С 11424

ОАО "ЦНИИПРОМЗДАНИЙ"

ВЕТРОЗАЩИТА ИЗ МАТЕРИАЛА «ТАЙВЕК» В МНОГОСЛОЙНЫХ СТЕНАХ И ПОКРЫТИЯХ С ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ МИНЕРАЛО- И СТЕКЛОВАТНЫХ ПЛИТ И МАТОВ

Материалы для проектирования и рабочие чертежи узлов

Шифр М24.13/05

Москва, 2005 г.

gost.e-ecolog.ru

с 11424

ОАО "ЦНИИПРОМЗДАНИЙ"

Добровольная сертификация

Проектная документация сертифицирована.
Сертификат соответствия ГОСТ Р
№ РОСС RU.СР48.С00179

Открытое акционерное общество
"Центральный научно-исследовательский
и проектно-экспериментальный институт
промышленных зданий и сооружений"
ОАО "ЦНИИПромзданий"
127238, Москва, Дмитровское шоссе, 46, корп. 2

ВЕТРОЗАЩИТА ИЗ МАТЕРИАЛА «ТАЙВЕК» В МНОГОСЛОЙНЫХ СТЕНАХ И ПОКРЫТИЯХ С ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ МИНЕРАЛО- И СТЕКЛОВАТНЫХ ПЛИТ И МАТОВ

Материалы для проектирования и рабочие чертежи узлов

Шифр М24.13/05

Открытое акционерное общество "Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт промышленных зданий и сооружений" ОАО "ЦНИИ-Промзданий" г. Москва

Зам. генерального директора С.М. Гликин

Руководитель отдела А.М. Воронин

Москва, 2005 г.

Обозначение документа	Наименование	стр.
	Сертификат	2
М24.13/05-ПЗ	Пояснительная записка	4
	1. Общие положения	4
	2. Применяемые материалы	5
	3. Нормы теплозащиты и данные по толщине теплоизоляции	6
	4. Стены с экранами из плиток	26
	5. Стены с облицовкой из оцинкованных стальных профлистов	28
	6. Покрытия с кровлей из оцинкованных стальных профлистов	28
	7. Ограждающие конструкции мансард и чердаков	30
М24.13/05-1	РАЗДЕЛ 1. Стены с экранами из плиток	33
М24.13/05-2	РАЗДЕЛ 2. Стены с облицовкой из оцинкованных стальных профлистов	55
М24.13/05-3	РАЗДЕЛ 3. Покрытия с кровлей из оцинкованных стальных профлистов	71
М24.13/05-4	РАЗДЕЛ 4. Ограждающие конструкции мансард и чердаков.	78
	ПРИЛОЖЕНИЯ	99
	ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Расчет приведенного сопротивления теплопередаче и температурно-влажностного режима многослойных конструкций стен с вентилируемой воздушной прослойкой.	100
	ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Расчет покрытия с вентилируемой воздушной прослойкой.	115

						М24.13/05	
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		
Зам. ген. дир.		Гликин				Содержание	Стадия: МП; Лист: 1; Листов: 1
Рук. отд.		Воронин					
Инженер		Пешкова					**ОАО ЦНИИПРОМЗДАНИЙ** г. Москва, 2005 г.

СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ГОСТ Р
ГОССТАНДАРТ РОССИИ

Добровольная сертификация

СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ

№ РОСС RU.CP48.C00179

Срок действия с 19.04.2005 по 19.04.2008

ГОССТРОЙ РОССИИ

0434196

ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ

ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ ПРОЕКТНОЙ ПРОДУКЦИИ МАССОВОГО ПРИМЕНЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ – ОС «ГУП ЦПП» № РОСС RU.9001.11СР48 от 11.07.02
127238, Москва, Дмитровское шоссе, д. 46, корп.2, Россия
тел. 482-07-78

ПРОДУКЦИЯ

ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ: «ВЕТРОЗАЩИТА ИЗ МАТЕРИАЛА «ТАЙВЕК» В МНОГОСЛОЙНЫХ СТЕНАХ И ПОКРЫТИЯХ С ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ МИНЕРАЛО- И СТЕКЛОВАТНЫХ ПЛИТ И МАТОВ. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАБОЧИЕ ЧЕРТЕЖИ УЗЛОВ», ШИФР М24.13/05

код ОК 005 (ОКП)

СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ

СНиП 23-02-2003, СНиП 21-01-97* (издание 2004 г.),
СНиП 31-01-2003, СНиП 2.09.04-87* (издание 2001 г.),
СНиП 31-03-2001, СНиП 31-05-2003, СНиП II-26-76

код ТН ВЭД

ИЗГОТОВИТЕЛЬ

ОАО «ЦНИИПРОМЗДАНИЙ»
Россия, 127238, Москва, Дмитровское шоссе, д. 46, корп.2, тел.482-18-23
ИНН 7713006939

СЕРТИФИКАТ ВЫДАН

ОАО «ЦНИИПРОМЗДАНИЙ»

НА ОСНОВАНИИ

экспертного заключения № 371с/05 от 15.04.05, выполненного органом по сертификации проектной продукции массового применения в строительстве № РОСС RU.9001.11СР48 от 11.07.02

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Сертификация по схеме 1
Маркировка проектной документации производится знаком соответствия органа по сертификации «ГУП ЦПП» № РОСС RU.9001.11СР48 в правом верхнем углу титульного листа

Руководитель органа _____ подпись Г. П. Володин инициалы, фамилия

Эксперт _____ подпись Л. А. Кан инициалы, фамилия

Сертификат не применяется при обязательной сертификации

Бланк изготовлен ЗАО «ОПЦИОН» (лицензия № 05-05-09/003 МФ Роскуровень В) тел. (095) 257-2432, 208-7817, г. Москва, 2004 г.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Альбом содержит материалы для проектирования и рабочие чертежи узлов с применением ветро- и гидрозащитных пленок «Tyvek®» («Тайвек») в многослойных стенах и скатных кровлях отапливаемых зданий различного назначения с минерало- или стекловолокнистой теплоизоляцией. Пленки «Тайвек» изготавливают по нетканой технологии фирмой «Du Pont de Nemours (Luxembourg) S.a.r.l.») г. Люксембург.

1.2. Материалы разработаны для следующих условий:

здания одно- и многоэтажные, II – V степени огнестойкости с сухим, нормальным, влажным и мокрым температурно-влажностным режимом для строительства на всей территории страны;

стены – несущие, самонесущие или навесные из кирпича или других каменных материалов, бетона, дерева, металла, с вентиляционным каналом над теплоизоляционным слоем из минерало- и стекловатных плит и матов и защитно-декоративным наружным слоем из профилированного металлического листа или других листовых или штучных материалов;

покрытия – совмещенные или чердачные вентилируемые с указанной выше теплоизоляцией и кровлей из мелкоштучных, волнистых и профилированных листовых материалов, оцинкованной стали и меди;

температура холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 – до минус 55 °С.

1.3. Проектирование следует вести с учетом указаний и ограничений действующих норм:

СНиП 31-01-2003 «Здания жилые многоквартирные»;

СНиП 31-05-2003 «Общественные здания административного назначения»;

СНиП 31-03-2001 «Производственные здания»;

СНиП 2.09.04-87* «Административные и бытовые здания» (изд. 2001);

СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий»;

СНиП 21-01-97* «Пожарная безопасность зданий и сооружений»;

СНиП 23-01-99 «Строительная климатология».

® - зарегистрированный торговый знак компании Дюпон или ее филиалов.

						М24.13/05-ПЗ		
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата			
Зам. ген. дир.		Гликин				Пояснительная записка	Стадия	Лист	Листов
Рук. отд.		Воронин					МП	1	29
Инженер		Пешкова					ОАО ЦНИИПРОМЗДАНИЙ г. Москва, 2005 г.		

2. ПРИМЕНЯЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ

2.1. В качестве ветро- и гидрозащиты теплоизоляции стен и покрытий применяется рулонный материал типа «Тайвек»:

«Тайвек Софт» («Tyvek Soft (1460B)»), «Тайвек Супро» («Tyvek Supro (2506B)»), «Тайвек Хаусрэп» («Tyvek Housewrap (1060B)»), «Тайвек Солид» («Tyvek Solid (2480B)»), на которые получено Техническое свидетельство Госстроя России № ТС-07-0949-04/2. Стеновой материал имеет торговую марку «Тайвек Хаусрэп» («Tyvek Housewrap (1060B)»). Остальные марки рекомендуется применять в кровлях из штучных материалов (все виды черепицы, волнистых листов и т.п.).

2.2. Физико-технические показатели материалов Tyvek.

Согласно Протоколу Независимого испытательного центра пожарной безопасности «АНТИП» № 1-95-97 от 13.08.97 г. по результатам экспериментального определения горючести текстиль «Tyvek» имеет группу горючести Г2 (трудногорючий).

Таблица 1

№ п/п	Показатель	Единица измерения	«Tyvek» марки			
			Soft	Supro	Housewrap	Solid
1	Масса, не менее	г/м^2	58	154	59	76
2	Толщина, не менее	мм	0,14	0,39	0,16	0,19
3	Разрывная нагрузка при растяжении, не менее	кгс/5см	14,5	30,9	31,8	23,3
4	Относительное удлинение	%	11	14	15	11
5	Паропроницаемость за 24 часа	г/м^2	744	606	994	683
6	Водонепроницаемость в течении 10 мин, не менее	кгс/см^2	0,2	0,3	0,2	0,3
7	Прочность на отрыв при закреплении гвоздем с диаметром шляпки 9 мм	кг	4,0	10,7	5,2	6,4
8	Поставка в рулонах:					
	ширина рулона	м	1,5	1,5	1,5/2,8	1,5
	длина рулона	м	5/10	50	50/100	5/10
	масса рулона	кг	4,5/9	12	4,5/9	6/13

2.3. Для теплоизоляции стен и покрытий применяют изделия из гидрофобизированных минераловатных плит марок «Руф Баттс Фасад», «Руф Баттс Н» и «Руф Баттс В» (ТУ 5762-005-45757203-99 изменение №1); П-75, П-125 (ГОСТ 9573-96), ППЖ-200 (ГОСТ 22950-95) и из стеклянного штапельного волокна марок ППС-75 и ПЖС-175, в т.ч. с покровным слоем из стеклоткани или стеклохолста (ГОСТ 10499-78).

2.4. Для утепления мансард применяют следующие теплоизоляционные изделия «URSA®» по ТУ 5763-002-00287697-97:

маты марок М-15, М-15С, М-17. М-17С, М-25, М-25С;

плиты марок П-15, П-15С, П-15Г, П-17, П-17С, П-17Г, П-20, П-20С, П-20Г, П-30, П-30С, П-30Г.

Примечание: изделия с индексом «С» имеют покровный слой из стеклохолста, а с индексом «Г» - гидрофобизированы.

2.4. В качестве пароизоляции рекомендуется применять «Тайвек ВСЛ» СД2» («Tyvek VCL SD2 (8327 АД»). Для проклейки швов применяют двухстороннюю клеящую ленту на бутилкаучуковой основе или лента «Тайвек» на акриловой основе.

3. НОРМЫ ТЕПЛОЗАЩИТЫ И ДАННЫЕ ПО ТОЛЩИНЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ

3.1. Минимальное допустимое сопротивление теплопередаче стен и покрытий зданий различного назначения и разных климатических условий регламентировано СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».

3.2. По назначению рассматриваемые в работе здания образуют четыре группы:

1. Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты;

2. Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые, за исключением помещений с влажным режимом;

3. Производственные с сухим и нормальным режимами;

4. Здания с влажным и мокрым режимами.

3.3. ***При новом строительстве*** необходимая толщина слоя теплоизоляции из минераловатных плит определялась с учетом следующих условий.

В вентилируемых конструкциях стен несущая часть предусмотрена из полнотелого керамического кирпича или камней толщиной 380 мм, а в качестве облицовки могут быть использованы природные плитные материалы, асбестоцементные плоские листы, окрашенные или офактуренные цветной каменной крошкой, плиты керамогранита, стальные и алюминиевые кассеты, керамические блоки и т.п. В зданиях 1 и 2 группы стена с внутренней стороны имеет отделочный штукатурный слой толщиной 20 мм. Коэффициент теплотехнической однородности 0,95, без учета откосов проемов и других теплопроводных включений.

Возможен вариант наружного защитно-декоративного слоя из лицевого кирпича толщиной 120 мм.

В вентилируемых покрытиях несущая часть предусмотрена из сборных железобетонных ребристых плит по серии 1.465.1-21, многопустотных железобетонных плит толщиной 220 мм по ГОСТ 9561-91, монолитного железобетона или металлических профнастилов.

3.4. Необходимая толщина слоя теплоизоляции из минерало- и стекловолокнистых плит для стен и скатных кровель перечисленных выше трех групп приведена, соответственно, в табл. 2 и 2а.

Для зданий с влажным и мокрым режимом толщина теплоизоляции принимается бóльшей из приведенных в табл. 2.

3.5. ***При реконструкции*** толщина слоя дополнительной теплоизоляции определялась с учетом следующих условий:

Стены выполнены из полнотелого керамического кирпича толщиной в зависимости от назначения здания и района строительсва – 380, 510, 640 или 770 мм со штукатуркой 20 мм для зданий 1 и 2 группы и без штукатурки – для зданий 3 группы.

Покрытия имеют существующее сопротивление теплопередаче, равное его значению, определенному по формуле, исходя из санитарно-гигиенических условий для $t_в$=18 °С и $\varphi_в$=55%. Дополнительная теплоизоляция предусматривается по существующему покрытию с учетом кровли.

Необходимая толщина дополнительной теплоизоляции для реконструируемых стен и скатных кровель для первых трех групп зданий и всех областных и республиканских центров страны приведены соответственно в таблицах 2 и 2а.

3.6. Для стен из легкого или монолитного железобетона определяют сопротивление теплопередаче и соответственно корректируется необходимая толщина теплоизоляции. Например, для третьей группы зданий в г. Москве для стены из керамзитобетона γ=1200 кг/м^3 ($\lambda_б$=0,525 Вт/(м·°С)) толщиной 300 мм с существующим сопротивлением теплопередаче $R_{сущ}$ = 1/8,7+0,3/0,52+1/23=0,74 м^2·°С толщина дополнительной теплоизоляции составит:

$\delta = (R_{тр}-R_{сущ}) \times \lambda$; где по табл. 5 $R_{тр}$ =1,9 м^2·°С/Вт;

δ = (1,9-0,74) x 0,06 = 7,0 см.

3.7. Необходимость устройства специального парозащитного слоя определяется расчетом по СНиП 23-02-2003. Пароизоляционный слой располагается между несущим слоем стены или покрытия и слоем эффективной теплоизоляции.

Таблица 2

№ п/п	Город РФ	Условия эксплуатации	Градусо-сутки	Тип помещения	СТЕНЫ			
					Новое строительство		Реконструкция	
					R_o^{mp}, м²·°С/Вт	Толщина теплоизоляции, мм	$R_o^{сущ}$, м²·°С/Вт	Толщина дополнительной теплоизоляции, мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Архангельск	Б	6170	1	3,56	190	0,97	160
			5670	2	2,90	140	0,78	140
				3	2,13	90	0,69	90
2	Астрахань	А	3540	1	2,64	110	0,82	100
			3200	2	2,08	80	0,66	80
				3	1,64	50	0,57	50
3	Анадырь	Б	9500	1	4,72	250	1,13	230
			8900	2	3,87	200	0,93	190
				3	2,76	140	0,81	130
4	Барнаул	А	6120	1	3,54	160	1,12	130
			5680	2	2,90	120	0,91	110
				3	2,13	80	0,8	70
5	Белгород	А	4180	1	2,86	120	0,82	110
			3800	2	2,32	90	0,66	90
				3	1,76	70	0,57	70
6	Благовещенск	Б	6670	1	3,74	200	1,02	180
			6240	2	3,07	150	0,83	140
				3	2,25	100	0,73	100
7	Брянск	Б	4570	1	3,00	150	0,87	140
			4160	2	2,45	110	0,7	110
				3	1,83	80	0,62	80

Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
8	Волгоград	А	3950	1	2,78	120	0,85	110
			3600	2	2,24	80	0,69	80
				3	1,72	50	0,6	60
9	Вологда	Б	5570	1	3,35	180	0,97	150
			5100	2	2,73	130	0,78	130
				3	2,02	90	0,69	90
10	Воронеж	А	4530	1	3,0	130	0,87	120
			4140	2	2,44	90	0,7	90
				3	1,83	70	0,62	70
11	Владимир	Б	5000	1	3,3	160	0,91	150
			4580	2	2,57	130	0,74	110
				3	1,91	80	0,64	80
12	Владивосток	Б	4680	1	3,04	150	0,83	140
			4300	2	2,49	110	0,67	110
				3	1,86	80	0,59	80
13	Владикавказ	А	3410	1	2,59	110	0,72	110
			3060	2	2,02	70	0,58	80
				3	1,61	50	0,50	70
14	Грозный	А	3060	1	2,47	90	0,72	90
			2740	2	1,9	70	0,58	70
				3	1,55	50	0,5	50
15	Екатеринбург	А	5980	1	3,49	160	1,04	130
			5520	2	2,85	120	0,85	110
				3	2,10	80	0,74	80
16	Иваново	Б	5230	1	3,23	160	0,93	150
			4800	2	2,64	130	0,75	110
				3	1,96	80	0,66	90

Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
17	Игарка	Б	9660	1	4,78	260	1,28	230
			9090	2	3,93	200	1,06	180
				3	2,82	140	0,92	130
18	Иркутск	А	6480	1	3,79	170	1,06	150
			6360	2	3,12	130	0,86	110
				3	2,27	90	0,76	80
19	Ижевск	Б	5680	1	3,39	180	1,08	150
			5240	2	2,77	140	0,88	110
				3	20,5	90	0,8	80
20	Йошкар-Ола	Б	5520	1	3,33	160	1,02	150
			5080	2	2,72	130	0,83	110
				3	2,02	90	0,73	80
21	Казань	Б	5420	1	3,30	160	0,98	150
			4990	2	2,70	130	0,8	130
				3	2,0	90	0,7	90
22	Калининград	Б	3650	1	2,68	130	0,72	130
			3260	2	2,10	90	0,58	100
				3	1,65	60	0,5	80
23	Калуга	Б	4810	1	3,08	150	0,89	140
			4400	2	2,52	130	0,72	110
				3	1,88	80	0,63	80
24	Кемерово	А	6540	1	3,69	160	1,12	150
			6080	2	3,02	120	0,91	120
				3	2,21	80	0,8	80
25	Вятка	Б	5870	1	3,45	180	1,0	150
			5400	2	2,82	140	0,82	130
				3	2,08	90	0,71	90

Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
26	Кострома	Б	5300	1	3,25	160	0,97	140
			4860	2	2,66	130	0,78	110
				3	1,97	80	0,69	80
27	Краснодар	А	2680	1	2,34	90	0,74	90
			2380	2	1,75	50	0,59	70
				3	1,48	40	0,52	50
28	Красноярск	А	6340	1	3,62	160	1,13	130
			5870	2	2,96	120	0,93	110
				3	2,17	80	0,81	80
29	Курган	А	5980	1	3,49	150	1,08	130
			5550	2	2,86	120	0,88	110
				3	2,11	80	0,77	70
30	Курск	Б	4400	1	2,95	150	0,87	130
			4040	2	2,41	110	0,7	110
				3	1,80	80	0,62	80
31	Кызыл	А	7880	1	4,16	180	1,26	150
			7430	2	3,43	150	1,06	130
				3	2,49	90	0,64	110
32	Липецк	А	4730	1	3,06	130	0,89	120
			4320	2	2,50	90	0,72	90
				3	1,86	70	0,63	70
33	Магадан	Б	7800	1	4,13	210	0,93	200
			7230	2	3,37	180	0,91	150
				3	2,45	110	0,8	100
34	Махачкала	А	2560	1	2,30	80	0,64	90
			2260	2	1,7	50	0,51	70
				3	1,45	40	0,45	50

Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
35	Москва	Б	4940	1	3,13	150	0,87	140
			4520	2	2,55	130	0,73	110
				3	1,9	80	0,61	80
36	Мурманск	Б	6380	1	3,63	190	0,89	180
			5830	2	2,95	150	0,72	140
				3	2,17	100	0,63	100
37	Нальчик	А	3260	1	2,54	90	0,72	90
			2920	2	1,97	70	0,58	80
				3	1,58	50	0,5	50
38	Нижний Новгород	Б	5180	1	3,21	160	0,97	140
			4750	2	2,63	130	0,78	110
				3	1,95	80	0,67	80
39	Новгород	Б	4930	1	3,13	150	0,89	140
			4490	2	2,55	130	0,72	110
				3	1,9	80	0,63	80
40	Новосибирск	А	6600	1	3,71	160	1,12	150
			6140	2	3,04	120	0,91	120
				3	2,23	80	0,8	80
41	Омск	А	6280	1	3,60	160	1,08	130
			5840	2	2,85	120	0,88	110
				3	2,17	80	0,77	80
42	Оренбург	А	5310	1	3,26	130	0,97	120
			4900	2	2,67	110	0,78	110
				3	1,98	70	0,69	70

Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
43	Орел	Б	4650	1	3,03	150	0,87	140
			4250	2	2,48	110	0,7	110
				3	1,85	80	0,62	80
44	Пенза	А	5070	1	3,17	130	0,94	120
			4660	2	2,60	110	0,75	110
				3	1,93	70	0,66	70
45	Пермь	Б	5930	1	3,48	180	1,05	150
			5470	2	2,84	140	0,84	130
				3	2,09	90	0,75	90
46	Петрозаводск	Б	5540	1	3,34	160	0,94	150
			5060	2	2,85	140	0,75	140
				3	2,10	90	0,66	90
47	Петропавловск-Камчатский	Б	4760	1	3,07	150	0,76	150
			4250	2	2,48	110	0,61	110
				3	1,85	80	0,53	90
48	Псков	Б	4580	1	3,0	150	0,87	140
			4160	2	2,45	110	0,7	110
				3	1,83	80	0,62	80
49	Ростов-на-Дону	А	3520	1	2,63	110	0,83	90
			3180	2	2,07	70	0,64	80
				3	1,64	50	0,55	50
50	Рязань	Б	4890	1	3,11	160	0,89	140
			4470	2	2,54	130	0,72	110
				3	1,90	80	0,64	80

Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
51	Самара	Б	5110	1	3,19	160	0,95	140
			4710	2	2,61	130	0,77	110
				3	1,94	80	0,68	80
52	Санкт-Петербург	Б	4800	1	3,08	150	0,87	140
			4360	2	2,51	110	0,7	110
				3	1,87	80	0,62	80
53	Саранск	А	5120	1	3,19	130	0,95	120
			4700	2	2,61	110	0,77	110
				3	1,94	70	0,68	70
54	Саратов	А	4760	1	3,07	130	0,89	120
			4370	2	2,51	90	0,72	90
				3	1,87	70	0,64	70
55	Салехард	Б	9170	1	4,61	250	1,17	210
			8590	2	3,78	200	0,96	180
				3	2,72	130	0,85	110
56	Смоленск	Б	4820	1	3,09	150	0,87	140
			4400	2	2,52	130	0,7	110
				3	1,88	80	0,62	80
57	Ставрополь	А	3210	1	2,52	90	0,74	90
			2880	2	1,95	70	0,59	80
				3	1,58	50	0,52	50
58	Сыктывкар	Б	6320	1	3,61	190	1,06	160
			5830	2	2,95	150	0,86	130
				3	2,17	90	0,76	90
59	Тамбов	А	4760	1	3,07	130	0,91	120
			4360	2	2,51	90	0,73	90
				3	1,87	70	0,66	70

Продолжение табл 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
60	Тверь	Б	5010	1	3,15	160	0,93	140
			4580	2	2,57	130	0,75	110
				3	1,92	80	0,66	80
61	Томск	Б	6700	1	3,75	200	1,13	160
			6230	2	3,07	150	0,93	140
				3	2,25	100	0,82	90
62	Тула	Б	4760	1	3,07	150	0,89	140
			4350	2	2,50	130	0,72	110
				3	1,87	80	0,64	80
63	Тюмень	А	6120	1	3,54	160	1,08	130
			5670	2	2,90	120	0,88	110
				3	2,13	80	0,78	80
64	Ульяновск	А	5380	1	3,29	130	0,97	130
			4960	2	2,69	110	0,78	110
				3	1,99	70	0,69	70
65	Улан-Удэ	А	7200	1	3,92	170	1,08	160
			6730	2	3,22	130	0,88	130
				3	2,35	90	0,78	80
66	Уфа	А	5520	1	3,33	150	1,04	90
			5090	2	2,73	110	0,84	110
				3	2,02	70	0,75	70
67	Хабаровск	Б	6180	1	3,56	190	0,97	160
			5760	2	2,93	140	0,78	140
				3	2,15	90	0,68	90
68	Чебоксары	Б	5400	1	3,29	160	0,98	150
			4970	2	2,70	130	0,8	130
				3	2,00	90	0,71	80

Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
69	Челябинск	А	5780	1	3,43	170	1,02	130
			5340	2	2,80	120	0,83	110
				3	2,07	80	0,73	90
70	Чита	А	7600	1	4,06	180	1,1	160
			7120	2	3,34	150	0,89	130
				3	2,42	90	0,79	90
71	Элиста	А	3670	1	2,68	110	0,82	110
			3320	2	2,13	80	0,66	80
				3	1,66	50	0,58	50
72	Южно-Сахалинск	Б	5590	1	3,36	180	0,83	160
			5130	2	2,74	130	0,67	130
				3	2,03	90	0,59	90
73	Якутск	А	10400	1	5,04	240	1,42	200
			9900	2	4,17	180	1,17	160
				3	2,98	120	1,03	110
74	Ярославль	Б	5300	1	3,26	160	0,97	140
			4860	2	2,66	130	0,78	110
				3	1,97	80	0,69	80

Таблица 2а

№ п/п	Город РФ	Условия эксплуатации	Градусо-сутки	Тип помещения	СКАТНЫЕ КРОВЛИ			
					Новое строительство		Реконструкция	
					R_o^{mp}, м²·°С/Вт	Толщина теплоизоляции, мм	$R_o^{сущ}$, м²·°С/Вт	Толщина дополнительной теплоизоляции, мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Архангельск	Б	6170	1	5,29	300	1,48	230
			5670	2	3,86	220	1,03	170
				3	2,91	160	0,78	130
2	Астрахань	А	3540	1	3,97	190	1,25	140
			3200	2	2,88	130	0,86	100
				3	2,30	100	0,66	90
3	Анадырь	Б	9500	1	6,95	400	1,74	300
			8900	2	5,16	290	1,22	240
				3	3,72	200	0,93	170
4	Барнаул	А	6120	1	5,26	250	1,71	190
			5680	2	3,87	180	1,20	140
				3	2,92	140	0,91	100
5	Белгород	А	4180	1	4,29	200	1,25	150
			3800	2	3,12	130	0,86	110
				3	2,45	110	0,66	90
6	Благовещенск	Б	6670	1	5,54	300	1,57	240
			6240	2	4,10	230	1,09	180
				3	3,06	170	0,83	130
7	Брянск	Б	4570	1	4,49	250	1,33	190
			4160	2	3,26	180	0,92	140
				3	2,54	130	0,70	110

Продолжение табл.2а

1	2	3	4	5	6	7	8	9
8	Волгоград	А	3950	1	4,17	200	1,31	150
			3600	2	3,04	140	0,90	110
				3	2,40	100	0,69	90
9	Вологда	Б	5570	1	4,98	280	1,48	220
			5100	2	3,64	200	1,03	160
				3	2,77	140	0,78	120
10	Воронеж	А	4530	1	4,47	210	1,33	200
			4140	2	3,26	150	0,92	130
				3	2,53	110	0,70	100
11	Владимир	Б	5000	1	4,70	260	1,39	200
			4580	2	3,43	190	0,97	140
				3	2,64	140	0,74	120
12	Владивосток	Б	4680	1	4,54	250	1,28	190
			4300	2	3,32	180	0,88	140
				3	2,57	130	0,67	120
13	Владикавказ	А	3410	1	3,91	190	1,10	150
			3060	2	2,82	130	0,76	100
				3	2,26	100	0,58	90
14	Грозный	А	3060	1	3,73	180	1,10	140
			2740	2	2,70	130	0,76	100
				3	2,18	100	0,58	90
15	Екатеринбург	А	5980	1	5,19	250	1,60	190
			5520	2	3,81	180	1,11	140
				3	2,88	130	0,85	100
16	Иваново	Б	5230	1	4,82	260	1,42	200
			4800	2	3,52	190	0,99	160
				3	2,70	140	0,75	120

Продолжение табл.2а

1	2	3	4	5	6	7	8	9
17	Игарка	Б	9660	1	7,03	380	1,97	290
			9090	2	5,24	290	1,39	220
				3	3,77	200	1,06	170
18	Иркутск	А	6480	1	5,62	280	1,62	200
			6360	2	4,16	200	1,13	150
				3	3,10	140	0,86	110
19	Ижевск	Б	5680	1	5,04	290	1,65	290
			5240	2	3,70	200	1,16	160
				3	2,81	140	0,88	120
20	Йошкар-Ола	Б	5520	1	4,96	280	1,57	200
			5080	2	3,63	190	1,09	160
				3	2,77	140	0,83	140
21	Казань	Б	5420	1	4,91	280	1,51	280
			4990	2	3,60	190	1,05	190
				3	2,75	140	0,80	120
22	Калининград	Б	3650	1	4,03	220	1,10	180
			3260	2	2,90	160	0,76	130
				3	2,31	120	0,58	110
23	Калуга	Б	4810	1	4,61	250	1,36	250
			4400	2	3,36	180	0,95	140
				3	2,60	130	0,72	110
24	Кемерово	А	6540	1	5,48	260	1,71	190
			6080	2	4,03	190	1,20	150
				3	3,02	140	0,91	110
25	Вятка	Б	5870	1	5,13	290	1,54	220
			5400	2	3,76	200	1,07	160
				3	2,85	160	0,82	120

Продолжение табл.2а

1	2	3	4	5	6	7	8	9
26	Кострома	Б	5300	1	4,85	270	1,42	200
			4860	2	3,53	190	1,03	160
				3	2,71	150	0,78	120
27	Краснодар	А	2680	1	3,54	170	1,13	130
			2380	2	2,56	120	0,78	90
				3	2,10	90	0,59	80
28	Красноярск	А	6340	1	5,37	260	1,74	190
			5870	2	3,95	190	1,22	140
				3	2,97	140	0,93	110
29	Курган	А	5980	1	5,20	250	1,65	190
			5550	2	3,82	180	1,16	140
				3	2,88	130	0,88	110
30	Курск	Б	4400	1	4,42	240	1,33	180
			4040	2	3,21	170	0,92	140
				3	2,51	140	0,70	110
31	Кызыл	А	7880	1	6,14	300	1,97	210
			7430	2	4,57	210	1,39	170
				3	3,35	150	1,06	120
32	Липецк	А	4730	1	4,57	210	1,36	170
			4320	2	3,33	150	0,95	130
				3	2,58	120	0,72	110
33	Магадан	Б	7800	1	6,10	340	1,71	260
			7230	2	4,49	250	1,20	190
				3	3,48	190	0,91	160
34	Махачкала	А	2560	1	3,33	150	0,99	130
			2260	2	2,50	120	0,67	110
				3	2,06	90	0,51	80

Продолжение табл.2а

1	2	3	4	5	6	7	8	9
35	Москва	Б	4940	1	4,67	260	1,33	200
			4520	2	3,41	180	0,92	150
				3	2,63	140	0,70	120
36	Мурманск	Б	6380	1	5,39	300	1,36	240
			5830	2	3,93	210	0,95	180
				3	2,96	160	0,72	140
37	Нальчик	А	3260	1	3,83	180	1,10	140
			2920	2	2,78	130	0,76	110
				3	2,24	110	0,58	100
38	Нижний Новгород	Б	5180	1	4,80	260	1,45	200
			4750	2	3,50	190	1,01	150
				3	2,69	150	0,77	120
39	Новгород	Б	4930	1	4,67	260	1,36	200
			4490	2	3,40	180	0,95	150
				3	2,63	140	0,72	120
40	Новосибирск	А	6600	1	5,50	260	1,71	200
			6140	2	4,06	190	1,20	150
				3	3,04	140	0,91	120
41	Омск	А	6280	1	5,39	260	1,65	190
			5840	2	3,94	190	1,16	140
				3	2,96	140	0,88	120
42	Оренбург	А	5310	1	4,85	220	1,48	180
			4900	2	3,56	160	1,03	130
				3	2,73	130	0,78	110

Продолжение табл.2а

1	2	3	4	5	6	7	8	9
43	Орел	Б	4650	1	4,53	250	1,33	190
			4250	2	3,30	180	0,92	150
				3	2,56	140	0,70	110
44	Пенза	А	5070	1	4,74	230	1,42	180
			4660	2	3,46	170	0,99	130
				3	2,66	120	0,75	110
45	Пермь	Б	5930	1	5,15	280	1,60	220
			5470	2	3,81	200	1,11	170
				3	2,88	160	0,85	120
46	Петрозаводск	Б	5540	1	4,97	270	1,42	220
			5060	2	3,62	190	0,99	160
				3	2,53	140	0,75	110
47	Петропавловск-Камчатский	Б	4760	1	4,58	250	1,16	200
			4250	2	3,30	180	0,80	160
				3	2,56	140	0,61	120
48	Псков	Б	4580	1	4,49	250	1,33	190
			4160	2	3,26	180	0,92	140
				3	2,54	130	0,70	110
49	Ростов-на-Дону	А	3520	1	3,96	190	1,22	140
			3180	2	2,87	130	0,84	100
				3	2,29	100	0,64	90
50	Рязань	Б	4890	1	4,65	260	1,36	190
			4470	2	3,39	180	0,95	140
				3	2,62	130	0,72	120

Продолжение табл.2а

1	2	3	4	5	6	7	8	9
51	Самара	Б	5110	1	4,76	260	1,45	200
			4710	2	3,78	190	1,01	140
				3	2,68	140	0,77	120
52	Санкт-Петербург	Б	4800	1	4,60	250	1,33	190
			4360	2	3,34	180	0,92	140
				3	2,59	130	0,70	110
53	Саранск	А	5120	1	4,76	230	1,45	180
			4700	2	3,48	160	1,01	130
				3	2,62	130	0,77	100
54	Саратов	А	4760	1	4,58	210	1,36	160
			4370	2	3,34	150	0,95	130
				3	2,59	110	0,72	100
55	Салехард	Б	9170	1	6,78	380	1,78	300
			8590	2	5,04	290	1,26	230
				3	3,65	200	0,96	160
56	Смоленск	Б	4820	1	4,61	250	1,33	190
			4400	2	3,36	180	0,92	140
				3	2,60	130	0,70	120
57	Ставрополь	А	3210	1	3,80	180	1,13	140
			2880	2	2,75	130	0,78	100
				3	2,22	100	0,59	90
58	Сыктывкар	Б	6320	1	5,37	300	1,62	230
			5830	2	3,95	220	1,13	170
				3	2,97	160	0,86	130
59	Тамбов	А	4760	1	4,58	210	1,39	160
			4360	2	3,35	150	0,97	130
				3	2,59	110	0,74	100

Продолжение табл.2а

1	2	3	4	5	6	7	8	9
60	Тверь	Б	5010	1	4,70	260	1,42	190
			4580	2	3,43	180	0,99	140
				3	2,64	140	0,75	110
61	Томск	Б	6700	1	5,55	350	1,74	230
			6230	2	4,09	230	1,22	170
				3	3,09	170	0,93	130
62	Тула	Б	4760	1	4,58	250	1,36	190
			4350	2	3,33	190	0,95	140
				3	2,58	130	0,72	110
63	Тюмень	А	6120	1	5,26	250	1,65	190
			5670	2	3,87	180	1,16	140
				3	2,92	140	0,88	100
64	Ульяновск	А	5380	1	4,90	240	1,48	180
			4960	2	3,58	160	1,03	130
				3	2,69	130	0,78	100
65	Улан-Удэ	А	7200	1	5,80	280	1,65	210
			6730	2	4,29	200	1,16	160
				3	3,18	150	0,88	110
66	Уфа	А	5520	1	4,96	240	1,60	180
			5090	2	3,64	160	1,11	130
				3	2,78	130	0,95	100
67	Хабаровск	Б	6180	1	5,30	300	1,48	230
			5760	2	3,90	220	1,03	170
				3	2,94	160	0,78	130
68	Чебоксары	Б	5400	1	4,90	280	1,51	200
			4970	2	3,60	190	1,05	160
				3	2,75	140	0,80	120

Продолжение табл.2а

1	2	3	4	5	6	7	8	9
69	Челябинск	А	5780	1	5,10	240	1,57	180
			5340	2	3,74	180	1,09	140
				3	2,84	130	0,83	100
70	Чита	А	7600	1	6,0	290	1,68	230
			7120	2	4,45	210	1,18	160
				3	3,28	150	0,90	130
71	Элиста	А	3670	1	4,04	190	1,25	140
			3320	2	2,93	140	0,86	100
				3	2,33	100	0,66	90
72	Южно-Сахалинск	Б	5590	1	4,99	280	1,28	230
			5130	2	3,65	200	0,88	170
				3	2,78	140	0,67	130
73	Якутск	А	10400	1	7,40	370	2,18	260
			9900	2	5,56	260	1,53	210
				3	3,98	190	1,17	150
74	Ярославль	Б	5300	1	4,85	280	1,48	200
			4860	2	3,54	190	1,03	160
				3	2,72	140	0,76	120

4. СТЕНЫ С ЭКРАНОМ ИЗ ПЛИТОК

4.1. Решения стен с вентилируемой воздушной прослойкой разработан на примере материалов фирмы «КЕМОПЛАСТ» и имеют технические свидетельства: ТС-07-0754-03/2; ТС-07-1013-04.

4.2. Стены с вентилируемой воздушной прослойкой включают несущую часть, выполненную из полнотелого керамического кирпича, бетонных блоков или из монолитного железобетона, металлический каркас, теплоизоляционный слой из минерало- или стекловолокнистых плит, ветрозащитную пленку и облицовочные плитки.

4.3. Каркас состоит из кронштейнов, Т-образного и L-образного вертикального профиля и кляммеров для закрепления облицовки.

4.4. Кронштейны и профили, а также кляммеры для крепления плит облицовки должны изготавливаться из нержавеющей или оцинкованной стали. Толщина прижимов кляммеров должна составлять не менее 1 мм, ширина прижима - не менее 10 мм.

4.5. Кронштейн вилочного типа с максимальным вылетом от 40 до 300 мм с шагом 20 мм.

4.6. Шаг кронштейнов по горизонтали рекомендуется принимать равным 600 мм, а по вертикали не менее 1400 мм.

4.7. Кронштейны крепят к несущей части стены анкерными дюбелями, число которых определяется расчетом, исходя из величины ветровой нагрузки и веса облицовки с каркасом.

4.8. Стандартная длина Т-образного профиля составляет 3000мм. Направляющие закрепляют к кронштейнам самонарезающими винтами. При этом свободный конец направляющей от места закрепления к кронштейну не должен превышать 300 мм.

4.9. Стык направляющих по вертикали осуществляется с помощью вставок. При этом между направляющими предусматривается зазор в 8÷10 мм.

4.10 При скрытом креплении материалов облицовочного слоя после установки в проектное положение вертикальных направляющих к ним крепят на заклепках горизонтальные направляющие.

4.11. Минераловатные плиты теплоизоляции крепят к несущей части стены тарельчатыми дюбелями. Схема установки плит теплоизоляции и тарельчатых дюбелей представлена на чертеже М24.13/05-1.2.

4.12. При открытом креплении облицовочных плит кляммеры располагаемые с шагом, соответствующим размеру облицовочных плит, крепят к направляющему профилю на заклепках. При этом конструкция кляммера определяет величину горизонтального зазора между плитами облицовки равную 4 мм. Вертикальный зазор между плитами также принимается равным 4 мм.

4.13. При скрытом креплении на плитах облицовки для их навески на горизонтальные направляющие устанавливают опорные элементы. Опорный элемент крепится посредством самозапирающейся втулки, которая вставляется в предварительно рассверленное в плите отверстие

4.14. Фиксация плит в проектном положении обеспечивается по вертикали регулировочным винтом опорного элемента, а по горизонтали – посредством свободного перемещения опорного элемента вдоль горизонтальной направляющей.

4.15. При облицовочном слое из металлических кассет перед их установкой внутрь Т-образного профиля вставляют салазки имеющие поперечный штифт. Салазки крепят к направляющим двумя заклепками.

4.16. После навески на штифты кассету выравнивают согласно проектному положению и крепят заклепками через верхний отгиб кассеты к направляющим.

4.17. Для ветро- и гидрозащиты минерало- и стекловолокнистого утеплителя в системах с вентилируемым фасадом рекомендуется применять пленку марки «Tyvek® Housewrap», возможно также применение «Tyvek® Solid» и «Tyvek® Supro».

4.18. Монтаж материала «Tyvek®» осуществляется непосредственно на поверхность утеплителя в соответствии со схемой.

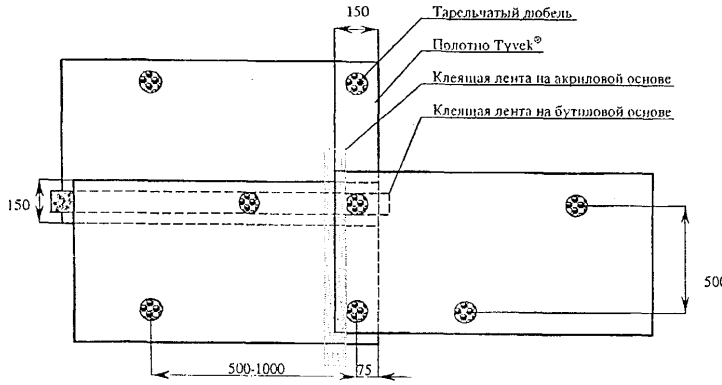


СХЕМА ЗАКРЕПЛЕНИЯ МАТЕРИАЛА «ТАЙВЕК»

Материал «Tyvek®» допускается устанавливать любой стороной к утеплителю, однако для модификаций «Tyvek® Solid» и «Tyvek® Supro» рекомендуется монтировать белой (без маркировки) стороной к утеплителю для достижения максимально положительного эффекта.

4.19. Материал раскладывают с натягом по поверхности утеплителя горизонтально или вертикально и фиксируют тарельчатыми дюбелями к стене. Количество дюбелей, рекомендованное для крепления, не менее 3-х на 1 м^2. Теплоизоляционные плиты рекомендуется сначала зафиксировать минимальным количеством дюбелей, далее раскатывают полотно «Тайвек» и оба материала окончательно фиксируют необходимым количеством дюбелей. Минимальное расстояние дюбелей от края полотна не менее 70 мм. Нахлестка полотен «Tyvek®» составляет 150 мм.

4.20. В местах нахлестки полотен, а также в местах расположения тарельчатых дюбелей допускается проклейка клеящими лентами на бутиловой или акриловой основе с целью увеличения эффективности системы. В случае разрыва полотна возможна проклейка аналогичными лентами.

4.21. При применении материала «Tyvek® Housewrap» возможны акустические хлопки, если мембрана не натянута. Для устранения такого эффекта рекомендуется применять модификации «Tyvek® Solid» или «Tyvek® Supro» или устанавливать «Tyvek® Housewrap» без провисания.

4.22. В оконных и дверных проемах полотна «Tyvek®» приклеивают клеящими лентами на бутиловой или акриловой основе.

4.23. Материал «Tyvek®» устойчив к ультрафиолетовому излучению солнца и намоканию, и может применяться в температурном диапазоне – 73 °С … + 100 °С, однако не рекомендуется оставлять фасад, обтянутый полотном «Tyvek®», в открытом состоянии более 4 месяца.

