	45
				3	1,64	45	0,52	30
4	Барнаул минус 39	А	6120	1	3,54	130	1,84	85
				2	2,90	100	1,26	60
				3	2,13	60	0,55	30
5	Белгород минус 23	А	4180	1	2,86	100	1,62	70
				2	2,32	70	1,14	60
				3	1,76	60	0,73	45
6	Благовещенск минус 34	Б	6670	1	3,74	140	2,19	100
				2	3,07	115	1,58	85
				3	2,25	70	1,22	65
7	Брянск минус 26	Б	4570	1	3,00	115	1,68	85
				2	2,45	85	1,19	60
				3	1,83	60	0,62	30
8	Владивосток минус 24	Б	4680	1	3,04	115	1,78	85
				2	2,49	85	1,28	60
				3	1,86	60	0,71	30
9	Владикавказ минус 18	А	3410	1	2,59	85	1,5	70
				2	2,02	60	0,99	45
				3	1,61	45	0,63	30
10	Владимир минус 28	Б	5000	1	3,30	115	1,92	100
				2	2,57	85	1,25	60
				3	1,91	60	0,65	30
11	Волгоград минус 25	А	3950	1	2,78	100	1,49	70
				2	2,24	60	1,24	45
				3	1,72	45	0,54	30
12	Вологда минус 32	Б	5570	1	3,35	130	1,86	85
				2	2,73	85	1,29	60
				3	2,02	60	0,64	30
13	Воронеж минус 26	А	4530	1	3,00	100	1,68	85
				2	2,44	70	1,18	60
				3	1,83	60	0,62	30

Продолжение приложения 3

№ п/п	Город РФ, расчетная зимняя температура (°С) наиболее холодной пятидневки	Условия эксплуатации	Градусо-сутки	Группы зданий	СТЕНЫ			
					новое строительство		реконструкция	
					$R_{req},$ м <sup>2</sup> ·°С/Вт	толщина теплоизоляции, мм	$R_{O^{сущ}},$ м <sup>2</sup> ·°С/Вт	толщина дополнительной теплоизоляции, мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
14	Вятка	Б	5870	1	3,45	130	1,93	100
	минус 33		5400	2	2,82	100	1,35	65
				3	2,08	60	0,67	30
15	Грозный	А	3060	1	2,47	70	1,38	65
	минус 18		2740	2	1,90	60	0,87	45
				3	1,55	45	0,57	30
16	Екатеринбург	А	5980	1	3,49	130	1,91	85
	минус 35		5520	2	2,85	100	1,33	60
				3	2,10	60	0,63	30
17	Иваново	Б	5230	1	3,23	115	1,79	85
	минус 30		4800	2	2,64	85	1,26	60
				3	1,96	60	0,64	30
18	Игарка	Б	9660	1	4,78	180	2,8	140
	минус 49		9090	2	3,93	140	2,0	100
				3	2,82	100	0,95	45
19	Ижевск	Б	5680	1	3,39	130	1,84	85
	минус 34		5240	2	2,77	100	1,33	65
				3	2,05	60	0,61	30
20	Иркутск	А	6480	1	3,79	130	2,18	100
	минус 36		6360	2	3,12	100	1,57	70
				3	2,27	70	1,32	60
21	Йошкар-Ола	Б	5520	1	3,33	115	1,78	85
	минус 34		5080	2	2,72	85	1,22	60
				3	2,02	60	0,58	30
22	Казань	Б	5420	1	3,30	115	1,81	85
	минус 32		4990	2	2,70	85	1,26	60
				3	2,00	60	0,62	30
23	Калининград	Б	3650	1	2,68	85	1,56	70
	минус 19		3260	2	2,10	60	1,04	50
				3	1,65	45	0,64	30
24	Калуга	Б	4810	1	3,08	115	1,73	85
	минус 27		4400	2	2,52	85	1,23	60
				3	1,88	60	0,64	30
25	Кемерово	А	6540	1	3,69	130	1,99	100
	минус 39		6080	2	3,02	100	1,38	65
				3	2,21	60	0,63	30
26	Кострома	Б	5300	1	3,25	115	1,78	85
	минус 31		4860	2	2,66	85	1,52	70
				3	1,97	60	0,62	30
27	Краснодар	А	2680	1	2,34	70	1,22	60
	минус 19		2380	2	1,75	45	0,69	30
				3	1,48	30	0,42	20

Продолжение приложения 3

№ п/п	Город РФ, расчетная зимняя температура (°С) наиболее холодной пятидневки	Условия эксплуатации	Градусо-сутки	Группы зданий	СТЕНЫ			
					новое строительство		реконструкция	
					$R_{req}$ , м <sup>2</sup> ·°С/Вт	толщина теплоизоляции, мм	$R_o^{сущ}$ , м <sup>2</sup> ·°С/Вт	толщина дополнительной теплоизоляции, мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
28	Красноярск минус 40	А	6340 5870	1	3,62	130	19	85
				2	2,96	100	1,58	70
				3	2,17	60	0,85	45
29	Курган минус 37	А	5980 5550	1	3,49	115	1,85	85
				2	2,86	100	1,28	60
				3	2,11	60	0,59	30
30	Курск минус 26	Б	4400 4040	1	2,95	115	1,63	80
				2	2,41	85	1,15	60
				3	1,80	60	0,59	30
31	Кызыл минус 47	А	7880 7430	1	4,16	130	2,23	105
				2	3,43	100	1,56	70
				3	2,49	60	0,68	30
32	Липецк минус 27	А	4730 4320	1	3,06	100	1,71	85
				2	2,50	70	1,21	60
				3	1,86	60	0,62	30
33	Магадан минус 29	Б	7800 7230	1	4,13	155	2,72	135
				2	3,37	130	2,02	100
				3	2,45	85	1,16	60
34	Махачкала минус 14	А	2560 2260	1	2,30	60	1,32	65
				2	1,70	45	0,78	35
				3	1,45	30	0,59	30
35	Москва минус 28	Б	4940 4520	1	3,13	115	1,75	85
				2	2,55	85	1,23	65
				3	1,90	60	0,64	30
36	Мурманск минус 27	Б	6380 5830	1	3,63	140	2,25	115
				2	2,95	115	1,63	70
				3	2,17	70	0,91	45
37	Нальчик минус 18	А	3260 2920	1	2,54	70	1,16	60
				2	1,97	60	0,59	30
				3	1,58	45	0,20	15
38	Нижний Новгород минус 31	Б	5180 4750	1	3,21	115	1,83	85
				2	2,63	85	1,25	60
				3	1,95	60	0,57	30
39	Новгород минус 27	Б	4930 4490	1	3,13	115	1,75	85
				2	2,55	85	1,23	65
				3	1,90	60	0,64	60
40	Новосибирск минус 39	А	6600 6140	1	3,71	130	2,33	115
				2	3,04	100	1,66	85
				3	2,23	60	0,85	45
41	Омск минус 24	А	6280 5840	1	3,60	130	2,34	115
				2	2,85	100	1,64	80
				3	2,17	60	1,02	45

Продолжение приложения 3

№ п/п	Город РФ, расчетная зимняя температура (°С) наиболее холодной пятидневки	Условия эксплуатации	Градусо-сутки	Группы зданий	СТЕНЫ			
					новое строительство		реконструкция	
					$R_{req}$ , м <sup>2</sup> ·°С/Вт	толщина теплоизоляции, мм	$R_{o^{сущ}}$ , м <sup>2</sup> ·°С/Вт	толщина дополнительной теплоизоляции, мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
42	Оренбург минус 37	А	5310 4900	1	3,26	120	1,79	85
				2	2,67	85	1,26	60
				3	1,98	60	0,63	30
43	Орел минус 26	Б	4650 4250	1	3,03	115	1,71	85
				2	2,48	85	1,22	60
				3	1,85	60	0,64	30
44	Пенза минус 29	А	5070 4660	1	3,17	115	1,76	85
				2	2,60	85	1,19	70
				3	1,93	60	0,64	30
45	Пермь минус 35	Б	5930 5470	1	3,48	130	1,9	90
				2	2,84	100	1,32	65
				3	2,09	60	0,62	30
46	Петрозаводск минус 29	Б	5540 5060	1	3,34	130	1,93	90
				2	2,85	100	1,5	70
				3	2,10	65	0,81	45
47	Петропавловск-Камчатский минус 20	Б	4760 4250	1	3,07	115	1,92	90
				2	2,48	85	1,39	70
				3	1,85	60	0,82	45
48	Псков минус 26	Б	4580 4160	1	3,00	115	1,68	85
				2	2,45	85	1,19	60
				3	1,83	60	0,62	30
49	Ростов-на-Дону минус 22	А	3520 3180	1	2,63	85	1,42	65
				2	2,07	60	0,92	45
				3	1,64	45	0,55	30
50	Рязань минус 27	Б	4890 4470	1	3,11	115	1,76	85
				2	2,54	85	1,25	60
				3	1,90	60	0,66	30
51	Самара минус 30	Б	5110 4710	1	3,19	115	1,75	85
				2	2,61	85	1,23	60
				3	1,94	60	0,62	30
52	Салехард минус 42	Б	9170 8590	1	4,61	185	2,83	140
				2	3,78	140	2,06	100
				3	2,72	85	1,05	50
53	Санкт-Петербург минус 26	Б	4800 4360	1	3,08	115	1,76	85
				2	2,51	85	1,25	60
				3	1,87	60	0,66	30
54	Саранск минус 30	А	5120 4700	1	3,19	115	1,75	85
				2	2,61	85	1,23	60
				3	1,94	60	0,62	30
55	Саратов минус 22	А	4760 4370	1	3,07	115	1,86	85
				2	2,51	85	1,36	65
				3	1,87	60	0,78	35