5. СТЕНЫ С ОБЛИЦОВКОЙ ИЗ ОЦИНКОВАННЫХ СТАЛЬНЫХ ПРОФЛИСТОВ

5.1. В работе приведены стены из стального профнастила послойной сборки или из предварительно собираемых трехслойных металлических панелей.

5.2. Узлы примыкания листа наружной обшивки к цоколю и карнизу (парапету) обеспечивают вентиляцию гофров и, таким образом, предохранение теплоизоляции от возможного увлажнения. Ветрозащитный диффузионно-гидроизоляционный слой из мембраны «Тайвек» выполняют в соответствии с п. 4.11.

5.3. Толщину теплоизоляции из минерало- или стекловатных плит принимают по табл. 5.

5.4. Сортамент листа приведен в ГОСТе 24045-94 «Профили стальные листовые гнутые с трапециевидными гофрами для строительства. Технические условия».

6. ПОКРЫТИЯ С КРОВЛЕЙ ИЗ ОЦИНКОВАННЫХ СТАЛЬНЫХ ПРОФЛИСТОВ

6.1. В качестве кровельных листов рекомендуется применять в “перевернутом положении” профили стальные гнутые с высотой гофра не менее 44 мм с цинковым, алюмоцинковым или алюминиевым покрытием и защитно-декоративным лакокрасочным покрытием.

6.2. Наиболее целесообразно кровлю из металлических профлистов применять в зданиях с длиной ската до 12 м.

При большей длине ската и уклоне кровли более 10 % профлист должен устанавливаться с величиной нахлестки вдоль ската не менее 200 мм и с обязательной герметизацией продольной нахлестки, а при уклонах менее 10 % – с величиной нахлестки не менее 300 мм и герметизацией мест продольной и поперечной нахлесток.

6.3. В утепленных покрытиях для разрыва "мостиков холода" между верхней полкой дистанционного прогона и профлистом должны быть установлены прокладки из бакелизированной фанеры толщиной 10 мм, окрашенные пентафталевыми, или хлорвиниловыми эмалями за 2 раза, или для дистанционного прогона использован термопрофиль. В качестве противоветрового барьера рекомендуется использовать рулонный ветрозащитный диффузионно-гидроизоляционный материал "Tyvek Soft", "Tyvek Solid", "Tyvek Supro".

6.4. Примыкание кровли из металлического профлиста к стенам следует осуществлять с устройством фартуков из оцинкованной стали толщиной 0,8 мм, окрашенной с обеих сторон. Крепление их выполняется на заклепках, а между собой одинарным лежачим фальцем. Коньковый и карнизный фасонные элементы, а также фартуки для отделки пропусков через кровлю должны иметь "гребенку" по форме поперечного сечения металлического профлиста.

6.5. При кровлях из стальных профилированных листов работы ведут в следующей последовательности:

- к прогонам покрытия несущий профилированный настил закрепляют самонарезающими винтами В6х25 (ТУ 36-2042-78), устанавливаемыми в каждый гофр (впадину) профиля к крайним и коньковым прогонам; на промежуточных опорах закрепление производят с шагом через гофр. Шаг прогонов 1,5 – 3,0 м.

- в продольном направлении соединение профнастилов между собой выполняют на заклепках ЗК – 12 (ТУ 36-2088-78) с шагом 250 мм;

- перпендикулярно гофрам с нахлесткой полотнищ на 100 мм раскатывают пленку «Тайвек ВСЛ СД2», заводя ее во второй и третий гофр каждого профлиста для установки опорных элементов с шагом 750 мм;

- опорные элементы закрепляют к прогонам двумя самонарезающими винтами в каждую "лапку";

- дистанционные прогоны закрепляют к опорным элементам через термовкладыш из бакелизированной фанеры двумя самонарезающими винтами;

- теплоизоляцию из плит или матов выполняют заподлицо с дистанционными прогонами с перевязкой стыков нижнего слоя верхними плитами;

- под опорные элементы и дистанционные прогоны укладывают доборные вкладыши из этих же плит;

- по плитам расстилают пленку «Тайвек», начиная от пониженных участков покрытия, с нахлесткой полотнищ равной 110 ... 150 мм (см. п. 4.11).

- профилированные листы кровли закрепляют к дистанционным прогонам самонарезающими винтами В6х80 с шайбой и уплотнителем из герметизирующей ленты в каждый гофр (гребень) на карнизных и коньковых прогонах; с шагом через гофр – на промежуточных прогонах;

- для увеличения жесткости продольных кромок кровельных профлистов на дистанционный прогон под накрываемый гофр листа устанавливается элемент жесткости;

- между собой в продольном направлении кровельные профлисты соединяют на заклепках после нанесения на накрываемую кромку герметика. Отверстия в заклепках также промазывают герметиком. Перед нанесением герметизирующих мастик поверхности должны быть обеспылены и обезжирены бензином (ГОСТ 443-76* или ГОСТ 3134-78*).

7. ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ МАНСАРД И ЧЕРДАКОВ

7.1. Несущие конструкции мансард могут быть выполнены из дерева или стали марок С235, С245, С255, С345 по ГОСТ 27772-88*.

7.2. В поперечнике несущие конструкции мансард представляют собой раму. Шаг рам и сечения элементов определяются статическим расчетом.

7.3. Соединения металлоконструкций предусматривается на сварке и монтажных болтах или на постоянных болтах.

7.4. Сечения узловых элементов и величина сварных швов определяются расчетом.

7.5. Деревянные несущие конструкции следует выполнять из пиломатериалов хвойных пород по ГОСТ 8486-86*.

7.6. Для изготовления настилов и обрешетки применяется древесина 3 сорта, а для несущих элементов стропильной системы (стропил, мауэрлатов, прогонов, стоек, подкосов, связей) – древесина 2 сорта.

7.7. Соединения деревянных элементов несущих конструкций предусмотрены гвоздевыми с прямой расстановкой гвоздей или расположением их в шахматном порядке.

7.8. Для устройства деревянных несущих конструкций должны применяться элементы с глубокой антипиреновой пропиткой.

7.9. Огнезащитная облицовка стальных и деревянных несущих конструкций предусмотрена гипсокартонными листами марок ГКЛО или ГКЛВО (ГОСТ 6266-97), а также гипсоволокнистыми листами марок ГВЛ и ГВЛВ (ГОСТ Р 51829).

7.10. Устройство огнезащитной облицовки несущих стальных и деревянных конструкций следует выполнять в соответствии с указаниями СП 55-101-2000 и СП 55-102-2001.

7.11. Кровлю мансард рекомендуется выполнять из кровельной стали, мягкой черепицы, керамической или цементно-песчаной черепицы и других материалов. При этом во избежании образования конденсата в конструкции покрытия должен быть предусмотрен вентиляционный канал (табл. 3).

7.12. Для естественного освещения мансардных помещений в ограждающие конструкции встраивают мансардные окна.

7.13. В зависимости от расположения теплоизоляции и ветро- гидроизоляционной пленки «Тайвек» различают следующие конструктивные решения (см. табл. 7):

- толщина теплоизоляции меньше высоты стропила, диффузионно-гидроизоляционная пленка располагается с провисом и образованием двух каналов вентиляционного зазора, в этом случае для утеплителя крыш мансарды необходимо применять маты с плотностью 15 … 25 кг/м^3 или плиты с плотностью 15 … 30 кг/м^3 слоем пленки «Tyvek®»;

- толщина теплоизоляции равна высоте стропила, ветрозащитная диффузионно-гидроизоляционная пленка располагается на поверхности теплоизоляции с образованием над нею одноканального вентиляционного зазора; в этом случае для утепления кровли мансарды применяют теплоизоляционные изделия без покровного (ветрозащитного) слоя;

- толщина теплоизоляции больше высоты стропила; в этом случае дополнительный слой теплоизоляции может быть расположен снизу между поперечными потолочными брусками либо между брусками контробрешетки, высота которых равна толщине дополнительной теплоизоляции (при реконструкции крыши).

7.14. Для создания дополнительного барьера от проникновения влаги в помещение через кровлю, а также для встро- и гидрозащиты теплоизоляции в мансардах рекомендуется применять Tyvek® Soft, Tyvek® Solid или Tyvek® Supro. Данные материалы рекомендуются к применению со всеми видами кровельных материалов перечисленных в табл. 7.

7.15. Материал Tyvek® допускается устанавливать любой стороной, однако приклейку модификаций Tyvek® Solid или Tyvek® Supro рекомендуется монтировать белой (без маркировки) стороной внутрь для достижения максимально положительного эффекта. Материал раскатывают параллельно или перпендикулярно стропилам. Сверху материал «Тайвек» прижимается к стропилам или обрешетке контробрешеткой. Для фиксации пленки применяются шиферные гвозди. Не допускается применять скобы или гвозди без установленной деревянной рейки поверх мембраны. Возможен монтаж, как по поверхности утеплителя, так и с зазором. Для достижения максимального эффекта рекомендуется укладывать Tyvek® непосредственно на утеплитель, однако при таком монтаже обязательна полная пароизоляция мансарды; при отсутствии пароизоляции или наличии в ней щелей или отверстий возможно намокание или намерзание льда в утеплителе или на внутренней поверхности Tyvek® в зимний период. Для холодных чердаков также рекомендуется применение материала Tyvek® с целью снижения эффекта выноса тепла из здания.

Нахлестку полотен Tyvek® принимают в зависимости от уклона кровли по табл. 4.

Таблица 4

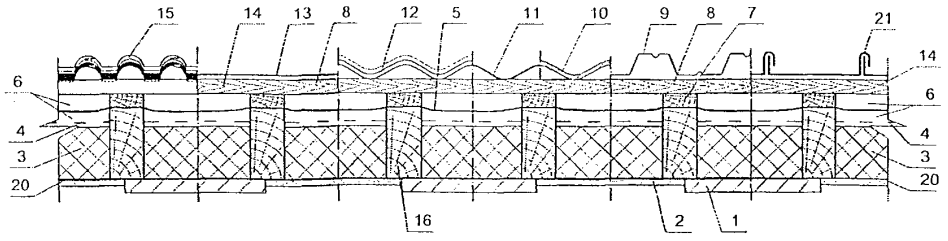
Угол наклона кровли, °	Горизонтальная нахлестка, мм	Вертикальная нахлестка, мм
12,5 ° – 14 °	225	100
15 ° – 34 °	150	100
34 ° и более	100	100

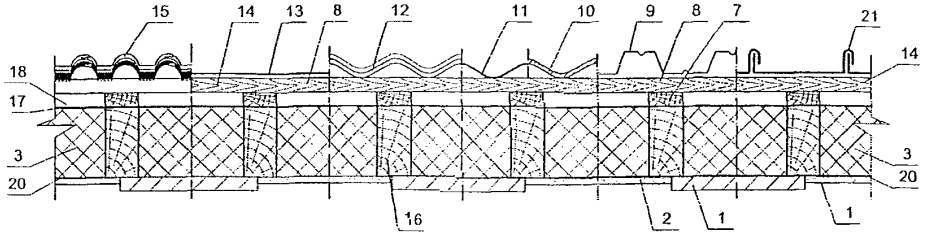
При углах наклона кровли менее 12,5 ° применение «Тайвека» не рекомендуется.

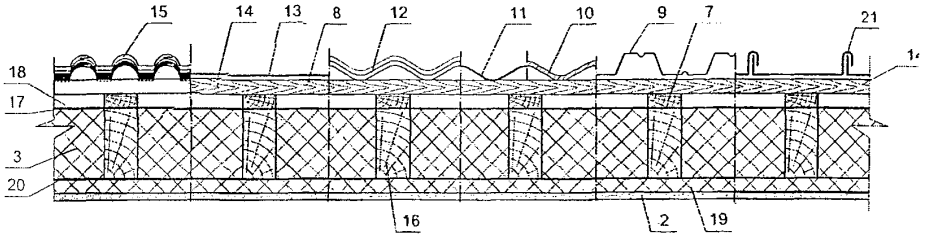
В местах нахлесток полотен, а также местах креплений с целью увеличения эффективности системы допускается проклейка скотчами на бутиловой или акриловой основе. В случае разрыва полотен возможна проклейка аналогичными скотчами. В оконных проемах Tyvek® проклеиваются скотчами на бутиловой или акриловой основе.

Таблица 3

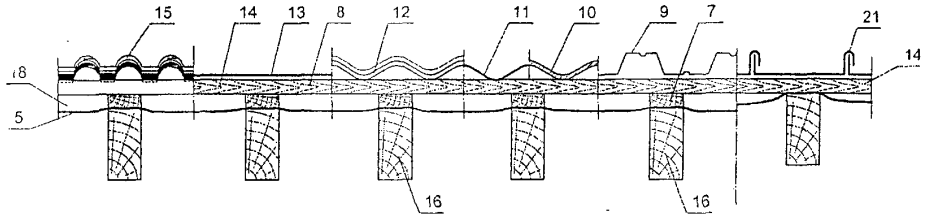
Кровля мансард







Кровля «холодного» чердака



Условные обозначения: 1 – железобетонная плита, в т.ч. монолитная; 2 – гипсокартон; 3 – теплоизоляция; 4 – ветрозащитный слой («Тайвек» по утеплителю); 5 – диффузионно-гидроизоляционная пленка «Тайвек»; 6 – двухканальный вентиляционный зазор; 7 – контробрешетка; 8 – обрешетка; 9 – профнастил; 10 – волнистый асбестоцементный лист; 11 – битумный волнистый лист; 12 – металлочерепица; 13 – гибкая (битумная) черепица; 14 – сплошной деревянный настил; 15 – цементно-песчаная черепица; 16 – стропило; 17 – ветрозащитная диффузионно-гидроизоляционная пленка «Тайвек»; 18 – одноканальный вентиляционный зазор; 19 – теплоизоляция; 20 – пароизоляция; 21 – листовая кровля (оцинкованная кровельная сталь, медь, цинк-титан).

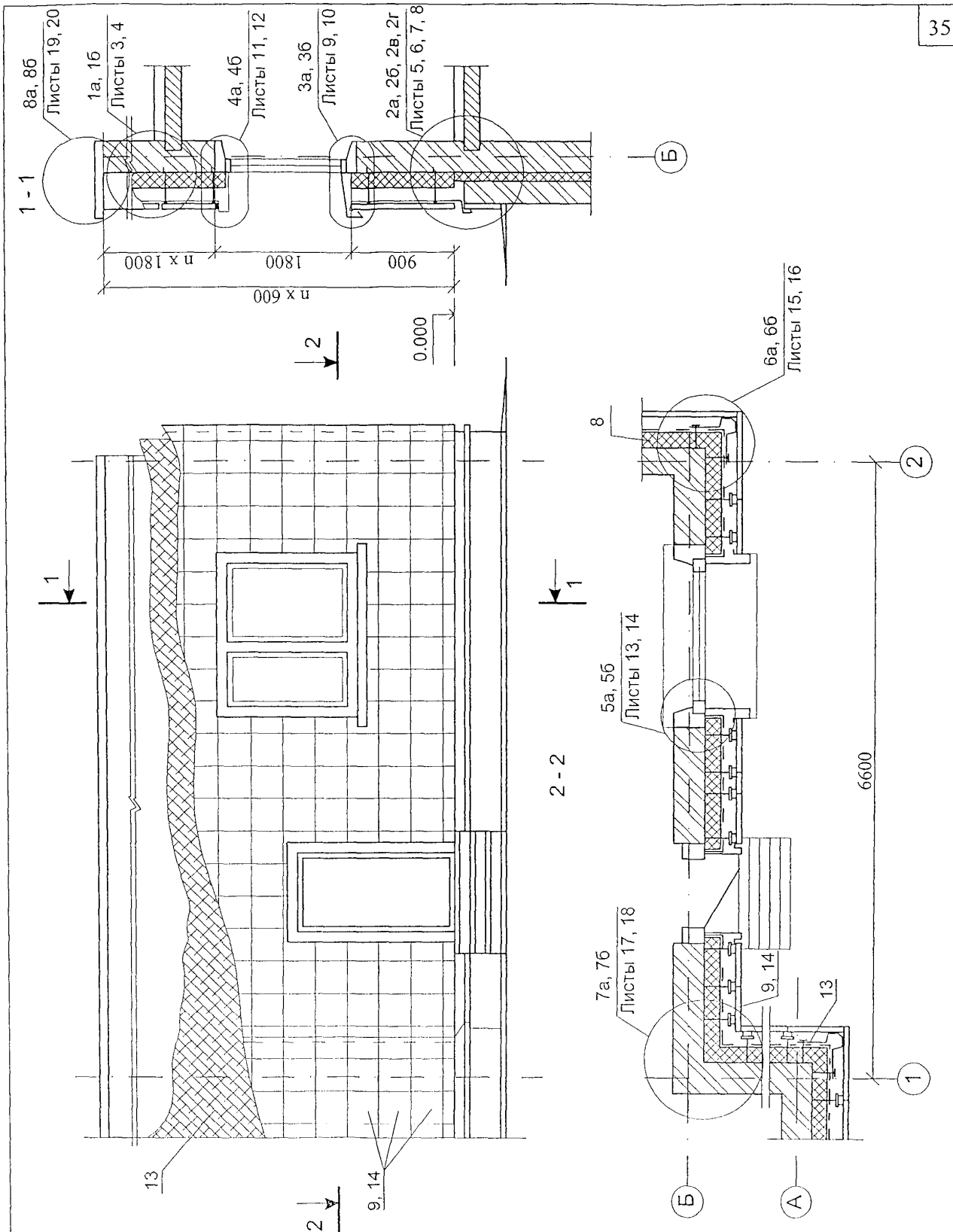
Примечание: по деревянному настилу (14) под медную кровлю предусматривают подкладочный слой из пленки производства компании «Дюпон».

РАЗДЕЛ 1

СТЕНЫ С ЭКРАНАМИ ИЗ ПЛИТОК

№ поз.	Наименование	№ поз.	Наименование
1	Существующая стена	18	Перфорированный нащельник
2	Кронштейн	19	Слив
3	Шайба	20	Облицовка цоколя
4	Анкерный дюбель	21	L-образный вертикальный профиль
5	Т-образный вертикальный профиль	22	Нащельник угловой
6	Тарельчатый дюбель для крепления утеплителя	23	Угловая пластина
7	Паронитовая прокладка	24	Кассета угловая
8	Минераловатный утеплитель	25	Элемент обрамления
9	Плиты облицовочные	26	Пенный утеплитель
10	Кляммер	27	Пароизоляционная лента
11	Воздушная прослойка	28	Полоса стальная оцинкованная $\delta = 0{,}55$ мм
12	Заклепка	29	Оконный слив
13	Ветрозащитная пленка «Тайвек»	30	Отверстие d = 10 мм
14	Кассета типовая	31	Компенсирующий зазор
15	Самонарезающий винт	32	Карниз здания
16	Водоизоляционная паропроницаемая лента	33	Элемент парапета
17	Элемент крепления цоколя	34	Элемент крепления парапета

						М24.13/05-1.0	
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		
Зам. ген. дир.		Гликин				Экспликация материалов и деталей к узлам стен с экранами из плиток	Стадия: МП; Лист: 1; Листов: 1
Рук. отд.		Воронин					
Инженер		Пешкова					**ОАО ЦНИИПРОМЗДАНИЙ** г. Москва. 2005 г.



Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
Зам. ген. дир.		Гликин			
Рук. отд.		Воронин			
Инженер		Пешкова			

М24.13/05 — 1.1

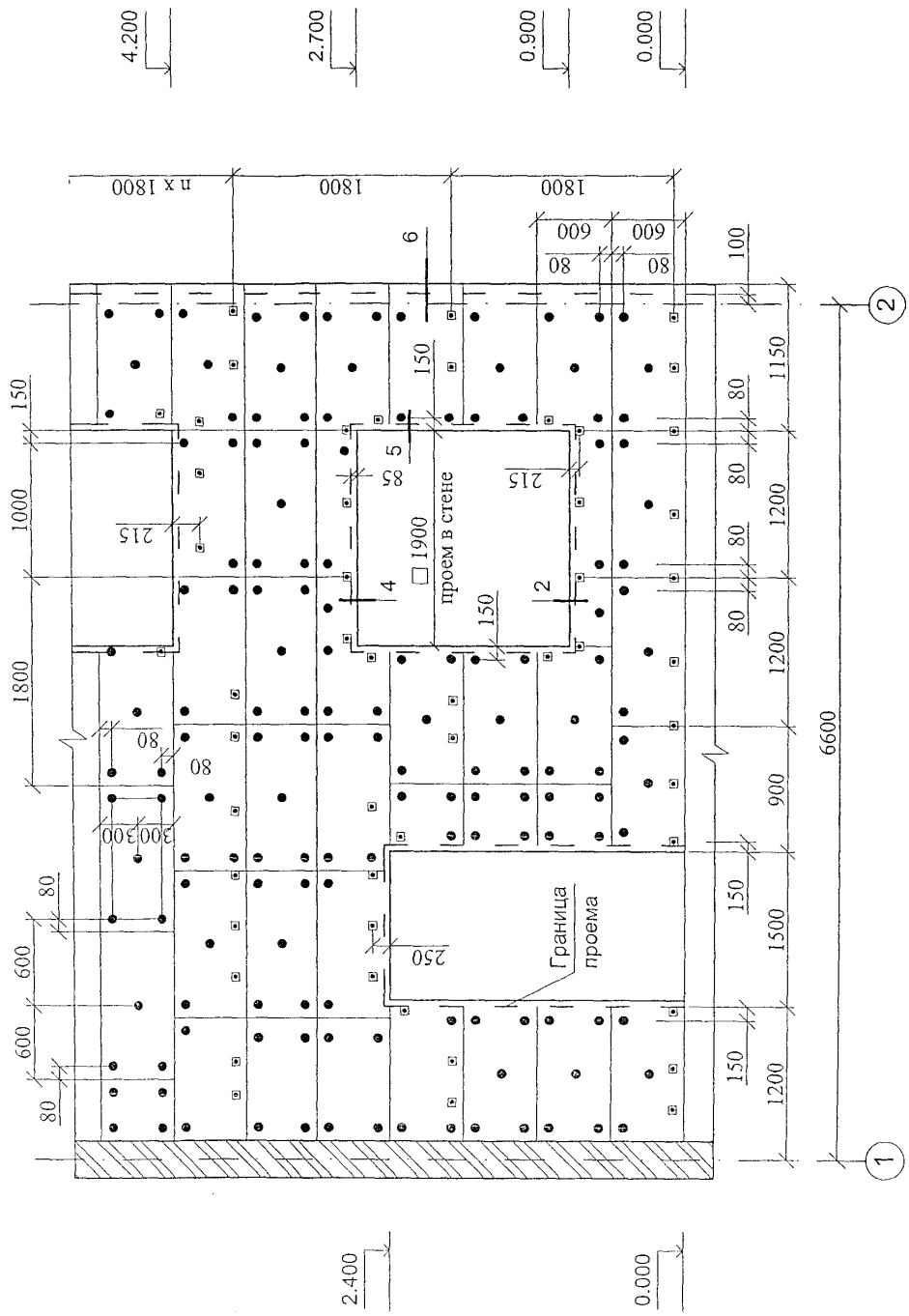
Стены с экранами

из плиток

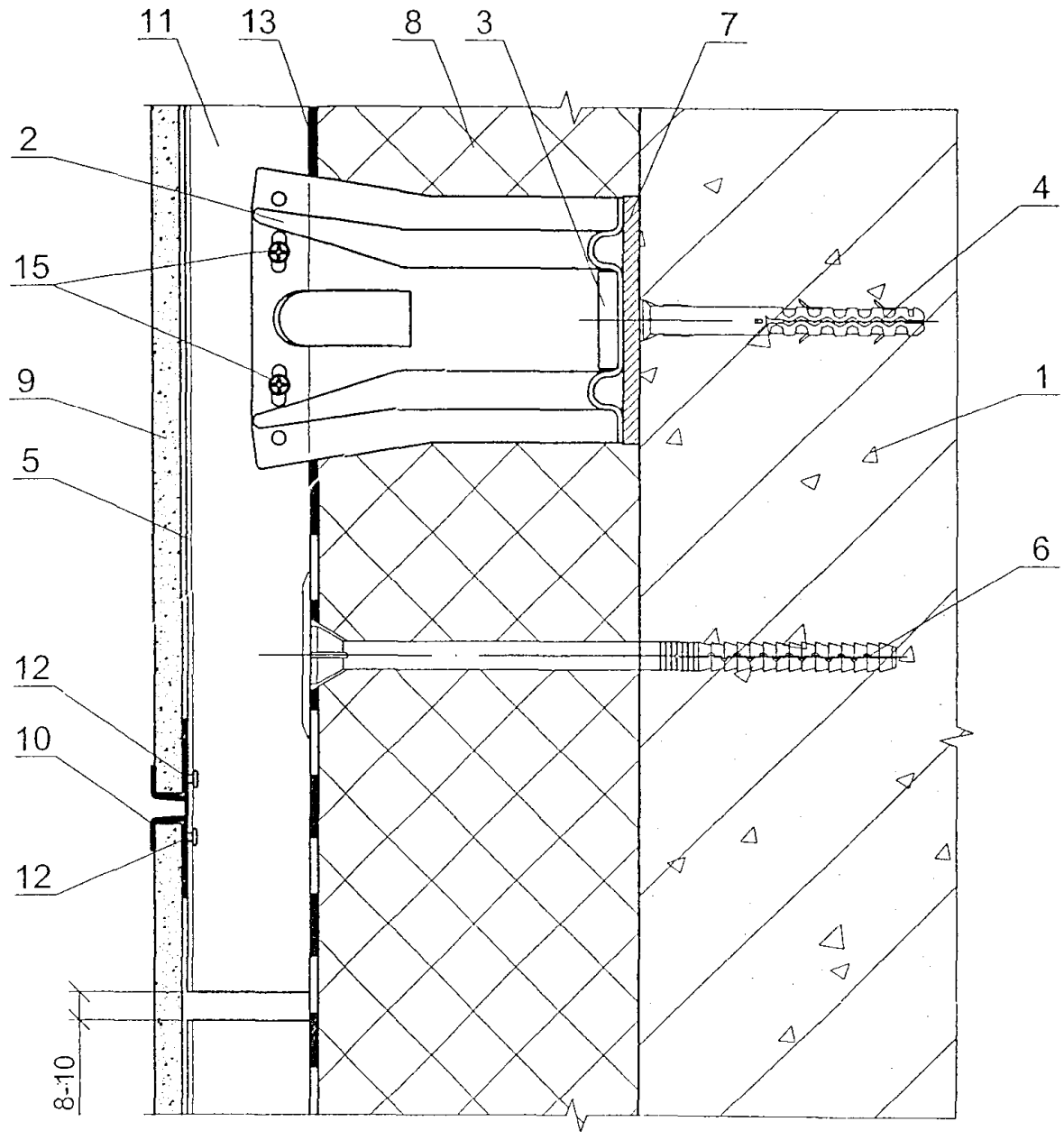
Стадия	Лист	Листов
МП	1	20

ОАО ЦНИИПРОМЗДАНИЙ
г. Москва 2004 г.

СХЕМА раскладки плит теплоизоляции

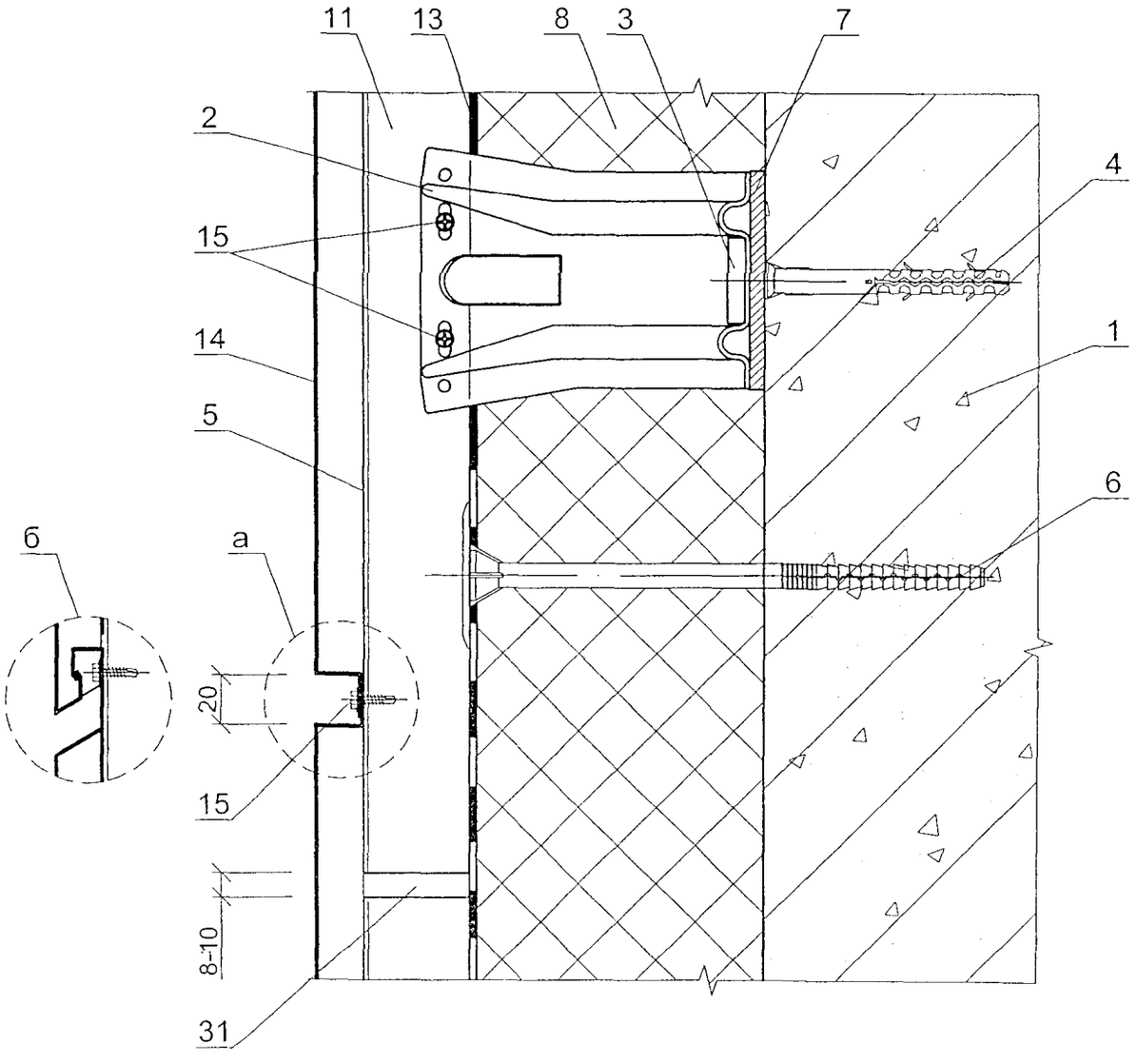


1a



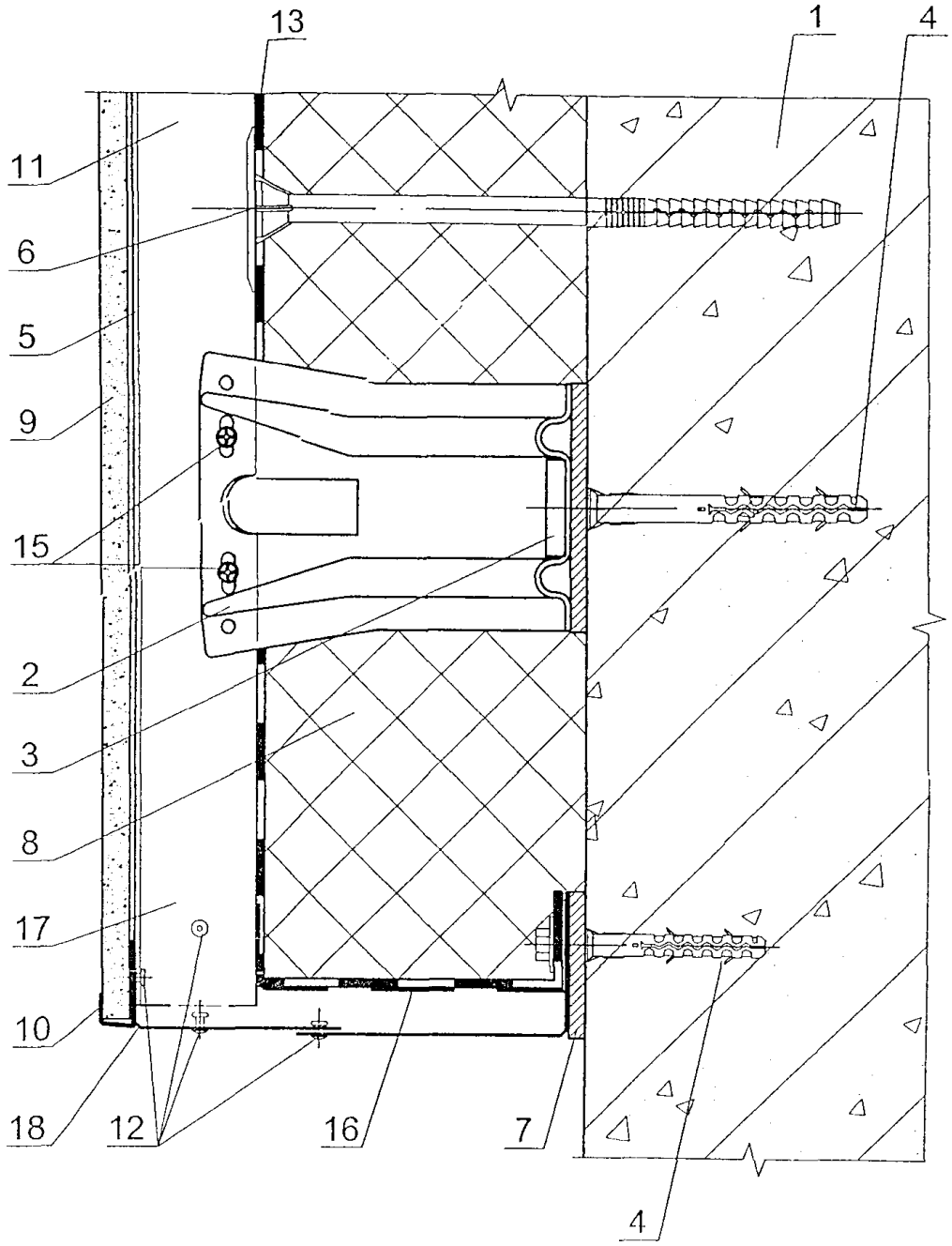
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	M24.13/05 — 1.3	Лист 3

1б

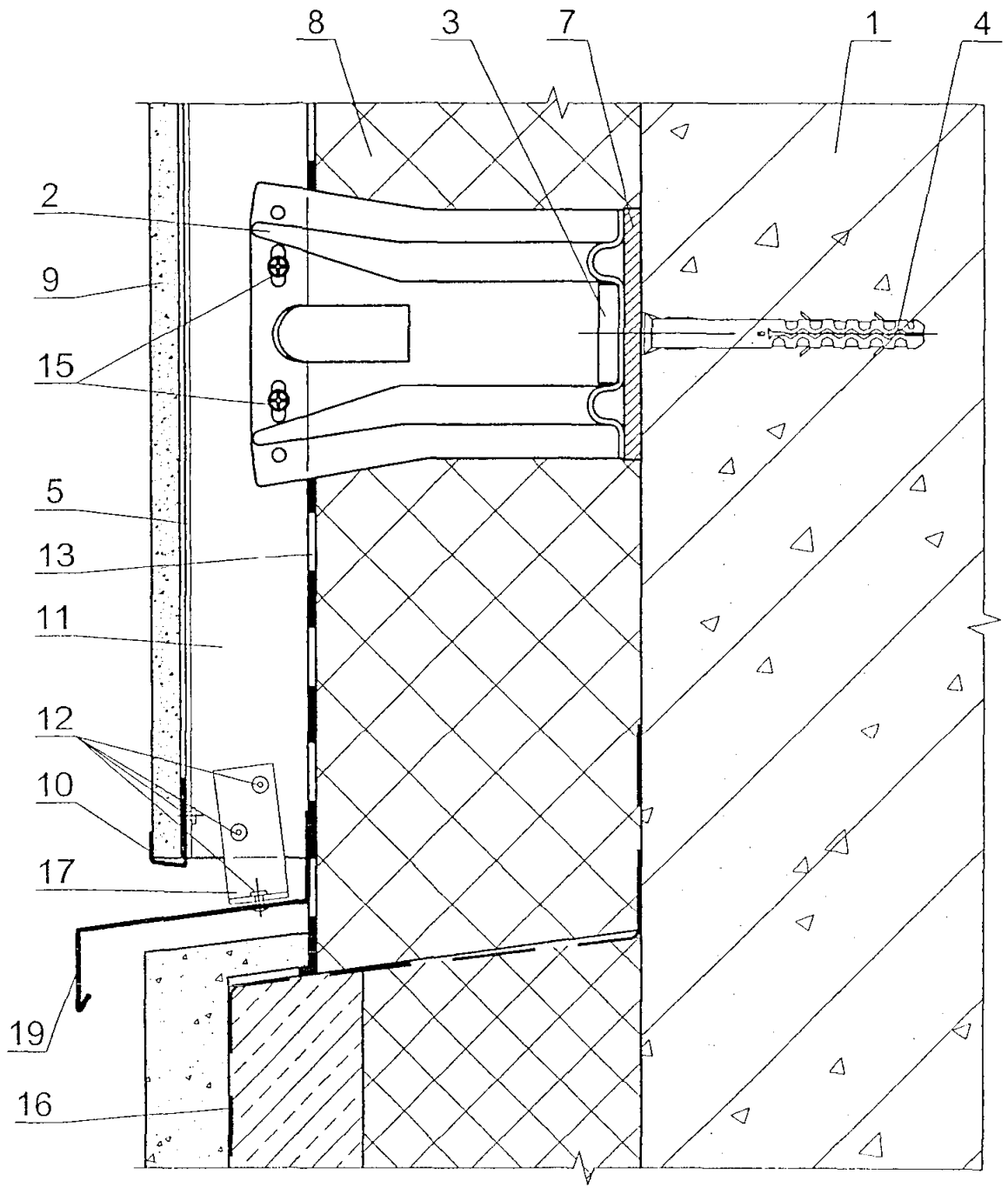


Вертикальный разрез стены системы
вентилируемого фасада с облицовкой кассетами
а - "открытый" стык;
б - "закрытый" стык.