Продолжение приложения 3

№ п/п	Город РФ, расчетная зимняя температура (°С) наиболее холодной пятидневки	Условия эксплуатации	Градусо-сутки	Группы зданий	СТЕНЫ			
					новое строительство		реконструкция	
					$R_{req}$ , м <sup>2</sup> ·°С/Вт	толщина теплоизоляции, мм	$R_o^{сущ}$ , м <sup>2</sup> ·°С/Вт	толщина дополнительной теплоизоляции, мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
56	Смоленск минус 26	Б	4820	1	3,09	115	1,77	85
				2	2,52	85	1,26	60
				3	1,88	60	0,67	30
57	Ставрополь минус 19	А	3210	1	2,52	85	1,4	65
				2	1,95	60	0,89	45
				3	1,58	45	0,57	30
58	Сыктывкар минус 36	Б	6320	1	3,61	140	2,0	100
				2	2,95	115	1,4	70
				3	2,17	60	0,68	30
59	Тамбов минус 28	А	4760	1	3,07	115	1,69	80
				2	2,51	85	1,19	60
				3	1,87	60	0,61	30
60	Тверь минус 29	Б	5010	1	3,15	115	1,74	85
				2	2,57	85	1,22	60
				3	1,92	60	0,63	30
61	Томск минус 40	Б	6700	1	3,75	140	2,03	100
				2	3,07	115	1,4	70
				3	2,25	70	0,64	30
62	Тула минус 27	Б	4760	1	3,07	115	1,72	85
				2	2,50	85	1,21	60
				3	1,87	60	0,63	30
63	Тюмень минус 38	А	6120	1	3,54	130	1,87	85
				2	2,90	100	1,29	60
				3	2,13	65	0,58	30
64	Улан-Удэ минус 37	А	7200	1	3,92	150	2,28	105
				2	3,22	115	1,64	80
				3	2,35	70	0,83	45
65	Ульяновск минус 31	А	5380	1	3,29	115	1,82	85
				2	2,69	90	1,28	60
				3	1,99	60	0,64	30
66	Уфа минус 35	А	5520	1	3,33	120	1,75	85
				2	2,73	90	1,21	60
				3	2,02	60	0,92	45
67	Хабаровск минус 31	Б	6180	1	3,56	140	2,09	100
				2	2,93	100	1,52	75
				3	2,15	60	0,8	30
68	Чебоксары минус 32	Б	5400	1	3,29	130	1,8	85
				2	2,70	90	1,26	60
				3	2,00	60	0,62	30
69	Челябинск минус 34	А	5780	1	3,43	130	1,88	85
				2	2,80	100	1,31	60
				3	2,07	60	0,63	30

Окончание приложения 3

№ п/п	Город РФ, расчетная зимняя температура (°С) наиболее холодной пятидневки	Условия эксплуатации	Градусо-сутки	Группы зданий	СТЕНЫ			
					новое строительство		реконструкция	
					$R_{req}$ , м <sup>2</sup> ·°С/Вт	толщина теплоизоляции, мм	$R_o^{сущ}$ , м <sup>2</sup> ·°С/Вт	толщина дополнительной теплоизоляции, мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
70	Чита	А	7600	1	4,06	155	2,39	115
	минус 35		7120	2	3,34	120	1,73	85
				3	2,42	80	0,87	45
71	Элиста	А	3670	1	2,68	90	1,44	70
	минус 23		3320	2	2,13	65	0,95	45
				3	1,66	45	0,54	30
72	Южно-Сахалинск	Б	5590	1	3,36	130	2,1	100
	минус 24		5130	2	2,74	100	1,53	70
				3	2,03	65	0,88	45
73	Якутск	А	10400	1	5,04	200	2,91	140
	минус 54		9900	2	4,17	160	2,1	100
				3	2,98	100	0,97	45
74	Ярославль	Б	5300	1	3,26	120	1,79	85
	минус 31		4860	2	2,66	90	1,25	60
				3	1,97	60	0,62	30

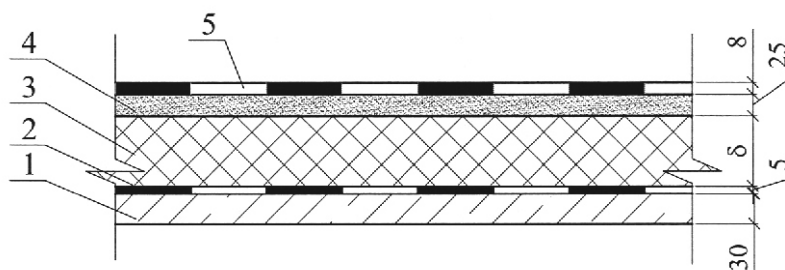


### ПРИМЕР ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ПОКРЫТИЯ (НОВОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО)

1. Жилое здание в г. Ульяновске.

Покрытие предусмотрено по монолитному железобетону с пароизоляцией из слоя наплавляемого рулонного материала, теплоизоляции из минераловатной плиты ИЗОЛ КЗ 110, цементно-песчаной стяжки и кровельного ковра из двух слоев наплавляемого рулонного материала.

2. Конструкция покрытия.



- 1 – железобетонная плита,  $\lambda_{1A} = 1,92 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ ;
- 2 – пароизоляция,  $\lambda_{2A} = 0,17 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ ;
- 3 – минераловатная плита ИЗОЛ КЗ 110,  $\lambda_{3A} = 0,042 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ ;
- 4 – цементно-песчаная стяжка,  $\lambda_{4A} = 0,76 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ ;
- 5 – кровельный ковер,  $\lambda_{5A} = 0,17 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$

3. Толщину теплоизоляции находим из условия:  $R_{req} \leq R_o$ .

$D_d = 5384,8$ ; тогда  $R_{req} = 4,90 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ . (Приложение 1)

$$R_o = \frac{1}{8,7} + \frac{0,03}{1,92} + \frac{0,005}{0,17} + \frac{\delta}{0,042} + \frac{0,025}{0,76} + \frac{0,008}{0,17} + \frac{1}{23}$$

$$R_o = 0,115 + 0,016 + 0,029 + \frac{\delta}{0,042} + 0,033 + 0,047 + 0,044$$

При коэффициенте  $\tau=0,92$

$$4,90 = 0,240 + \frac{\delta \cdot 0,92}{0,042}, \text{ отсюда } \delta = 0,213 \text{ м}$$

Таким образом, в жилом доме в г. Ульяновске теплоизоляция из минераловатных плит ИЗОЛ КЗ 110 в покрытии по монолитному железобетону толщиной 30 мм с пароизоляцией, цементно-песчаной стяжкой толщиной 25 мм и кровельным ковром из двух слоев наплавляемого рулонного материала должна иметь толщину 225 мм (Приложение 6, пункт 65).

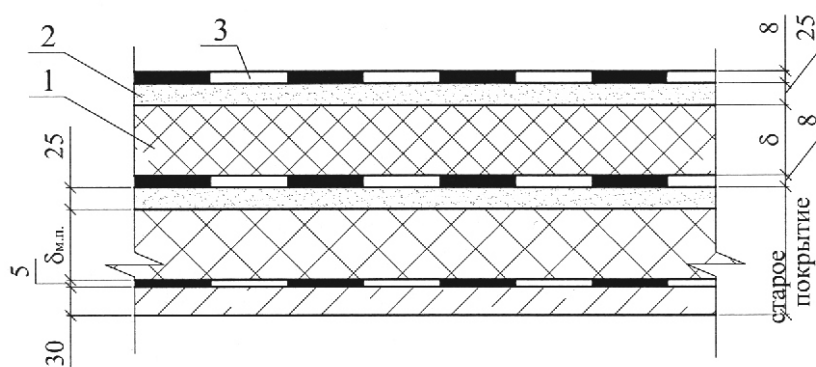
Приложение 5

**ПРИМЕР ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ПОКРЫТИЯ  
(РЕКОНСТРУКЦИЯ)**

1. Эксплуатируемое жилое здание в г. Ульяновске имеет железобетонные плиты толщиной 30 мм, пароизоляцию из слоя рубероида, теплоизоляцию из жестких минераловатных плит по ГОСТ 9573, цементно-песчаную стяжку и кровлю из двух слоев наплавляемого рулонного материала на картонной основе (по СНиП II-26-76 «Кровли»).

При реконструкции здания предусмотрены: дополнительная теплоизоляции покрытия из минераловатных плит ИЗОЛ К3 110, цементно-песчаная стяжка и кровельный ковер из двух слоев наплавляемого рулонного материала.

2. Конструкция покрытия.



- 1 – минераловатные плиты марки ИЗОЛ К3 110,  $\lambda_{1A} = 0,042 \text{ Вт}/(\text{ м}\cdot^\circ\text{С})$ ;
- 2 – цементно-песчаная стяжка,  $\lambda_{2A} = 0,76 \text{ Вт}/(\text{ м}\cdot^\circ\text{С})$
- 3 – кровельный ковер,  $\lambda_{3A} = 0,17 \text{ Вт}/(\text{ м}\cdot^\circ\text{С})$

3. Требуемое сопротивление теплопередаче  $R_o^{mp}$  покрытия реконструируемого здания было определено, исходя из санитарно-гигиенических и комфортных условий, по формуле (см. СНиП II-3-79\* «Строительная теплотехника»):

$$R_o^{mp} = \frac{n(t_b - t_n)}{\Delta t_n \cdot \alpha_b} = \frac{1 \cdot [20 - (-31)]}{3 \cdot 8,7} = 1,95 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С} / \text{Вт},$$

где  $n=1$  – коэффициент (по таблице 3\*);

$t_b=20 \text{ }^\circ\text{С}$  – расчетная температура внутреннего воздуха (по ГОСТ 30444);

$t_n=-31 \text{ }^\circ\text{С}$  – расчетная зимняя температура наружного воздуха, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 (по СНиП 23-01);

$\alpha_b=8,7 \text{ Вт}/(\text{ м}^2\cdot^\circ\text{С})$  – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности покрытия (по таблице 4\*);

$\Delta t_n=3 \text{ }^\circ\text{С}$  – нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности покрытия (по таблице 2\*).

Окончание приложения 5

Толщина покрытия была определена из условия  $R_o \geq R_o^{тp}$ :

$$R_o = \frac{1}{\alpha_g} + R_{ж.} + R_{пар.} + R_{мин.пл.} + R_{ст} + R_{кр} + \frac{1}{\alpha_n},$$

где  $R_{ж.}$ ;  $R_{пар.}$ ;  $R_{мин.пл.}$ ;  $R_{ст}$ ;  $R_{кр}$  – соответственно, термическое сопротивление железобетонных плит, пароизоляции, минераловатных плит, стяжки и кровельного ковра;

$$R_o = \frac{1}{8,7} + \frac{0,03}{1,69} + \frac{0,005}{0,17} + \frac{\delta_{мин.пл.} \cdot 0,92}{0,058} + \frac{0,025}{0,58} + \frac{0,008}{0,17} + \frac{1}{23}$$

$$R_o = 0,115 + 0,018 + 0,029 + \frac{\delta_{мин.пл.}}{0,058} + 0,043 + 0,047 + 0,044 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт.}$$

$$\text{Отсюда } 1,95 = 0,296 + \frac{\delta_{мин.пл.} \cdot 0,92}{0,058} \text{ и } \delta_{мин.пл.} = 0,104 \text{ м.}$$

В реконструируемом здании минераловатные плиты имели толщину 100 мм.

4. Толщину теплоизоляционного слоя из минераловатной плиты ИЗОЛ КЗ 110 находим из условия:

$$R_{req} - R_o^{тp} = \frac{1}{\alpha_{ext}} + \frac{0,008}{0,17} + \frac{0,025}{0,76} + \frac{\delta}{\lambda_{1A}}$$

Для г. Ульяновска  $D_d = 5384,8$ ; и  $R_{req} = 4,9 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт.}$  (Приложение 4).

При коэффициенте теплотехнической однородности  $\tau=0,92$  получим:

$$4,90 - 1,95 = 0,044 + 0,047 + 0,033 + \frac{\delta \cdot 0,92}{0,042},$$

$$2,95 = 0,124 + \frac{\delta \cdot 0,92}{0,042}, \text{ отсюда } \delta = 0,129 \text{ м} = 129 \text{ мм.}$$

Таким образом, при реконструкции жилого дома в г. Ульяновске теплоизоляция из минераловатных плит ИЗОЛ КЗ 110 в покрытии должна иметь толщину 130 мм (Приложение 6, пункт 65).

Приложение 6

**ТОЛЩИНА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ИЗ МИНЕРАЛОВАТНОЙ  
ПЛИТЫ ИЗОЛ КЗ 110 ДЛЯ ПОКРЫТИЙ**

№ п/п	Город РФ, расчетная зимняя температура (°С) наиболее холодной пятидневки	Условия эксплуатации	Градусо-сутки	Группы зданий	ПОКРЫТИЯ			
					новое строительство		реконструкция	
					$R_{req},$ м <sup>2</sup> ·°С/Вт	толщина теплоизоляции, мм	$R_{o^{сущ}},$ м <sup>2</sup> ·°С/Вт	толщина дополнительной теплоизоляции, мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Анадырь	Б	9500	1	6,95	310	4,65	225
	минус 40			2	5,16	230	2,94	140
				3	3,72	165	1,57	70
2	Архангельск	Б	6170	1	5,29	230	3,8	180
	минус 19			2	3,86	170	2,44	115
				3	2,91	125	1,57	70
3	Астрахань	А	3540	1	3,97	170	2,32	105
	минус 25			2	2,88	125	1,31	60
				3	2,30	100	0,81	30
4	Барнаул	А	6120	1	5,26	230	3,0	140
	минус 39			2	3,87	165	1,69	70
				3	2,92	125	0,82	30
5	Белгород	А	4180	1	4,29	185	2,64	120
	минус 23			2	3,12	135	1,55	70
				3	2,45	105	0,96	45
6	Благовещенск	Б	6670	1	5,54	240	3,47	170
	минус 34			2	4,10	175	2,11	100
				3	3,06	134	1,14	60
7	Брянск	Б	4570	1	4,49	205	2,73	130
	минус 26			2	3,26	145	1,57	70
				3	2,54	110	0,93	45
8	Владивосток	Б	4680	1	4,54	205	2,85	135
	минус 24			2	3,32	150	1,71	80
				3	2,57	110	1,04	50
9	Владикавказ	А	3410	1	3,91	170	2,45	115
	минус 18			2	2,82	125	1,44	65
				3	2,26	100	0,96	45
10	Владимир	Б	5000	1	4,70	205	2,86	140
	минус 28			2	3,43	150	1,67	80
				3	2,64	110	0,95	45
11	Волгоград	А	3950	1	4,17	175	2,45	115
	минус 25			2	3,04	125	1,39	60
				3	2,40	100	0,83	35
12	Вологда	Б	5570	1	4,98	215	2,99	140
	минус 32			2	3,64	165	1,72	85
				3	2,77	125	0,93	45