2a

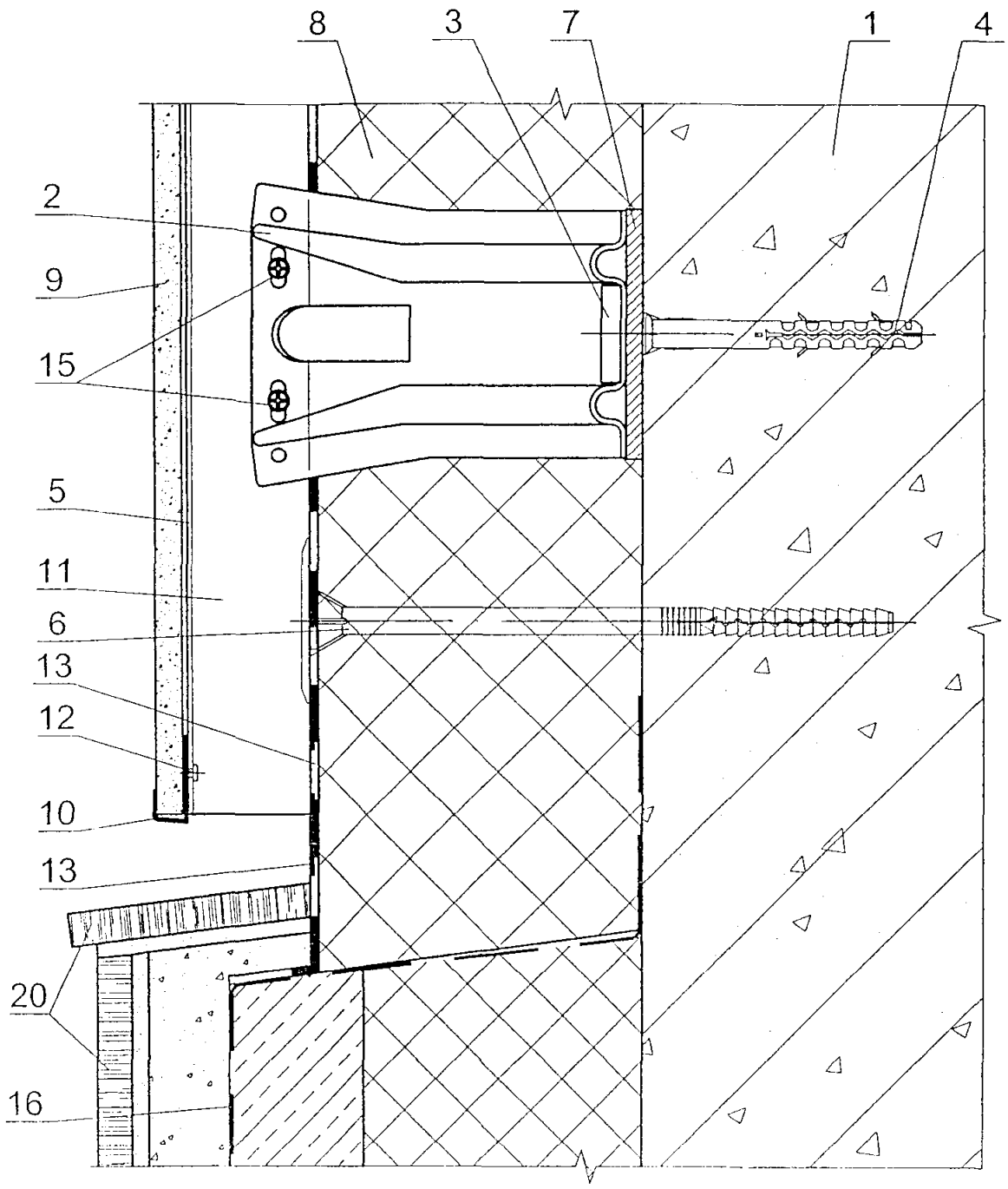


2б



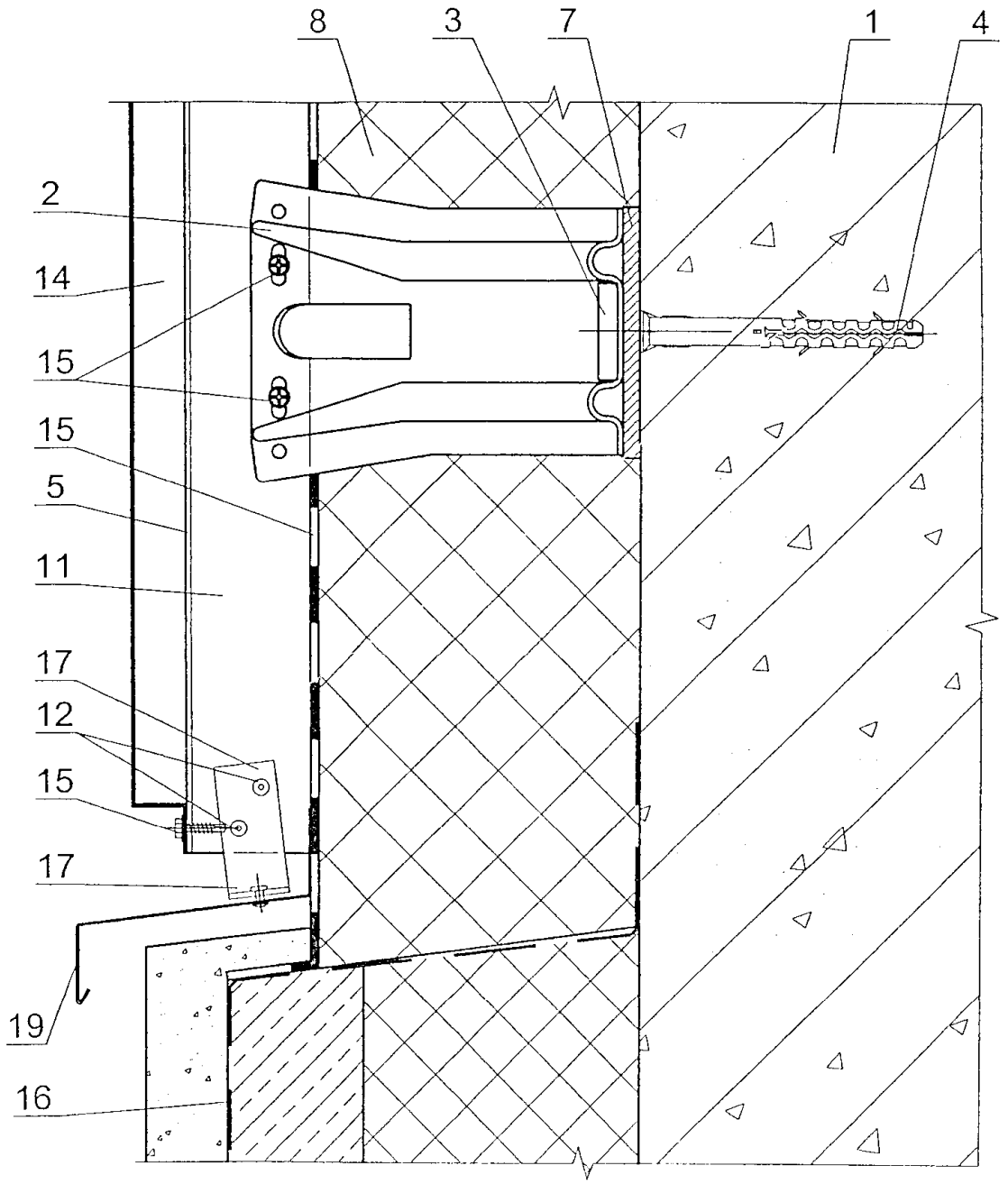
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	M24.13/05 — 1.6	Лист 6

2в

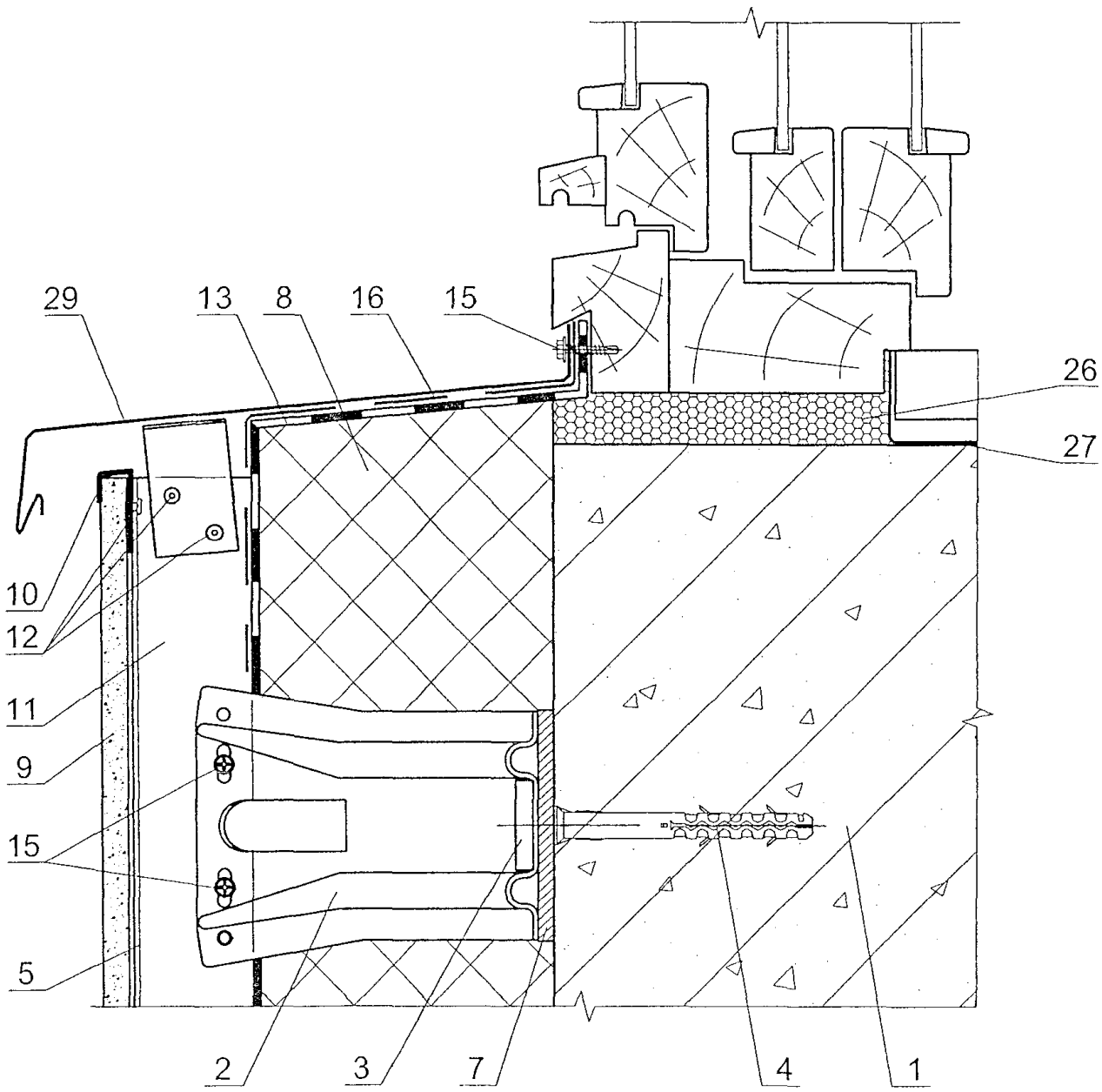


						M24.13/05 — 1.7	Лист
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		7

2г

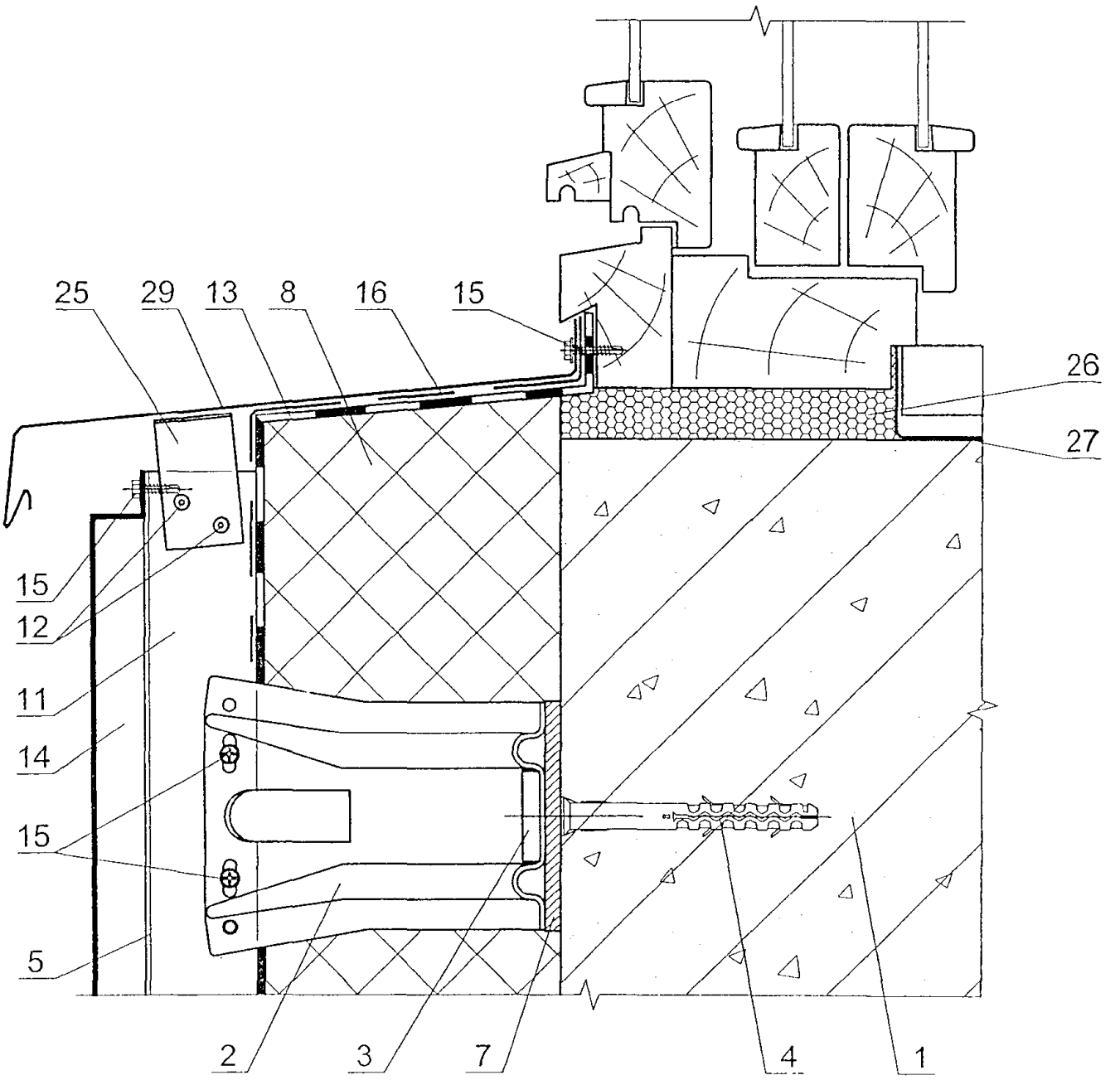


3a

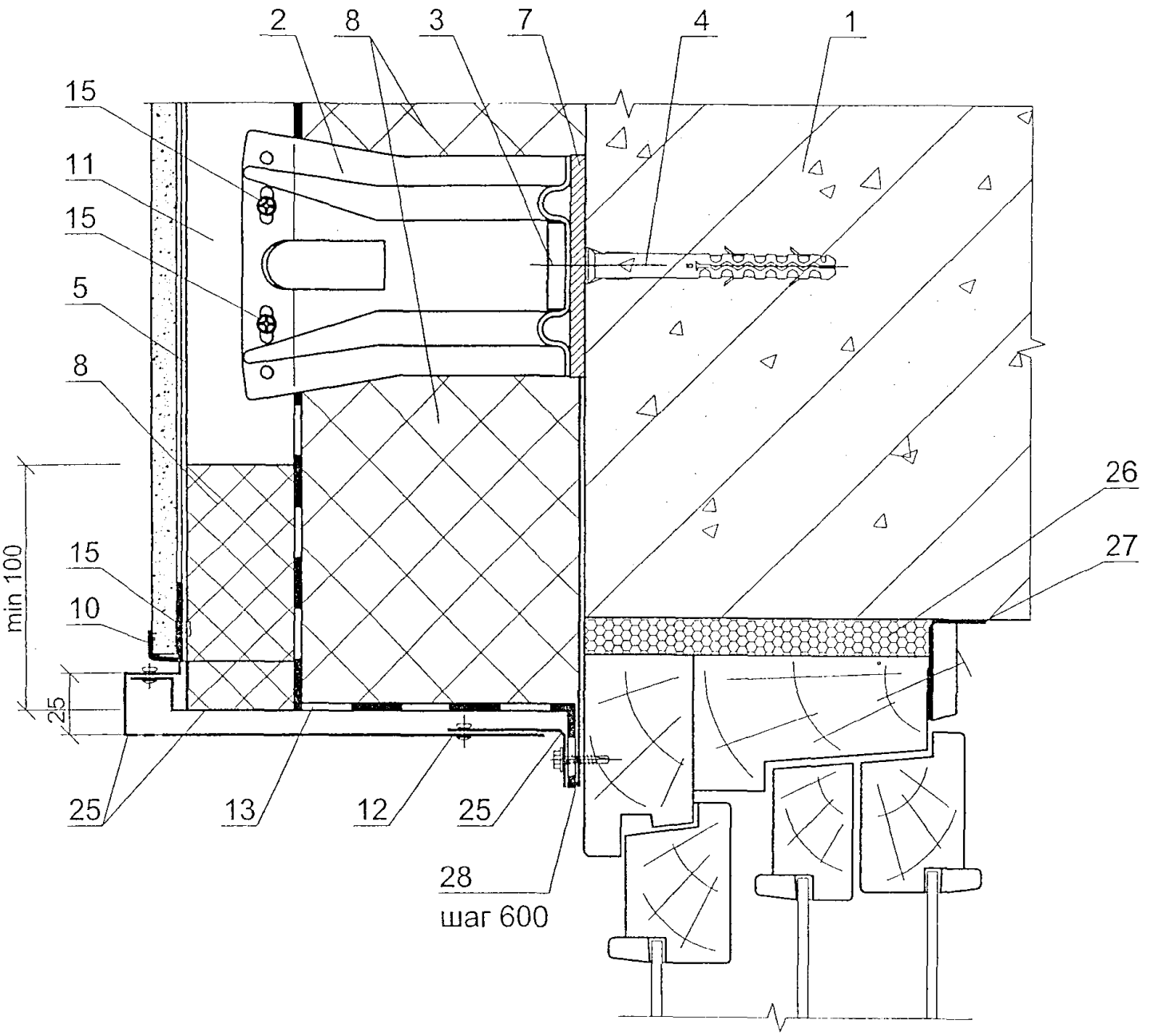


Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	M24.13/05 — 1.9	Лист 9

3б

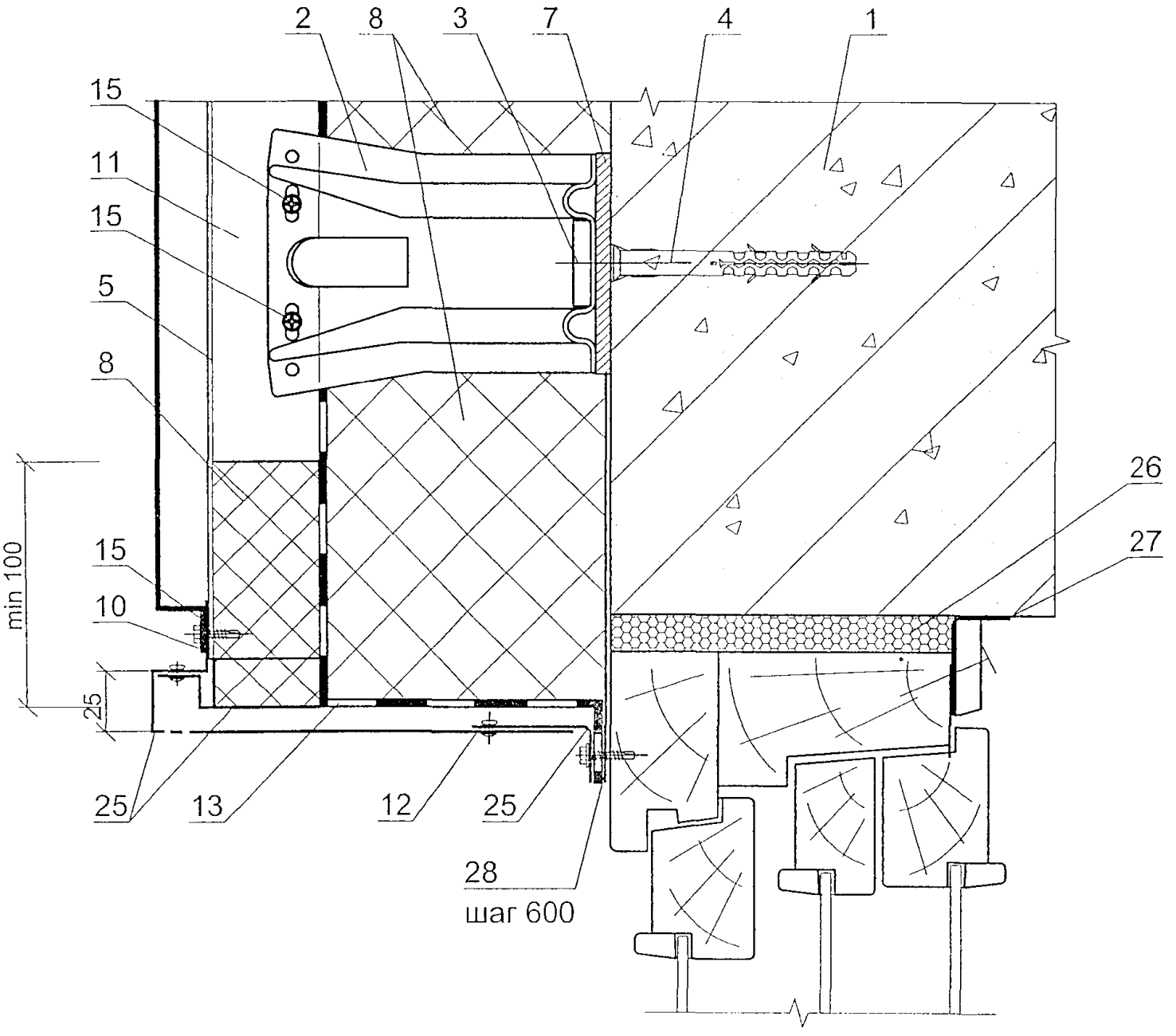


4a



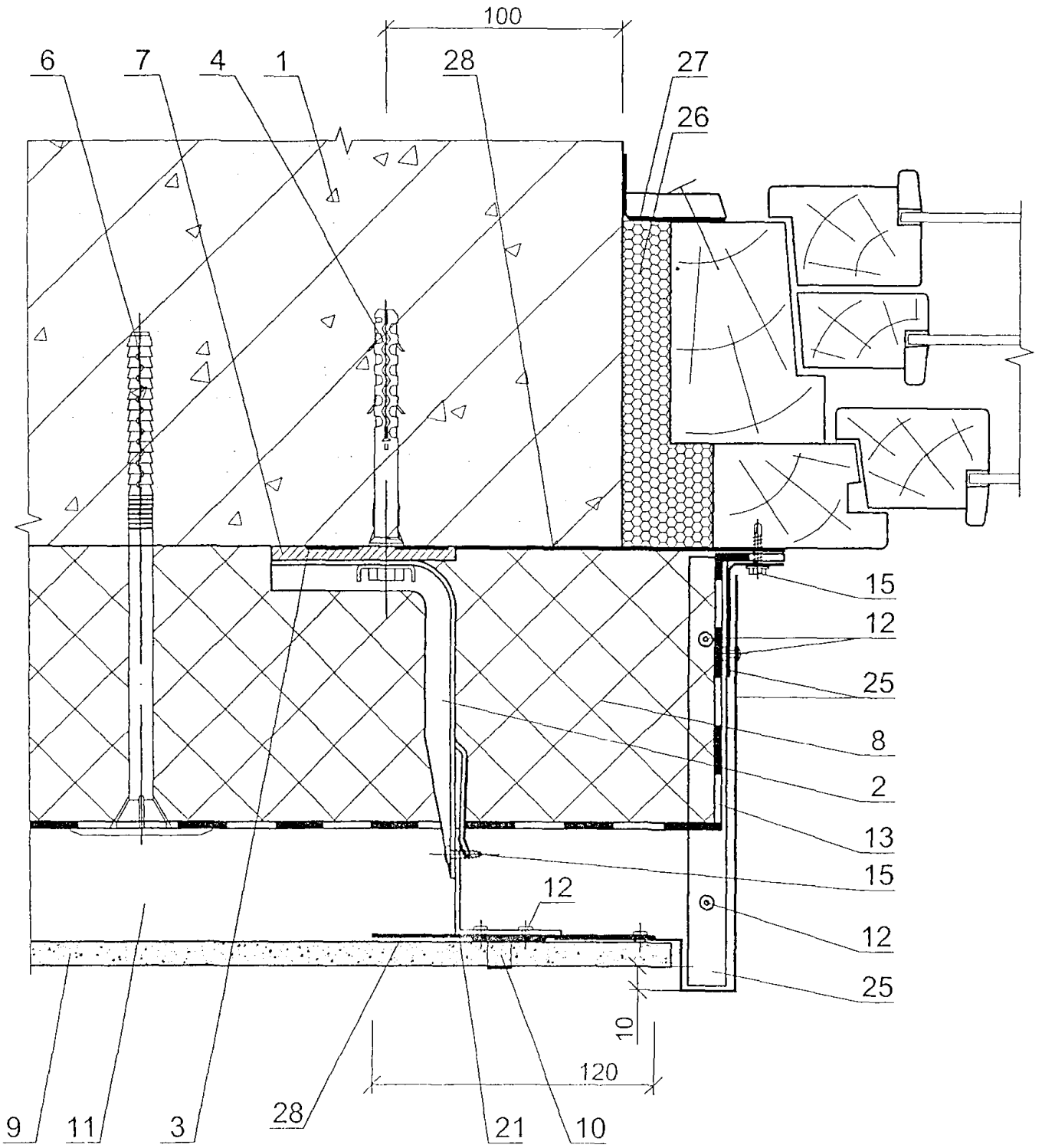
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	M24.13/05 — 1.11	Лист 11

46б



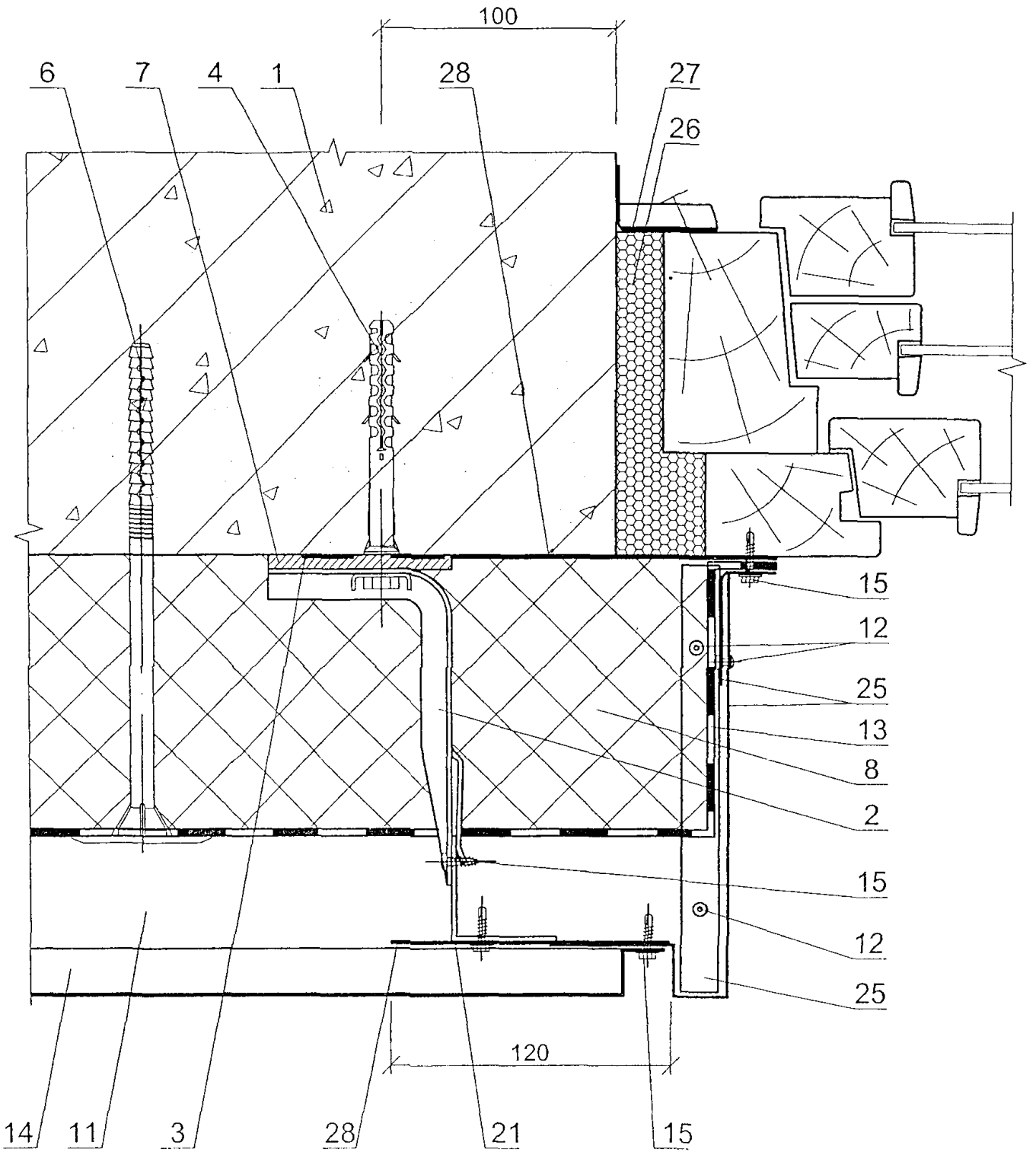
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	M24.13/05 — 1.12	Лист 12

5а



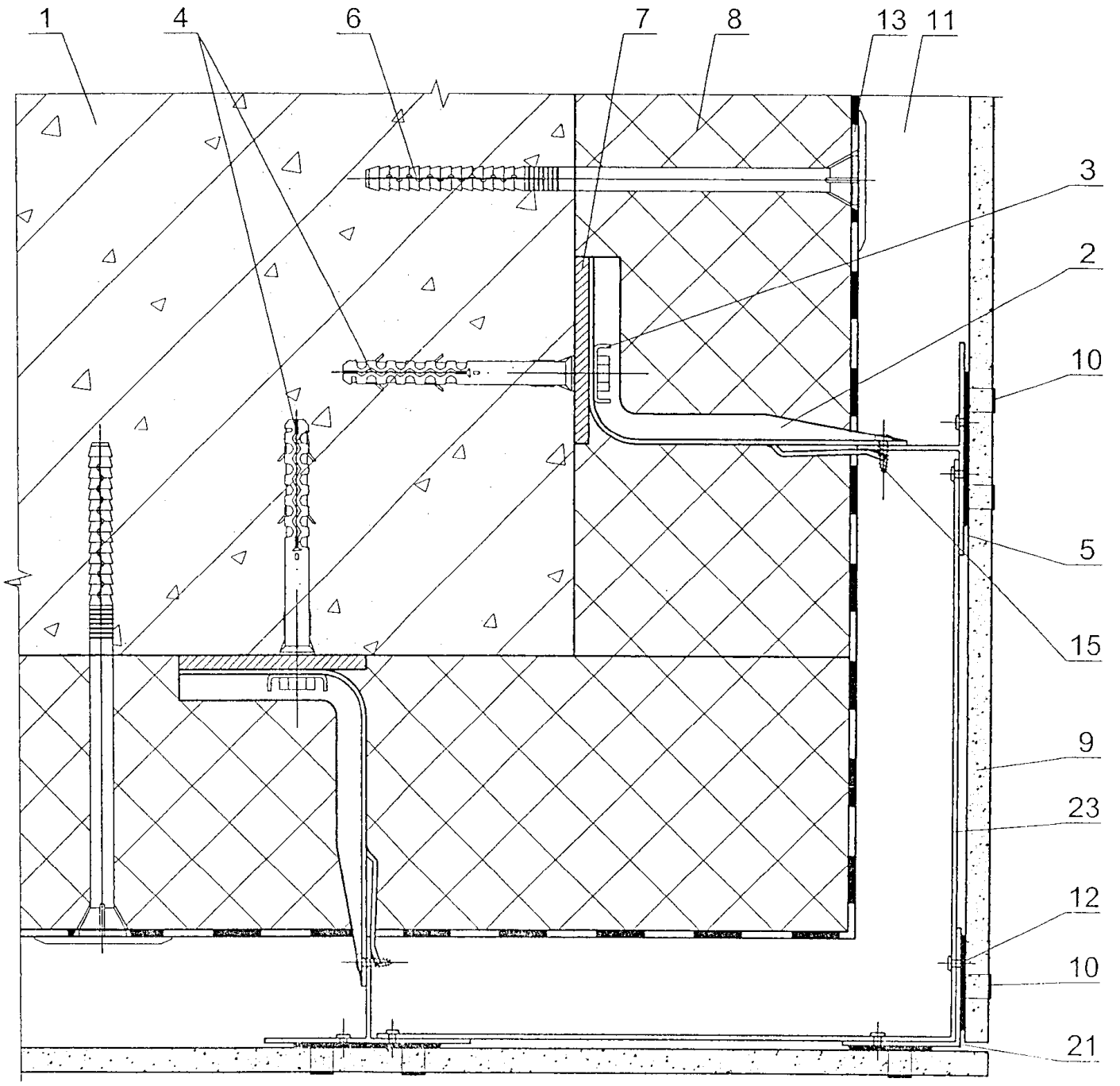
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	М24.13/05 — 1.13	Лист 13

5б



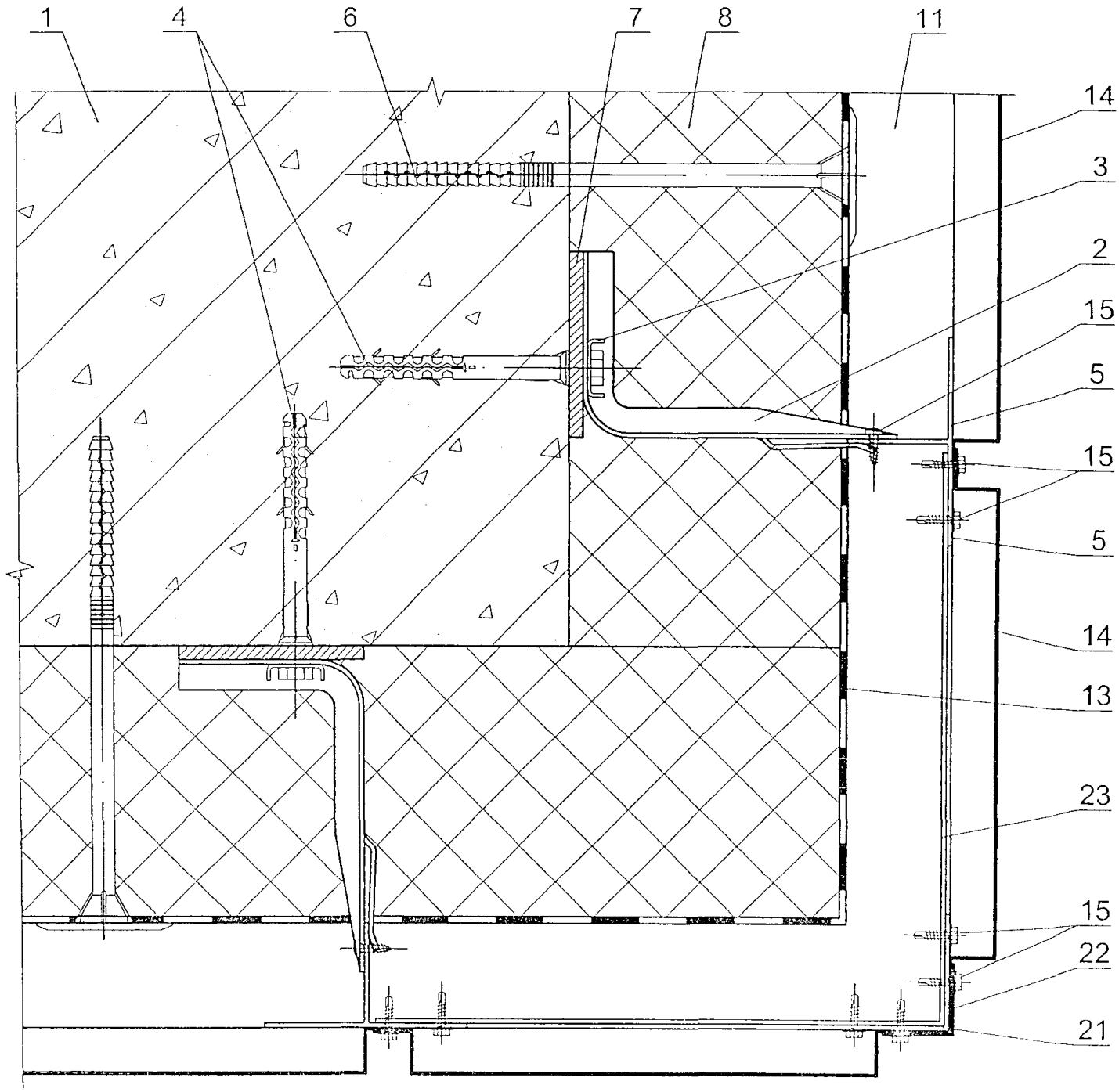
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	М24.13/05 — 1.14	Лист 14

6a

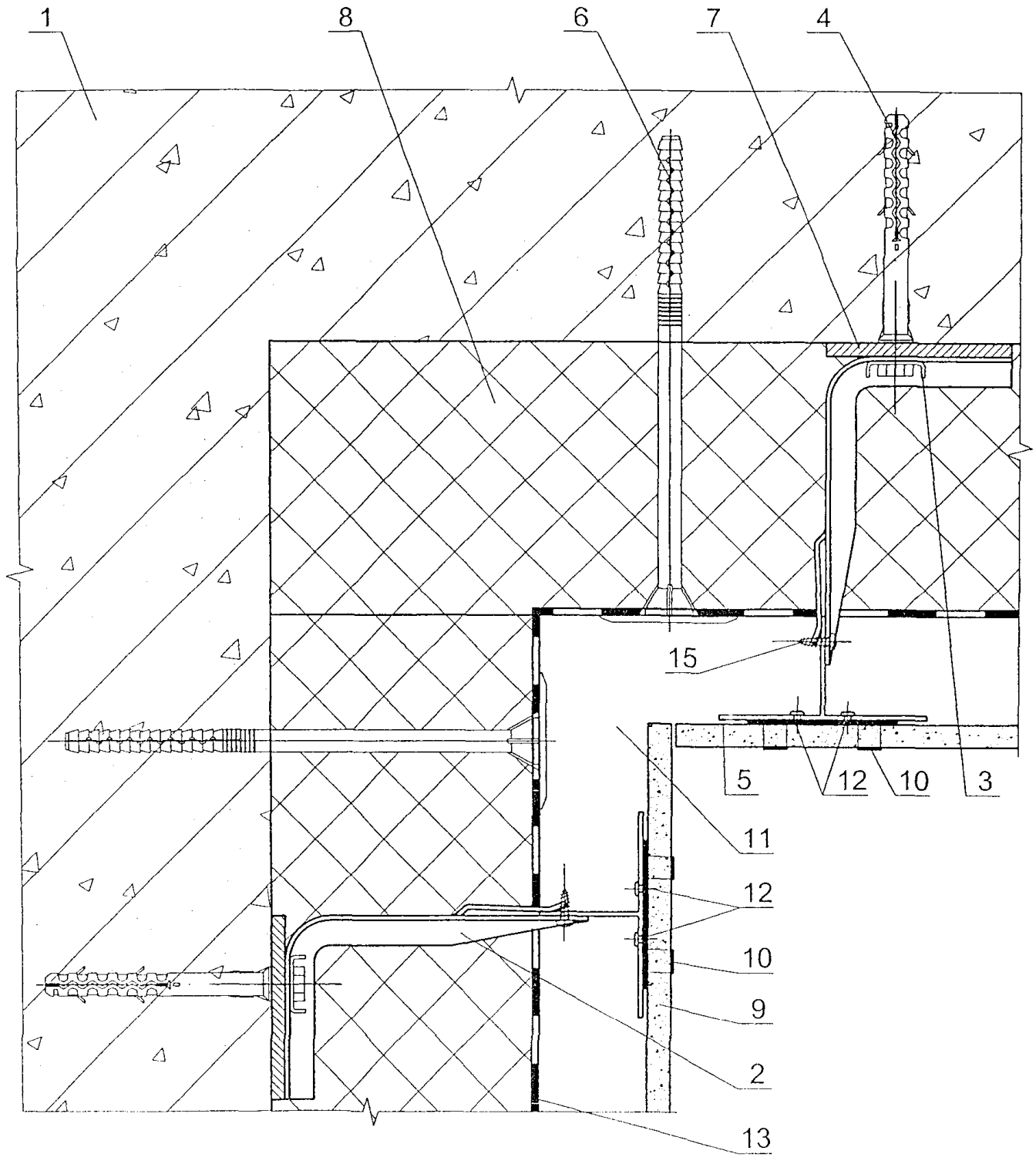


Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	M24.13/05 — 1.15	Лист 15

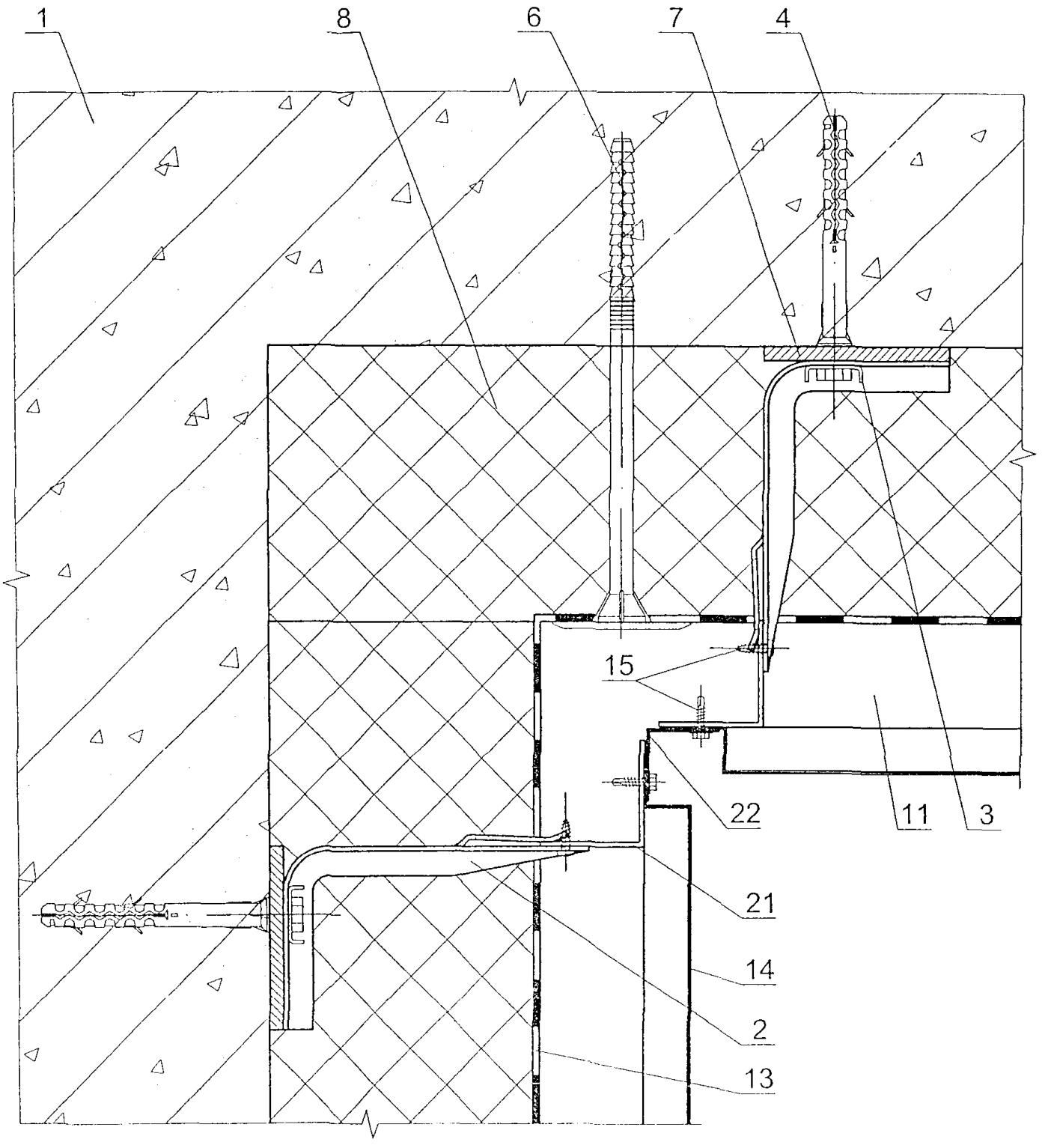
6б



7a

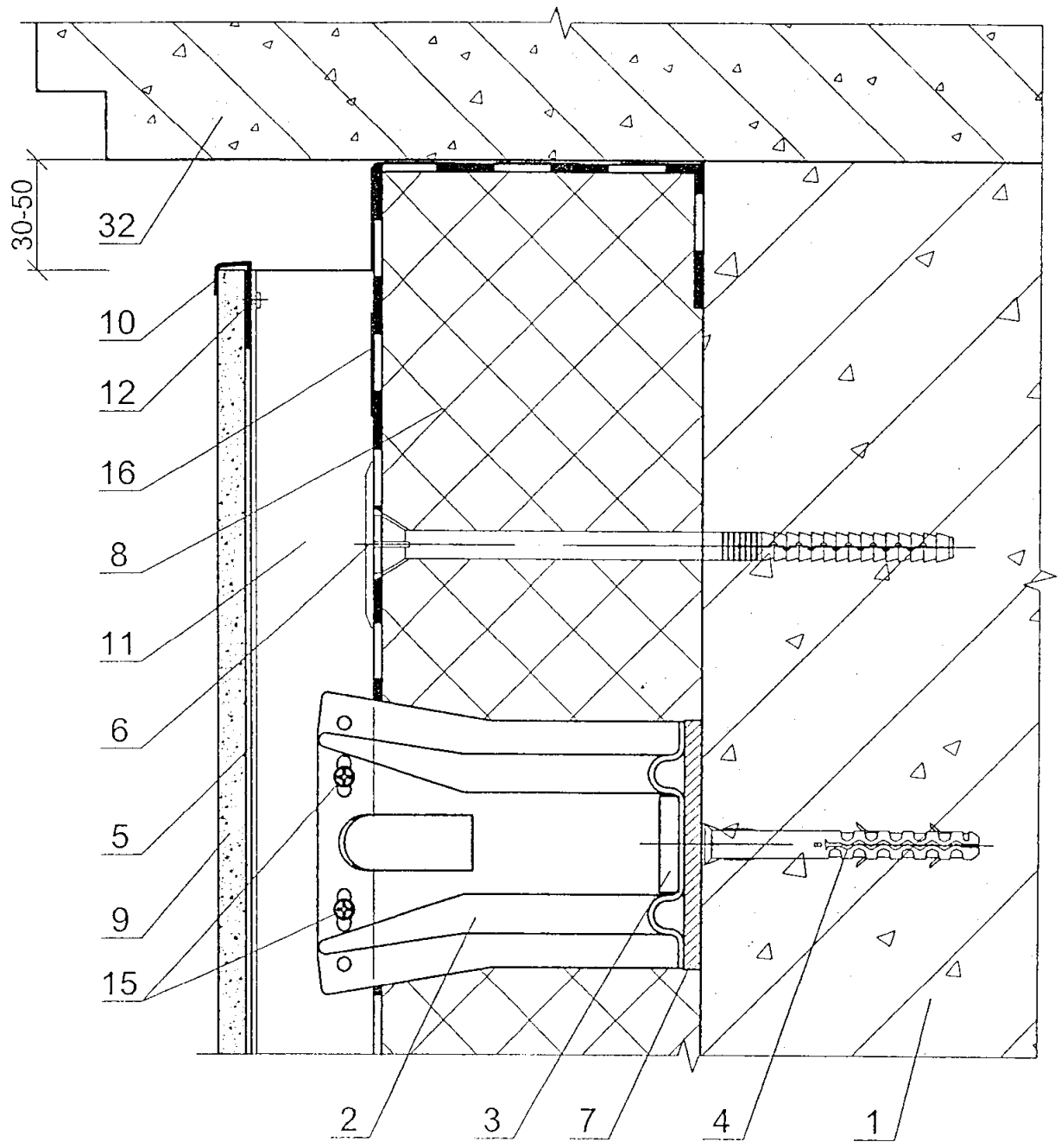


7б



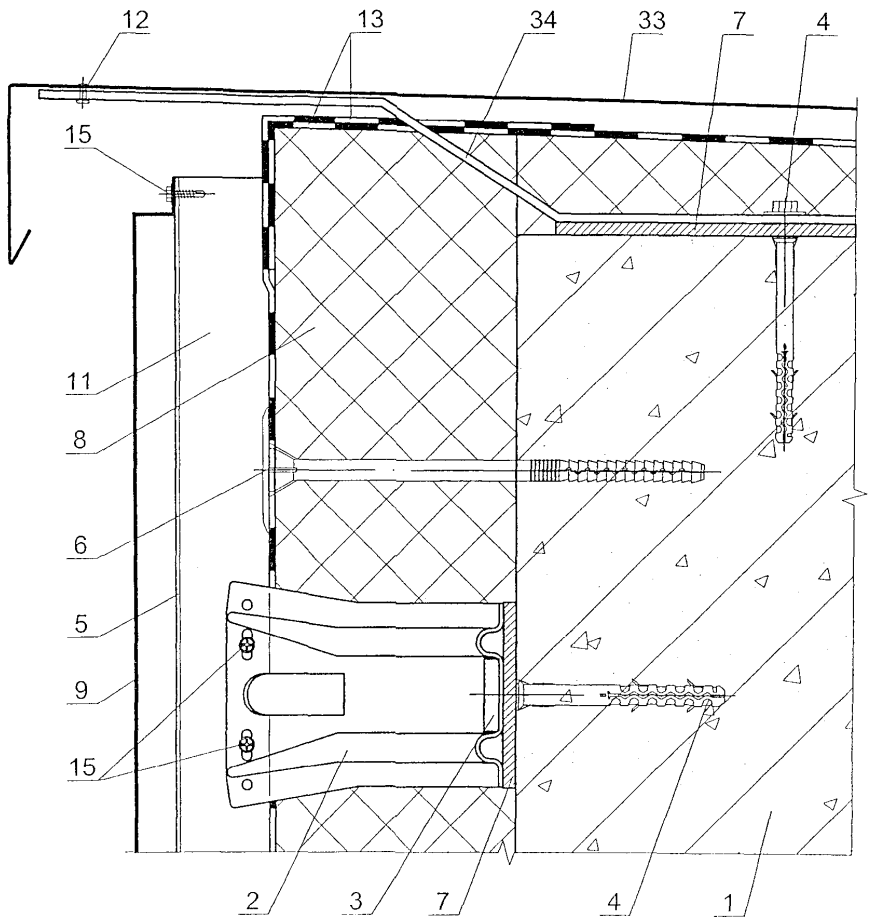
						M24.13/05 — 1.18	Лист
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		18

8a



Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	M24.13/05 — 1.19	Лист 19

8б



РАЗДЕЛ 2

СТЕНЫ С ОБЛИЦОВКОЙ ИЗ ОЦИНКОВАННЫХ СТАЛЬНЫХ ПРОФЛИСТОВ

№ поз.	Наименование	№ поз.	Наименование
1	Панель стеновая	21	Стена из кирпича или монолитного железобетона
2	Окно	22	Ригель
3	Цоколь	23	Самонарезающие винты
4	Ворота	24	Ригель
5	Пленка «Тайвек»	25	Термовкладыш из бакелизированной фанеры
6	Наружная облицовка из оцинкованного стального профлиста	26	Теплоизоляция
7	Утеплитель, завернутый в пленку «Тайвек»	27	Фартук коньковый с гребенкой
8	Каркас панели	28	Шуруп 1 – 4х40 (шаг 300)
9	Угловой нащельник	29	Герметизирующая мастика
10	Слив	30	Антисептированный деревянный брус сечением 40х130, крепить шурупами 1 – 6х90 с шагом 600
11	Внутренняя облицовка	31	Антисептированный деревянный брусок 40х90 (120)
12	Заклепка	32	Нащельник МС 7
13	Кровля из профлиста	33	Утеплитель П125
14	Прогон	34	Подоконник из деревянной доски 60х280
15	Пароизоляция	35	Слив МС 8
16	Костыль	36	Стойка панели
17	Деревянный брусок	37	Болт М16х50 с шагом 600
18	Фартук	38	Заклепка 12 с шагом 300
19	Несущий настил покрытия	39	Нащельник МС 9
20	Балка	40	Элемент крепления окна У2; У3 с шагом 600

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
Зам. ген. дир.		Гликин			
Рук. отд.		Воронин			
Инженер		Пешкова			

М24.13/05-2.0

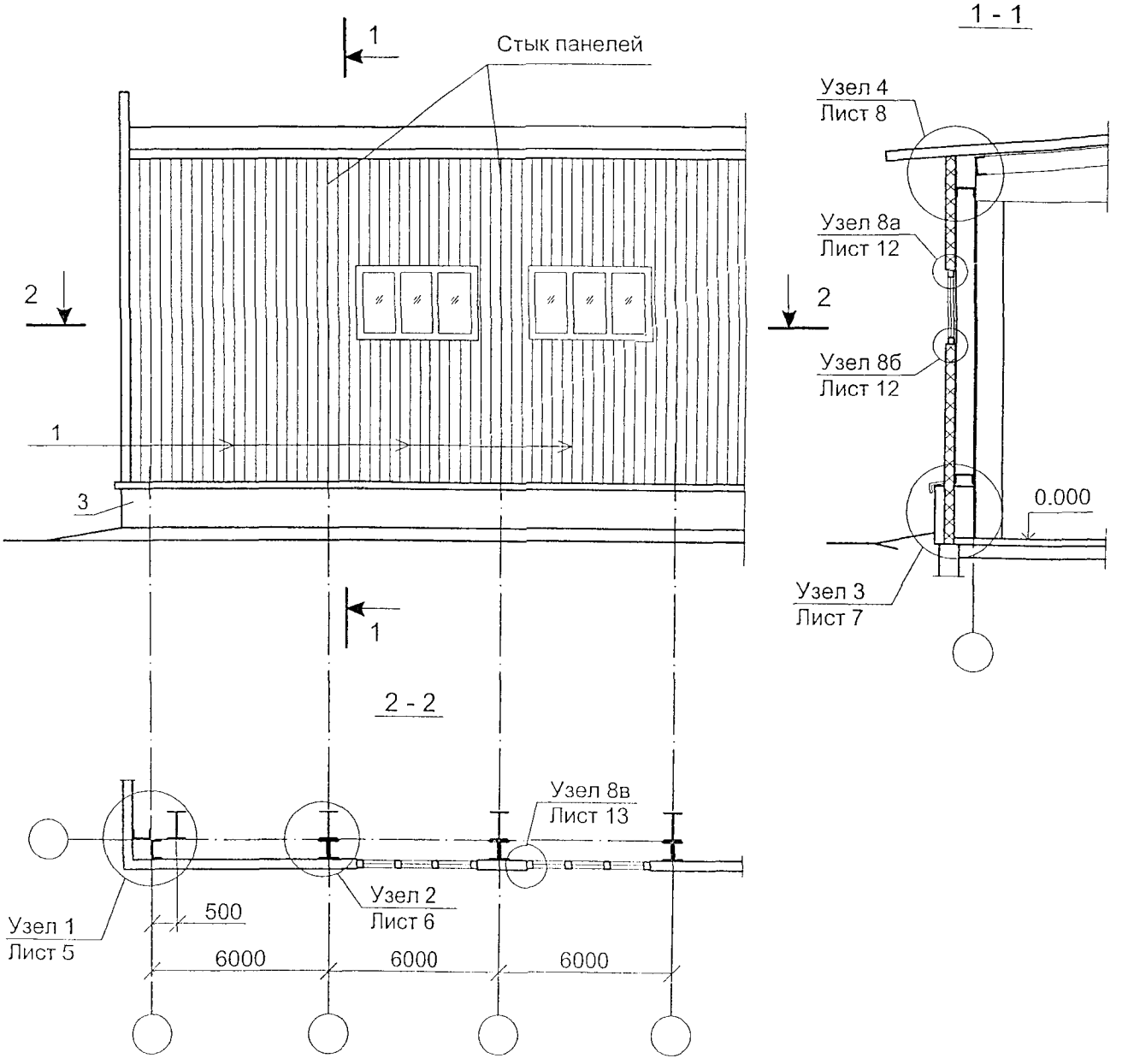
Экспликация материалов и деталей к узлам стен с облицовкой из оцинкованного стального профлиста

Стадия	Лист	Листов
МП	1	1

ОАО ЦНИИПРОМЗДАНИЙ
г. Москва. 2005 г.

Фрагмент фасада №1.

Вариант металлических стен из
трехслойных панелей укрупнительной сборки.
Продольный фасад.



Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
Зам. ген. дир.		Гликин			
Рук. отд.		Воронин			
Инженер		Пешкова			

М24.13/05 — 2.1

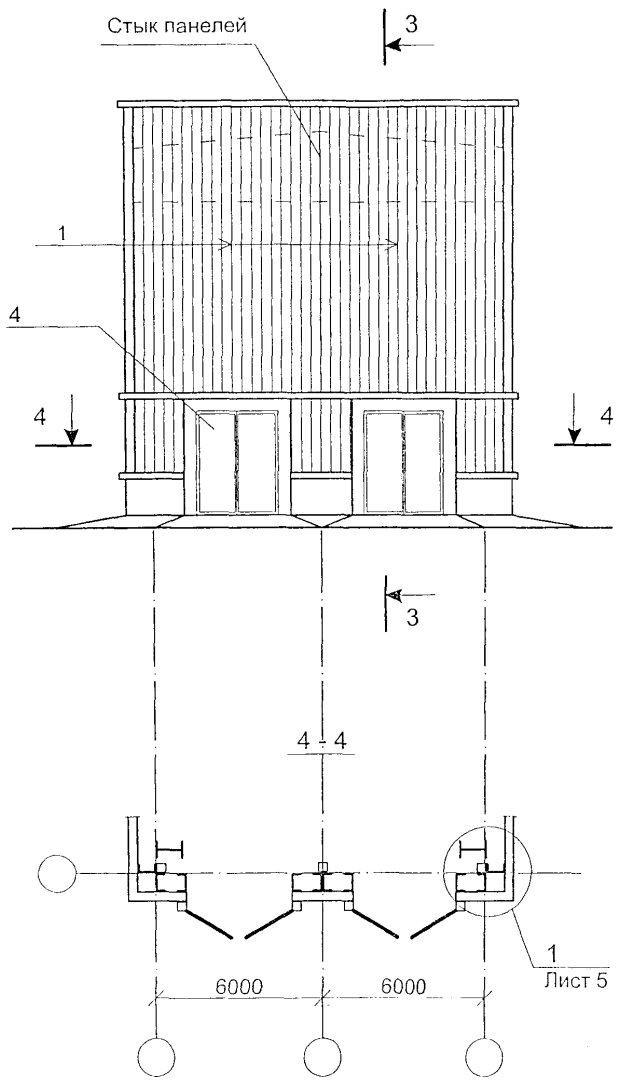
Стены с облицовкой
из оцинкованного
стального профлиста

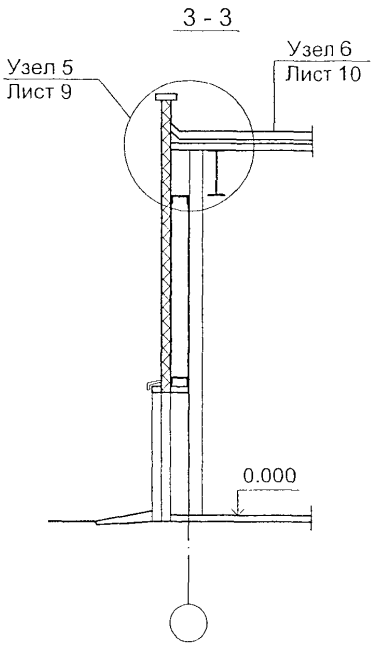
Стадия	Лист	Листов
МП	1	14

ОАО ЦНИИПРОМЗДАНИЙ
г. Москва 2005 г.

Фрагмент фасада №2.

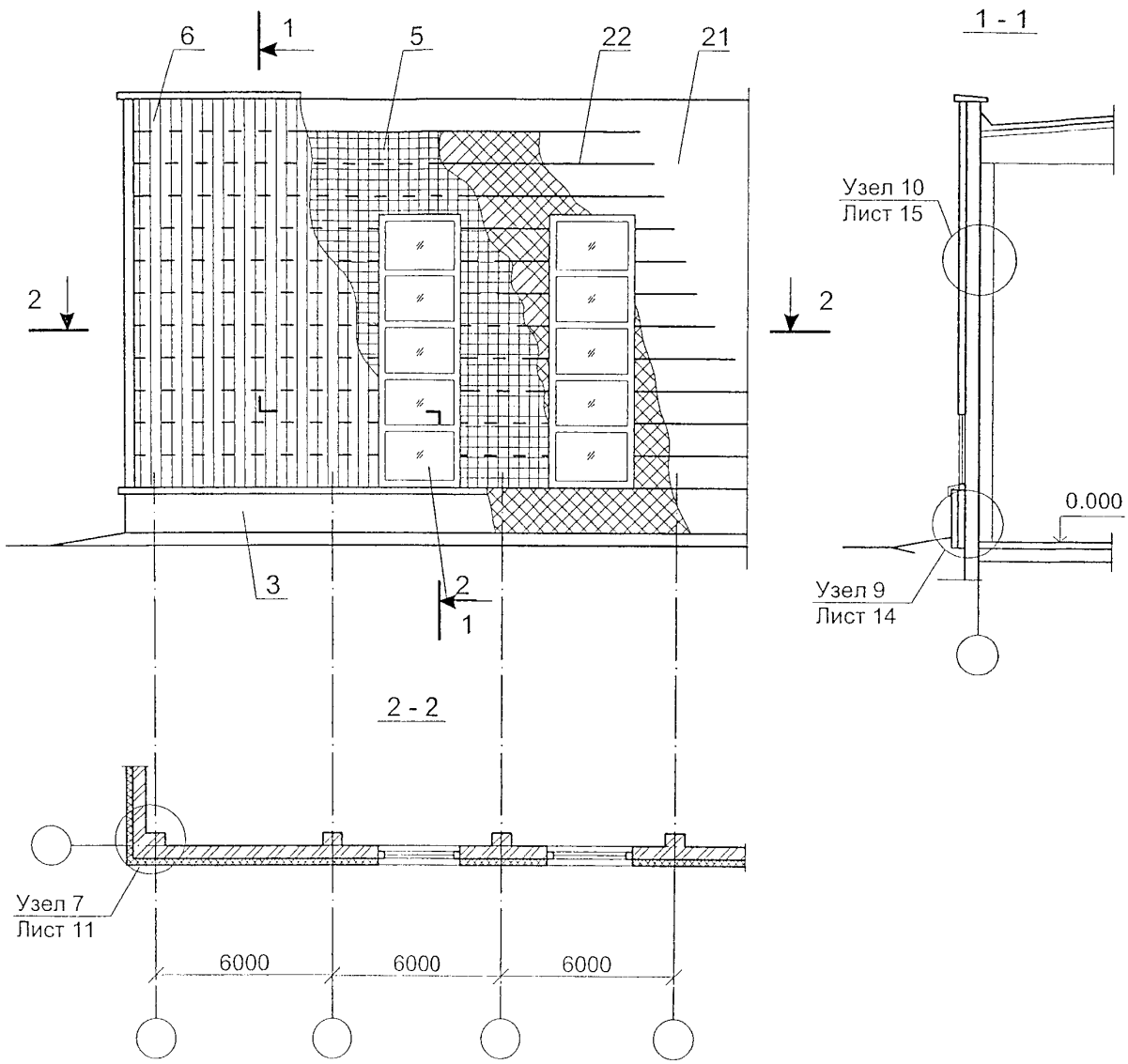
Вариант металлических стен из
трехслойных панелей укрупнительной сборки.
Торцевой фасад.





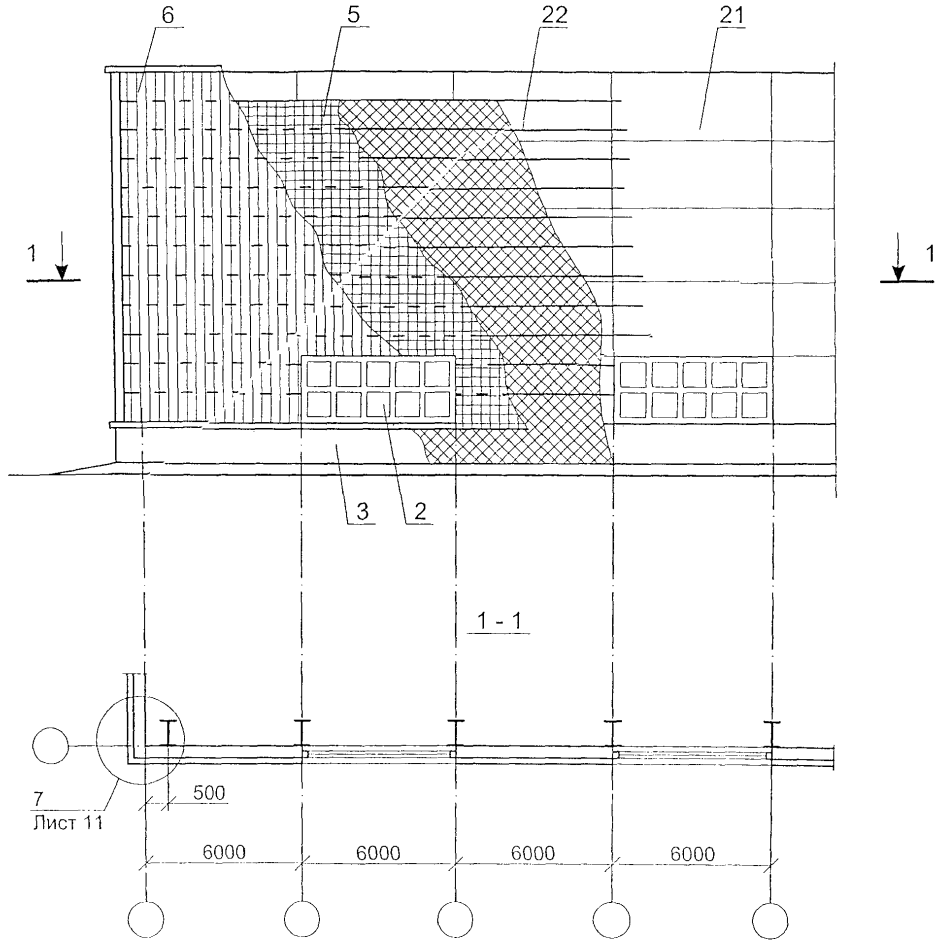
Фрагмент фасада №3.

Несущие стены из кирпича или монолитного железобетона

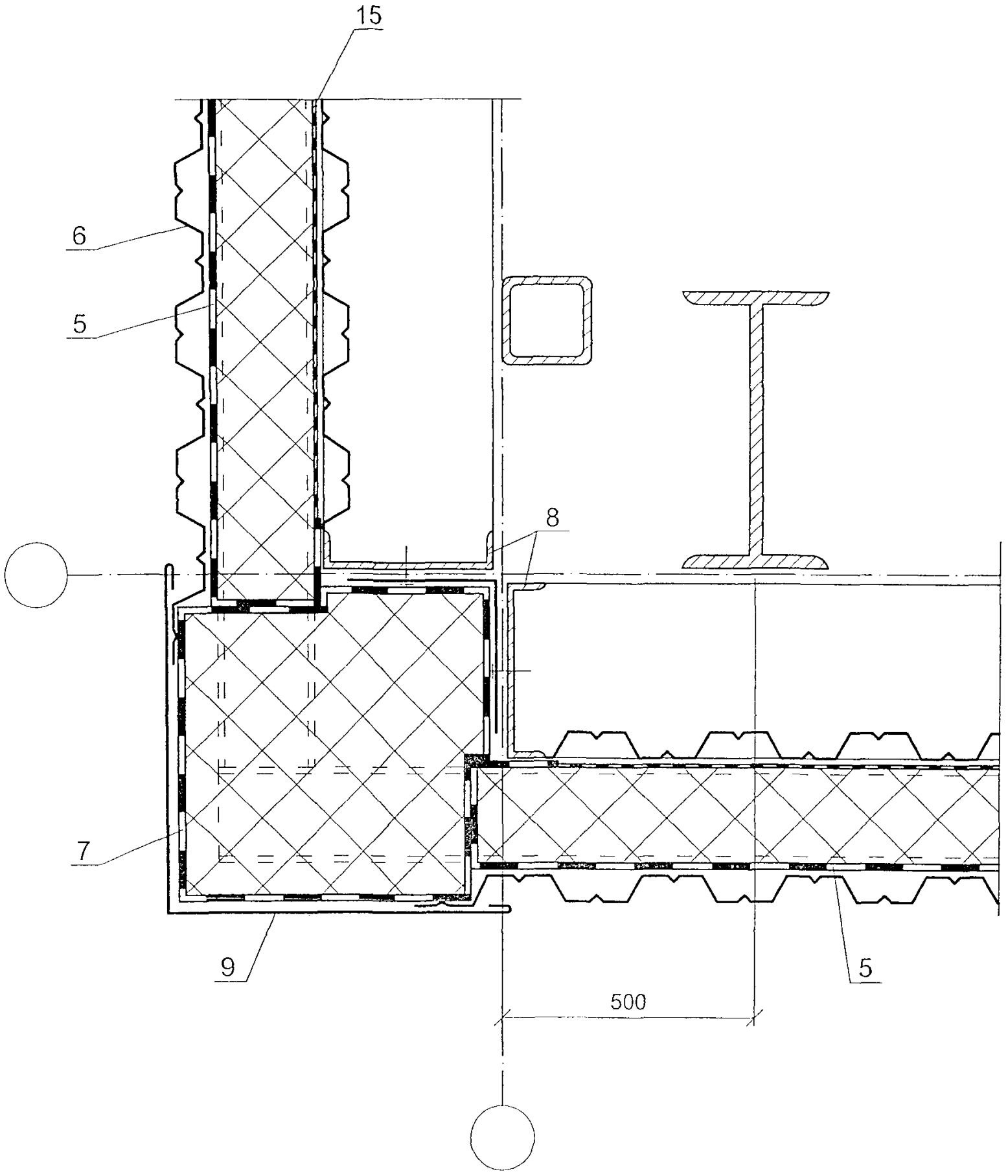


Фрагмент фасада №4.

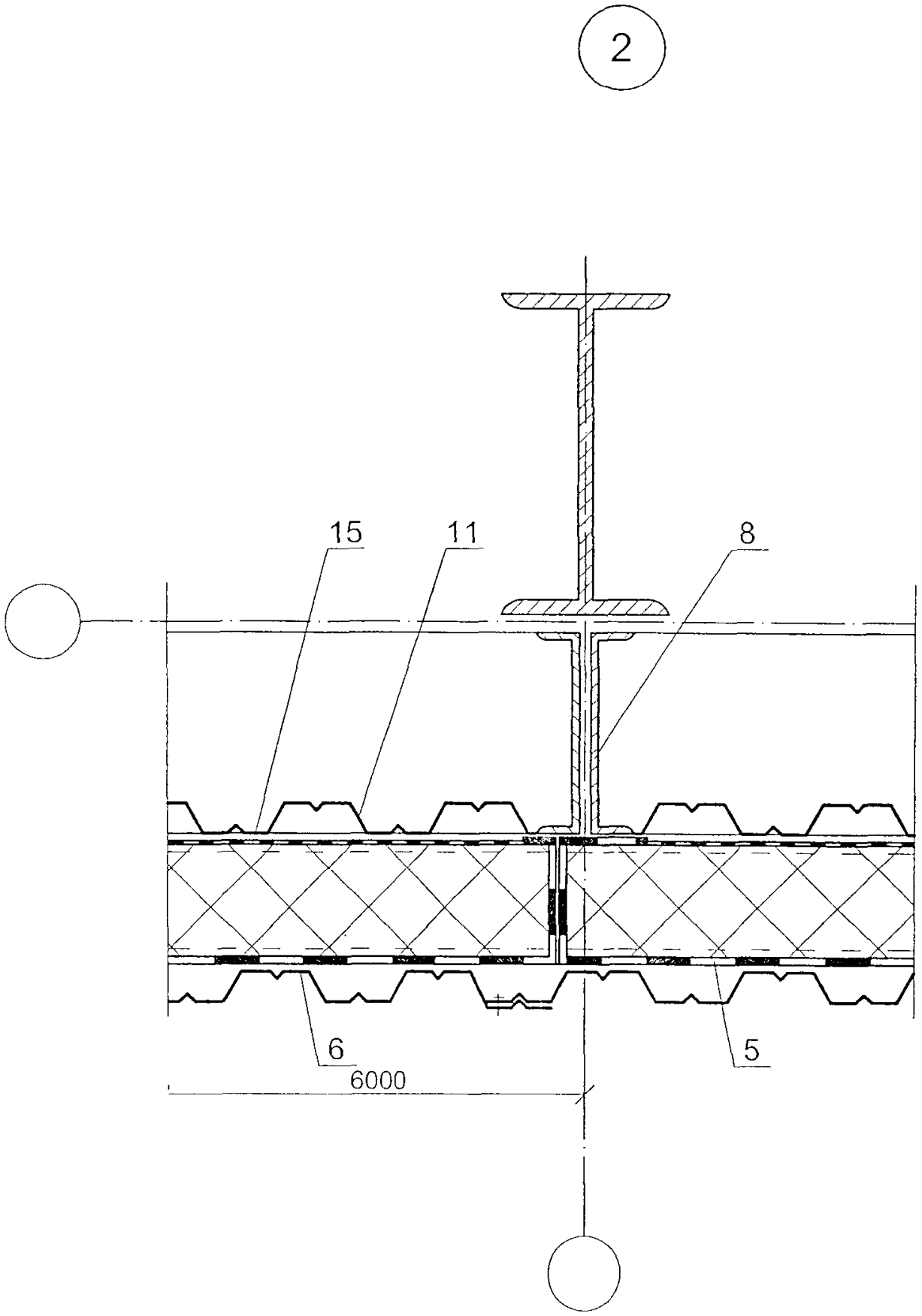
Самонесущие стены из сборных железобетонных панелей каркасного здания



1

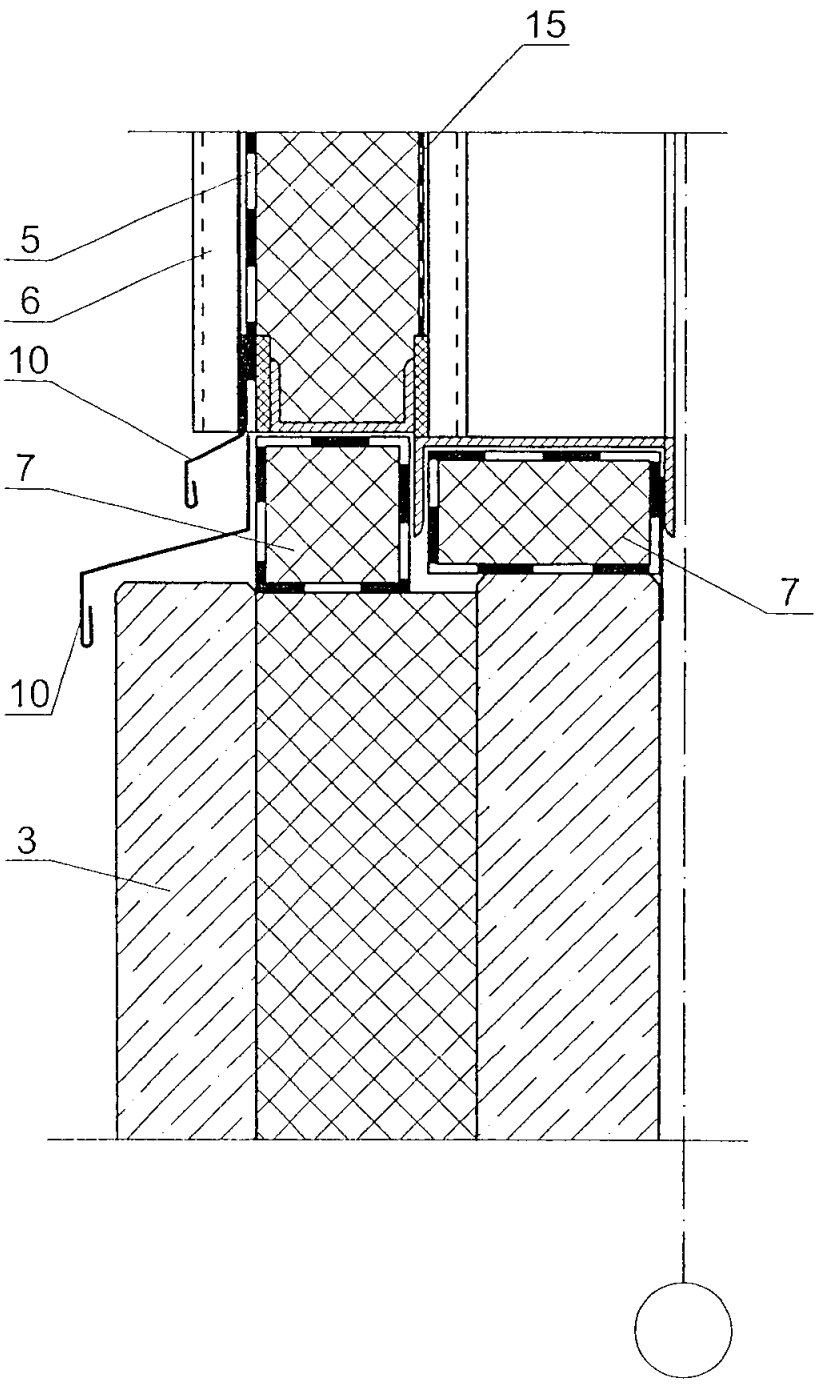


Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	M24.13/05 — 2.5	Лист 5



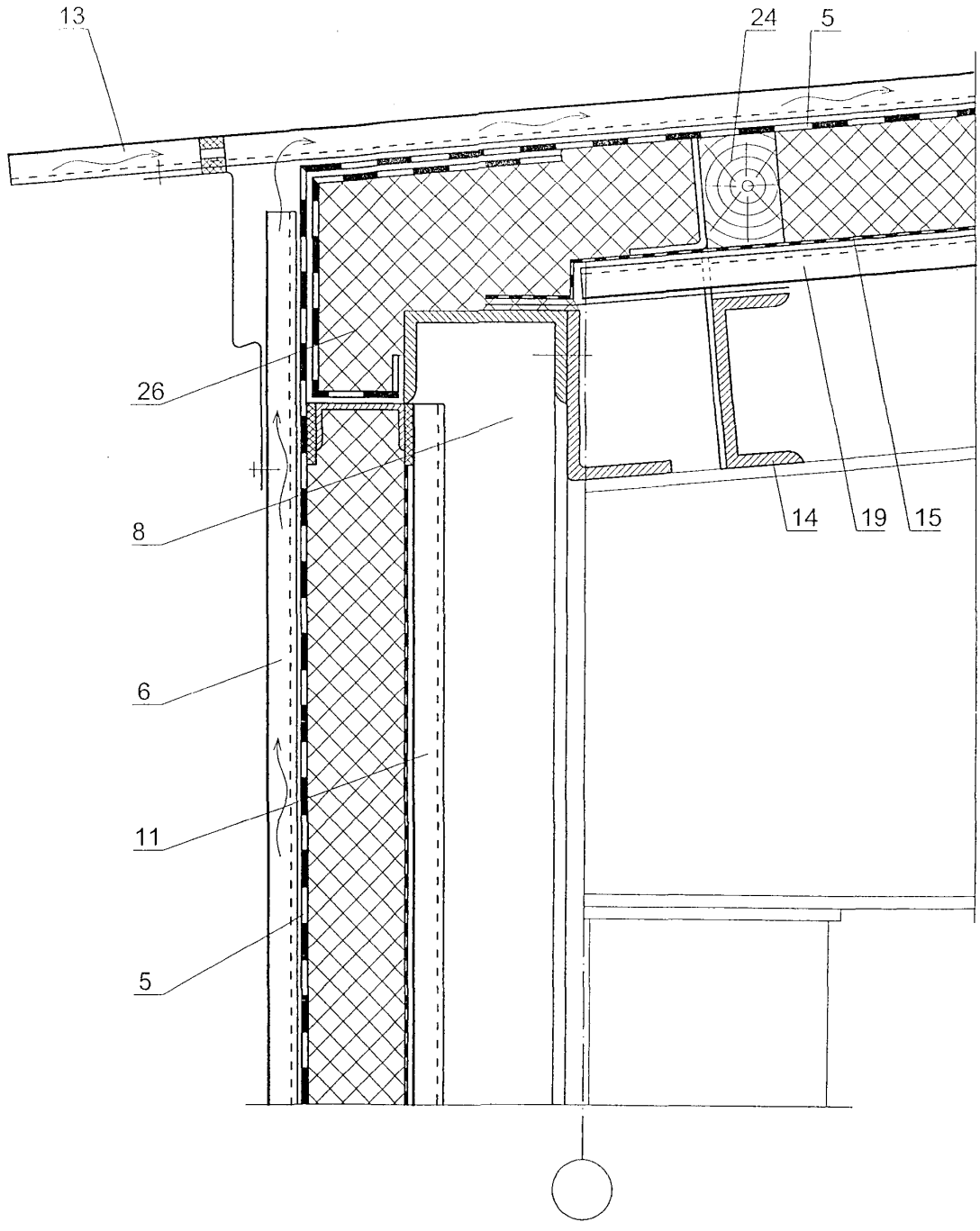
						M24.13/05 — 2.6	Лист
							6
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

3

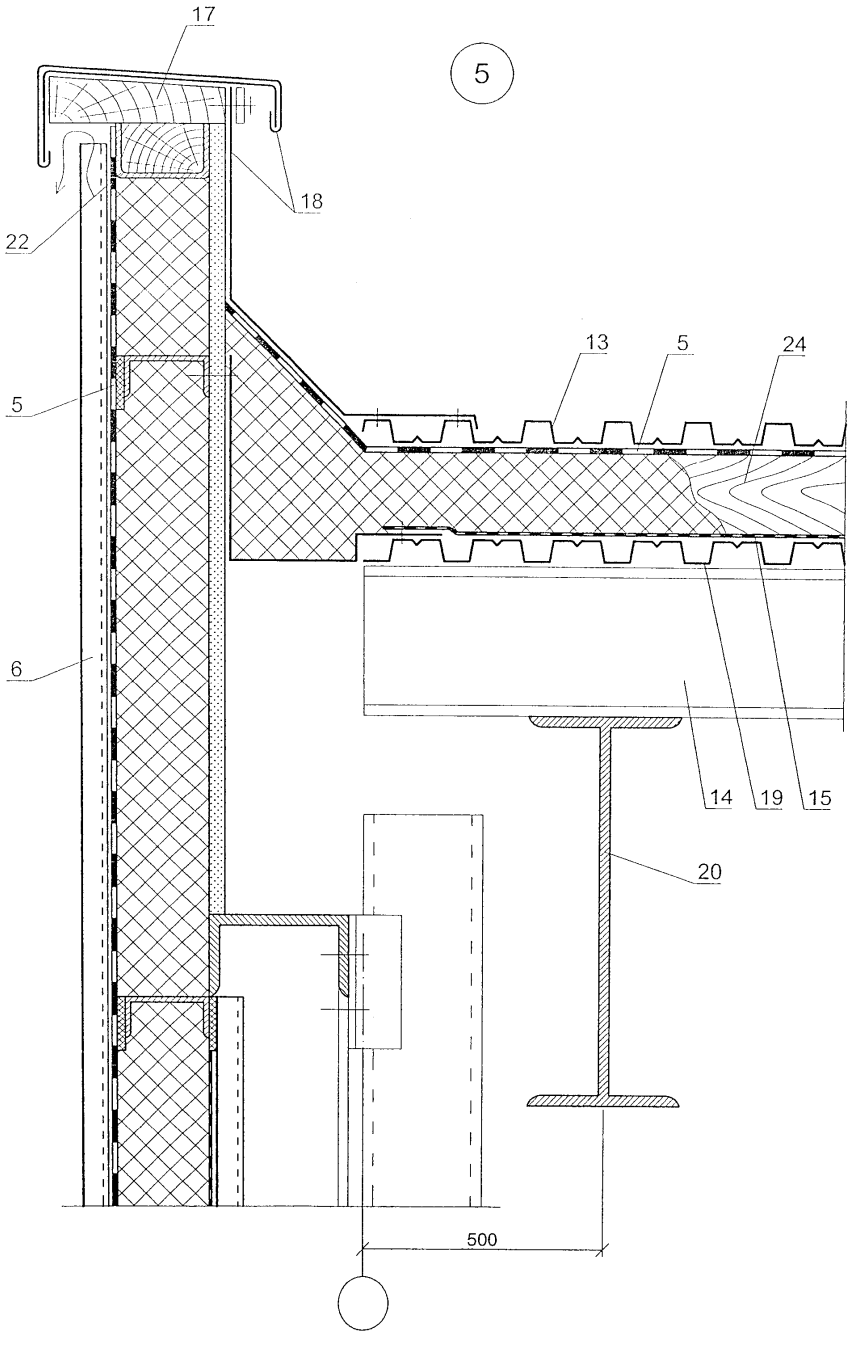


						M24.13/05 — 2.7	Лист
							7
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

4

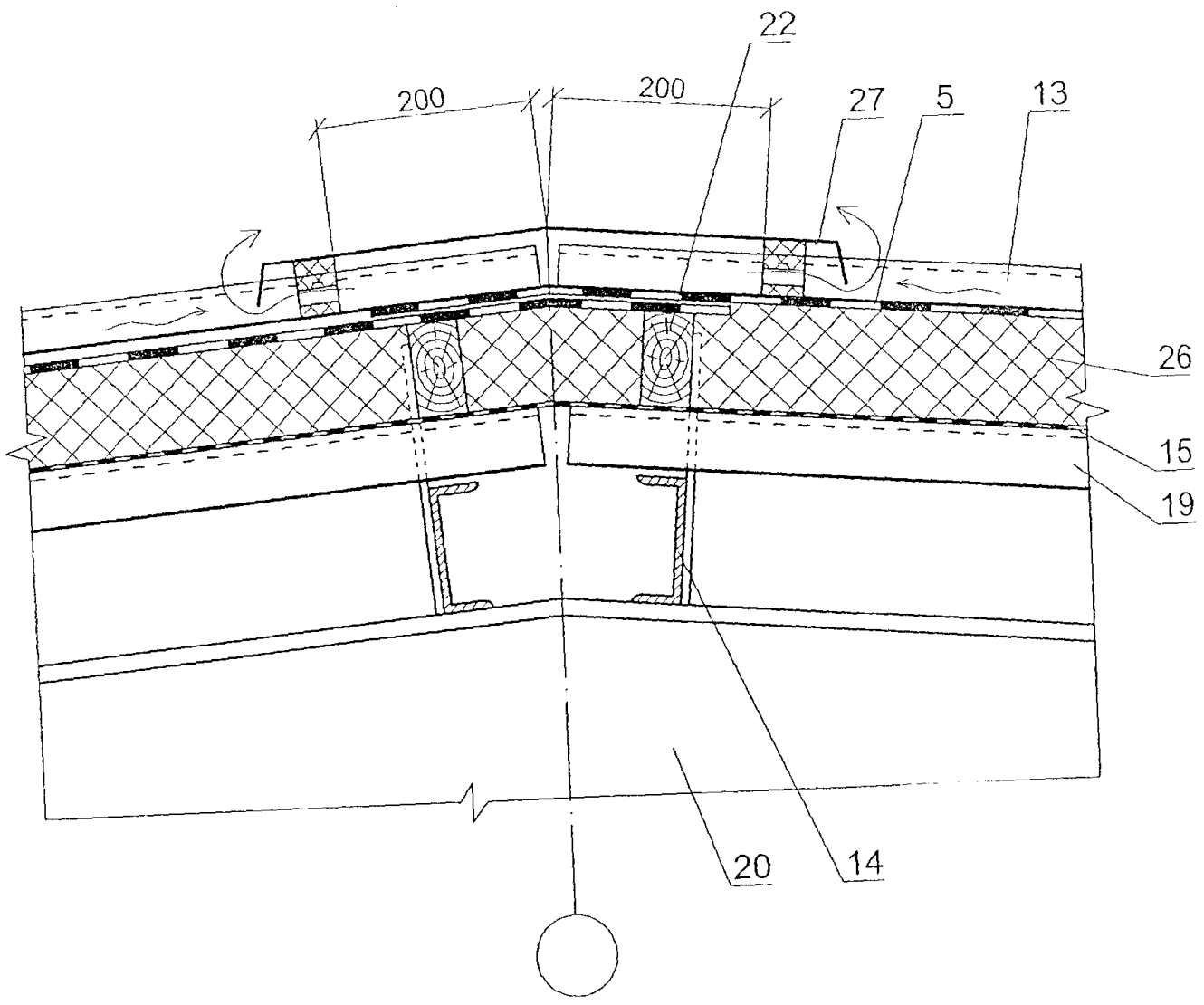


Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	M24.13/05 — 2.8	Лист 8



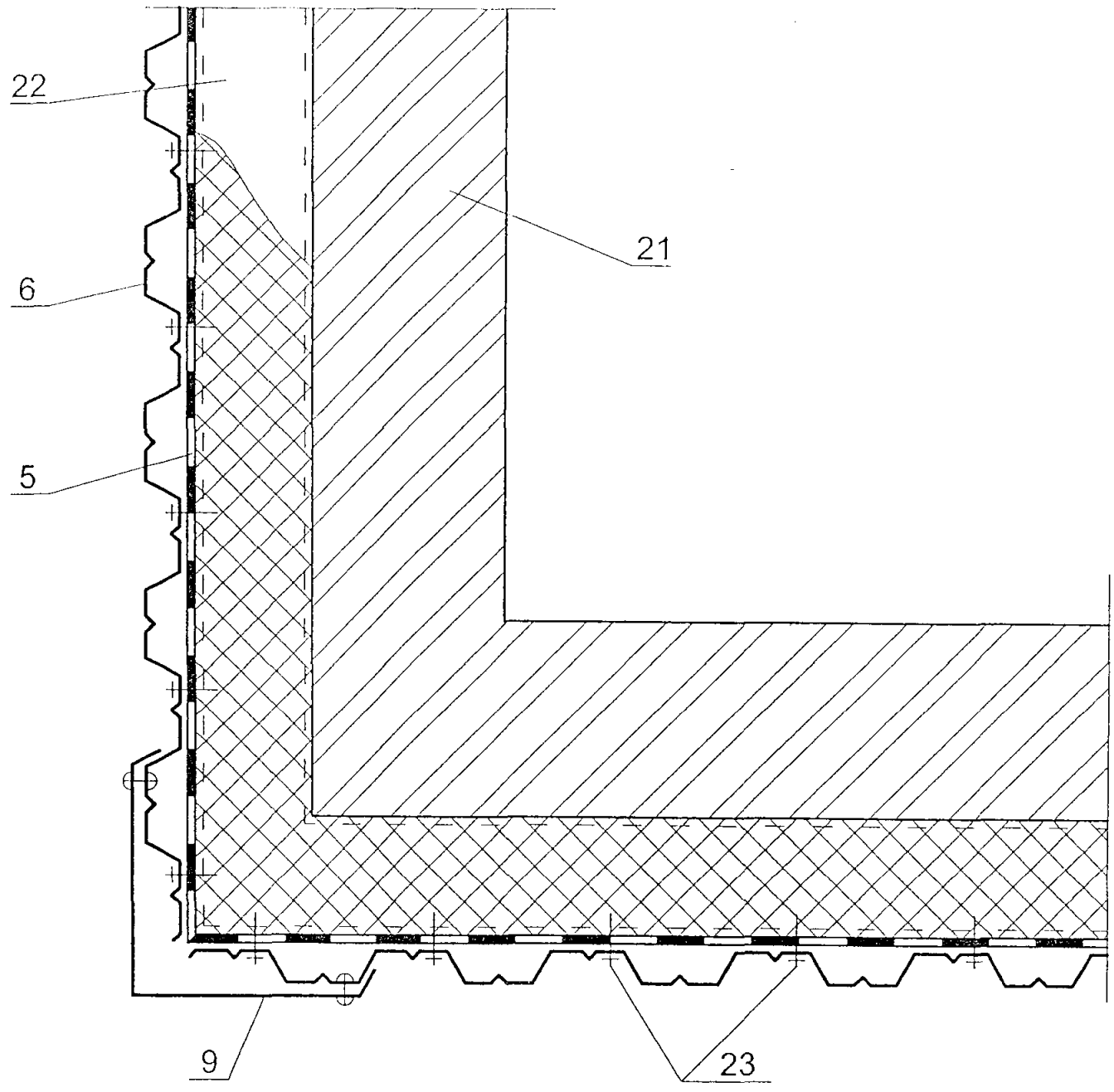
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	М24.13/05 — 2.9	Лист 9