Продолжение приложения 6

№ п/п	Город РФ, расчетная зимняя температура (°С) наиболее холодной пятидневки	Условия эксплуатации	Градусо-сутки	Группы зданий	ПОКРЫТИЯ			
					новое строительство		реконструкция	
					$R_{req}$ , м <sup>2</sup> ·°С/Вт	толщина теплоизоляции, мм	$R_{O}^{сущ}$ , м <sup>2</sup> ·°С/Вт	толщина дополнительной теплоизоляции, мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
13	Воронеж	А	4530	1	4,47	205	2,71	130
	минус 26		4140	2	3,26	135	1,57	70
				3	2,53	110	0,92	45
14	Вятка	Б	5870	1	5,13	230	3,1	150
	минус 33		5400	2	3,76	165	1,81	85
				3	2,85	125	0,97	45
15	Грозный	А	3060	1	3,73	165	2,27	110
	минус 18		2740	2	2,70	110	1,32	60
				3	2,18	90		45
16	Екатеринбург	А	5980	1	5,19	220	3,09	140
	минус 35		5520	2	3,81	165	1,78	85
				3	2,88	125	0,93	45
17	Иваново	Б	5230	1	4,82	215	2,9	140
	минус 30		4800	2	3,52	150	1,68	80
				3	2,70	115	0,94	45
18	Игарка	Б	9660	1	7,03	315	4,39	210
	минус 49		9090	2	5,24	240	2,68	130
				3	3,77	165	1,28	60
19	Ижевск	Б	5680	1	5,04	230	2,97	140
	минус 34		5240	2	3,70	162	1,67	80
				3	2,81	125	0,89	45
20	Иркутск	А	6480	1	5,62	240	3,47	160
	минус 36		6360	2	4,16	175	2,10	100
				3	3,10	130	1,11	50
21	Йошкар-Ола	Б	5520	1	4,96	215	2,27	110
	минус 34		5080	2	3,63	165	1,64	80
				3	2,77	125	0,85	45
22	Казань	Б	5420	1	4,91	215	2,92	140
	минус 32		4990	2	3,60	165	1,68	80
				3	2,75	125	0,91	45
23	Калининград	Б	3650	1	4,03	175	2,54	120
	минус 19		3260	2	2,90	125	1,48	70
				3	2,31	100	0,97	45
24	Калуга	Б	4810	1	4,61	205	2,81	135
	минус 27		4400	2	3,36	150	1,64	70
				3	2,60	110	0,95	45
25	Кемерово	А	6540	1	5,48	240	3,22	150
	минус 39		6080	2	4,03	175	1,85	85
				3	3,02	130	0,91	45
26	Кострома	Б	5300	1	4,85	215	2,9	140
	минус 31		4860	2	3,53	155	1,65	80
				3	2,71	115	0,91	45
27	Краснодар	А	2680	1	3,54	150	2,05	90
	минус 19		2380	2	2,56	110	1,14	50
				3	2,10	90	0,59	40

**ПРИЛОЖЕНИЯ**

366

Продолжение приложения 6

№ п/п	Город РФ, расчетная зимняя температура (°С) наиболее холодной пятидневки	Условия эксплуатации	Градусо-сутки	Группы зданий	ПОКРЫТИЯ			
					новое строительство		реконструкция	
					$R_{req},$ м <sup>2</sup> .°С/Вт	толщина теплоизоляции, мм	$R_{o^{сущ}},$ м <sup>2</sup> .°С/Вт	толщина дополнительной теплоизоляции, мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
28	Красноярск минус 40	А	6340 5870	1	5,37	230	3,07	140
				2	3,95	170	1,73	80
				3	2,97	125	0,82	35
29	Курган минус 37	А	5980 5550	1	5,20	230	3,02	140
				2	3,82	165	1,71	80
				3	2,88	125	0,85	35
30	Курск минус 26	Б	4400 4040	1	4,42	200	2,66	60
				2	3,21	135	1,19	60
				3	2,51	110	0,90	45
31	Кызыл минус 47	А	7880 7430	1	6,14	270	3,58	170
				2	4,57	200	2,08	100
				3	3,35	145	0,94	45
32	Липецк минус 27	А	4730 4320	1	4,57	200	2,77	130
				2	3,33	145	1,61	70
				3	2,58	110	0,93	45
33	Магадан минус 29	Б	7800 7230	1	6,10	270	4,22	210
				2	4,49	205	2,69	135
				3	3,48	150	1,76	85
34	Махачкала минус 14	А	2560 2260	1	3,33	145	2,03	90
				2	2,50	105	1,27	60
				3	2,06	85	0,91	45
35	Москва минус 28	Б	4940 4520	1	4,67	215	2,83	135
				2	3,41	150	1,65	80
				3	2,63	115	0,94	45
36	Мурманск минус 27	Б	6380 5830	1	5,39	240	3,59	170
				2	3,93	175	2,21	110
				3	2,96	130	0,88	45
37	Нальчик минус 18	А	3260 2920	1	3,83	165	2,37	110
				2	2,78	115	1,38	65
				3	2,24	90	0,94	45
38	Нижний Новгород минус 31	Б	5180 4750	1	4,80	215	2,85	135
				2	3,50	155	1,62	80
				3	2,69	115	0,89	45
39	Новгород минус 27	Б	4930 4490	1	4,67	215	2,87	140
				2	3,40	150	1,68	80
				3	2,63	115	0,98	45
40	Новосибирск минус 39	А	6600 6140	1	5,50	240	3,24	155
				2	4,06	175	1,88	85
				3	3,04	130	0,93	45
41	Омск минус 24	А	6280 5840	1	5,39	235	3,7	170
				2	3,94	170	2,33	110
				3	2,96	125	1,43	65

Продолжение приложения 6

№ п/п	Город РФ, расчетная зимняя температура (°С) наиболее холодной пятидневки	Условия эксплуатации	Градусо-сутки	Группы зданий	ПОКРЫТИЯ			
					новое строительство		реконструкция	
					$R_{req}$ , м <sup>2</sup> ·°С/Вт	толщина теплоизоляции, мм	$R_o^{sum}$ , м <sup>2</sup> ·°С/Вт	толщина дополнительной теплоизоляции, мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
42	Оренбург	А	5310	1	4,85	210	2,67	130
	минус 37		4900	2	3,56	150	1,45	65
				3	2,73	115	0,70	30
43	Орел	Б	4650	1	4,53	205	2,77	135
	минус 26		4250	2	3,30	145	1,61	70
				3	2,56	110	0,95	45
44	Пенза	А	5070	1	4,74	205	2,86	135
	минус 29		4660	2	3,46	150	1,66	70
				3	2,66	110	0,94	45
45	Пермь	Б	5930	1	5,15	230	3,05	155
	минус 35		5470	2	3,81	170	1,78	85
				3	2,88	125	0,93	45
46	Петрозаводск	Б	5540	1	4,97	220	3,09	155
	минус 29		5060	2	3,62	150	1,82	85
				3	2,53	110	0,81	35
47	Петропавловск-Камчатский	Б	4760	1	4,58	205	3,05	140
	минус 20		4250	2	3,30	145	1,84	85
				3	2,56	110	1,18	60
48	Псков	Б	4580	1	4,49	205	2,73	130
	минус 26		4160	2	3,26	145	1,57	70
				3	2,54	110	0,92	45
49	Ростов-на-Дону	А	3520	1	3,96	205	2,35	105
	минус 22		3180	2	2,87	145	1,34	60
				3	2,29	110	0,83	35
50	Рязань	Б	4890	1	4,65	205	2,85	135
	минус 27		4470	2	3,39	150	1,67	80
				3	2,62	110	0,97	45
51	Самара	Б	5110	1	4,76	215	2,84	135
	минус 30		4710	2	3,78	165	1,94	90
				3	2,68	115	0,92	45
52	Салехард	Б	9170	1	6,78	310	4,4	210
	минус 42		8590	2	5,04	220	2,74	135
				3	3,65	165	1,43	70
53	Санкт-Петербург	Б	4800	1	4,60	205	2,84	135
	минус 26		4360	2	3,34	150	1,65	70
				3	2,59	110	0,98	45
54	Саранск	А	5120	1	4,76	215	2,84	135
	минус 30		4700	2	3,48	150	1,64	80
				3	2,62	115	0,86	45
55	Саратов	А	4760	1	4,58	200	2,97	140
	минус 22		4370	2	3,34	145	1,81	85
				3	2,59	110	1,13	50



Продолжение приложения 6

№ п/п	Город РФ, расчетная зимняя температура (°С) наиболее холодной пятидневки	Условия эксплуатации	Градусо-сутки	Группы зданий	ПОКРЫТИЯ			
					новое строительство		реконструкция	
					$R_{req}$ , м <sup>2</sup> ·°С/Вт	толщина теплоизоляции, мм	$R_{O^{сущ}}$ , м <sup>2</sup> ·°С/Вт	толщина дополнительной теплоизоляции, мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
56	Смоленск	Б	4820	1	4,61	205	2,85	135
	минус 26			2	3,36	150	1,67	80
				3	2,60	110	0,99	45
57	Ставрополь	А	3210	1	3,80	165	2,71	110
	минус 19			2	2,75	115	1,33	60
				3	2,22	90	0,88	45
58	Сыктывкар	Б	6320	1	5,37	240	3,23	160
	минус 36			2	3,95	175	1,88	85
				3	2,97	130	0,98	45
59	Тамбов	А	4760	1	4,58	200	2,74	130
	минус 28			2	3,35	145	1,59	70
				3	2,59	110	0,9	45
60	Тверь	Б	5010	1	4,70	210	2,82	135
	минус 29			2	3,43	150	1,63	80
				3	2,64	115	0,92	45
61	Томск	Б	6700	1	5,55	245	3,25	155
	минус 40			2	4,09	185	1,87	85
				3	3,09	135	0,94	45
62	Тула	Б	4760	1	4,58	205	2,78	135
	минус 27			2	3,33	150	1,61	70
				3	2,58	110	0,93	45
63	Тюмень	А	6120	1	5,26	230	3,04	140
	минус 38			2	3,87	165	1,72	80
				3	2,92	125	0,83	35
64	Улан-Удэ	А	7200	1	5,80	260	3,62	165
	минус 37			2	4,29	185	2,18	100
				3	3,18	135	1,15	50
65	Ульяновск	А	5385	1	4,90	215	2,95	135
	минус 31			2	3,58	150	1,7	80
				3	2,69	110	0,89	45
66	Уфа	А	5520	1	4,96	215	2,85	140
	минус 35			2	3,64	155	1,61	70
				3	2,78	115	0,83	35
67	Хабаровск	Б	6180	1	5,30	235	3,35	160
	минус 31			2	3,90	170	2,02	100
				3	2,94	130	1,14	60
68	Чебоксары	Б	5400	1	4,90	215	2,91	140
	минус 32			2	3,60	155	1,68	80
				3	2,75	125	0,91	45
69	Челябинск	А	5780	1	5,10	220	3,03	140
	минус 34			2	3,74	165	1,75	80
				3	2,84	125	0,92	45