6



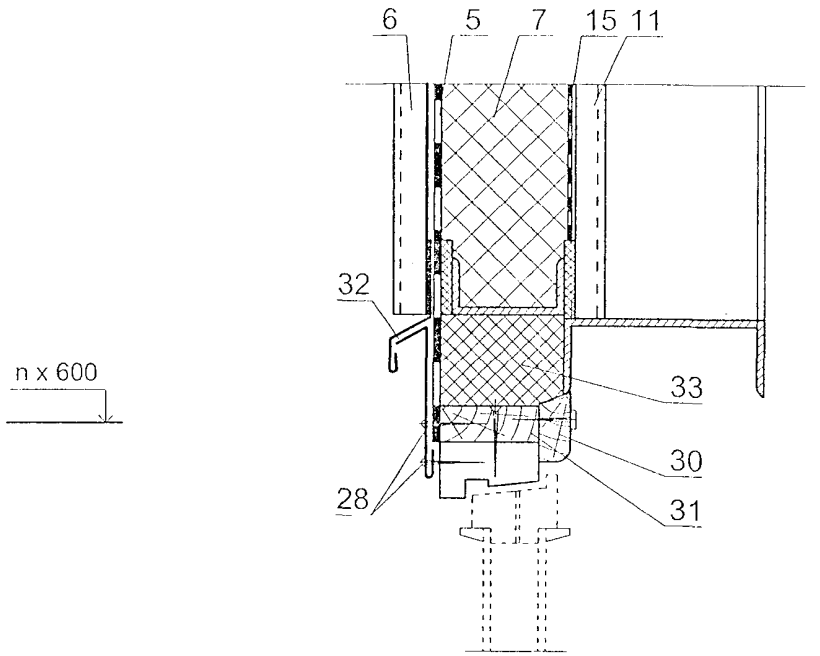
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	M24.13/05 — 2.10	Лист 10

7

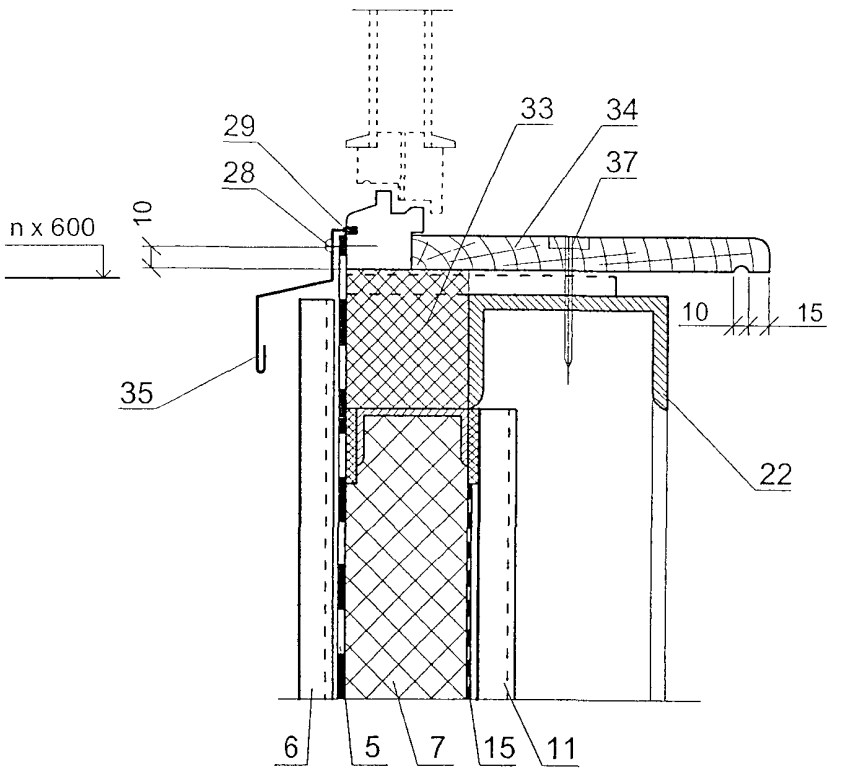


						M24.13/05 — 2.11	Лист
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		11

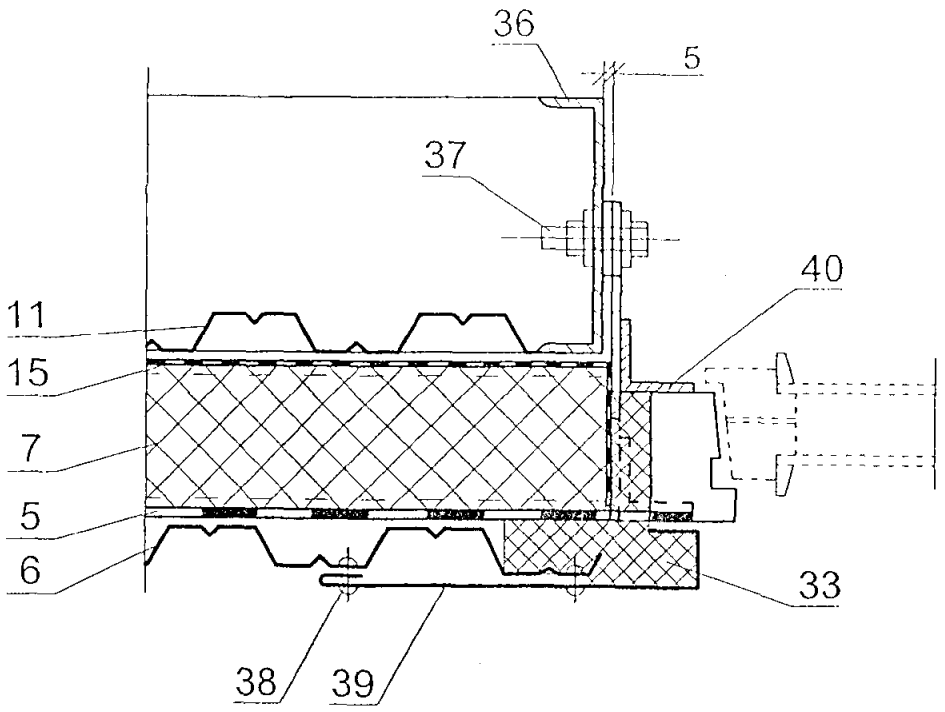
8а


6
5
7
15
11
32
n x 600
33
30
28
31

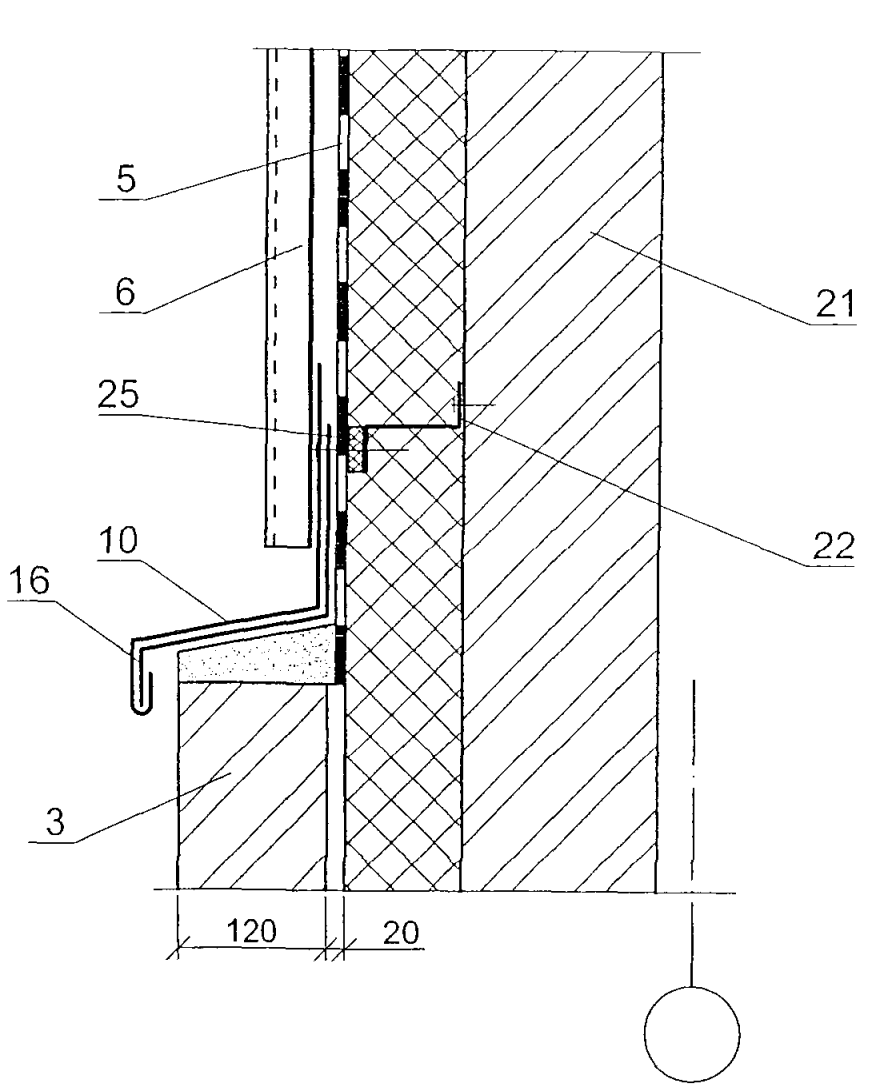
8б


29
33
34
28
37
n x 600
10
10
15
35
22
6
5
7
15
11

8в

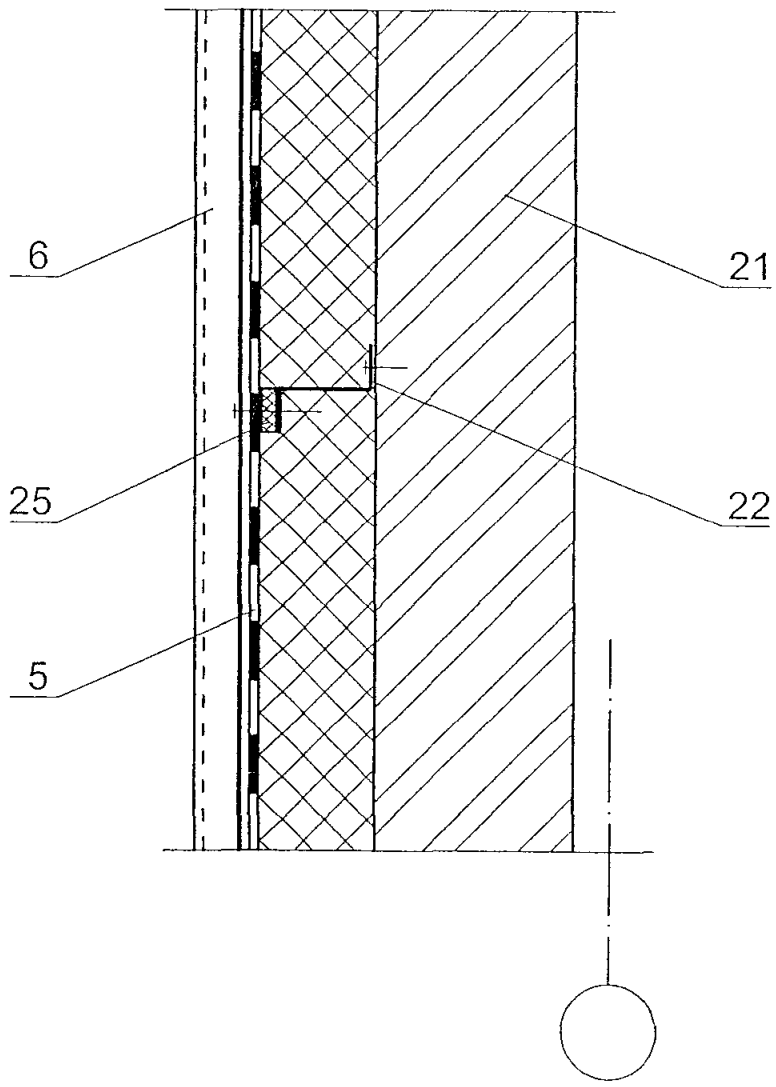


9



						M24.13/05 — 2.13	Лист
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		13

10



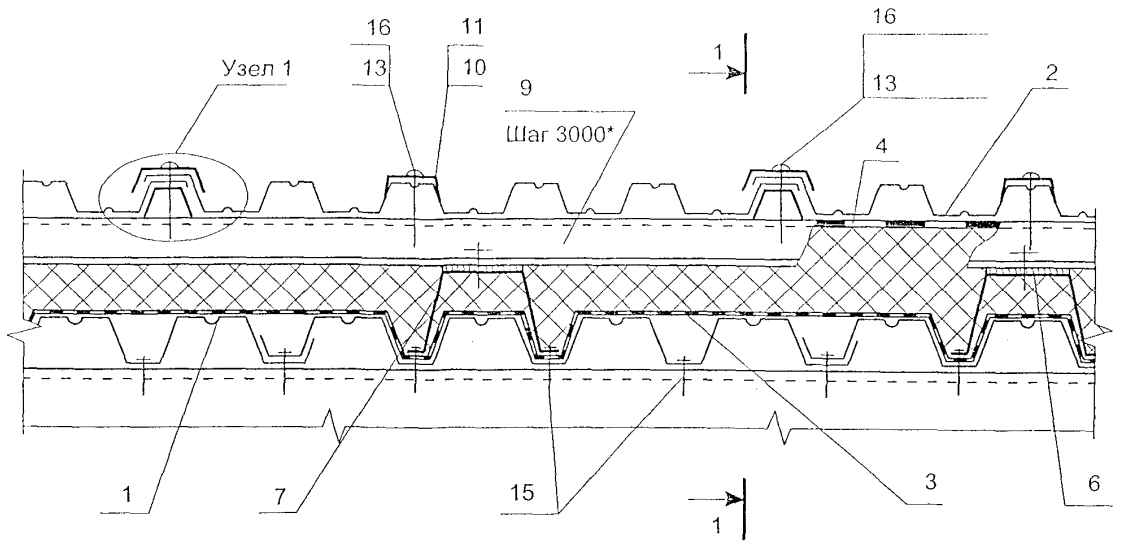
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	M24.13/05 — 2.14	Лист 14

РАЗДЕЛ 3

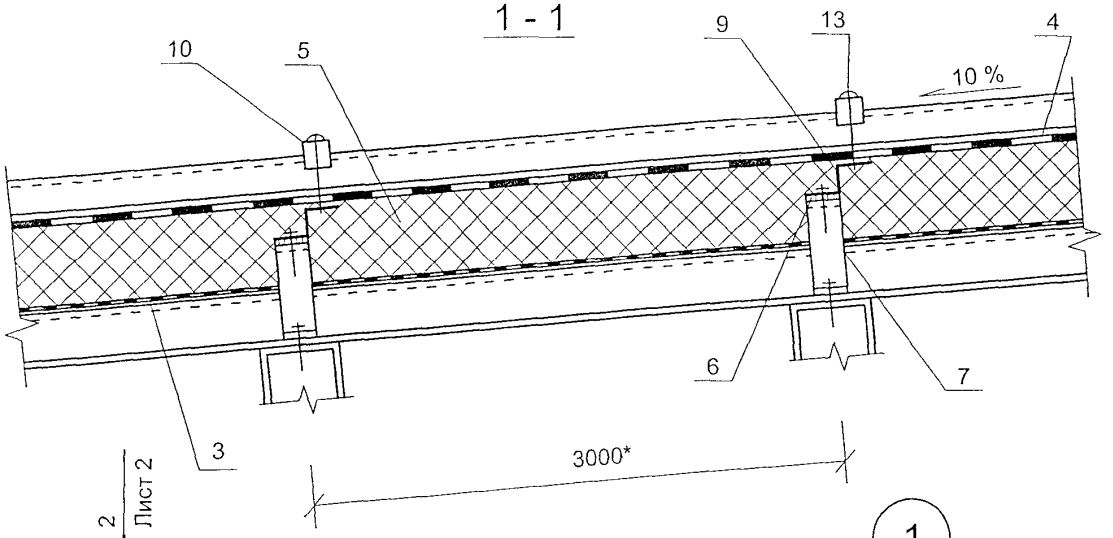
ПОКРЫТИЯ С КРОВЛЕЙ ИЗ ОЦИНКОВАННЫХ СТАЛЬНЫХ ПРОФЛИСТОВ

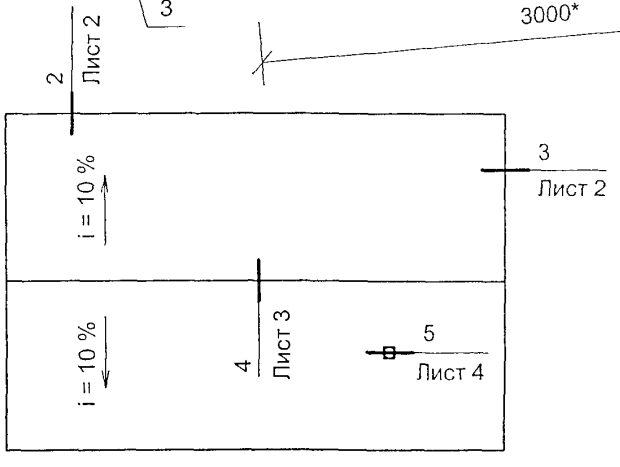
№ поз.	Наименование	№ поз.	Наименование
1	Несущий стальной профилированный настил	21	Гребенчатый уплотнитель из пористой резины
2	Стальной профилированный настил	22	Труба
3	Пароизоляция	23	Стальной квадратный стакан с фланцем
4	Ветрозащита из пленки “Тайвек”	24	Дополнительные прогоны
5	Теплоизоляция	25	Хомут
6	Термовкладыш из бакелизированной фанеры	26	Зонт из оцинкованной стали
7	Опорный элемент из стали δ = 3 мм	27	Коньковый защитный фартук
8	Элемент жесткости δ = 2 мм	28	Гребенка
9	Дистанционный прогон	29	Слив
10	Шайба стальная		
11	Герметизирующая лента		
12	Мастика герметизирующая		
13	Винт самонарезающий		
14	Заклепка комбинированная		
15	Винт самонарезающий		
16	Шайба неопреновая		
17	Заглушка из минераловатного мата		
18	Стальная гребенка по форме профлиста		
19	Оцинкованная сталь δ = 0,8 мм		
20	Защитный фартук из оцинкованной стали δ = 0,8 мм		

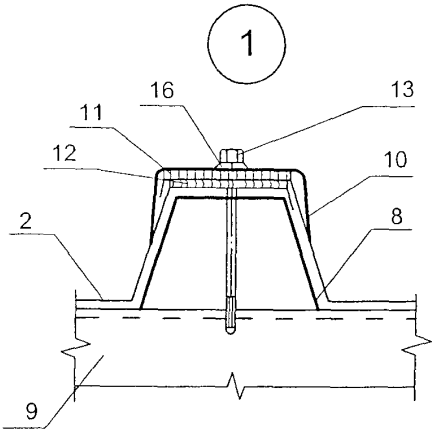
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	**М24.13/05-3.0**		
Зам. ген. дир.		Гликин				Экспликация материалов и деталей к узлам покрытия с кровлей из профилированных стальных листов	Стадия	Лист	Листов
Рук. отд.		Воронин					МП	1	1
Инженер		Пешкова					ОАО ЦНИИПРОМЗДАНИЙ г. Москва. 2005 г.		



1 - 1







* - справочный размер

Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	
Зам. ген. дир.		Гликин				
Рук. отд.		Воронин				
Инженер		Пешкова				

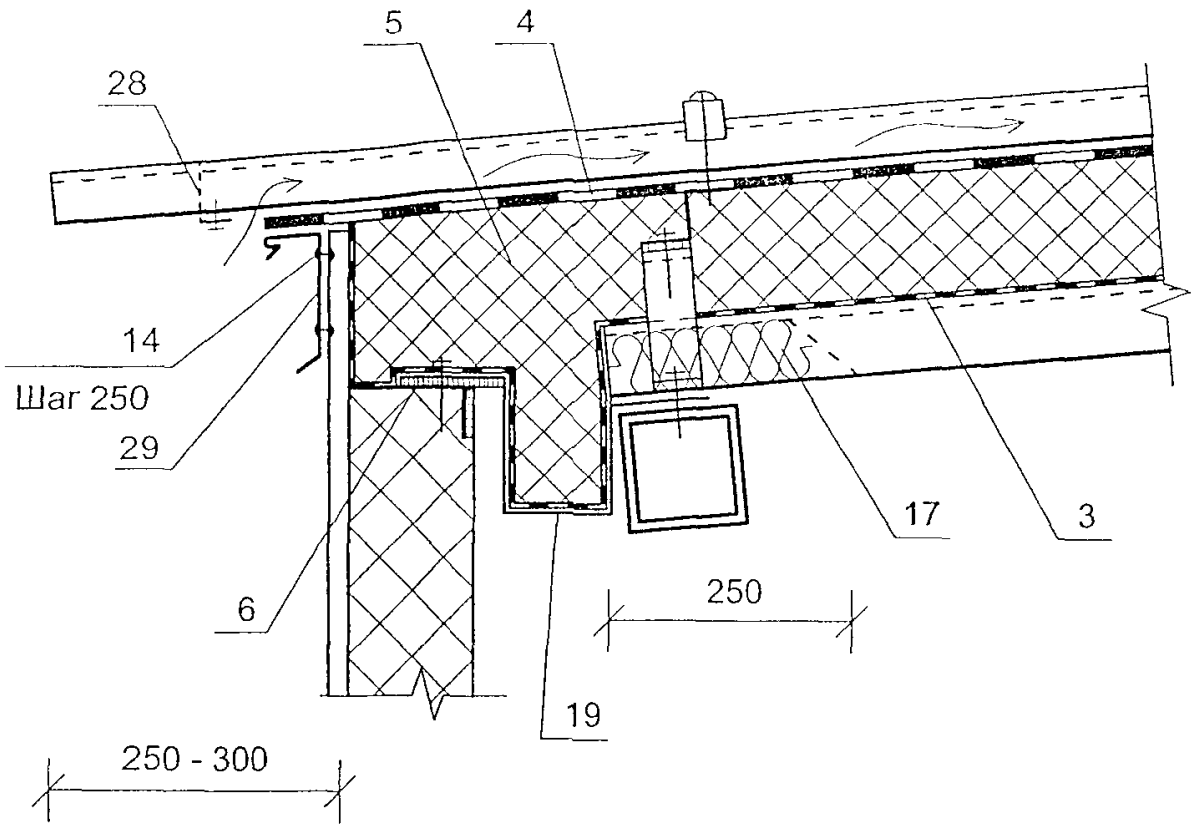
M24.13/05 — 3.1

Покрытие с кровлей из профилированных стальных листов.
Схема маркировки узлов.

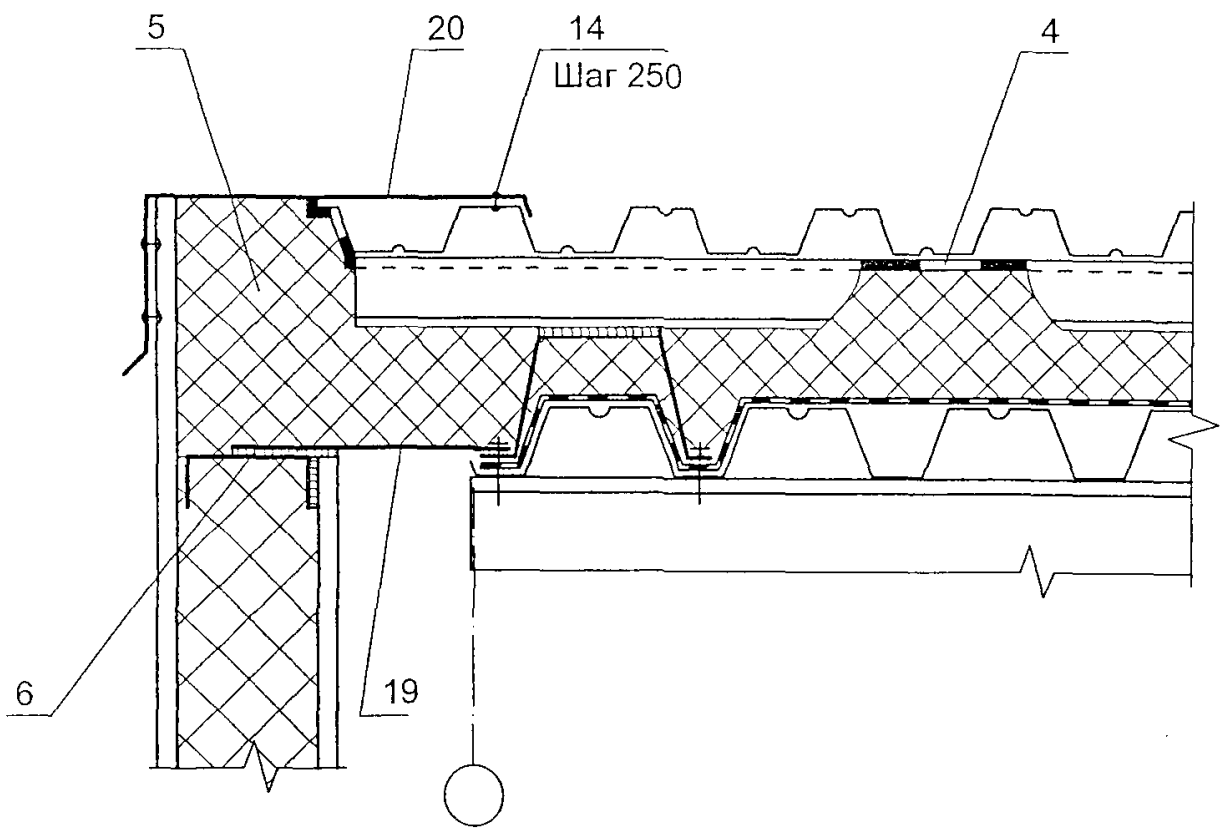
Стадия	Лист	Листов
МП	1	5

ОАО ЦНИИПРОМЗДАНИЙ
г. Москва 2005 г.

2

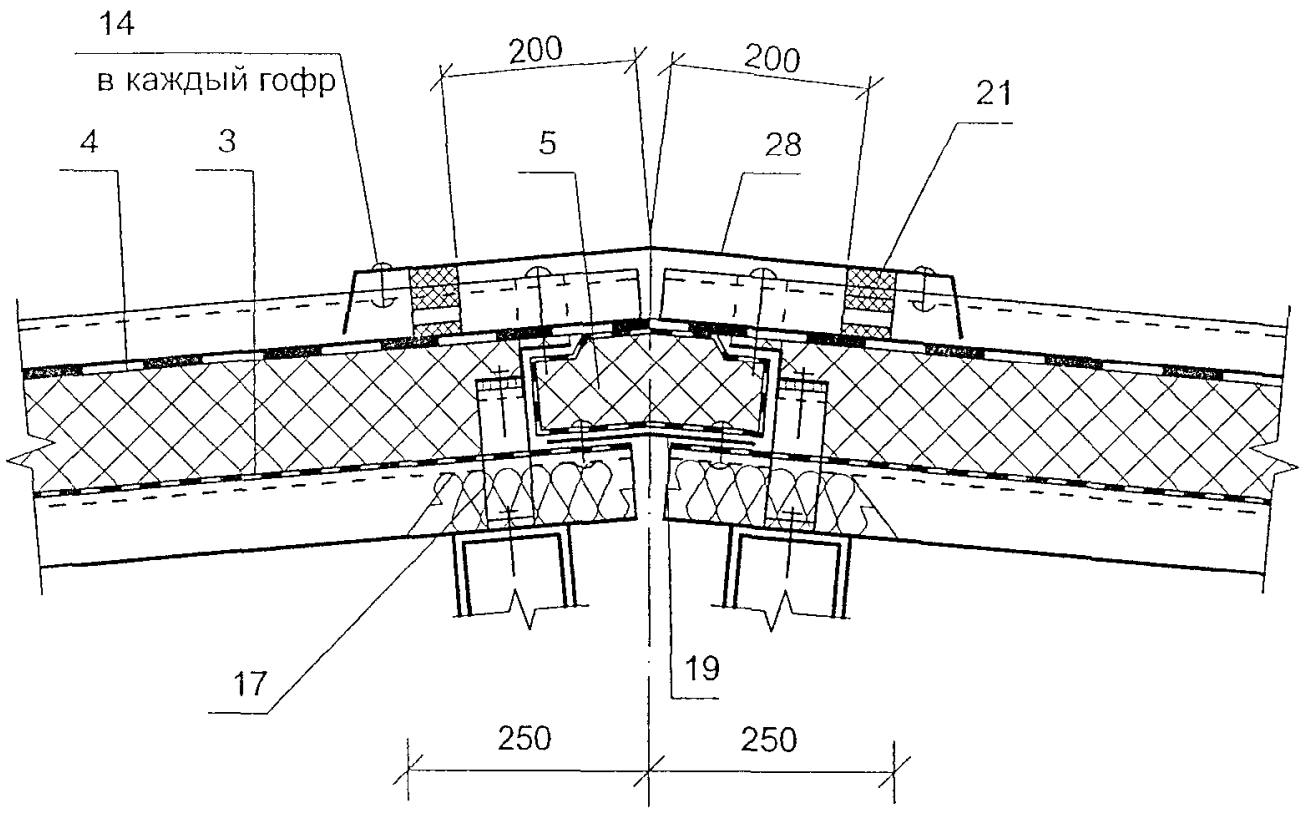


3



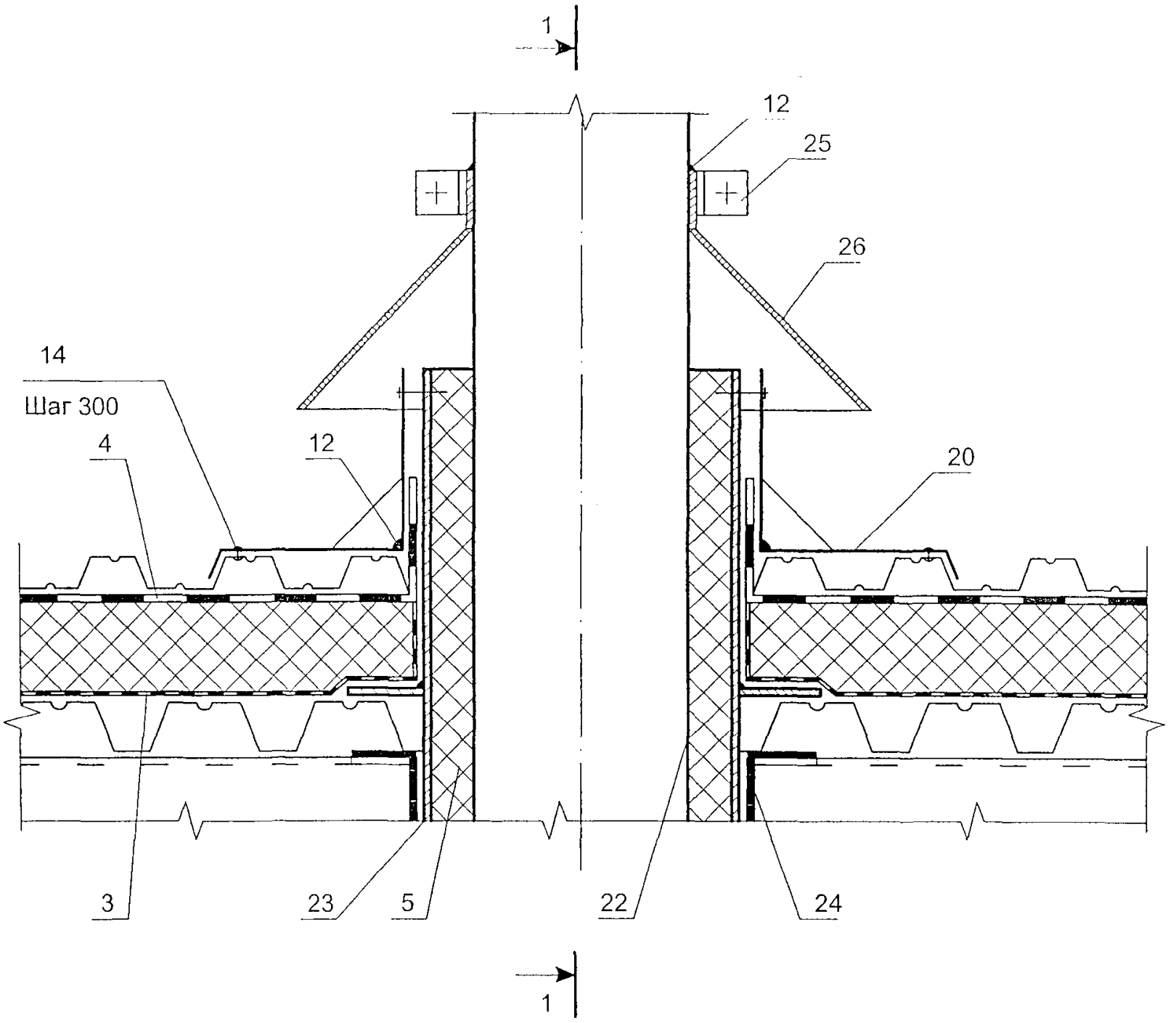
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	M24.13/05 — 3.2	Лист 2

4



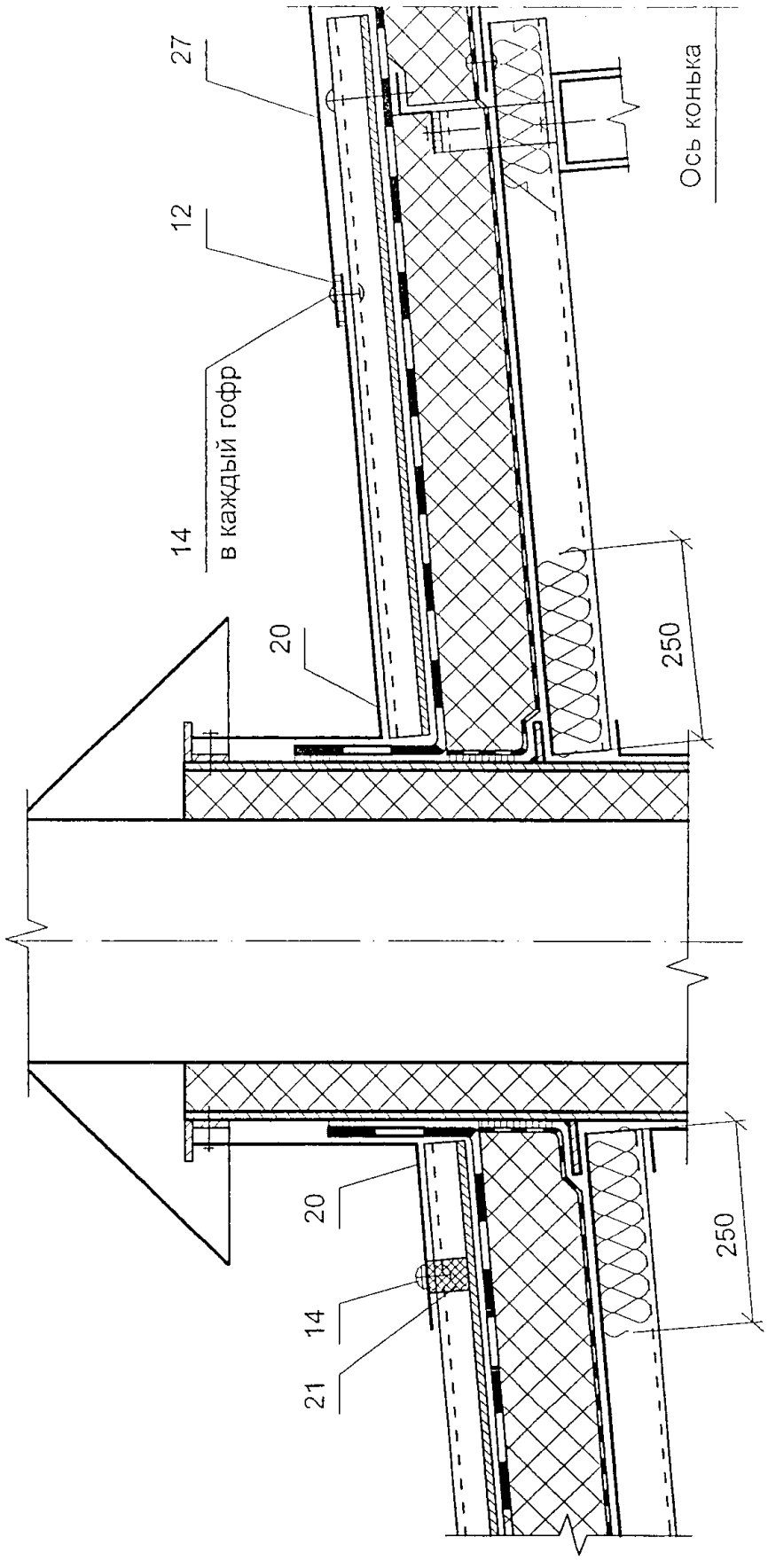
						M24.13/05 — 3.3	Лист
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		3

5



Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	M24.13/05 — 3.4	Лист 4

1 - 1 (узел 5)



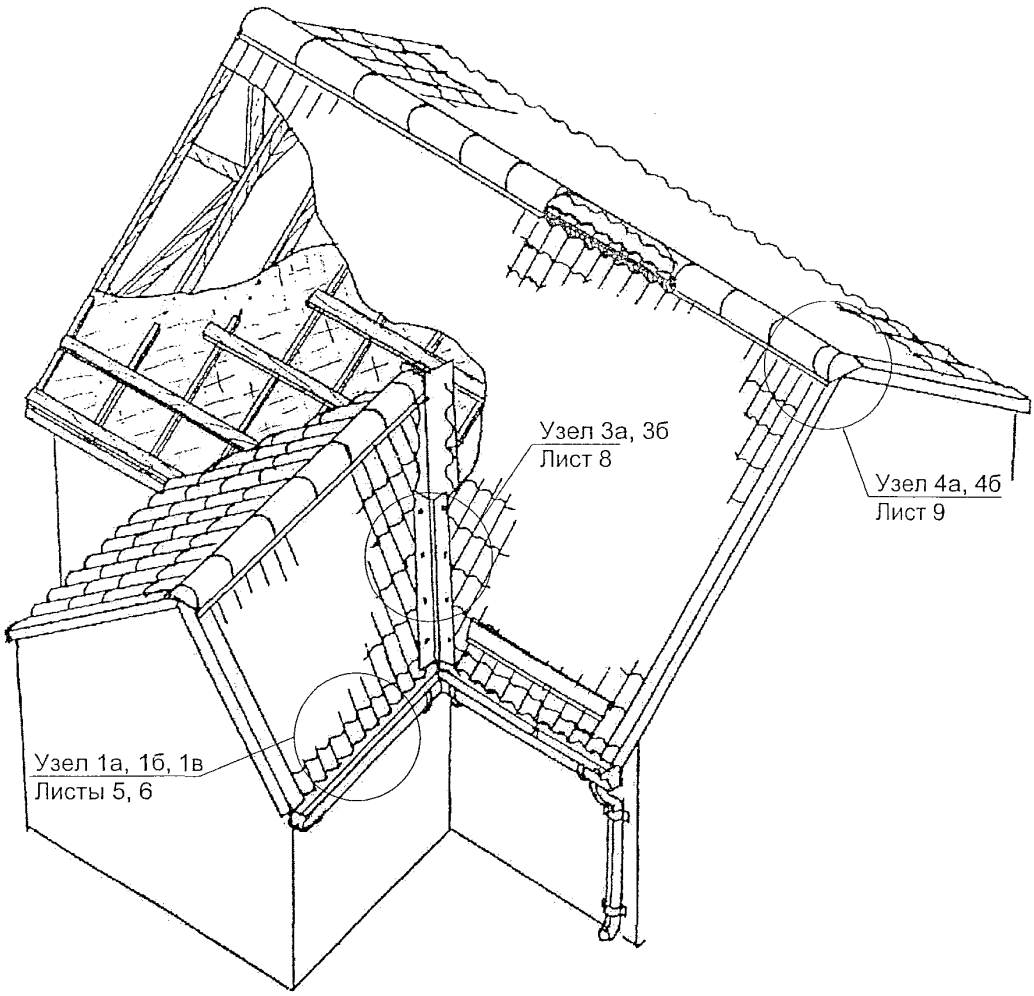
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	М24.13/05 — 3.5	Лист 5

РАЗДЕЛ 4

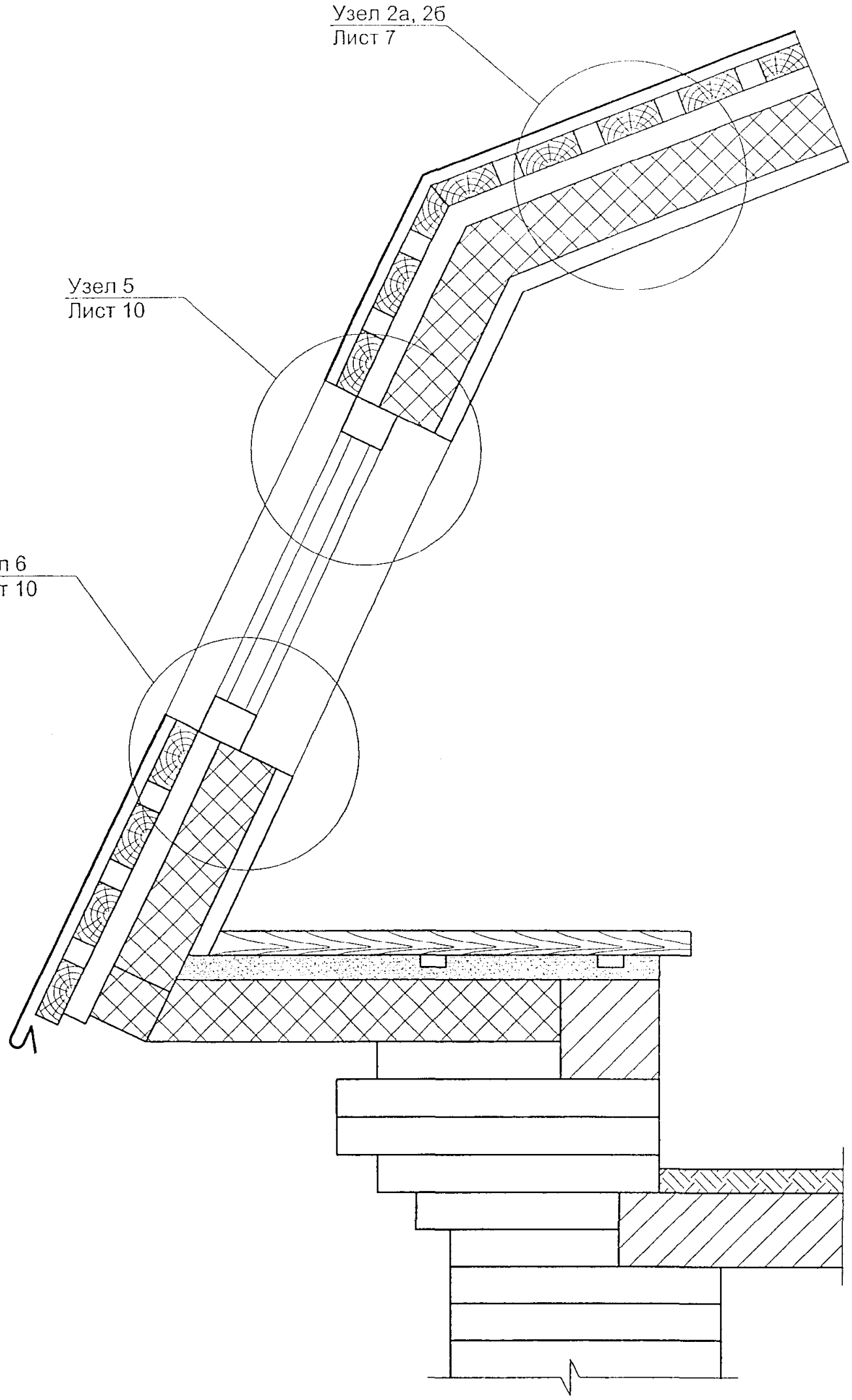
ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ МАНСАРД И ЧЕРДАКОВ

№ поз.	Наименование	№ поз.	Наименование
1	Гипсокартонный лист	27	Шуруп ГОСТ 1144-80
2	Стропило деревянное	28	Деревянный брусок 40х30 мм
3	Цементно-песчаная черепица	29	Стропило стальное
4	Обрешетка	30	Подкладочный слой
5	Контробрешетка	31	Стена
6	Клинообразный брус	32	Несущая плита
7	Фартук свеса	33	Наружная обшивка
8	Желоб	34	Стальной профлист
9	Капельник	35	Деревянный каркас
10	Подшивка карниза	36	Пол
11	Утеплитель с покровным (ветрозащитным) слоем из «Тайвека»	37	Фундамент
12	Ветрозащитная пленка «Тайвек»	38	Стойка деревянная
13	Пароизоляция	39	Рулонный самоклеящийся материал
14	Сетка	40	Дренажный желоб
15	Оцинкованный гвоздь	41	Труба
16	Скоба крепления желоба	42	Снеговой барьер
17	Желоб	43	Щипцовое окно
18	Поролоновая полоса	44	Вытяжка
19	Сплошной настил	45	Подкладочный слой
20	Крепление хребтового бруска	46	Кровля из оцинкованной стали, меди или цинк-титана
21	Коньковая черепица	47	Металлочерепица
22	Коньковый брус	48	Асбестоцементный или битумный волнистый лист
23	Вентиляционная черепица	49	Гибкая черепица
24	Минеральная вата	50	Стропило стальное
25	Оконный блок	51	Отмостка
26	Обвязочный брус	52	Перегородка

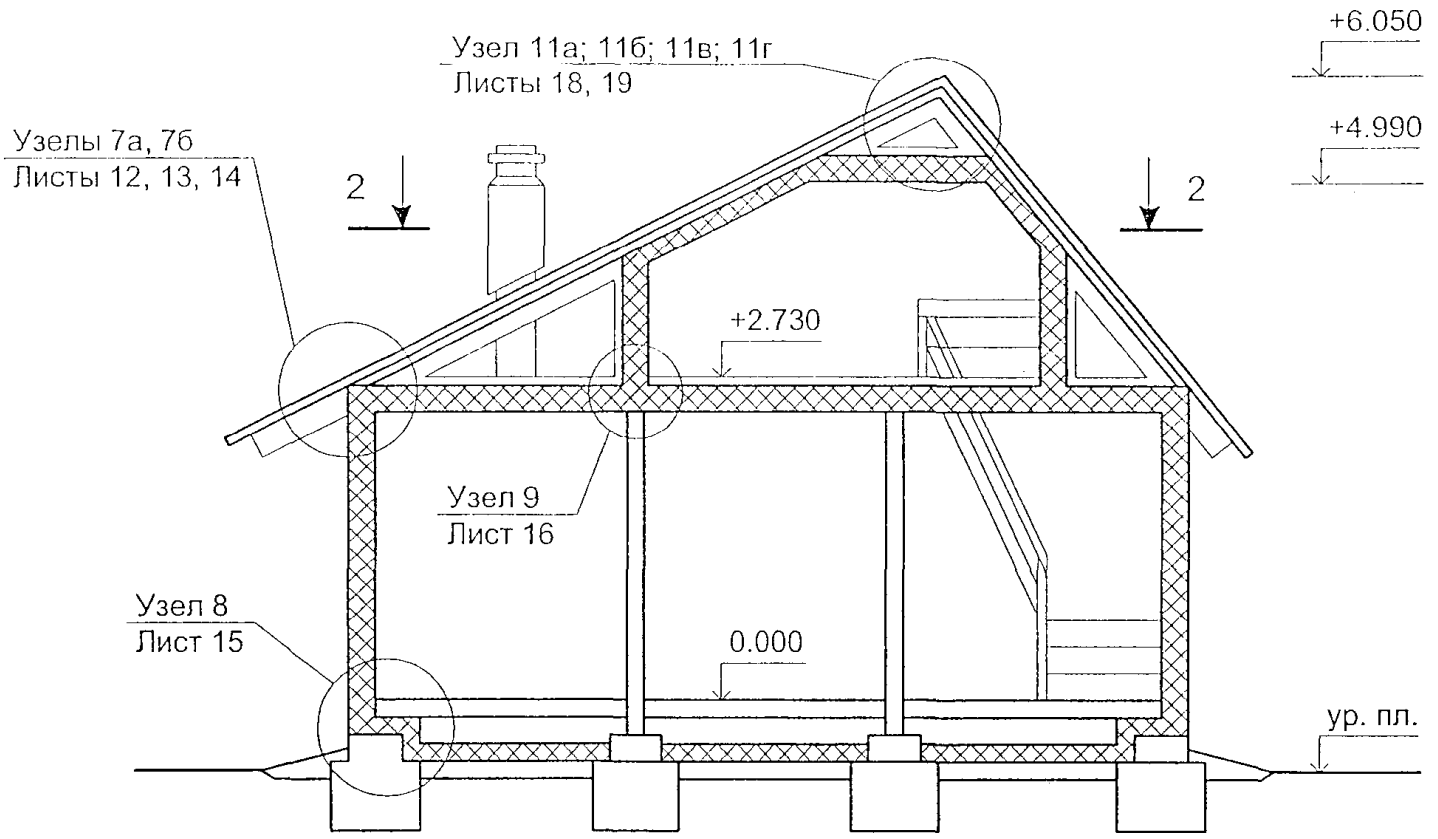
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	М24.13/05-4.0		
Зам. ген. Дир.		Гликин				Экспликация материалов и деталей к узлам к ограждающим конструкциям мансард и чердаков	Стадия	Лист	Листов
Рук. отд.		Воронин					МП	1	1
Инженер		Пешкова					ОАО ЦНИИПРОМЗДАНИЙ г. Москва, 2005 г.		



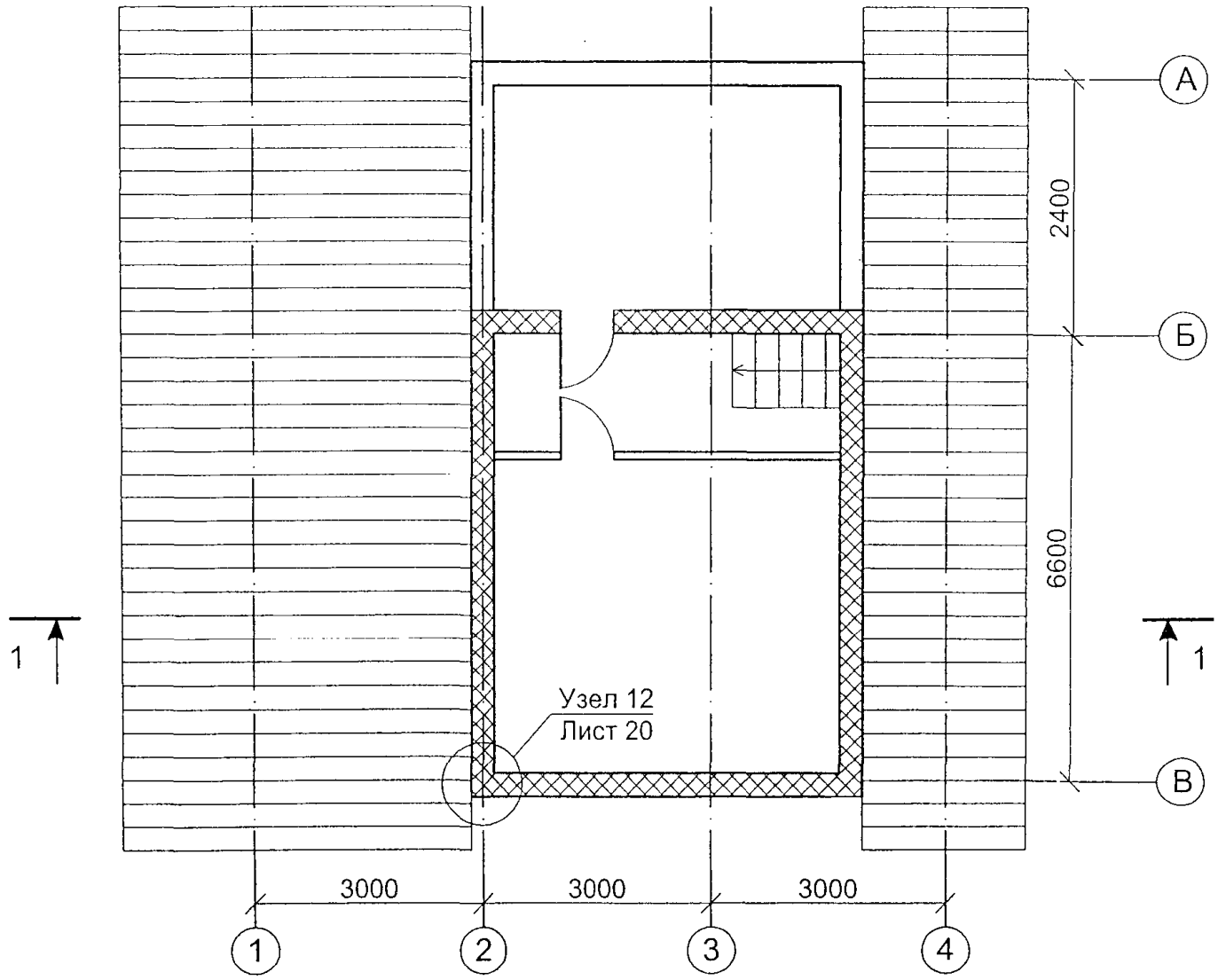
						M24.13/05 — 4.1		
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата			
Зам. ген. дир.		Гликин				Ограждающие конструкции мансард и чердаков	Стадия	Лист	Листов
Рук. отд.		Воронин					МП	1	19
Инженер		Пешкова					ОАО ЦНИИПРОМЗДАНИЙ г. Москва 2004 г.		


Узел 2а, 2б
Лист 7
Узел 5
Лист 10
Узел 6
Лист 10

1 - 1

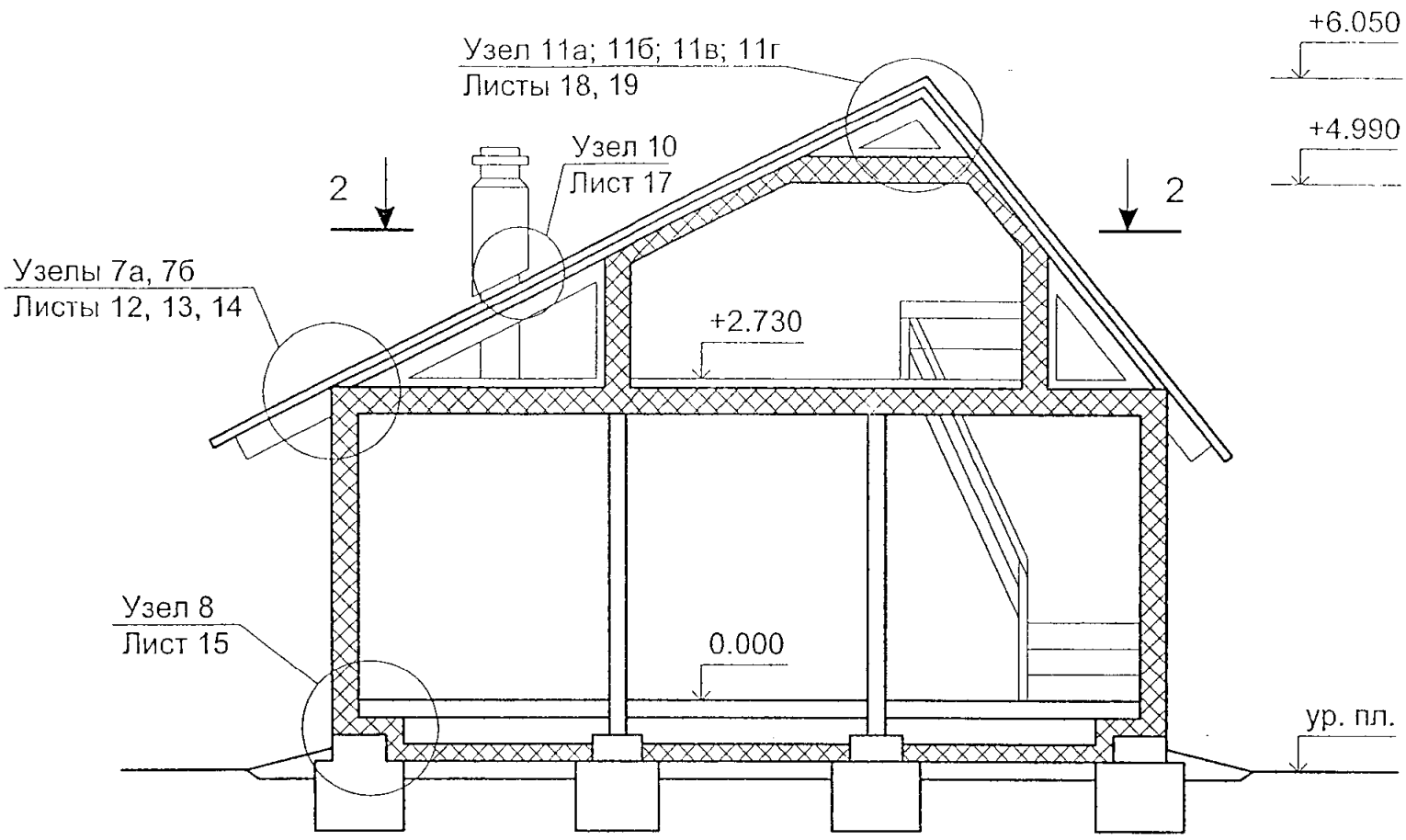


2 - 2

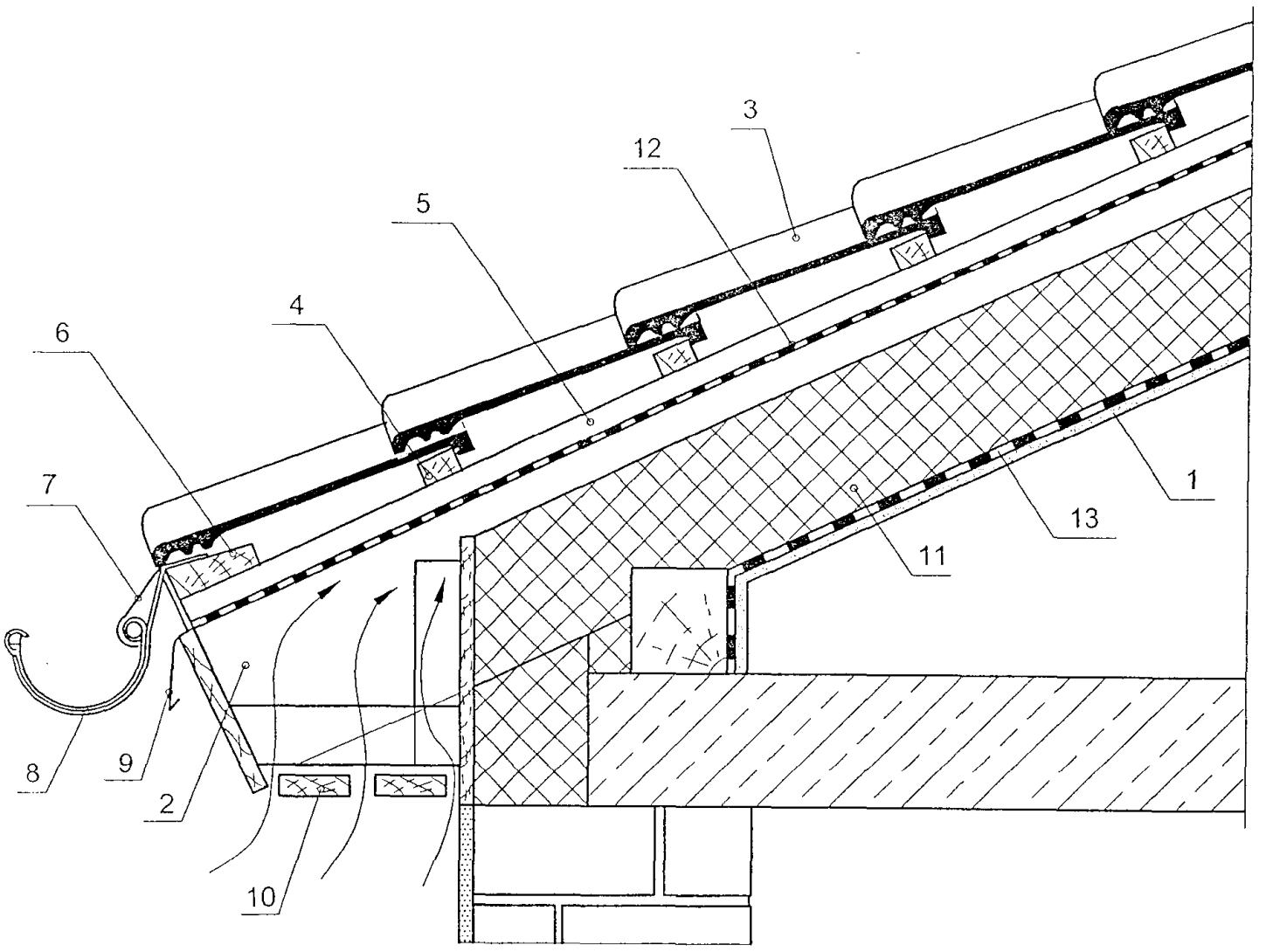


Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	М24.13/05 — 4.3	Лист 3

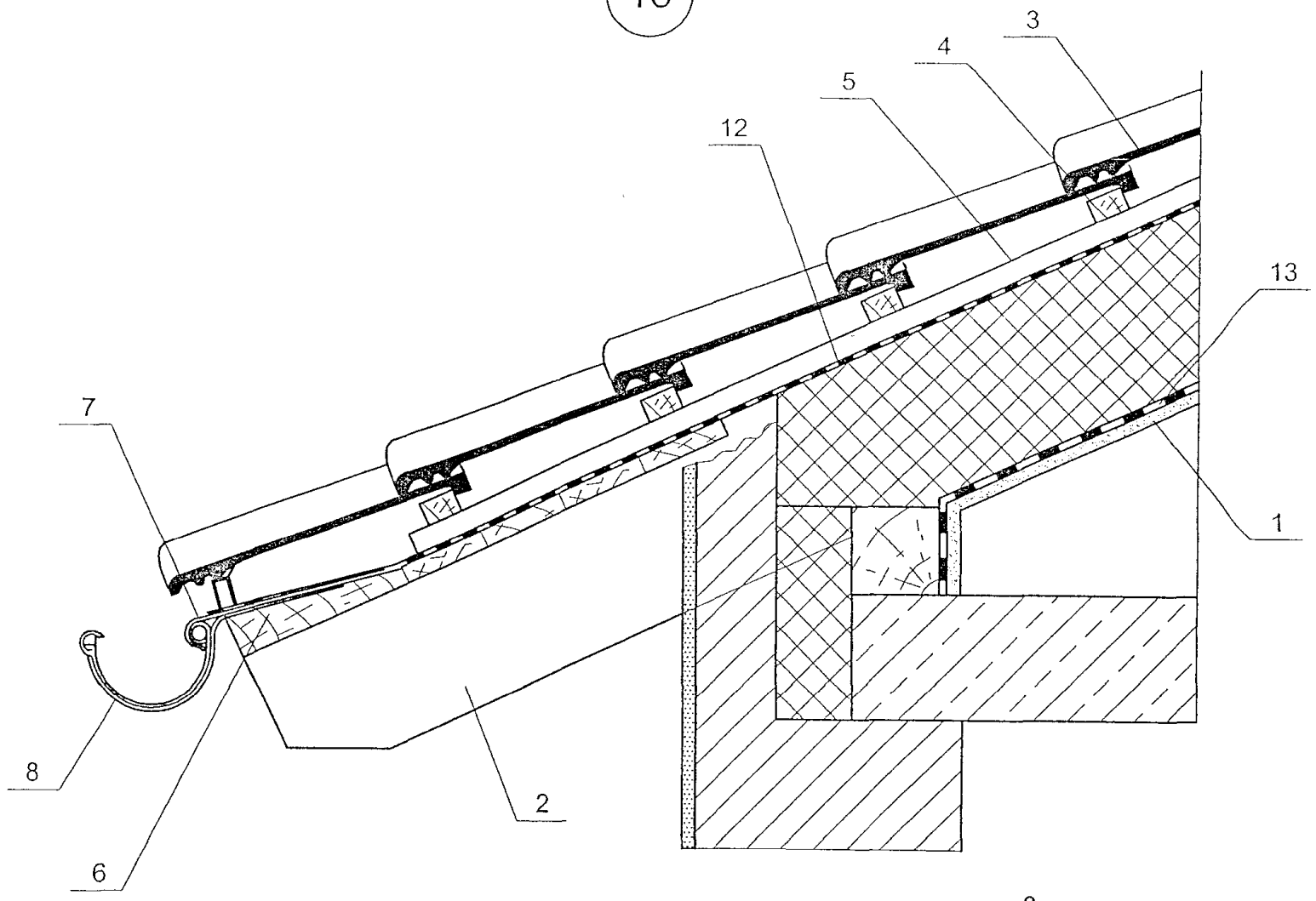
3 - 3


Узел 11а; 11б; 11в; 11г
Листы 18, 19
Узел 10
Лист 17
2
2
Узелы 7а, 7б
Листы 12, 13, 14
Узел 8
Лист 15
+6.050
+4.990
+2.730
0.000
ур. пл.

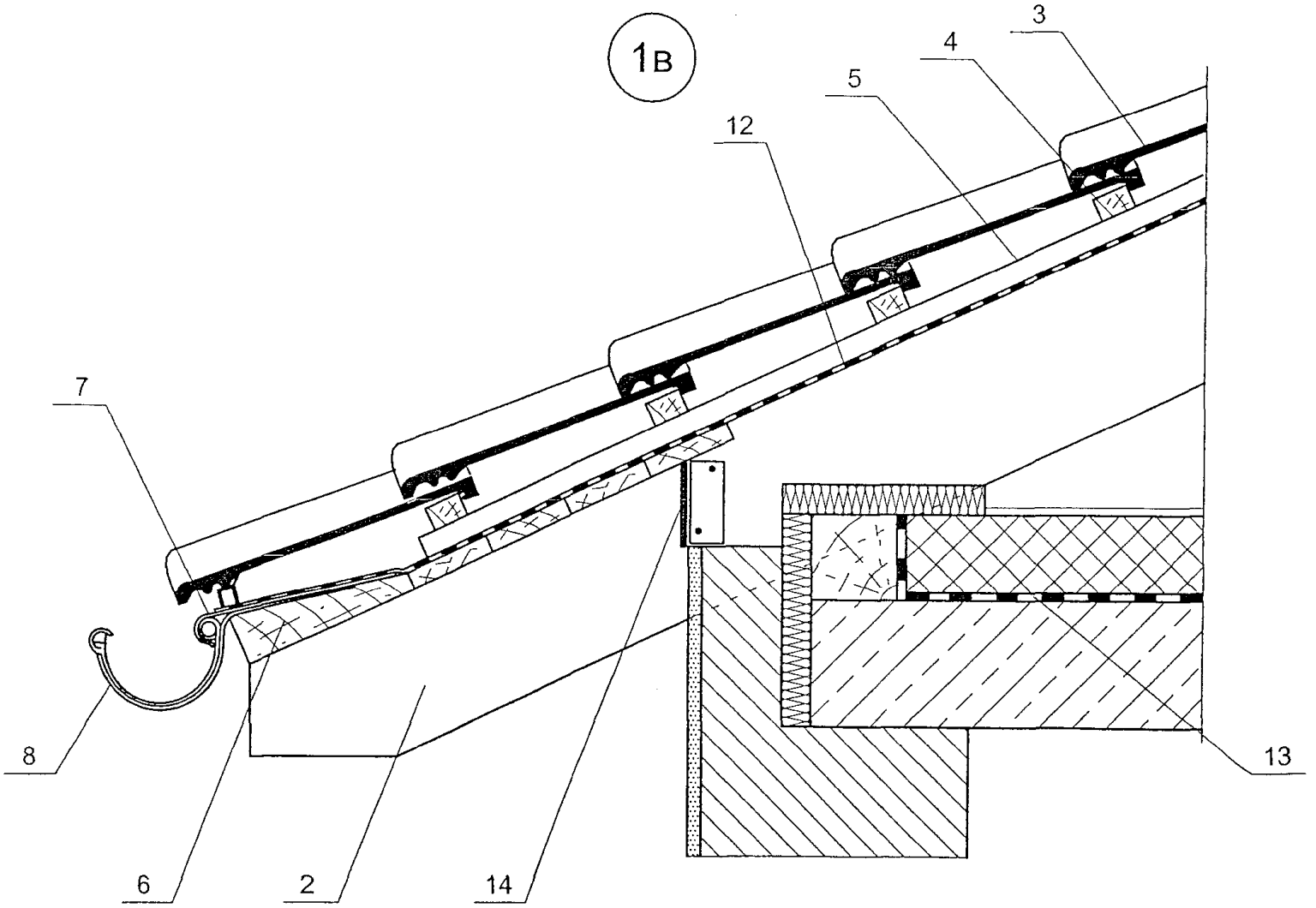
1a



1б

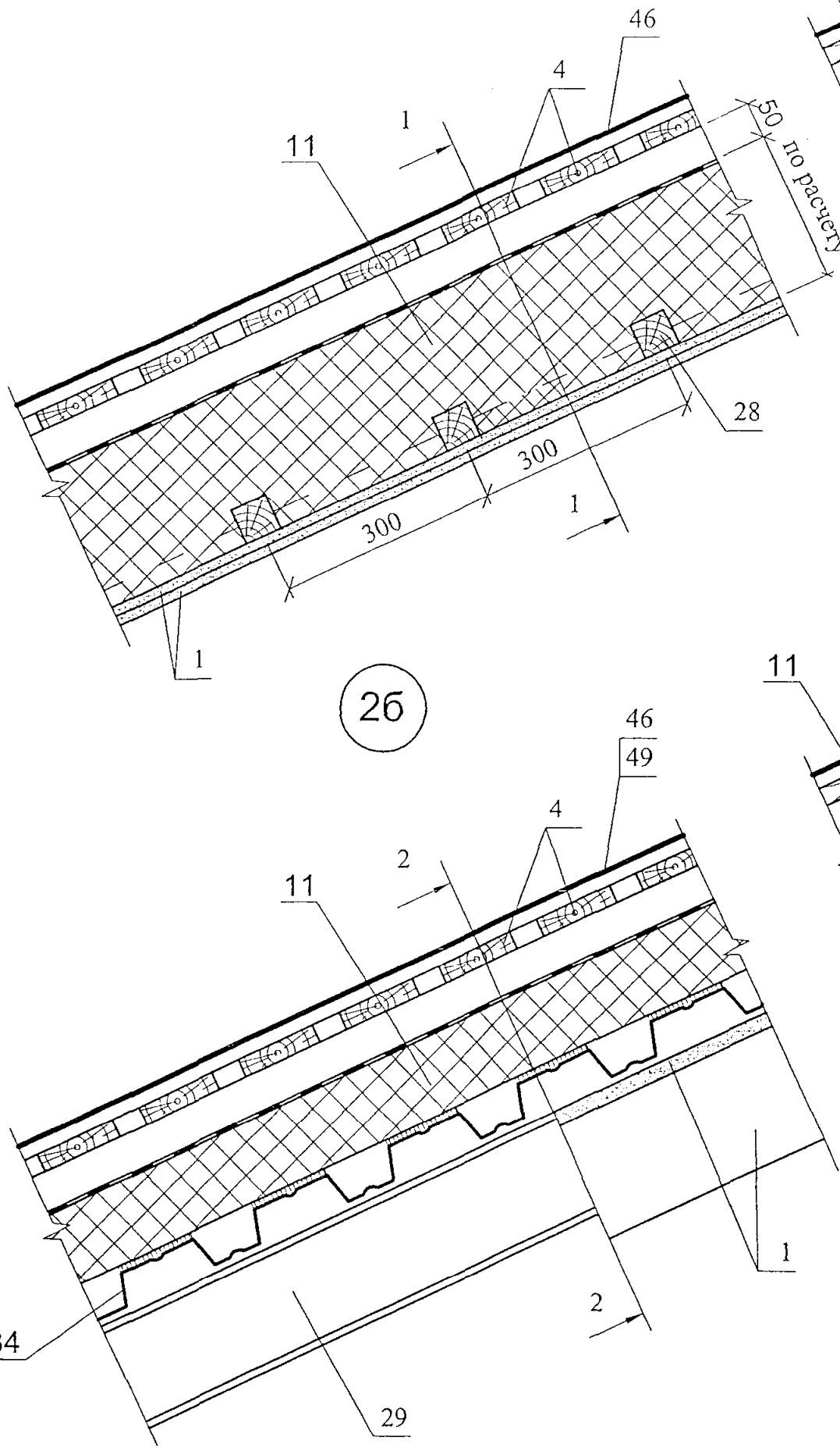


1в

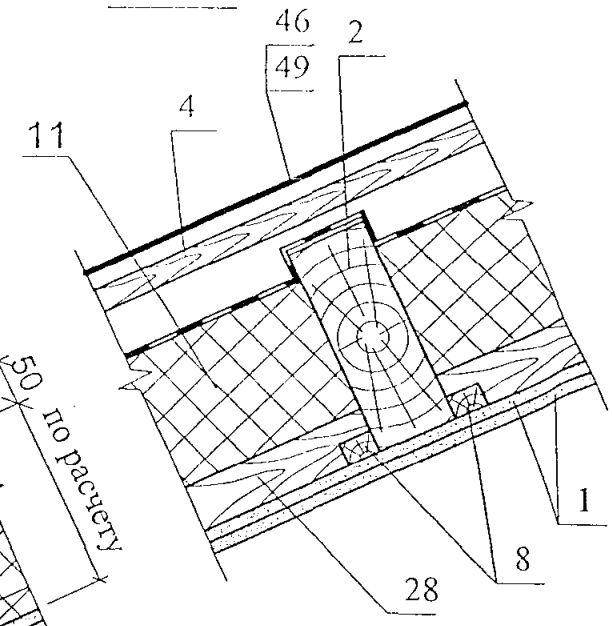


Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	M24.13/05 — 4.6	Лист 6

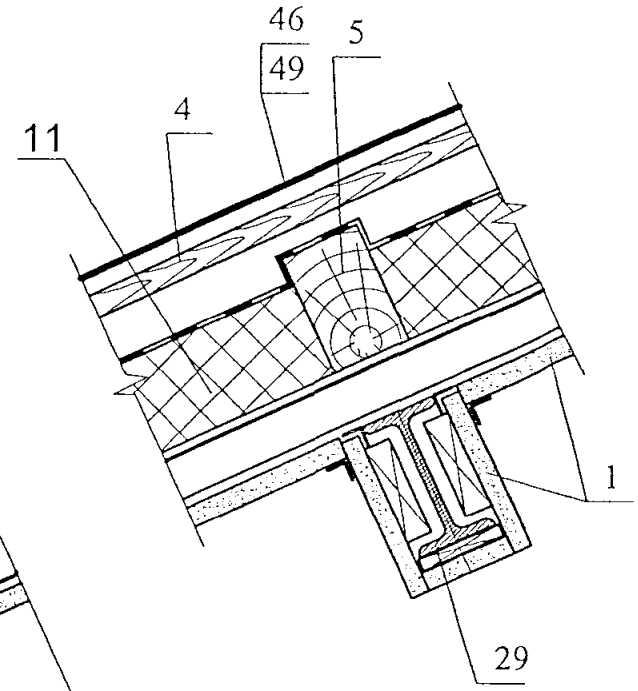
2а



1 - 1



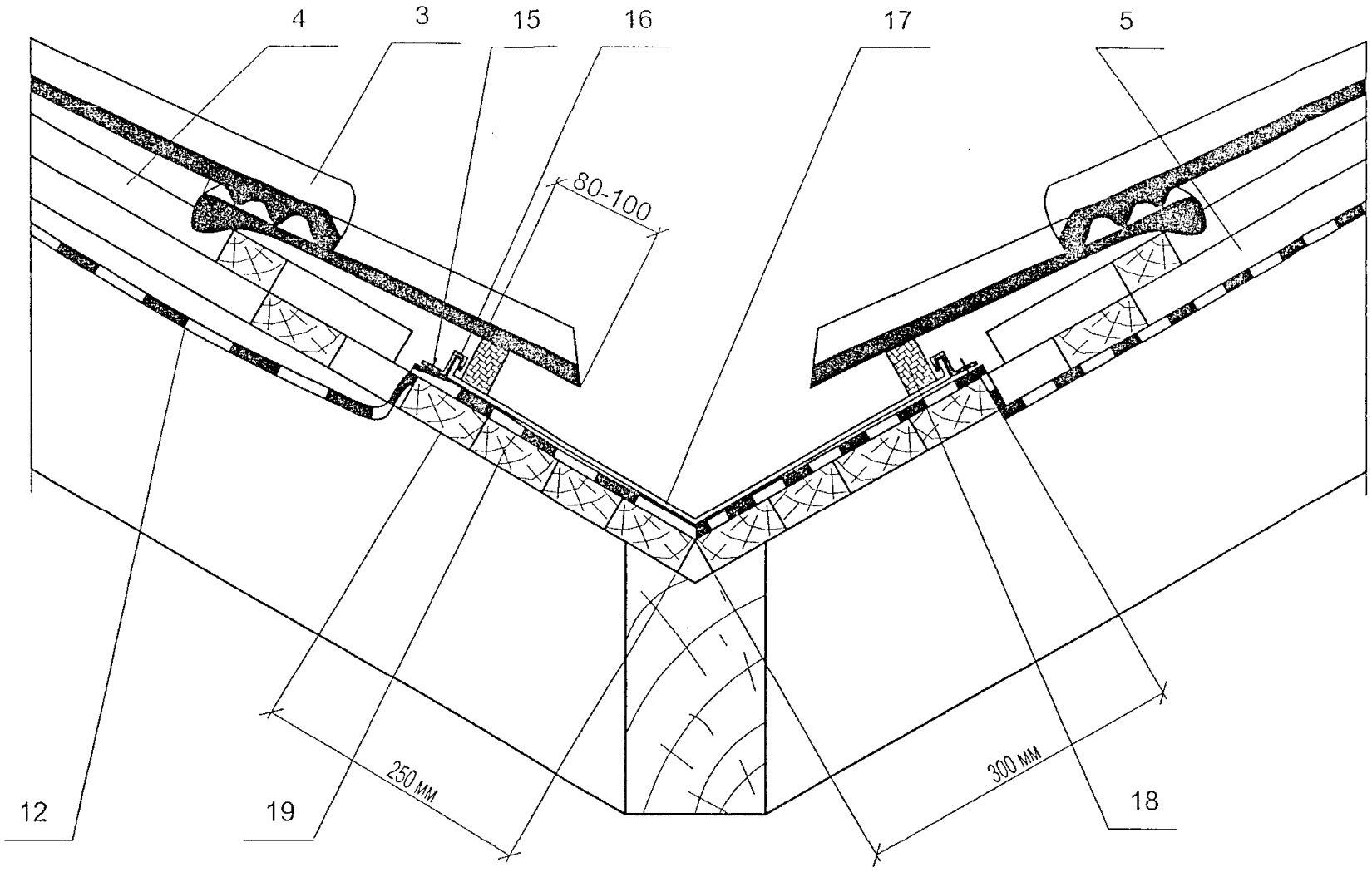
2 - 2



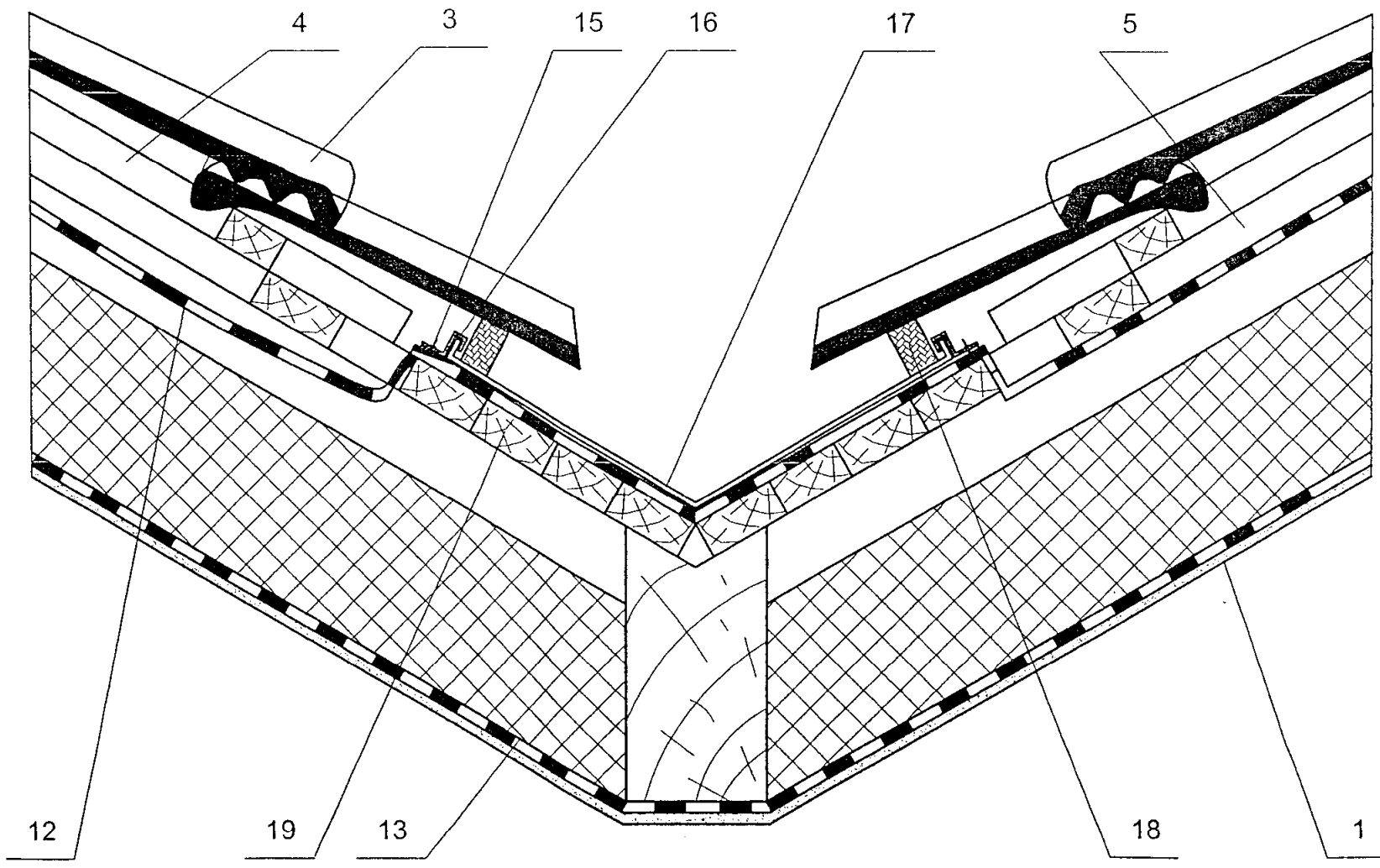
2б

Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	М24.13/05 — 4.7	Лист 7

3а

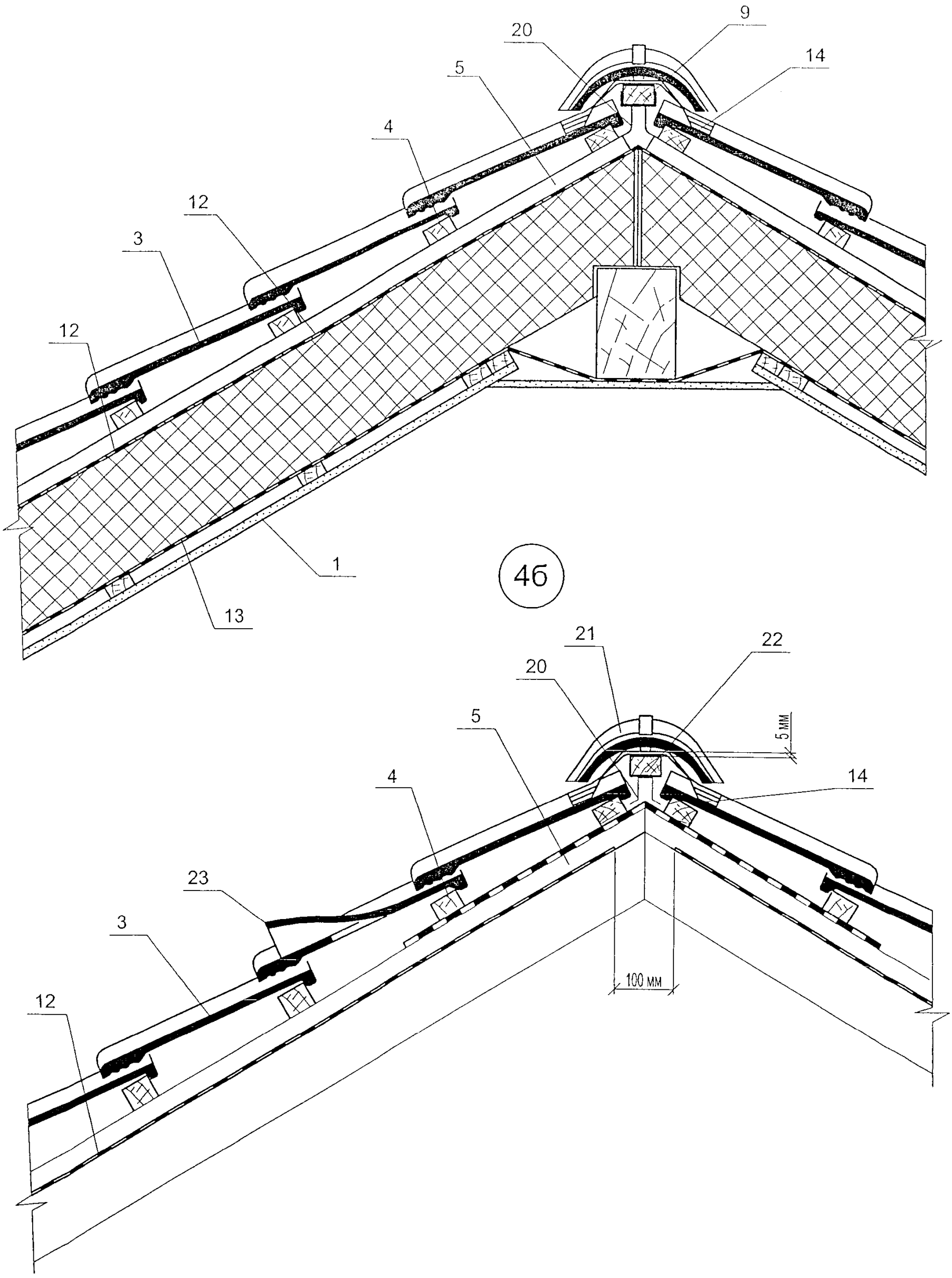


3б



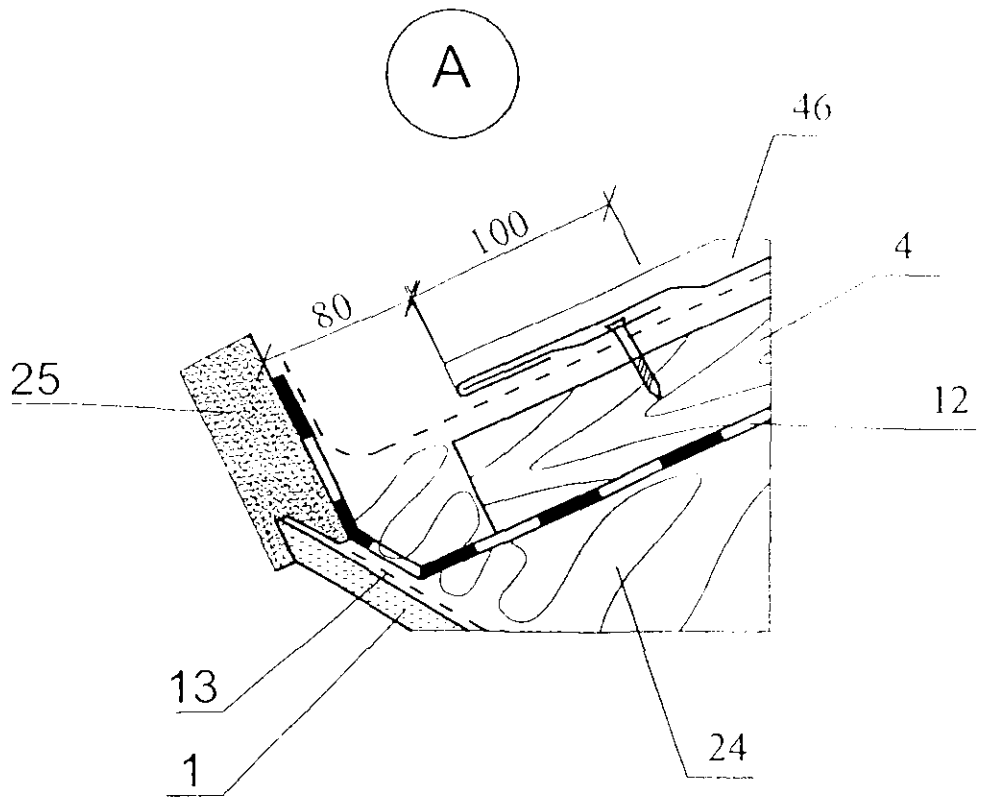
						M24.13/05 — 4.8	Лист
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		8