Окончание приложения 6

№ п/п	Город РФ, расчетная зимняя температура (°С) наиболее холодной пятидневки	Условия эксплуатации	Градусо-сутки	Группы зданий	ПОКРЫТИЯ			
					новое строительство		реконструкция	
					$R_{req}$ , м <sup>2</sup> ·°С/Вт	толщина теплоизоляции, мм	$R_{o^{сущ}}$ , м <sup>2</sup> ·°С/Вт	толщина дополнительной теплоизоляции, мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
70	Чита	А	7600	1	6,0	265	3,78	175
	минус 35			2	4,45	195	2,31	110
				3	3,28	130	1,21	60
71	Элиста	А	3670	1	4,04	172	2,39	60
	минус 23			2	2,93	124	1,36	60
				3	2,33	100	0,84	35
72	Южно-Сахалинск	Б	5590	1	4,99	215	3,3	155
	минус 24			2	3,65	165	2,04	100
				3	2,78	125	1,25	60
73	Якутск	А	10400	1	7,40	325	4,56	210
	минус 54			2	5,56	240	2,8	130
				3	3,98	170	1,3	60
74	Ярославль	Б	5300	1	4,85	215	2,9	140
	минус 31			2	3,54	155	1,66	80
				3	2,72	115	0,92	45

Приложение 7

**ПРИМЕР РАСЧЕТА СОПРОТИВЛЕНИЯ  
ПАРОПРОНИЦАНИЮ НАРУЖНОЙ СТЕНЫ**

*1. Исходные данные*

*1.1 Жилой дом в г. Ульяновске.*

Зона влажности нормальная; условия эксплуатации – А (согласно СНиП 23-02 «Тепловая защита зданий»).

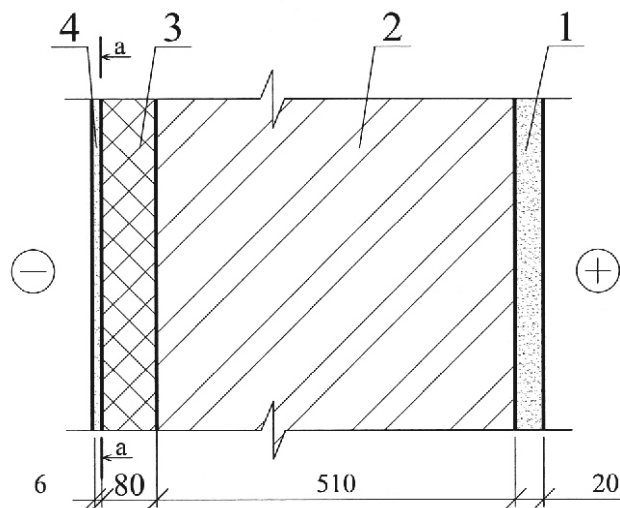
$t_{int} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  (согласно ГОСТ 30494 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях») – расчетная температура внутреннего воздуха;

$t_{ext} = -13,8 \text{ }^\circ\text{C}$  (таблица 3\*СНиП 23-01 «Строительная климатология») – средняя температура наиболее холодного месяца (января);

$\phi_{int} = 55 \text{ } \%$  (согласно СНиП 23-02) – относительная влажность внутреннего воздуха;

$\phi_{ext} = 82 \%$  (таблица 1\*СНиП 23-01) – относительная влажность воздуха в январе.

*2. Конструкция стены.*



a-a – плоскость возможной конденсации

1 –штукатурка из цементно-песчаного раствора (ГОСТ 28013);,

$$\rho_1 = 1700 \text{ кг/м}^3; \delta_1 = 0,02 \text{ м};$$

$$\lambda_1 = 0,70 \text{ Вт/м}\cdot\text{}^\circ\text{C};$$

$$\mu_1 = 0,098 \text{ мг/м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па}.$$

2 – кладка из сплошного силикатного обыкновенного кирпича (ГОСТ 379);

$$\rho_2 = 1800 \text{ кг/м}^3; \delta_2 = 0,51 \text{ м};$$

$$\lambda_2 = 0,70 \text{ Вт/м}\cdot\text{}^\circ\text{C};$$

$$\mu_2 = 0,11 \text{ мг/м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па}.$$

3 – теплоизоляция из минераловатных плит ИЗОЛ К3 110;

$$\rho_3 = 130 \text{ кг/м}^3; \delta_3 = 0,12 \text{ м};$$

$$\lambda_3 = 0,042 \text{ Вт/м}\cdot\text{}^\circ\text{C};$$

$$\mu_3 = 0,015 \text{ мг/м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па}.$$

Продолжение приложения 7

4 –тонкослойная штукатурка:

$$\rho_4=1700 \text{ кг/м}^3; \delta_4=0,006 \text{ м};$$

$$\lambda_4 = 0,70 \text{ Вт/м}\cdot\text{°C};$$

$$\mu_4 = 0,098 \text{ мг/м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па}.$$

### 3. Проверка защиты стены от переувлажнения

3.1. Нормируемое сопротивление паропроницанию из условия недопустимости накопления влаги за годовой период эксплуатации.

Определяем сопротивление теплопередаче конструкции стены.

$\alpha_{ext} = 23 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{°C)}$  – коэффициент теплопередачи наружной поверхности (по таблице 8 СП 23-01-2004);

$\alpha_{int} = 8,7 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{°C)}$  – коэффициент теплопередачи внутренней поверхности (по таблице 7 СП 23-01-2004);

$$R_o = \frac{1}{\alpha_{int}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_{ext}}$$

$$R_o = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,70} + \frac{0,51}{0,70} + \frac{0,12}{0,042} + \frac{0,006}{0,70} + \frac{1}{23} = 3,781 \text{ м}^2\cdot\text{°C/Вт};$$

Согласно СНиП 23-02 (п. 9.1, примечание 3) плоскость возможной конденсации в стене совпадает с наружной поверхностью утеплителя (сечение а-а).

Определяем парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха при расчетной температуре и относительной влажности.

$E_{int} = 2338 \text{ Па}$  – парциальное давление водяного пара с внутренней стороны стены (СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий». Приложение «С»);

$$e_{int} = \frac{\varphi_{int}}{100\%} \cdot E_{int} = \frac{55}{100} \cdot 2338 = 1286 \text{ Па}$$

Определяем расчетную продолжительность соответствующих периодов, (мес.), принимаемые по табл. 3\* СНиП 23-01-99\* (изд. 2003 г.).