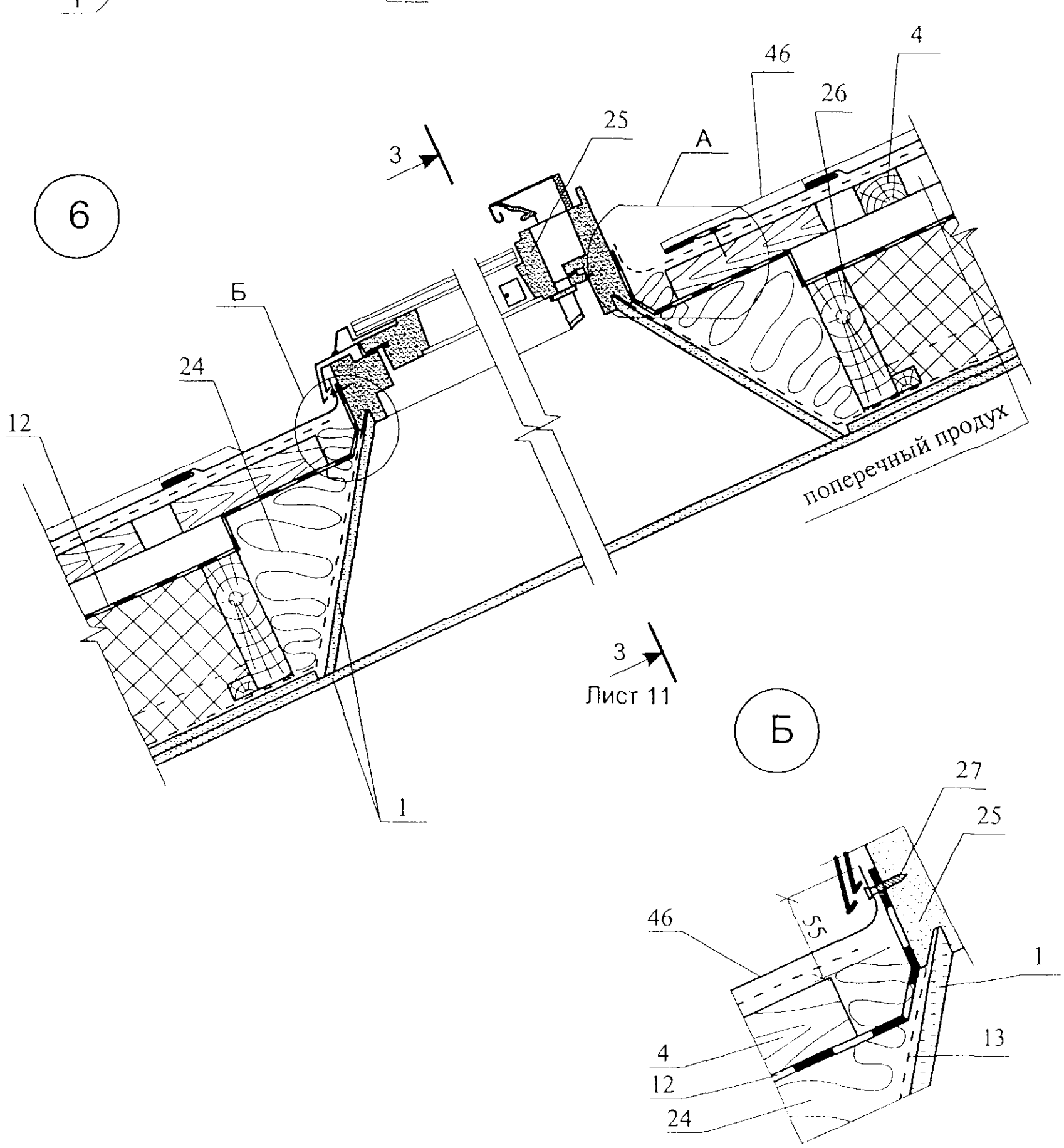
4а



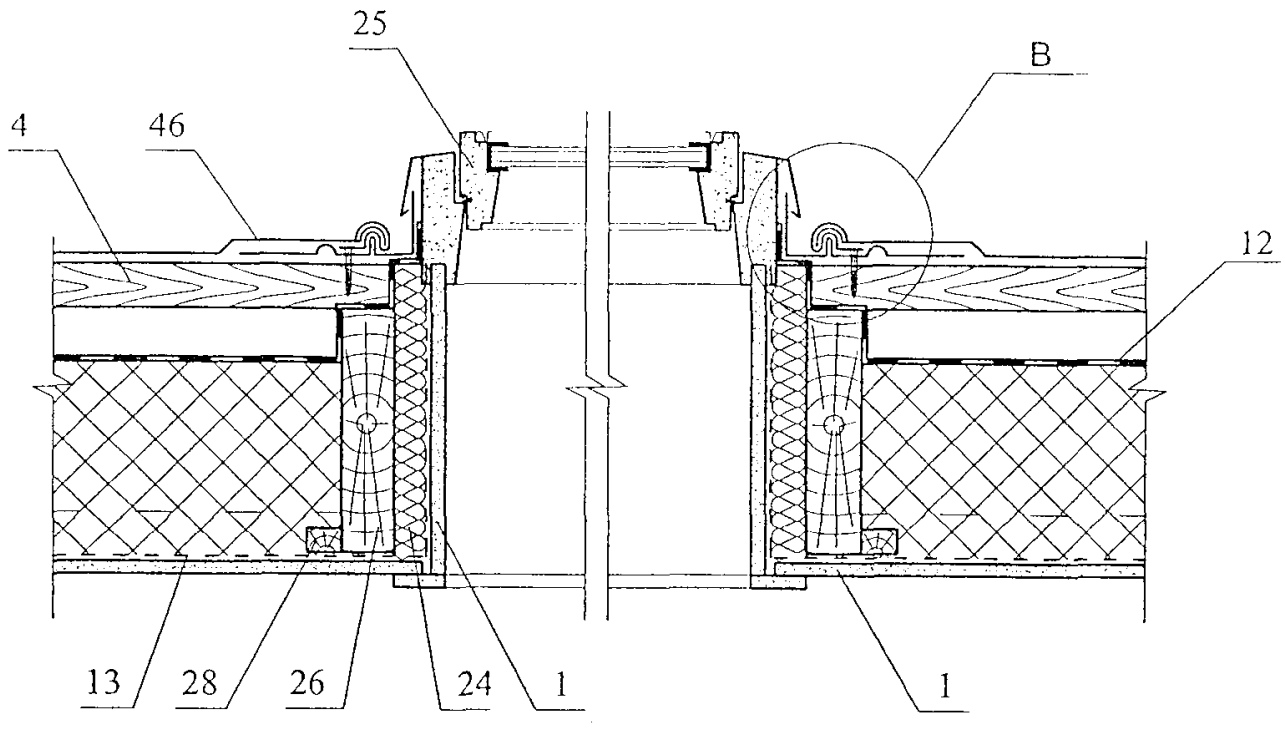
4б

						M24.13/05 — 4.9	Лист
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		9

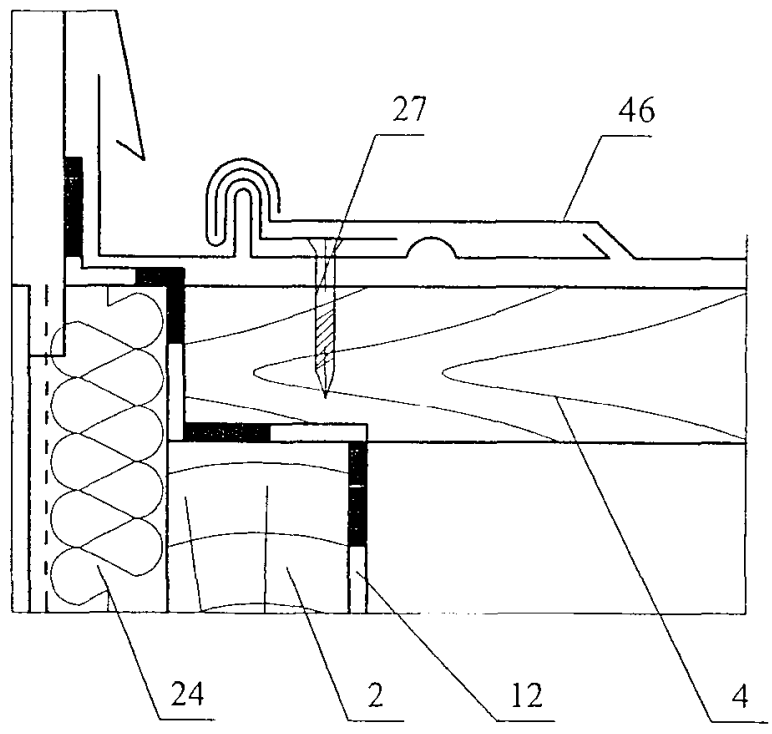

A
46
100
80
4
25
12
13
1
24


5
4
46
26
25
3
A
6
Б
24
12
поперечный продух
3
Лист 11
Б
27
25
46
55
1
13
4
12
24

3 - 3

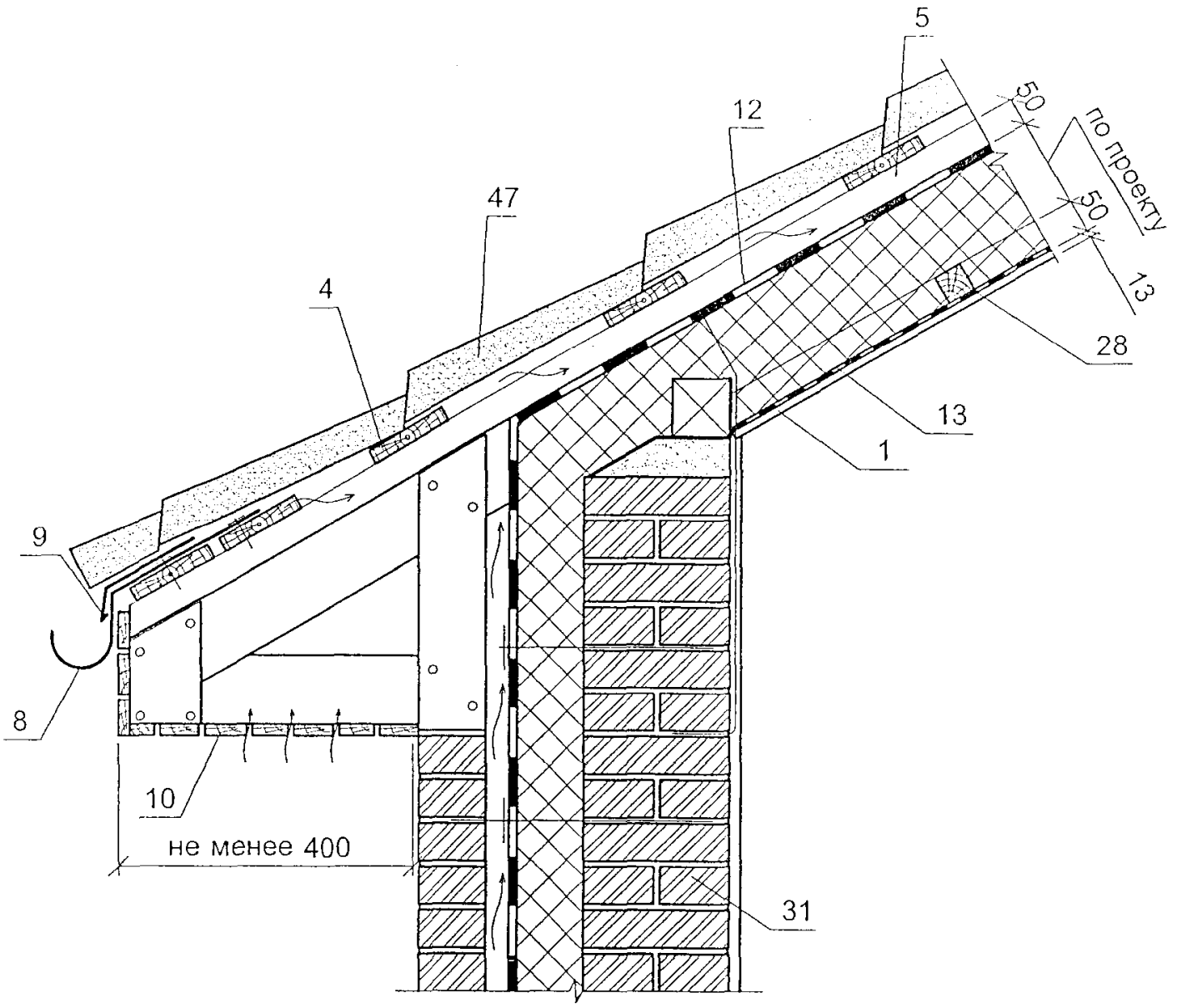


B

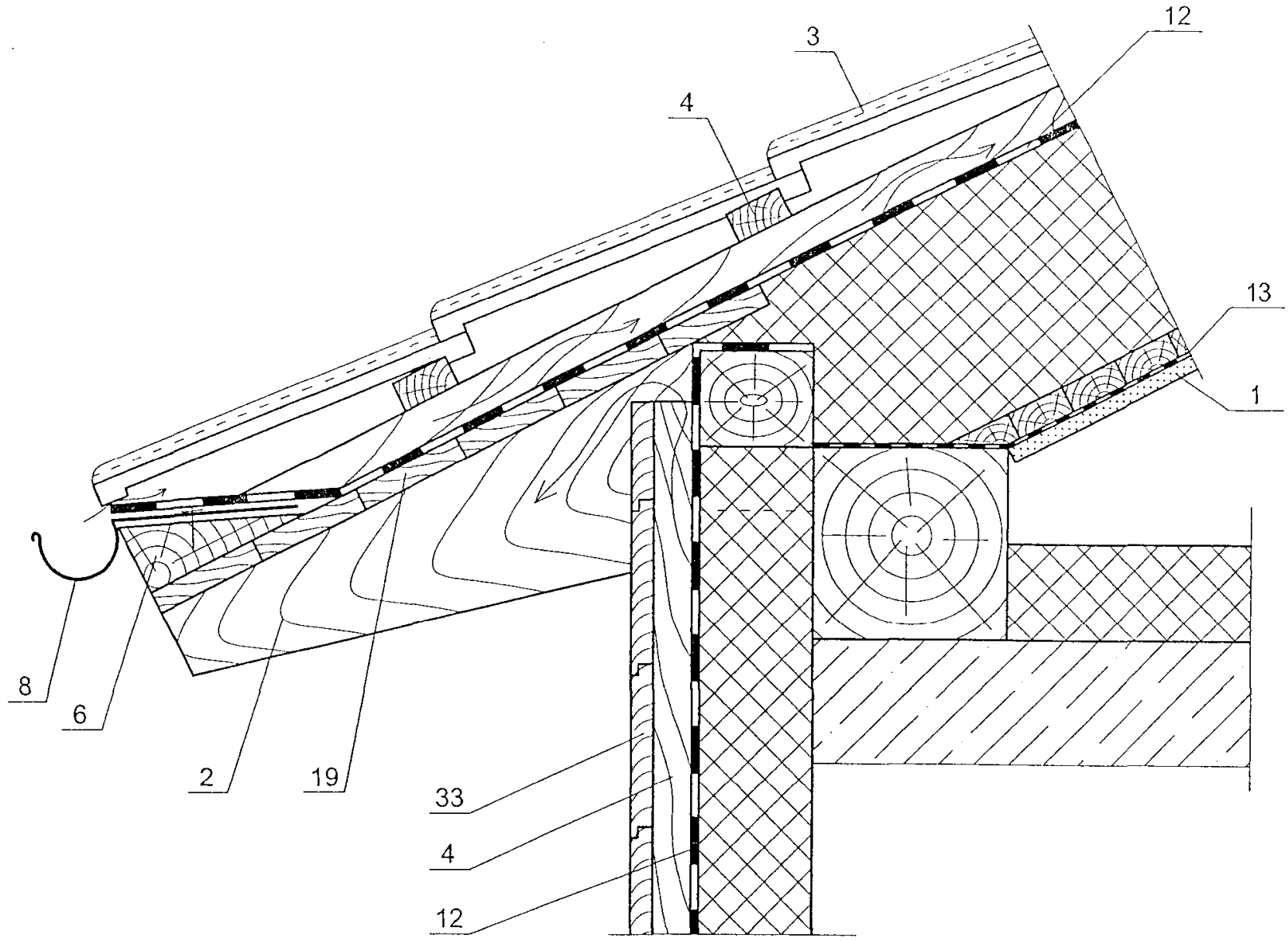


Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	М24.13/05 — 4.11	Лист 11

7а

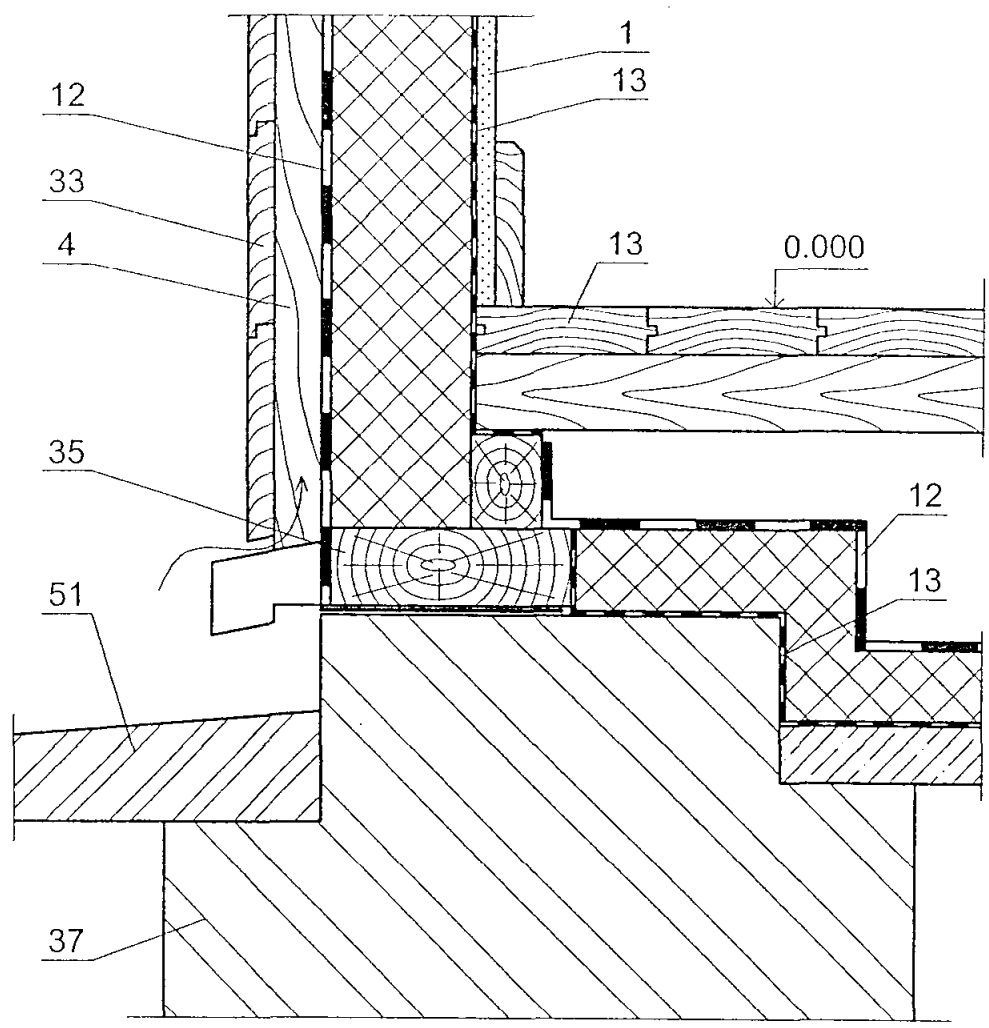


7б



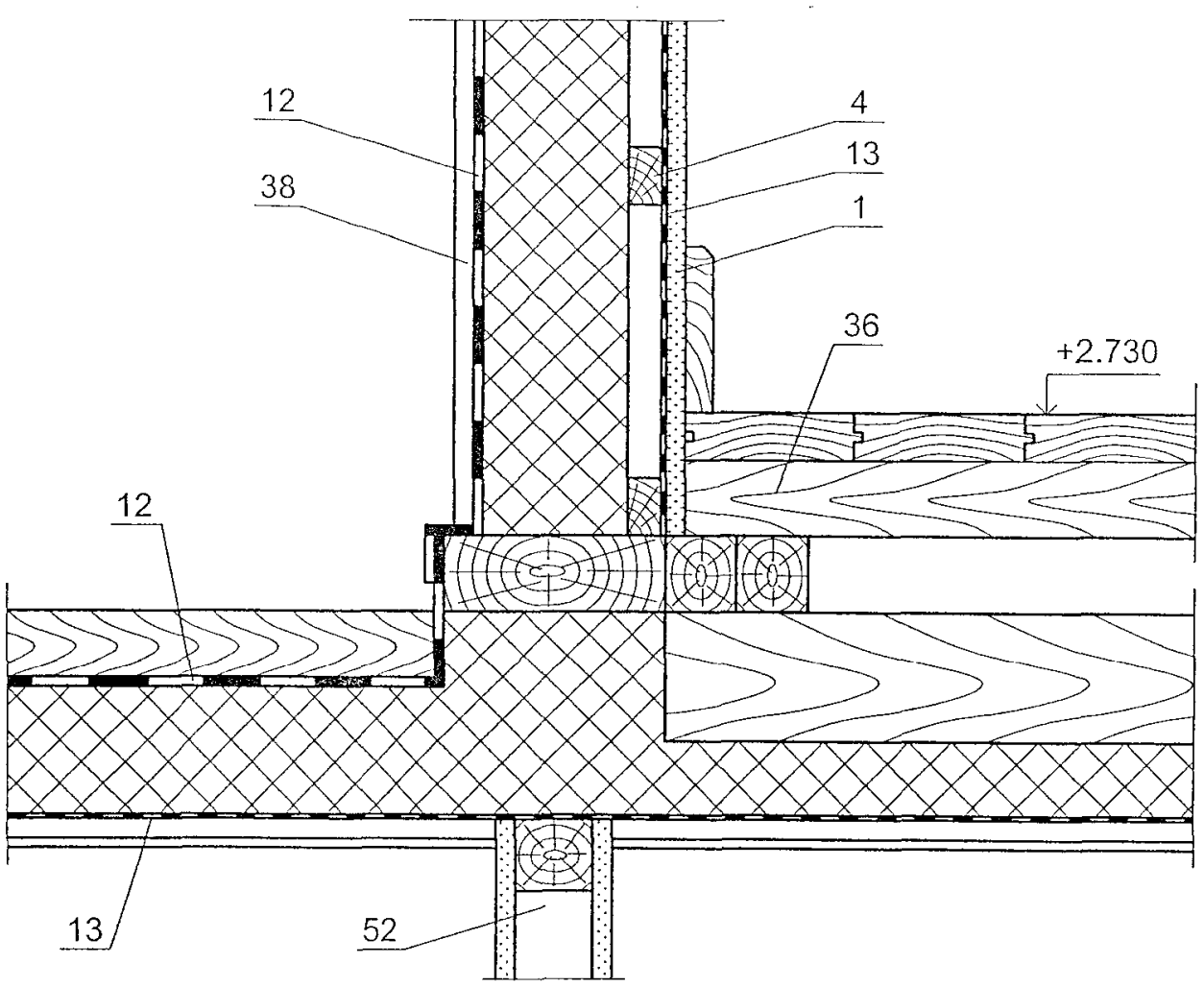
						M24.13/05 — 4.13	Лист
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		13

8



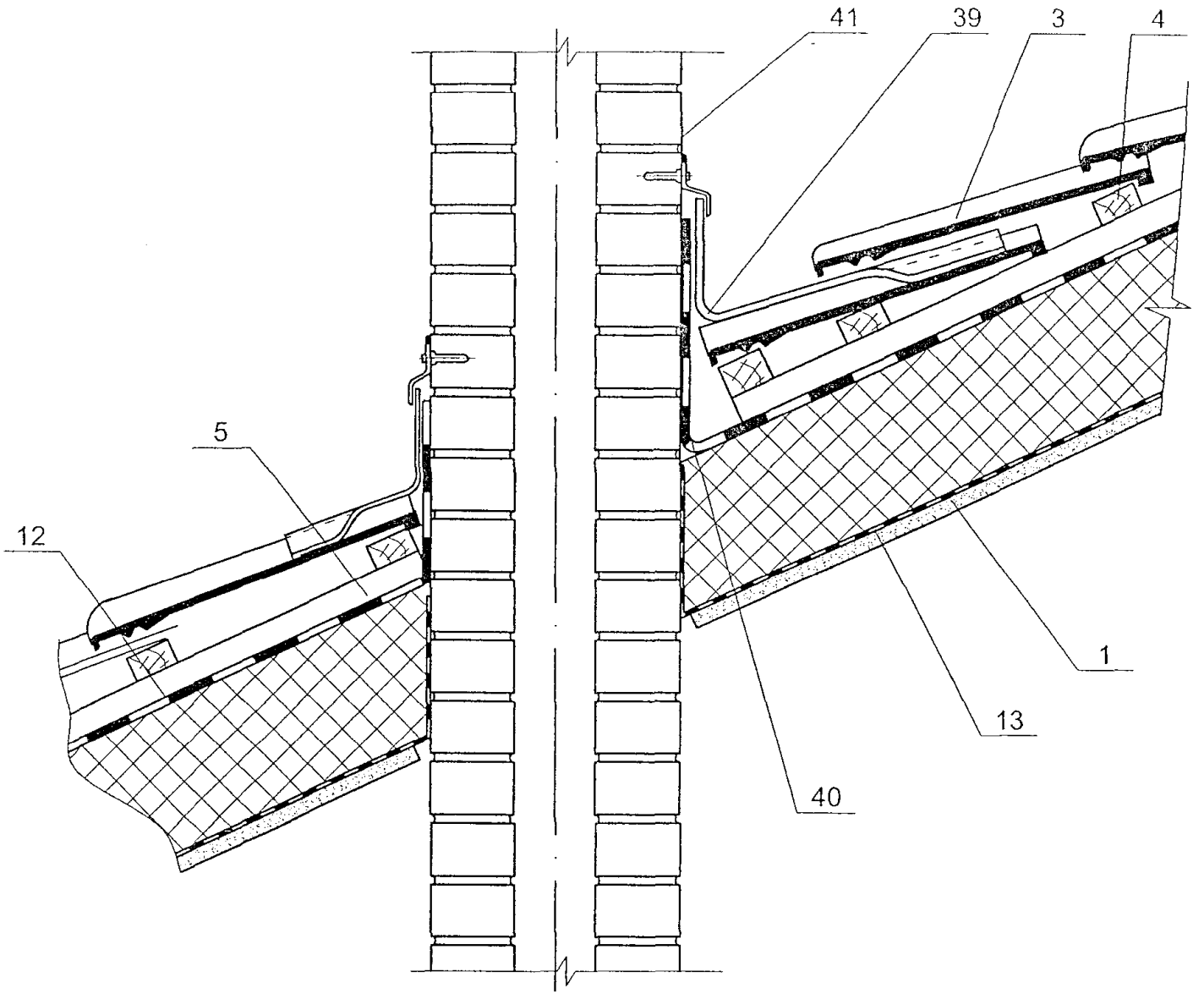
						M24.13/05 — 4.14	Лист
							14
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

9

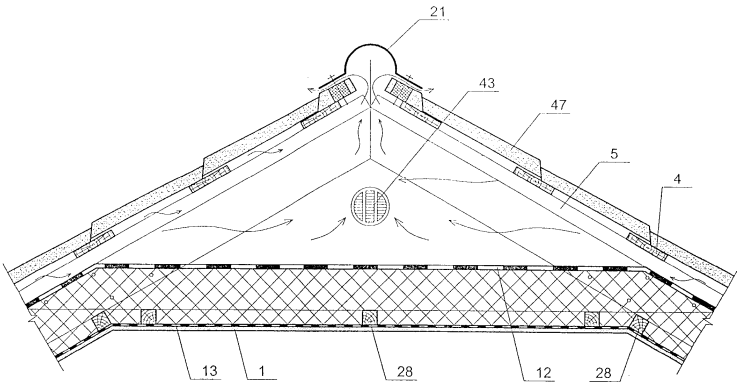


						M24.13/05 — 4.15	Лист
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		15

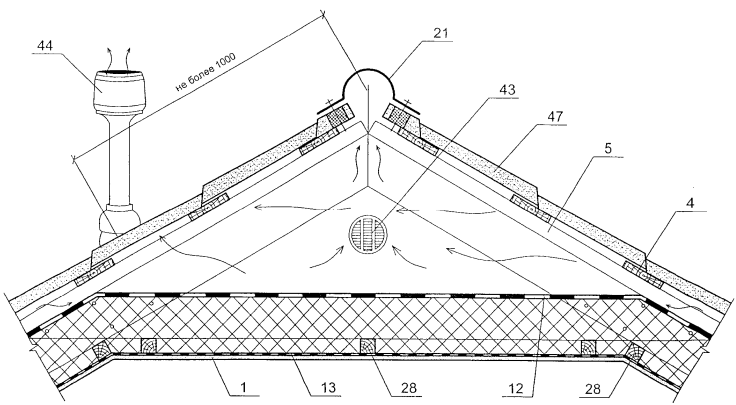
10



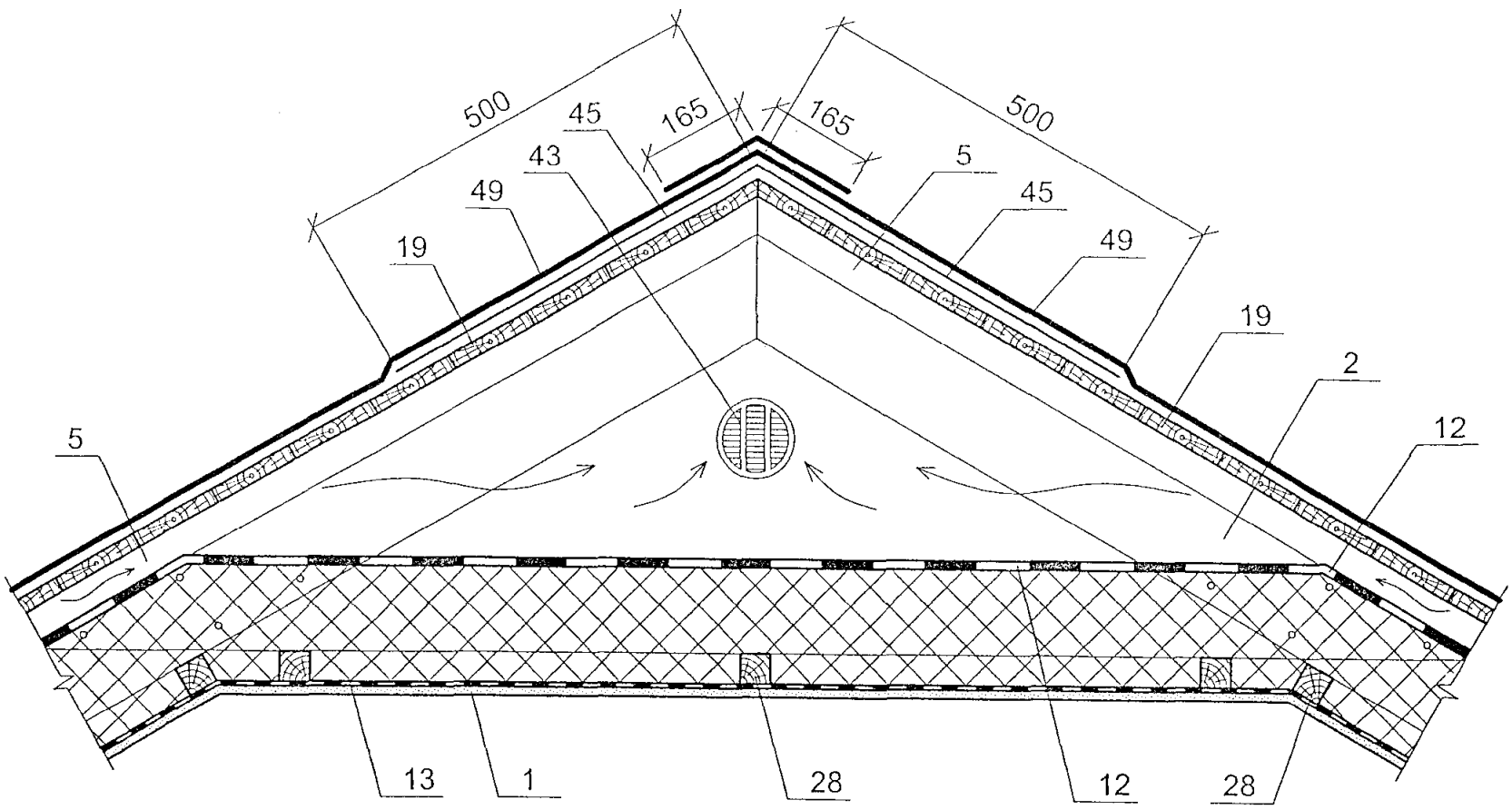
11а



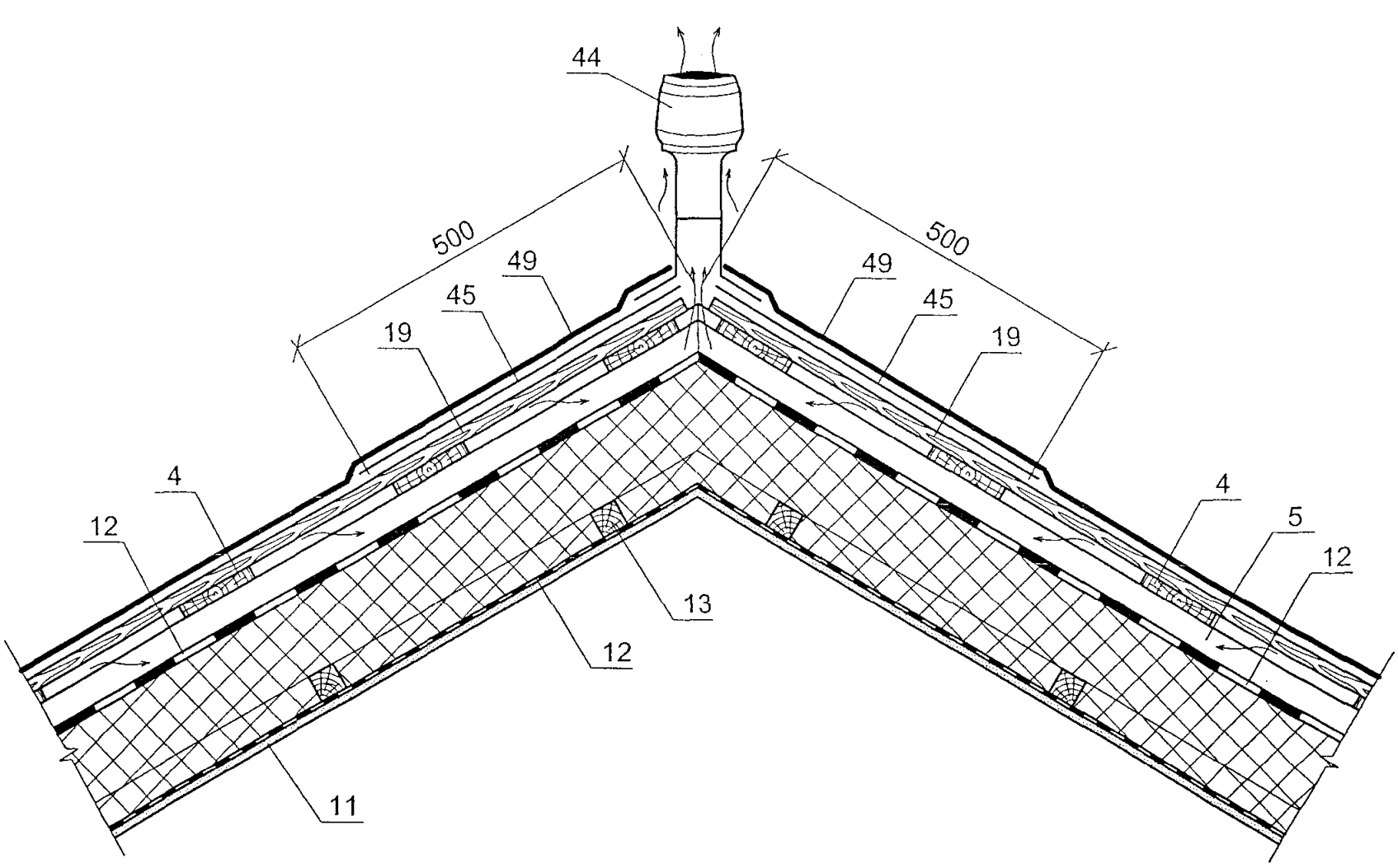
11б



11в

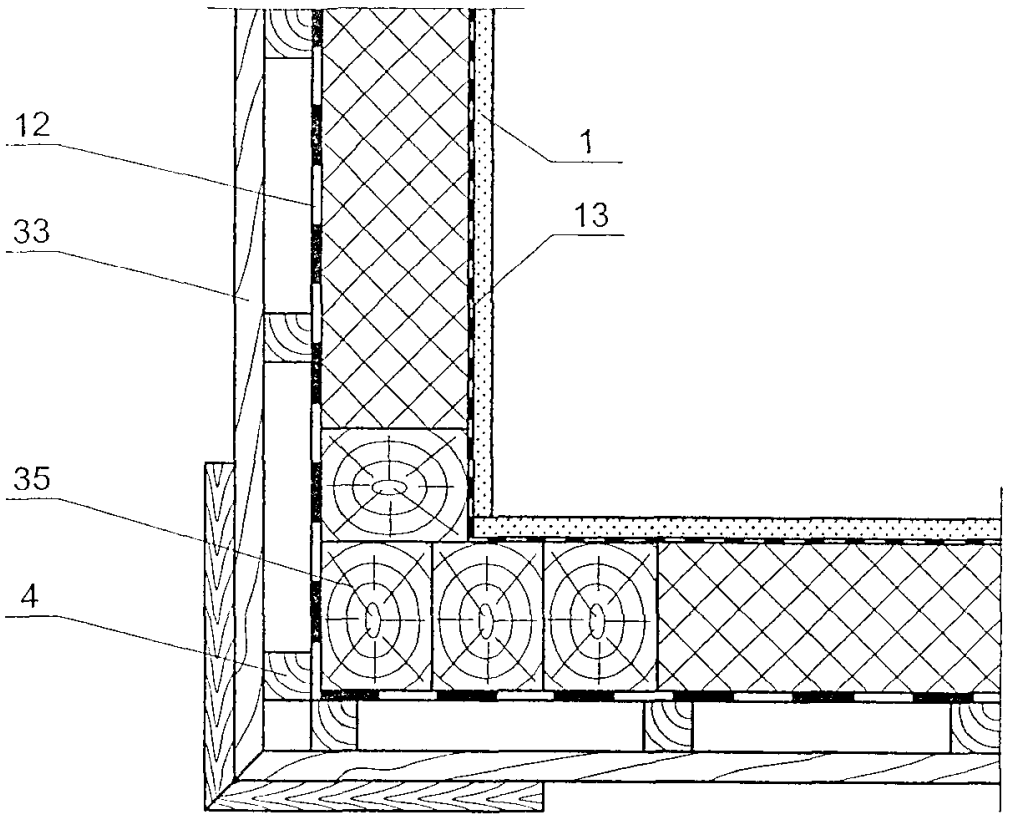


11г



						M24.13/05 — 4.18	Лист
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		18

12



ПРИЛОЖЕНИЯ

РАСЧЕТ ПРИВЕДЕННОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ И ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА МНОГОСЛОЙНЫХ КОНСТРУКЦИЙ СТЕН С ВЕНТИЛИРУЕМОЙ ВОЗДУШНОЙ ПРОСЛОЙКОЙ

Устройство защитного экрана с вентилируемой воздушной прослойкой в многослойной конструкции стены способствует уменьшению начальной влажности эффективной теплоизоляции, в летний период снижают теплопоступления через стены, а зимой – способствуют удалению парообразной влаги, проникающей в стену из помещения.