Среднемесячные температуры наружного воздуха в г. Ульяновске (табл.3\*СНиП 23-01)

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$t_{ext}, \text{°C}$	- 13,8	- 13,2	- 6,8	4,1	12,6	17,6	19,6	17,6	11,4	3,8	-4,1	-10,2
$e_{ext}, \text{Па}$	184	195	344	819	1459	2012	2281	2012	1348	803	433	260

Сезонные и среднемесячные температуры (п. 9.1. СНиП 23-02):

ЗИМА – январь+февраль+декабрь (с температурами ниже минус 5 °С)

$$Z_1 = 3 \text{ мес.}; \quad t_{н1} = (-13,8 + (-13,2) + (-10,2)) : 3 = - 12,4 \text{ °C};$$

ВЕСНА-ОСЕНЬ – март+апрель+октябрь+ноябрь (с температурами от минус 5 до плюс 5°С)

$$Z_2 = 4 \text{ мес.}; \quad t_{н2} = ((-6,8) + 4,1 + 3,8 + (-4,1)) : 4 = 3,0 \text{ °C};$$

Продолжение приложения 7

ЛЕТО – май+июнь+июль+август+сентябрь (с температурами выше плюс 5 °С)

$$Z_3 = 5 \text{ мес.}; \quad t_{\text{нб}} = (12,6+17,6+19,6+17,6+11,4) : 5 = 15,8 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Определяем термическое сопротивление слоев стены в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации.

$$\sum R = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_{\text{int}}} = \frac{0,02}{0,70} + \frac{0,51}{0,70} + \frac{0,12}{0,042} + \frac{1}{8,7} = 3,729 \text{ (} m^2 \cdot ^\circ\text{C) / Вт}$$

Определяем температуру в плоскости возможной конденсации для соответствующего периода.

$$\text{зимний} \quad \tau_1 = 20 - (20 - (-12,4)) \cdot \frac{(0,115 + 3,6)}{3,653} = -9,5 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\text{весеннее-осенний} \quad \tau_2 = 20 - (20 - (-3,0)) \cdot \frac{(0,115 + 3,6)}{3,653} = -3,4 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\text{летний} \quad \tau_3 = 20 - (20 - 15,8) \cdot \frac{(0,115 + 3,6)}{3,653} = 15,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Определяем по температурам для соответствующих периодов (по приложению «С» СНиП 23-101-2003) парциальное давление водяного пара.

$$\text{зимний} \quad E_1 = 199 \text{ Па};$$

$$\text{весеннее-осенний} \quad E_2 = 460 \text{ Па};$$

$$\text{летний} \quad E_3 = 1784 \text{ Па}$$

Определяем парциальное давление водяного пара E в плоскости возможной конденсации за годовой период эксплуатации стены.

$$E = \frac{(E_1 \cdot Z_1 + E_2 \cdot Z_2 + E_3 \cdot Z_3)}{12} = \frac{(199 \cdot 3 + 460 \cdot 4 + 1784 \cdot 5)}{12} = 946 \text{ Па};$$

Сопротивление паропрооницанию части стены, расположенной между наружной поверхностью и плоскостью возможной конденсации:

$$R_{v.p.e} = \frac{\delta_4}{\mu_4} = \frac{0,006}{0,098} = 0,061 \text{ (} m^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па) / мг};$$

Среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха за годовой период по СНиП 23-01-99\* (таблица 5а):

$$e_{\text{ext}} = 740 \text{ Па}$$

Нормируемое сопротивление паропрооницанию из условия недопустимости накопления влаги за годовой период эксплуатации:

$$R_{v.p1.req} = \frac{(e_{\text{int}} - E) \cdot R_{v.p.e}}{E - e_{\text{ext}}} = \frac{(1286 - 946) \cdot 0,061}{946 - 740} = 0,10 \text{ (} m^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па) / мг}$$

3.2. Нормируемое сопротивление паропрооницанию из условия ограничения влаги в стене за период с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха.

$Z_0 = 155$  сут. – продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха  $\leq 0$  °С по таблице 1 СНиП 23-01-99\* (изд. 2003 г.).

Окончание приложения 7

$$t_o = [(-13,8) + (-13,2) + (-6,8) + (-4,1) + (-10,2)] : 5 = -9,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Температура в плоскости возможной конденсации для этого периода:

$$\tau_o = t_{\text{int}} - \frac{(t_{\text{int}} - t_o) \cdot \sum R}{R_o} = 20 - \frac{(20 - (-9,6)) \cdot 3,729}{3,781} = -9,0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Парциальное давление водяного пара в плоскости возможной конденсации по приложению «С» СП 23-101-2004:

$$E_o = 284 \text{ Па}$$

Согласно СНиП 23-02 в многослойной стене увлажняемым слоем является утеплитель.

Предельно допустимое приращение расчетного массового отношения влаги по таблице 12 СНиП 23-02:

$$\Delta w_{\text{av}} = 2 \%$$

$$\rho_w = \rho_3 = 130 \text{ кг / м}^3 \text{ плотность увлажняемого слоя;}$$

$$\delta_w = \delta_3 = 0,12 \text{ м толщина увлажняемого слоя.}$$

Определяем среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха за период с отрицательными месячными температурами наружного воздуха по СНиП 23-01-99\* (таблица 5а):

$$e_{o,\text{ext}} = \frac{184 + 195 + 344 + 439 + 260}{5} = 283 \text{ Па .}$$

$$\text{Коэффициент } \eta = \frac{0,0024 \cdot (E_o - e_{o,\text{ext}}) \cdot z_o}{R_{\text{vp,e}}} = \frac{0,0024 \cdot (284 - 283) \cdot 155}{0,061} = 6,1$$

Нормируемое сопротивление паропроницанию из условия ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха:

$$R_{\text{vp}2,\text{req}} = \frac{0,0024 \cdot z_o \cdot (e_{\text{int}} - E_o)}{\rho_w \cdot \delta_w \cdot \Delta w_{\text{av}} + \eta} = \frac{0,0024 \cdot 155 \cdot (1286 - 283)}{130 \cdot 0,12 \cdot 2 + 6,1} = 10,0 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па) / мг .}$$

Согласно п. 13.8 СП 23-101-2004 окончательно принимаем  $R_{\text{vp}2,\text{req}} = 5 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па) / мг}$

Определяем сопротивление паропроницанию стены в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации.

$$R_{\text{vp}} = \frac{\delta_1}{\mu_1} + \frac{\delta_2}{\mu_2} + \frac{\delta_3}{\mu_3} = \frac{0,02}{0,098} + \frac{0,51}{0,11} + \frac{0,12}{0,015} = 5,93 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па) / мг}$$

3.3. Проверка по п. 9.1 СНиП 23-02-2003.

$R_{\text{vp}} = 5,93 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па) / мг}$  больше  $R_{\text{vp}2,\text{req}} = 5 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па) / мг}$  и больше  $R_{\text{vp}1,\text{req}} = 0,10 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па) / мг}$ .

Таким образом, условие пункта 9.1 выполняется, конструкция удовлетворяет требованиям в отношении сопротивления паропроницанию, устройство дополнительных слоев пароизоляции не требуется.

Приложение 8

**ПРИМЕР РАСЧЕТА СОПРОТИВЛЕНИЯ  
ПАРОПРОНИЦАНИЮ ПОКРЫТИЯ**

*1. Исходные данные*

*1.1 Жилой дом в г. Ульяновске.*

Зона влажности нормальная; условия эксплуатации – А (согласно СНиП 23-02 «Тепловая защита зданий»).

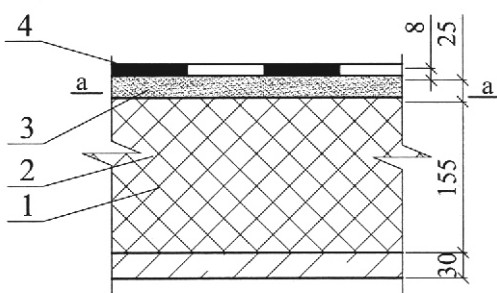
$t_{int} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$  (согласно ГОСТ 30494 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях») – расчетная температура внутреннего воздуха;

$t_{ext} = -13,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$  (таблица 3\*СНиП 23-01 «Строительная климатология») – средняя температура наиболее холодного месяца (января);

$\varphi_{int} = 55 \text{ } \%$  (согласно СНиП 23-02) – относительная влажность внутреннего воздуха;

$\varphi_{ext} = 82 \%$  (таблица 1\*СНиП 23-01) – относительная влажность воздуха в январе.

*1.2. Конструкция покрытия:*



а-а – плоскость возможной конденсации

1 – железобетонная плита:

- $\rho_1 = 2500 \text{ кг/м}^3$ ;
- $\delta_1 = 0,03 \text{ м}$ ;
- $\lambda_1 = 1,92 \text{ Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{C)}$ ;
- $\mu_1 = 0,03 \text{ мг/(м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па)}$ .

2 – минераловатные плиты ИЗОЛ КЗ 110

- $\rho_2 = 130 \text{ кг/м}^3$ ;
- $\delta_2 = 0,225 \text{ м}$ ;
- $\lambda_2 = 0,044 \text{ Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{C)}$ ;
- $\mu_2 = 0,015 \text{ мг/(м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па)}$ .

3 – цементно-песчаная стяжка:

- $\rho_3 = 1700 \text{ кг/м}^3$ ;
- $\delta_3 = 0,025 \text{ м}$ ;
- $\lambda_3 = 0,76 \text{ Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{C)}$ ;
- $\mu_3 = 0,098 \text{ мг/(м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па)}$ .

4 – кровельный ковер:

- $\rho_4 = 1100 \text{ кг/м}^3$ ;
- $\delta_4 = 0,008 \text{ м}$ ;
- $\lambda_4 = 0,17 \text{ Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{C)}$ ;
- $\mu_4 = 0,0035 \text{ мг/(м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па)}$ .

*2. Проверка защиты покрытия от переувлажнения*

*2.1. Сопротивление теплопередаче конструкции покрытия (Приложение 4):*



Продолжение приложения 8

$$R_o = \frac{1}{8,7} + \frac{0,03}{1,92} + \frac{0,225}{0,042} + \frac{0,025}{0,76} + \frac{0,008}{0,17} + \frac{1}{23} = 0,115 + 0,016 + 5,357 + 0,013 + 0,047 + 0,044;$$

$$R_o = 5,592 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт};$$

Определяем парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха при расчетной температуре и относительной влажности.

$$\text{При } 20 \text{ °C } E_{\text{int}} = 2338 \text{ Па и } e_{\text{int}} = \frac{\varphi_{\text{int}}}{100\%} \cdot E_{\text{int}} = \frac{55}{100} \cdot 2338 = 1286 \text{ Па};$$

Определяем расчетную продолжительность соответствующих периодов, мес., принимаемые по табл. 3\* СНиП 23-01-99\* (изд. 2003 г.).

Сезонные и среднемесячные температуры (см. Приложение 7):

$$t_{\text{шт}} = -12,4 \text{ °C}; t_{\text{ос}} = -3,0 \text{ °C}; t_{\text{л}} = 15,8 \text{ °C}.$$

Определяем термическое сопротивление слоев покрытия в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации:

$$\sum R = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_{\text{int}}} = 0,016 + 5,357 + 0,013 + 0,115 = 5,50 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C) / Вт}.$$

Определяем температуру в плоскости возможной конденсации для соответствующего периода:

$$\text{зимний } \tau_1 = 20 - (20 - (-12,4)) \cdot \frac{(0,115 + 5,50)}{5,592} = -12,5 \text{ °C};$$

$$\text{весеннее-осенний } \tau_2 = 20 - (20 - (-3,0)) \cdot \frac{(0,115 + 5,50)}{5,592} = -3,1 \text{ °C};$$

$$\text{летний } \tau_3 = 20 - (20 - 15,8) \cdot \frac{(0,115 + 5,50)}{5,592} = 15,8 \text{ °C}$$

В эти периоды парциальное давление водяного пара:

$$E_1 = 208 \text{ Па}; E_2 = 472 \text{ Па}; E_3 = 1795 \text{ Па}$$

Парциальное давление водяного пара  $E$  в плоскости возможной конденсации за годовой период эксплуатации:

$$E = \frac{(E_1 \cdot Z_1 + E_2 \cdot Z_2 + E_3 \cdot Z_3)}{12} = \frac{(208 \cdot 3 + 472 \cdot 4 + 1795 \cdot 5)}{12} = 957,3 \text{ Па}.$$

Сопротивление паропрооницанию части покрытия, расположенной между наружной поверхностью и плоскостью возможной конденсации:

$$R_{v.p.e} = \frac{\delta_4}{\mu_4} + \frac{\delta_5}{\mu_5} = \frac{0,025}{0,098} + \frac{0,008}{0,0035} = 0,255 + 2,286 = 2,54 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па) / мг}.$$

Продолжение приложения 8

Среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха за годовой период по СНиП 23-01 (таблица 5а):

$$e_{\text{ext}} = 740 \text{ Па}$$

Нормируемое сопротивление паропроницанию из условия недопустимости накопления влаги за годовой период эксплуатации:

$$R_{\text{vp1.req}} = \frac{(e_{\text{int}} - E) \cdot R_{\text{vp.e}}}{E - e_{\text{ext}}} = \frac{(1286 - 957,3) \cdot 2,54}{957,3 - 740} = 3,84 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па) / мг}.$$

2.2. Определение нормируемого сопротивления паропроницанию из условия ограничения влаги в покрытии за период с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха.

$$Z_o = 155 \text{ сут. и } t_o = -9,6 \text{ }^\circ\text{C (Приложение 7)}$$

Температура в плоскости возможной конденсации для этого периода:

$$\tau_o = t_{\text{int}} - \frac{(t_{\text{int}} - t_o) \cdot \sum R}{R_o} = 20 - \frac{(20 - (-9,6)) \cdot 5,50}{5,592} = -9,1 \text{ }^\circ\text{C},$$

$$E_o = 280 \text{ Па}$$

Согласно СНиП 23-02 в многослойном покрытии увлажняемым слоем является утеплитель.

Предельно допустимое приращение расчетного массового отношения влаги по таблице 12 СНиП 23-02:

$$\Delta w_{\text{av}} = 2 \text{ } \%; \rho_w = \rho_3 = 130 \text{ кг / м}^3; \delta_w = \delta_3 = 0,225 \text{ м};$$

$$e_{o,\text{ext}} = 283 \text{ Па (Приложение 7)}$$

$$\eta = \frac{0,0024 \cdot (E_o - e_{o,\text{ext}}) \cdot z_o}{R_{\text{vp.e}}} = \frac{0,0024 \cdot (280 - 283)}{2,54} = -0,0028;$$

$$R_{\text{vp2.req}} = \frac{0,0024 \cdot z_o \cdot (e_{\text{int}} - E_o)}{\rho_w \cdot \delta_w \cdot \Delta w_{\text{av}} + \eta} = \frac{0,0024 \cdot 155 \cdot (1286 - 280)}{130 \cdot 0,225 \cdot 2 - 0,0028} = 6,4 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па) / мг}.$$

Согласно п. 13.8 СП 23-101 окончательно принимаем  $R_{\text{vp2.req}} = 5 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па) / мг}$

Определяем сопротивление паропроницанию покрытия в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации:

$$R_{\text{vp}} = \frac{\delta_1}{\mu_1} + \frac{\delta_3}{\mu_3} = \frac{0,03}{0,03} + \frac{0,225}{0,015} = 16,0 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па) / мг}.$$

2.3. Выполняем проверку по п. 9.1 СНиП 23-02-2003.

$$R_{\text{vp}} = 16,0 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па) / мг} \quad \text{больше} \quad R_{\text{vp2.req}} = 5 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па) / мг} \quad \text{и} \quad \text{больше}$$

$$R_{\text{vp1.req}} = 3,84 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па) / мг}$$

Таким образом, условие п. 9.1 выполняется, конструкция удовлетворяет требованиям в отношении сопротивления паропроницанию, устройство дополнительной пароизоляции не требуется.

Продолжение приложения 8

3. Расчет распределения парциального давления водяного пара по толщине покрытия и определение возможности образования конденсата в толщине покрытия.

3.1. Определяем температуры на границах слоев по формуле (35) СП 23-101-2004, нумеруя от внутренней поверхности к наружной, и находим по этим температурам – максимальное парциальное давление водяного пара по приложению «С» СП 23-101-2004:

$$\tau_1 = t_{\text{int}} - \frac{(t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}) \cdot \left(\frac{1}{\alpha_{\text{int}}}\right)}{R_o} = 20 - \frac{(20 + 13,8) \cdot \frac{1}{8,7}}{5,592} = 19,3 \text{ } ^\circ\text{C} ,$$

$$E_1 = 2239 \text{ Па};$$

$$\tau_2 = t_{\text{int}} - \frac{(t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}) \cdot \left(\frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1}\right)}{R_o} = 20 - \frac{(20 + 13,8) \cdot \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,03}{1,92}\right)}{5,592} = 19,2 \text{ } ^\circ\text{C} ,$$

$$E_2 = 2225 \text{ Па};$$

$$\tau_3 = t_{\text{int}} - \frac{(t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}) \cdot \left(\frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2}\right)}{R_o} = 20 - \frac{(20 + 13,8) \cdot \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,03}{1,92} + \frac{0,225}{0,042}\right)}{5,592} = -13,2 \text{ } ^\circ\text{C} ,$$

$$E_3 = 197 \text{ Па};$$

$$\tau_4 = t_{\text{int}} - \frac{(t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}) \cdot \left(\frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3}\right)}{R_o} = 20 - \frac{(20 + 13,8) \cdot \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,03}{1,92} + \frac{0,225}{0,042} + \frac{0,025}{0,76}\right)}{5,592} = -13,4 \text{ } ^\circ\text{C} ,$$

$$E_4 = 193 \text{ Па};$$

$$\tau_5 = t_{\text{int}} - \frac{(t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}) \cdot \left(\frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4}\right)}{R_o} = 20 - \frac{(20 + 13,8) \cdot \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,03}{1,92} + \frac{0,155}{0,042} + \frac{0,025}{0,76} + \frac{0,008}{0,17}\right)}{5,592}$$

$$= -13,7 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$E_5 = 188 \text{ Па}$$

3.2. Определяем действительное парциальное давление водяного пара на границах слоев.

Парциальное давление насыщенного водяного пара (Па) при температуре  $t_{\text{ext}} = -13,8^\circ\text{C}$  принимаем по приложению «С» СП 23-101-2004.

$$E_{\text{ext}} = 184 \text{ Па}$$

$$e_{\text{ext}} = \frac{\varphi_{\text{ext}}}{100\%} \cdot E_{\text{ext}} = \frac{82}{100} \cdot 184 = 151 \text{ Па}$$

Сопротивление конструкции покрытия паропрооницанию:

$$R_{\text{vp}} = \frac{\delta_1}{\mu_1} + \frac{\delta_2}{\mu_2} + \frac{\delta_3}{\mu_3} + \frac{\delta_4}{\mu_4} = \frac{0,03}{0,03} + \frac{0,225}{0,015} + \frac{0,025}{0,098} + \frac{0,008}{0,0035} = 18,54 (\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}) / \text{мг} ,$$

$$e_1 = e_{\text{int}} = 1286 \text{ Па}$$

Продолжение приложения 8

$$e_2 = e_{\text{int}} - \frac{(e_{\text{int}} - e_{\text{ext}}) \cdot \left(\frac{\delta_1}{\lambda_1}\right)}{R_{vp}} = 1286 - \frac{(1286 - 151) \cdot \frac{0,03}{1,92}}{18,54} = 1285 \text{ Па}$$

$$e_3 = e_{\text{int}} - \frac{(e_{\text{int}} - e_{\text{ext}}) \cdot \left(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2}\right)}{R_{vp}} = 1286 - \frac{(1286 - 151) \cdot \left(\frac{0,03}{1,92} + \frac{0,225}{0,042}\right)}{18,54} = 957 \text{ Па}$$

$$e_4 = e_{\text{int}} - \frac{(e_{\text{int}} - e_{\text{ext}}) \cdot \left(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3}\right)}{R_{vp}} = 1286 - \frac{(1286 - 151) \cdot \left(\frac{0,03}{1,92} + \frac{0,225}{0,042} + \frac{0,025}{0,76}\right)}{18,54} = 955 \text{ Па}$$

$$e_5 = e_{\text{int}} - \frac{(e_{\text{int}} - e_{\text{ext}}) \cdot \left(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4}\right)}{R_{vp}} = 1286 - \frac{(1286 - 151) \cdot \left(\frac{0,03}{1,92} + \frac{0,225}{0,042} + \frac{0,025}{0,76} + \frac{0,008}{0,17}\right)}{18,54}$$

$$e_5 = 952 \text{ Па}$$

Сравнивая величины максимального парциального давления водяного пара  $E$  и величин действительного парциального давления водяного пара  $e$  на соответствующих границах слоев видим, что, например,  $e_4 = 970$  Па на границе между утеплителем и штукатуркой выше величины  $E_4 = 193$  Па, что указывает на возможность конденсации водяного пара на указанных смежных слоях ограждающей конструкции. Для определения возможности нормальной эксплуатации покрытия необходимо выполнить расчет и оценить количество влаги, поступившей за период влагонакопления, и количества влаги, удаляемой за период высыхания.

#### 4. Расчет количества выпадающего и высыхающего конденсата в толще стены

##### 4.1. Определяем количество конденсата, выпадающего зимой.

За расчетные зимние характеристики принимаем температуру и относительную влажность наружного воздуха, равными средней месячной температуре и средней относительной влажности наиболее холодного месяца по таблицам 3\* и 1\* СНиП 23-01-99\*, соответственно:

$$t_{\text{ext.w}} = -13,8^\circ\text{C};$$

$$\varphi_{\text{ext.w}} = 82 \text{ \%}.$$

Максимальное парциальное давление на границе конденсации для зимнего периода:

$$E_w = E_4 = 193 \text{ Па}$$

Определяем сопротивление паропрооницанию слоев, расположенных между наружной гранью конструкции и границей конденсации:

$$\sum R_{vp,ext} = \frac{\delta_4}{\mu_4} + \frac{\delta_3}{\mu_3} = \frac{0,008}{0,0035} + \frac{0,025}{0,098} = 2,286 + 0,255 = 2,541 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па) / мг}.$$

Продолжение приложения 8

Определяем сопротивление паропроницанию слоев, расположенных между внутренней гранью конструкции и границей конденсации:

$$\sum R_{\text{vp.int}} = \frac{\delta_1}{\mu_1} + \frac{\delta_2}{\mu_2} = \frac{0,03}{0,03} + \frac{0,225}{0,015} = 16,0 (\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}) / \text{мг}.$$

Определяем количество конденсата, выпадающего в течении одного часа:

$$q_{\text{com}} = \frac{e_{\text{int}} - E_w}{\sum R_{\text{vp.int}}} - \frac{E_w - e_{\text{ext}}}{\sum R_{\text{vp.ext}}} = \frac{1286 - 193}{16,0} - \frac{193 - 151}{2,541} = 51,78 \text{ мг} / (\text{м}^2 \cdot \text{ч}).$$

Определяем количество конденсата, выпадающего за расчетный месяц:

$$q_{\text{com.m}} = q_{\text{com}} \cdot 24 \cdot 30 = 51,78 \cdot 24 \cdot 30 = 37282 \text{ мг} / (\text{м}^2 \cdot \text{ч}) = 37,28 \text{ г} / \text{м}^2 \cdot \text{мес}.$$

4.2. Определяем количество конденсата, высыхающего летом.

За расчетные летние характеристики принимаем температуру и относительную влажность наружного воздуха, равную средней месячной температуре и средней относительной влажности наиболее теплого месяца по таблице 3\* и 2\* СНиП 23-01-99, соответственно:

$$t_{\text{ext.s}} = 19,6 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$\varphi_{\text{ext.s}} = 66 \text{ } \%$$

Находим максимальное парциальное давление водяного пара у наружной грани для летнего периода по приложению «С» СП 23-101-2004.

$$E_{\text{ext.s}} = 2281 \text{ Па}$$

Определение действительного парциального давления водяного пара у наружной грани для летнего периода:

$$e_{\text{ext.s}} = \frac{\varphi_{\text{ext.s}} \cdot E_{\text{ext.s}}}{100\%} = \frac{66}{100} \cdot 2281 = 1505,5 \text{ Па}.$$

Определяем температуру на границе конденсации для летнего периода:

$$\tau_5 = t_{\text{int}} - \frac{(t_{\text{int}} - t_{\text{ext.s}}) \cdot \left( \frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} \right)}{R_o} = 20 - \frac{(20 - 19,6) \cdot \left( \frac{1}{8,7} + \frac{0,03}{1,92} + \frac{0,225}{0,042} \right)}{5,592} = 19,6 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Находим максимальное парциальное давление водяного пара на границе конденсации для летнего периода по приложению «С» СП 23-101-2004:

$$E_s = 2281 \text{ Па}$$

Определяем количество конденсата, высыхающего в течении одного часа:

так как  $2281 \text{ Па}$  больше  $e_{\text{ext.s}} = 1505,5 \text{ Па}$  и больше  $e_{\text{int}} = 1286 \text{ Па}$ , то высыхание будет идти как в направлении наружной так и внутренней поверхности покрытия:

$$q_{\text{dry}} = \frac{E_s - e_{\text{int}}}{\sum R_{\text{vp.int}}} + \frac{E_s - e_{\text{ext.s}}}{\sum R_{\text{vp.ext}}} = \frac{2281 - 1286}{16} + \frac{2281 - 1505,5}{2,541} = 367,4 \text{ мг} / (\text{м}^2 \cdot \text{ч})$$

Определение количества конденсата высыхающего за расчетный месяц:

$$q_{\text{dry.m}} = q_{\text{dry}} \cdot 24 \cdot 30 = 367,4 \cdot 24 \cdot 30 = 264528 \text{ мг} / \text{м}^2 \cdot \text{мес} = 264,5 \text{ г} / \text{м}^2 \cdot \text{мес}$$

Окончание приложения 8

4.3. Оценка количества влаги поступающей за период конденсации и количества влаги удаляемой за период высыхания:

*Так как количество влаги, сконденсированной за период конденсации  $q_{\text{com.m}} = 37,28 \text{ г/м}^2$ , меньше количества влаги  $q_{\text{dry.m}} = 264,5 \text{ г/м}^2$ , удаляемой за период высыхания, то опасаться образования конденсата в значительных объемах нет оснований.*