Наличие вентилируемой воздушной прослойки благоприятно сказывается на влажностном состоянии стены и поэтому наиболее эффективно применять такие конструкции стен в зданиях с повышенной влажностью воздуха в помещении.

При проектировании таких стен необходимо выявить зависимость между сопротивлением паропроницанию внутренней части ограждающей конструкции со слоем эффективной теплоизоляции и требуемой толщиной воздушной прослойки из условия обеспечения нормального влажностного режима стен в зимний период эксплуатации.

Влажностное состояние многослойных конструкций стен с эффективной теплоизоляцией и вентилируемой воздушной прослойкой зависит от их конструктивного решения. При этом необходимо учитывать значение коэффициентов паропроницаемости теплоизоляционного и конструкционного слоя. Рекомендуется, чтобы конструктивный слой был выполнен из материала с сопротивлением паропроницанию не менее 2 ($м^2 \cdot ч \cdot Па$)/мг и при этом отношение коэффициентов паропроницания материалов утеплителя и конструкционного слоя было не менее 3:1.

Расчет многослойных конструкций стен со слоем эффективной теплоизоляции и вентилируемой воздушной прослойкой включает:

- определение необходимой толщины теплоизоляционного слоя из условий невыпадения конденсата на внутренней поверхности ограждения и энергосбережения;
- определение параметров воздушной прослойки, обеспечивающих нормальный температурно-влажностный режим стенового ограждения.

Термическое сопротивление слоя эффективного утеплителя за исключением случаев, когда экран выполнен из тонкой (20 – 30 мм) панели «Сэндвич», следует определять без учета теплоизолирующих качеств экрана, а так как прослойка вентилируемая, необходимо ввести коэффициент 0,5 к величине термического сопротивления замкнутой воздушной прослойки.

Требуемое значение $R_{ут}$ определяют по формуле:

$$R_{ут} = R^{o}_{тр} - R_1 - \frac{1}{\alpha_в} - \frac{1}{\alpha_н} - 0{,}5 \cdot R_{в.п.} \quad (1)$$

где: $R^{o}_{тр}$ - приведенное сопротивление теплопередаче, ($м^2 \cdot {}^{o}C$)/Вт, принимаемое по табл. 4 СНиП 23-02-2003;

R_1 - термическое сопротивление конструкционного слоя стены, (м^2·°С)/Вт;

$R_{в.п.}$ - термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки.

Влияние теплопроводных включений в виде металлических кронштейнов на снижение величины приведенного сопротивления теплопередаче учитывается коэффициентом теплотехнической однородности, значение которого в зависимости от коэффициента теплопроводности и толщины слоя теплоизоляции с несущей частью стены из кирпичной кладки или железобетона при количестве кронштейнов 1,75 мг/м^2 определяется по графикам (рис. 1; 2; 3).

При другом количестве кронштейнов на 1 м^2 стены значения, полученные по графикам пересчитываются по формуле:

$$r_n = 1{,}021 \cdot \left[1 - \frac{1 - 0{,}98 \cdot \left(r - \frac{0{,}1}{R_o} \right)}{1{,}75} \cdot n_к \right] + \frac{0{,}1}{R_o} \quad (2)$$

где: $n_к$ - количество кронштейнов на 1 м^2 стены;

R_o - сопротивление теплопередаче стены по глади;

R_o - сопротивление теплопередаче стены без учета воздушной прослойки, (м^2·С)/Вт;

r - коэффициент теплотехнической однородности, определяемый по графикам (см. рис. 1; 2 и 3).

При этом принятая толщина слоя эффективного утеплителя должна быть не менее величины, найденной из условия, при котором температура на границе утеплителя с конструкционным слоем не будет ниже – 5 °С.

$$R_{ут}^{рас} = \frac{t_в \cdot t_н}{t_в - (-5)} \cdot \left(R_1 + \frac{1}{\alpha_в} \right) - \left(R_1 + \frac{1}{\alpha_в} + \frac{1}{\alpha_{пр}} \right) \quad (3)$$

где: $\alpha_{пр}$ - коэффициент теплоотдачи поверхности воздушной прослойки, принимаемый равным 10,0 Вт/(м^2·°С).

Целью аэродинамического расчета является определение давления в воздушной прослойке, обусловленного гравитационными силами и ветровой нагрузкой, а также скорости движения воздуха в воздушной прослойке с учетом потерь на местные сопротивления.

Естественная вентиляция имеет место, если воздушная прослойка образована сплошным экраном, в качестве которого, например, используется профилированный металлический лист, металлические кассеты и другие изделия, при которых исключаются горизонтальные и вертикальные зазоры между отдельными элементами экрана. При использовании экранов из отдельных облицовочных изделий, таких как асбестоцементные, цементно-волокнистые плоские листы, плиты керамогранита и т.п. элементов, между ними

предусматриваются зазоры для возможности восприятия ими температурных и других деформаций.

В этих случаях воздушная прослойка продувается наружным воздухом через горизонтальные и вертикальные зазоры между облицовочными элементами экрана. И поэтому, строго говоря, нельзя рассматривать такую воздушную прослойку с естественной вентиляцией по высоте стены, вызываемой гравитационным и ветровым давлением, в связи с тем, что один и тот же зазор является и местом входа и выхода воздуха.

Такие воздушные прослойки рассматривать непрерывными по высоте можно с определенной степенью условности.

Характер вентиляции воздушной прослойки в пределах высоты облицовочной плиты экрана достаточно сложен, характеризуется турбулентным движением воздуха в ней и поэтому может описан зависимостями, справедливыми для непрерывной по высоте вентилируемой прослойки только с некоторой степенью достоверности.

Движение воздуха в воздушной прослойке происходит под действием гравитационного и ветрового давлений.

$$P = P_{\gamma} + P_{B} \quad (4)$$

Гравитационное давление кг/м^2 определяется по формуле:

$$P_{\gamma} = H \cdot \left(\gamma_{н} - \gamma_{пр}\right) \quad (5)$$

где: H - высота вентилируемой части стены, м;

$\gamma_{н}$, $\gamma_{пр}$ - соответственно плотность воздуха снаружи и внутри прослойки, кг/м^3.

Ориентировочно величину P_{γ} можно принять:

$$P_{\gamma} \approx 4 \cdot 10^{-3} \cdot \left(t_{ср} - t_{н}\right) \cdot H \quad (6)$$

где: $t_{ср}$ - средняя температура воздуха в прослойке, °С;

$t_{н}$ - температура наружного воздуха, °С.

Средняя температура воздуха в вентилируемой прослойке может быть определена по формуле:

$$t_{ср} = \frac{\dfrac{A \cdot H}{k_{в} + k_{н}} + \dfrac{\left[t_{н} \cdot \left(k_{в} + k_{н}\right) - A\right] \cdot W \cdot C}{\left(k_{в} + k_{н}\right)^2} \cdot \left[1 - \exp\left(-\dfrac{k_{в} + k_{н}}{W \cdot C} \cdot H\right)\right]}{H} \quad (7)$$

где: $A = k_{в} \cdot t_{в} + k_{н} \cdot t_{н}$; (8)

$W = 3600 \cdot F \cdot V \cdot \gamma_{пр}$; (9)

V - скорость ветра в воздушной прослойке, м/с;

$t_в$ и $t_н$ - соответственно температура воздуха в помещении и наружного воздуха, °С;

$k_в$ и $k_н$ - коэффициенты теплопередачи внутренней и наружной частей стены (от воздушной прослойки до воздуха помещений и от воздушной прослойки до наружного воздуха), Вт/(м^2·°С);

F - площадь сечения воздушной прослойки шириной 1 м, м^2;

C - удельная теплопроводность воздуха, 0,001 Дж/(кг·°С);

W - количество воздуха, проходящее через сечение воздушной прослойки площадью F, кг/(м·ч).

Температура воздуха в любом сечении воздушной прослойки на расстоянии X от входа в прослойку определяется по формуле:

$$t_x = \frac{A + \left[t_н \cdot \left(k_в + k_н\right) - A\right] \cdot \exp\left(-\frac{k_в + k_н}{W \cdot C} \cdot X\right)}{k_в + k_н} \qquad (10)$$

При расчете $k_в$ и $k_н$ коэффициент теплообмена в воздушной прослойке $\alpha_{пр}$ находится по формуле:

$$\alpha_{пр} = \left(2{,}7 + 1{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot t\right) \cdot \left(\frac{V \cdot \gamma_{пр}}{d}\right)^{0,2} \qquad (11)$$

где: d - эквивалентный диаметр участка воздушной прослойки шириной 1 м, м.

Зависимость плотности воздуха, кг/м^3, от его температуры приближенно может быть представлена формулой:

$$\gamma = \frac{345}{273 + t} \qquad (12)$$

Ветровое давление определяется по формуле:

$$P_в = \left(k_1 - k_2\right) \cdot k_3 \cdot \frac{V_в^2}{2 \cdot q} \cdot \gamma_{пр} \qquad (13)$$

где: $V_в$ - скорость ветра, м/с;

k_1 и k_2 - аэродинамические коэффициенты на входе и выходе воздуха, в соответствии со СНиП 2.01.07-85;

k_1 - 0,8 для наветренных фасадов;

k_2 - определяется по таблице 1;

Значения коэффициента k_2

Таблица 1

L/B	H/B		
	0,5	1,0	2,0
≤ 1	- 0,4	- 0,5	- 0,6
≥ 2	- 0,5	- 0,6	- 0,6

H – высота здания до карниза, м;

L – длина фасада, перпендикулярного направлению ветра, м;

B – ширина здания в направлении ветра, м;

k_3 - коэффициент учета изменения ветровой нагрузки в зависимости от высоты здания и типа местности, определяемый по таблице 2.

Значения коэффициента k_3

Таблица 2

Тип местности	Высота, м, над поверхностью земли						
	10	20	40	60	100	200	350 и более
Открытая местность	1,0	1,25	1,55	1,75	2,1	2,6	3,1
Город с окраинами (местность, покрытая препятствиями 10 м)	0,65	0,9	1,2	1,45	1,8	2,45	3,1

q – ускорение силы тяжести, м/с^2.

Скорость воздуха в воздушной прослойке вычисляют по формуле:

$$V_{пр} = \sqrt{\frac{2 \cdot P \cdot g}{\gamma_{пр} \cdot \sum \xi}} \quad (14)$$

где: $\sum \xi$ - сумма аэродинамических местных сопротивления течению воздуха:

$$\sum \xi = \xi_{вх} + \xi_{пов} + \xi_{пов} + \xi_{вых} \quad (15)$$

где: $\xi_{вх}$, $\xi_{пов}$, $\xi_{вых}$ - значения аэродинамических местных сопротивлений в прослойке у входа, поворота и выхода в зависимости от принятой конструкции входных и выходных участков можно принять равными:

$$\xi_{вх} = 0{,}54\,;\ \xi_{пов} = 1 \div 1{,}5\,;\ \xi_{вых} = 0{,}5$$

Для прямых вертикальных воздушных прослоек минимальное и максимальное значение суммарного коэффициента местного сопротивления:

$$\sum \xi_{min} = 0{,}57 + 2 \cdot 1 + 0{,}5 = 3{,}07 \quad (16)$$

$$\sum \xi_{max} = 0{,}57 + 2 \cdot 1{,}5 + 0{,}5 = 4{,}07 \quad (17)$$

При расположении приточных и вытяжных отверстий воздушной прослойки на одной стороне здания формула для определения скорости воздуха в ней имеет вид:

$$V_{пр} = \sqrt{\frac{0{,}08 \cdot H \cdot (t_{пр} - t_н)}{\sum \xi}} \quad (18)$$

Установлено, что ветер практически при всех возможных ориентациях и конфигурациях зданий увеличивает воздухообмен в прослойке, в связи с чем в теплотехническом расчете следует учитывать минимальную скорость движения воздуха в прослойке, вызываемую только гравитационным напором без влияния ветра.

Для надежной вентиляции воздушной прослойки минимальная скорость воздуха в ней должна быть не ниже 0,2 м/с. В противном случае следует понизить сопротивление на входе и выходе, например, за счет увеличения размеров отверстий.

Минимальная ширина входного и выходного отверстия должна быть не менее 0,04 м.

Скорость движения воздуха в вентилируемой воздушной прослойке определяют методом итерации при совместном решении уравнений (7 и 14). Предварительно приняв температуру воздуха в прослойке равной 0,8 $t_н$ при $\alpha_{пр} = 10$ Вт/(м$^2 \cdot$ °С), вычисляют скорость движения воздуха по формуле (18), после чего находят среднюю температуру воздуха в прослойке, соответствующую этой скорости по формуле.

Допустимая разница между предыдущим и последующим значениями скорости должна быть в пределах 5 %.

Упругость водяного пара воздуха, выходящего из прослойки, вычисляют по формуле:

$$e = \frac{A' + \left[e_н \cdot (\mu_в + \mu_н) - A'\right] \cdot exp\left(-\frac{\mu_в + \mu_н}{W' \cdot \mu_н} \cdot H\right)}{\mu_в + \mu_н} \qquad (19)$$

где: $A' = \mu_в \cdot e_в + \mu_н \cdot e_н$; (20)

$W' = 3600 \cdot F \cdot V$; (21)

$B = \frac{1{,}058}{1 + \frac{t}{273}}$; (22)

$e_в$ и $e_н$ - соответственно упругость водяного пара воздуха помещения и наружного воздуха, Па;

$\mu_в$ и $\mu_н$ - соответственно коэффициенты паропроницания внутренней и наружной части стены, мг/(м·ч·Па);

H – высота вентилируемого участка стены, м;

W' - количество воздуха, м^3, проходящее через сечение воздушной прослойки площадью F за 1 ч.

Температура внутренней поверхности экрана у входа воздуха в прослойку, °С, находим по формуле:

$$\tau^{в}_{пр} = t^{ср}_{пр} - \frac{\left(t^{ср}_{пр} - t_н\right)}{k_н \cdot \alpha_{пр}} \qquad (23)$$

Максимальная упругость водяного пара, Па, у внутренней поверхности экрана в месте выхода воздуха из прослойки можно определить по следующим формулам:

для $t_э$ от 0 ^{o} до + 20 ^{o}C

$$E = 610{,}6 \cdot exp\left(0.0726 \cdot t_э - 0{,}276 \cdot 10^{-3} \cdot t_э^2\right) \qquad (23)$$

для $t_э$ от 0 ^{o} до – 20 ^{o}C

$$E = 610{,}6 \cdot exp\left(0.082 \cdot t_э - 0{,}35 \cdot 10^{-3} \cdot t_э^2\right) \qquad (24)$$

для $t_э$ от– 21 ^{o}C до – 45 ^{o}C

$$E = 610{,}6 \cdot exp\left(0.082 \cdot t_э - 0{,}4335 \cdot 10^{-3} \cdot t_э^2\right) \qquad (25)$$

При соблюдении условия $e \leq E_в$ отсутствует конденсация влаги на внутренней поверхности экрана стены с вентилируемой воздушной прослойкой.

В многослойных конструкциях с вентилируемой прослойкой необходимо обеспечивать ветрозащиту эффективной теплоизоляции паропроницаемыми материалами типа «Тайвек» во избежание повышения коэффициента теплопроводности ее вызываемой инфильтрацией воздуха.

Величина коэффициента теплопередачи ограждающей конструкции с учетом инфильтрации воздуха определяется по формуле:

$$K = \frac{c \cdot W \cdot e^{c \cdot W \cdot R_o}}{e^{c \cdot W \cdot R_o} - 1} \qquad (26)$$

где: c - теплоемкость воздуха, принимаемая равной 0,001 Дж/кг·^{o}C;

R_o - сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, (м^2·^{o}C)/Вт;

W - количество воздуха, которое будет проникать в ограждение при отсутствии ветрозащиты, кг/(м^2·ч), определяемое по формуле:

$$W = \frac{\Delta P}{\sum R_u} \qquad (27)$$

где: ΔP - разность давлений воздуха со стороны воздушной прослойки и помещения, Па;

$\sum R_u$ - сумма сопротивлений воздухопроницанию всех слоев ограждающей конструкции, (м^2·ч·Па)/кг;

Сопротивление воздухопроницанию материалов вычисляется по формуле:

$$R_u = \frac{\delta}{i} \qquad (28)$$

где: δ - толщина слоя, м;

i - коэффициент воздухопроницаемости материала, кг/(м·ч·Па).

При совместном учете действия ветра и разности температур величина суммарного давления, Па может быть определена по приближенной формуле:

$$\Delta P = -7{,}84 \cdot \left[\pm \left(\gamma_{пр} - \gamma_{в} \right) \cdot H \pm \left(k_1 - k_2 \right) \cdot k_3 \cdot \frac{\left(V_{в} \cdot n \right)^2 \cdot \gamma_{пр}}{2 \cdot g} \right] \quad (29)$$

где: $V_{в}$ - расчетная скорость ветра, м/с;

H - расстояние по вертикали от середины этажа до нейтральной зоны, м. Положение нейтральной зоны принимается на расстоянии 0,7 высоты здания от уровня земли.

n - коэффициент, учитывающий несовпадение во времени расчетной скорости ветра и средней температуры воздуха в прослойке, принимаемый равным 0,6;

$\gamma_{пр}$ - плотность воздуха в воздушной прослойке, кг/м^3.

Температура в рассматриваемой плоскости ограждения при отсутствии ветрозащиты теплоизоляционного слоя находится по формуле:

$$\tau_x = t_{пр} + \left(t_{в} - t_{пр} \right) \cdot \frac{e^{c \cdot W \cdot R_x} - 1}{e^{c \cdot W \cdot R_o} - 1} \quad (30)$$

где: $t_{пр}$ - средняя температура воздуха в воздушной прослойке, °С.

ПРИМЕР 1: Рассчитать теплотехнические параметры многослойной стены с вентилируемой воздушной прослойкой административного здания.

Несущая часть стены – кирпичная кладка толщиной 510 мм с $\lambda_{кл}$ = 0,87 (м·°С)/Вт, оштукатуренная слоем толщиной 25 мм со стороны помещения. Теплоизоляция – минераловатные плиты $\lambda_{ут}$ = 0,045 (м·°С)/Вт. Ширина воздушной прослойки в = 0,05 м. Экран – металлические кассеты с отбортовкой по 4-м сторонам. Количество кронштейнов 1,9 шт/м^2, высота воздушной прослойки – 12 м. место строительства – г. Москва. Расчетные параметры воздуха $t_н$ = - 28 °С, $t_в$ = 18 °С, $\varphi_{вн}$ = 55 %.

1. Вычисляем ГСОП:

$$ГСОП = \left(t_{в} - t_{от.пер.} \right) \cdot Z_{от.пер.} = \left(18 + 3{,}1 \right) \cdot 214 = 4515.$$

2. По табл. 4 СНиП 23-02-2003 по интерполяции находим:

$$R_o^{тр} = 2{,}55 \text{ .(м}^2\text{·°С)/Вт}$$

3. Требуемое термическое сопротивление слоя теплоизоляции при коэффициенте теплотехнической однородности r = 1.

$$R_{ут} = R_o^{тр} - R_{кл} - R_{шт} - \frac{1}{\alpha_в} - \frac{1}{\alpha_н} - 0,5 \cdot R_{в.п} =$$

$$= 2,55 - \frac{0,51}{0,87} - \frac{0,025}{0,87} - \frac{1}{8,7} - \frac{1}{23} - 0,5 \cdot 0,14 = 1,72 \quad (м^2 \cdot °C)/Вт$$

$\delta_{ут} = 1,72 \cdot 0,045 = 0,077$ м. Принимаем $\delta_{ут} = 0,08$ м.

4. Определяем коэффициент теплотехнической однородности стены при кронштейнах массой до 0,7 кг и количестве их 1,9 на м^2. Для этого по графику (рис. 1) находим r' = 0,9 (по интерполяции).

По формуле (2) вычисляем:

$$r = 1,021 \cdot \left\{ 1 - \frac{1 - 0,98 \cdot \left(r' - \frac{0,1}{R_o'} \right)}{1,75} \cdot n_к \right\} + \frac{0,1}{R_o'} .$$

где R_o' - сопротивление теплопередаче стены без учета воздушной прослойки.

$$r = 1,021 \cdot \left\{ 1 - \frac{1 - 0,98 \cdot \left(0,958 - \frac{0,1}{2,48} \right)}{1,75} \cdot n_к \right\} + \frac{0,1}{2,48} = 0,95$$

Тогда требуемая толщина теплоизоляции с учетом коэффициента теплотехнической однородности составит:

$$\delta_{ут} = \frac{0,077}{0,95} = 0,08 \text{ м. Принимаем } \delta_{ут} = 80 \text{ мм.}$$

Определение скорости движения воздуха, температуры воздуха и коэффициента теплообмена в прослойке производим методом итерации при расчетной зимней температуре наиболее холодного месяца (января), $t_н$ = - 10,2 °С.

На первом этапе итерации.

5. Принимаем среднюю температуру воздуха в прослойке равной $t_{пр} = 0,8 \cdot t_н = 0,8 \cdot (-10,2) =$ - 8,2 °С и $\alpha_{пр} = 10$ Вт/(м^2·°С).

6. Определяем скорость движения воздуха в прослойке по формуле:

$$V_{пр} = \sqrt{\frac{0,08 \cdot H \cdot (t_{пр} - t_н)}{\xi}} = \sqrt{\frac{0,08 \cdot 12 \cdot (-8,2 + 10,2)}{3,02}} = 0,8 \text{ м/с}$$

где: $\sum \xi = \xi_{вх} + 2 \cdot \xi_{пов} + \xi_{вых} = 0,57 + 2 \cdot 1,0 + 0,5 = 3,02$

7. Вычисляем:

$$R_o^в = \frac{1}{8,7} + \frac{0,51}{0,87} + \frac{0,025}{0,87} + \frac{0,08}{0,045} + \frac{1}{10} = 2,61 \text{ . } (м^2 \cdot °C)/Вт$$

$$k_в = \frac{1}{2,61} = 0,38 \text{ . } Вт/(м^2 \cdot °C)$$

$$R_o^н = \frac{1}{23} + \frac{0,0015}{58} + \frac{1}{10} = 0,14 \text{ . } (м^2 \cdot °C)/Вт$$

$$k_н = \frac{1}{0,14} = 7,14 \text{ . } Вт/(м^2 \cdot °C)$$

8. Находим:

$$A = k_в \cdot t_в + k_н \cdot t_н = 0,38 \cdot 18 + 7,14 \cdot (-10,2) = -65,9 \quad Вт/м^2$$

$$k_в + k_н = 0,38 + 7,14 = 7,52 \quad Вт/(м^2 \cdot °C)$$

9. Количество воздуха, проходящего через прослойку:

$$W = 3600 \cdot F \cdot V \cdot \gamma_{пр} = 3600 \cdot 0,06 \cdot 0,8 \cdot 1,333 = 230 \quad кг/м^3$$

где: $\gamma_{пр} = \frac{353}{273 + t_{пр}} = \frac{353}{273 - 8,2} = 1,333 \ кг/м^3$

10. Средняя температура воздуха в прослойке:

$$t_{пр}^{ср} = \frac{\frac{A \cdot H}{k_в + k_н} + \frac{\left[t_н \cdot (k_в + k_н) - A\right] \cdot W \cdot C}{(k_в + k_н)^2} \cdot \left[1 - \exp\left(-\frac{k_в + k_н}{W \cdot C} \cdot H\right)\right]}{H} =$$

$$= \frac{\frac{-65,9 \cdot 12}{7,52} + \frac{\left[7,52 \cdot (-10,2) + 65,2\right] \cdot 230 \cdot 1,005}{7,52^2} \cdot \left[1 - e^{\left(-\frac{7,52 \cdot 12}{230 \cdot 1,005}\right)}\right]}{12} =$$

$$= \frac{-105 - 44,16 \cdot \left[1 - e^{-0,39}\right]}{12} = \frac{-105 - 44,16 \cdot \left[1 - \frac{1}{1,47698}\right]}{12} = -9,94 \quad °C$$

На втором этапе итерации.

11. Определяем:

$$\gamma_{пр} = \frac{353}{273 - 9,94} = 1,339 \ кг/м^3$$

12. Находим:

$$V_{пр} = \sqrt{\frac{0,08 \cdot 12 \cdot (-9,94 + 10,2)}{3,07}} = 0,29 \quad м/с$$

13. Вычисляем:

$$W = 3600 \cdot 0,06 \cdot 0,29 \cdot 1,339 = 83,8 \quad м^2/ч$$

14. Значение:

$$\alpha_{пр} = \left(2{,}7 + 1{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot t_{пр}\right) \cdot \left(\frac{V \cdot \gamma_{пр}}{d}\right)^{0{,}2}$$

$$\text{где } d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{пр}}{n}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0{,}06}{3{,}14}} = 0{,}276 \text{ м}$$

$$\alpha_{пр} = \left[2{,}7 + 1{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot (-9{,}94)\right] \cdot \left(\frac{0{,}29 \cdot 1{,}339}{0{,}276}\right)^{0{,}2} = 2{,}685 \cdot 1{,}4^{0{,}2} = 2{,}87 \quad \text{Вт/(м}^2\cdot^\circ\text{C)}$$

$$R_{пр} = \frac{1}{2{,}87} = 0{,}35 \quad \text{(м}^2\cdot^\circ\text{C)/Вт}$$

15. Вычисляем:

$$R_{о}^{в} = (2{,}61 - 0{,}1) + 0{,}35 = 2{,}86 \text{ . (м}^2\cdot^\circ\text{C)/Вт}$$

$$k_{в} = \frac{1}{2{,}86} = 0{,}35 \text{ . Вт/(м}^2\cdot^\circ\text{C)}$$

$$R_{о}^{н} = (0{,}14 - 0{,}1) + 0{,}35 = 0{,}39 \text{ . (м}^2\cdot^\circ\text{C)/Вт}$$

$$k_{н} = \frac{1}{0{,}39} = 2{,}56 \text{ . Вт/(м}^2\cdot^\circ\text{C)}$$

$$A = 0{,}35 \cdot 18 + 2{,}56 \cdot (-10{,}2) = -19{,}8 \quad \text{Вт/м}^2$$

$$k_{в} + k_{н} = 0{,}35 + 2{,}56 = 2{,}91 \quad \text{Вт/(м}^2\cdot^\circ\text{C)}$$

16. Определяем:

$$t_{пр}^{ср} = \frac{\frac{-19{,}8 \cdot 12}{2{,}91} + \frac{\left[2{,}91 \cdot (-10{,}2) + 19{,}8\right] \cdot 230 \cdot 1{,}005}{2{,}91^2} \cdot \left[1 - e^{\left(-\frac{2{,}91 \cdot 12}{83{,}8 \cdot 1{,}005}\right)}\right]}{12} = -9{,}6 \quad ^\circ\text{C}$$

На третьем этапе итерации.

17. Вычисляем:

$$\gamma_{пр} = \frac{353}{273 - 9{,}6} = 1{,}34 \text{ кг/м}^3$$

18. Находим:

$$V_{пр} = \sqrt{\frac{0{,}08 \cdot 12 \cdot (-9{,}6 + 10{,}2)}{3{,}07}} = 0{,}43 \text{ м/с}$$

$$W = 3600 \cdot 0{,}06 \cdot 0{,}43 \cdot 1{,}34 = 124 \quad \text{м}^2/\text{ч}$$

$$\alpha_{пр} = \left[2{,}7 + 1{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot (-9{,}6)\right] \cdot \left(\frac{0{,}43 \cdot 1{,}34}{0{,}276}\right)^{0{,}2} = 2{,}686 \cdot 2{,}08^{0{,}2} = 3{,}1 \quad \text{Вт/(м}^2\cdot^\circ\text{C)}$$

$$R_{пр} = \frac{1}{3,1} = 0,32 \quad (м^2 \cdot {}^oC)/Вт$$

$$R_o^в = (2,61 - 0,1) + 0,32 = 2,83 . (м^2 \cdot {}^oC)/Вт$$

$$k_в = \frac{1}{2,83} = 0,35 . Вт/(м^2 \cdot {}^oC)$$

$$R_o^н = (0,14 - 0,1) + 0,32 = 0,36 . (м^2 \cdot {}^oC)/Вт$$

$$k_н = \frac{1}{0,36} = 2,78 . Вт/(м^2 \cdot {}^oC)$$

$$A = 0,35 \cdot 18 + 2,78 \cdot (-10,2) = -22,0 \quad Вт/м^2$$

$$k_в + k_н = 0,35 + 2,78 = 3,13 \quad Вт/(м^2 \cdot {}^oC)$$

$$t_{пр}^{ср} = \frac{\frac{-22,0 \cdot 12}{3,13} + \frac{[3,13 \cdot (-10,2) + 22,0] \cdot 124 \cdot 1,005}{3,13^2} \cdot \left[1 - e^{\left(-\frac{3,13 \cdot 12}{124 \cdot 1,005}\right)}\right]}{12} = -9,75 \quad {}^oC$$

На четвертом этапе итерации.

19. Вычисляем:

$$\gamma_{пр} = \frac{353}{273 - 9,75} = 1,34 \ кг/м^3$$

$$V_{пр} = \sqrt{\frac{0,08 \cdot 12 \cdot (-9,75 + 10,2)}{3,07}} = 0,375 \quad м/с$$

$$W = 3600 \cdot 0,06 \cdot 0,375 \cdot 1,34 = 108 \quad м^2/ч$$

$$\alpha_{пр} = \left[2,7 + 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot (-9,75)\right] \cdot \left(\frac{0,375 \cdot 1,34}{0,276}\right)^{0,2} = 3,0 \quad Вт/(м^2 \cdot {}^oC)$$

$$R_{пр} = \frac{1}{3,0} = 0,33 \quad (м^2 \cdot {}^oC)/Вт$$

$$R_o^в = (2,61 - 0,1) + 0,33 = 2,84 . (м^2 \cdot {}^oC)/Вт$$

$$k_в = \frac{1}{2,84} = 0,35 . Вт/(м^2 \cdot {}^oC)$$

$$R_o^н = (0,14 - 0,1) + 0,33 = 0,37 . (м^2 \cdot {}^oC)/Вт$$

$$k_н = \frac{1}{0,37} = 2,7 . Вт/(м^2 \cdot {}^oC)$$

$$A = 0,35 \cdot 18 + 2,7 \cdot (-10,2) = -21,2 \quad Вт/м^2$$

$$k_в + k_н = 0,35 + 2,7 = 3,0 \quad Вт/(м^2 \cdot {}^oC)$$

$$W = 3600 \cdot 0,06 \cdot 0,375 \cdot 1,34 = 108 \quad м^2/ч$$

$$t_{пр}^{ср} = \frac{\frac{-21,2 \cdot 12}{3,0} + \frac{[3,0 \cdot (-10,2) + 21,2] \cdot 108 \cdot 1,005}{3,0^2} \cdot \left[1 - e^{\left(-\frac{3,0 \cdot 12}{108 \cdot 1,005}\right)}\right]}{12} = -9,7 \quad ^{o}C$$

В этом случае скорость воздуха в прослойке:

$$V_{пр} = \sqrt{\frac{0,08 \cdot 12 \cdot (-9,7 + 10,2)}{3,07}} = 0,39 \quad м/с$$

20. Так как на четвертом этапе итерации скорость воздуха в прослойке изменилась $\frac{0,39}{0,375} = 1,04$ менее, чем на 5 %, поэтому принимаем

$$t_{пр}^{ср} = -9,7 \ ^{o}C; \ V_{пр} = 0,39 \ м/с; \ \alpha_{пр} = 3,0 \ Вт/(м^2 \cdot ^{o}C)$$

Для оценки возможности конденсатообразования на внутренней поверхности экрана проводим расчет влажностного режима в воздушной прослойке.

21. Вычисляем коэффициент паропроницания части покрытия от помещения до воздушной прослойки.

$$\mu_в = \frac{1}{\frac{\delta_{шт}}{\mu_{шт}} + \frac{\delta_{кл}}{\mu_{кл}} + \frac{\delta_{ут}}{\mu_{ут}}} = \frac{1}{\frac{0,025}{0,098} + \frac{0,51}{0,11} + \frac{0,08}{0,49}} = 0,197 \quad мг/(м^2 \cdot ч \cdot Па)$$

22. При $t_в = +1,8 \cdot ^{o}C$ и $\varphi = 55$ % $e_в = 2064 \cdot 0,55 = 1135$ Па;

$t_н = -10,2 \ ^{o}C$ и $\varphi = 70$ % $e_н = 255 \cdot 0,7 = 178$ Па.

23. Вычисляем:

$$A' = 0,197 \cdot 1135 = 223,6 \quad Вт/(м^2 \cdot ч)$$

$$W' = 3600 \cdot 0,06 \cdot 0,39 = 84 \quad м^2/ч$$

24. Определяем по формуле (10) температуру воздуха у выхода из воздушной прослойки в зоне наибольшей вероятности конденсации влаги:

$$t_x = \frac{-21,2 + [3,0 \cdot (-10,2) + 21,2] \cdot e^{\left(-\frac{3,0 \cdot 12}{108 \cdot 1,005}\right)}}{3,0} = \frac{-21,2 - 9,4 \cdot e^{-0,32}}{3,0} = -8 \quad ^{o}C$$

25. Находим:

$$B = \frac{1,058}{1 - \frac{8}{273}} = 1,09$$

26. Определяем упругость водяного пара, выходящего из прослойки по формуле (19):

$$e = \frac{223,6 + (178 \cdot 0,197 - 223,6) \cdot e^{-\frac{0,197 \cdot 11,5}{84 \cdot 1,09}}}{0,197} = \frac{223,6 + (35,1 - 223,6) \cdot e^{-0,025}}{0,197} = 202 \quad Па$$

27. Температура воздуха на внутренней поверхности экрана у выхода воздуха из прослойки вычисляется по формуле (23):

$$\tau_{экр} = -9,7 - \frac{(-9,7 + 10,2)}{2,7 \cdot 3} = -9,6 \ \ ^{\circ}C$$

28. Максимальная упругость водяного пара у внутренней поверхности экрана из кассет:

$$E = 610,6 \cdot exp\left(0,082 \cdot t_э - 0,35 \cdot 10^{-3} \cdot t_э^{\,2}\right) = 610,6 \cdot e^{\left[0,082 \cdot (-9,6) - 0,35 \cdot 10^{-3} \cdot (-9,6)^2\right]} =$$

$$= 610,6 \cdot e^{[-0,787 - 0,032]} = 610,6 \cdot e^{-0,82} = \frac{610,6}{2,27050} = 269 \quad \text{Па}$$

29. Так как е = 202 Па < Е = 269 Па конденсация влаги на внутренней поверхности экрана отсутствует.

ПРИМЕР 2: Определить при отсутствии ветрозащиты утеплителя снижение теплоизолирующих качеств многослойной стены, представленной в примере … 5-этажного здания с высотой этажа 2,8 м, строящегося в г. Москве при расчетной скорости ветра $V_в$ = 5 м/с, высоте здания – 14 м, ширине – 14 м, длине – 30 м.

1. При

$$t_{пр} = -9,7 \ \ ^{\circ}C; \ \ \gamma_{пр} = \frac{353}{273 - 9,7} = 1,34 \ \ кг/м^2$$

$$\gamma_в = \frac{353}{273 + 18} = 1,21 \ \ кг/м^2$$

2. По таблицам 1 и 2 при $\frac{H}{B} = \frac{14}{14} = 1; \ \frac{L}{B} = \frac{30}{14} = 2,14$

$$k_2 = -0,6 \qquad k_3 = 0,75 \quad \text{(по интерполяции)}$$

3. Определяем суммарное давление:

$$\Delta P = -7,84 \cdot \left[(1,34 - 1,21) \cdot (0,7 \cdot 2,8 \cdot 12 - 1,4) - (0,8 - 0,6) \cdot 0,75 \cdot \frac{(0,6 \cdot 5)^2 \cdot 1,34}{2 \cdot 9,81}\right] = 21,8 \ \ \text{Па}$$

4. Находим:

$$R_u = \frac{0,08}{0,025} + 18 + 373 = 394 \quad (м^2 \cdot ч \cdot Па)/кг$$

5. Вычисляем:

$$W = \frac{21,8}{394} = 0,055 \ \ кг/(м^2 \cdot ч)$$

6. Определяем коэффициент теплопередачи части стены от воздушной прослойки до помещения:

$$K = \frac{1{,}005 \cdot 0{,}055 \cdot e^{1{,}005 \cdot 0{,}55 \cdot 2{,}84}}{e^{1{,}005 \cdot 0{,}55 \cdot 2{,}84} - 1} = \frac{0{,}055 \cdot e^{0{,}15}}{e^{0{,}15} - 1} = 0{,}39 \quad \text{Вт/(м}^2\cdot^\circ\text{C)}$$

$$R_o = \frac{1}{0{,}39} = 2{,}56 \quad (\text{м}^2\cdot^\circ\text{C})/\text{Вт}$$

7. Снижение сопротивления теплопередаче стены при отсутствии ветрозащиты теплоизоляции составило $\frac{2{,}84}{2{,}56} = 1{,}11$, т. е. 11 %.

8. Температура внутренней поверхности слоя теплоизоляции при отсутствии ветрозащиты составит:

$$\tau_x^{\prime} = -9{,}7 + (18 + 9{,}7) \cdot \frac{e^{1{,}005 \cdot 0{,}55 \cdot 1{,}78} - 1}{e^{1{,}005 \cdot 0{,}55 \cdot 2{,}84} - 1} = -9{,}7 + 27{,}7 \cdot \frac{e^{0{,}10} - 1}{e^{0{,}16} - 1} =$$

$$= -9{,}7 + 27{,}7 \cdot \frac{1{,}10517 - 1}{1{,}17351 - 1} = 7{,}1 \quad ^\circ\text{C}$$

9. При ветрозащите теплоизоляции температура на ее внутренней поверхности равна:

$$\tau_x^{\prime} = 18 - \frac{18 + 9{,}7}{2{,}84} \cdot (0{,}114 + 0{,}58 + 0{,}03) = 18 - 7 = 11 \quad ^\circ\text{C}$$

10. Температура наружной поверхности теплоизоляции:

$$\tau_x^{\prime\prime} = 18 - \frac{18 + 9{,}7}{2{,}84} \cdot (0{,}114 + 0{,}58 + 0{,}03 + 1{,}78) = -6{,}8 \quad ^\circ\text{C}$$

11. Температурный перепад:

- при отсутствии ветрозащиты

$$\Delta t = 7{,}1 + 6{,}8 = 13{,}9 \quad ^\circ\text{C}$$

- при ветрозащите

$$\Delta t = 11 + 6{,}8 = 17{,}8 \quad ^\circ\text{C}$$

12. Из условия равенства теплового потока:

$$\frac{13{,}9}{R_{ут}^{о.в.}} = \frac{17{,}8}{R_{ут}^{н.в.}}; \quad \frac{13{,}9 \cdot \lambda_{ут}^{о.в.}}{\delta_{ут}} = \frac{17{,}8 \cdot \lambda_{ут}}{\delta_{ут}}$$

$$\lambda_{ут}^{о.в.} = \frac{17{,}8 \cdot 0{,}08}{13{,}9} = 0{,}102 \quad \text{Вт/(м}\cdot^\circ\text{C)}$$

Таким образом, коэффициент теплопроводности теплоизоляции за счет инфильтрации воздуха возрос более, чем вдвое.

РАСЧЕТ ПОКРЫТИЯ С ВЕНТИЛИРУЕМОЙ ВОЗДУШНОЙ ПРОСЛОЙКОЙ

В утепленных покрытиях с кровлями из листовой стали, меди, профнастила, металлочерепицы во избежание конденсации влаги на поверхности кровли, обращенной к воздушной прослойке необходимо обеспечивать естественную вентиляцию прослойки наружным воздухом.

Для наклонной воздушной прослойки формула (5) принимает вид:

$$\Delta P_l = l \cdot \sin\alpha \cdot \left(\gamma_н - \gamma_{пр}\right)$$

где: l - длина ската кровли;

α - уклон кровли.

Температура воздуха изменяется по длине прослойки, а следовательно изменяется и величина сопротивления теплопередаче ограждения по длине прослойки.

Температура t_x воздуха в прослойке на расстоянии l_x, *м*, от места входа в прослойку может быть определена по формуле:

$$t_x = \frac{A + \left[t_н \cdot \left(k_в + k_н\right) - A\right] \cdot \exp\left(-\frac{k_в + k_н}{W \cdot c} \cdot l_x \cdot \sin\alpha\right)}{k_в + k_н} \qquad (31)$$

где: $A = k_в \cdot t_в + k_н \cdot t_н$;

$W = 3600 \cdot F \cdot V \cdot \gamma$;

V - скорость движения воздуха в прослойке, м/с;

$t_в$ и $t_н$ - соответственно температура воздуха в помещении и наружного воздуха, °С;

$k_в$ и $k_н$ - соответственно коэффициенты теплопередачи части конструкции покрытия от воздушной прослойки до воздуха помещения и от воздушной прослойки до наружного воздуха, Вт/(м^2·°С);

F - площадь сечения воздушной прослойки, м^2;

C - удельная теплопроводность воздуха при значениях $k_в$ и $k_н$ в кВт/(м^2·°С) равная 1005 Дж/(кг·°С), при значениях $k_в$ и $k_н$ в Вт/(м^2·°С) равная 1,005 Дж/(кг·°С);

W - количество воздуха, проходящее через сечение воздушной прослойки площадью сечения F, за 1 ч.

Как было указано в Приложении 1, коэффициент теплообмена в воздушной прослойке может быть определен по формуле (11):

$$\alpha_{пр} = \left(2{,}7 + 1{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot t_{пр}\right) \cdot \left(\frac{V \cdot \gamma_{пр}}{d}\right)^{0{,}2} \qquad (11)$$

где: d - эквивалентный диаметр участка воздушной прослойки шириной 1 м, м.

Таким образом, можно определить значения температуры в нескольких сечениях по длине воздушной прослойки, на основании которых вычислить ее среднее значение.

Средняя температура воздуха в вентилируемой прослойке может быть также определена по формуле:

$$t_{cp}^{np} = \frac{\frac{A \cdot l \cdot \sin\alpha}{k_в + k_н} + \frac{\left[t_н \cdot (k_в + k_н) - A\right] \cdot W \cdot C}{(k_в + k_н)^2} \cdot \left[1 - \exp\left(-\frac{k_в + k_н}{W \cdot C} \cdot l \cdot \sin\alpha\right)\right]}{l \cdot \sin\alpha} \quad (32)$$

Скорость движения воздуха в прослойке вычисляется по формуле:

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P \cdot g}{\gamma_{пр} \cdot (\sum\xi + 1)}} = \sqrt{\frac{2 \cdot l \cdot \sin\alpha \cdot g \cdot (\gamma_н - \gamma_{пр})}{\gamma_{пр} \cdot (\sum\xi + 1)}} \quad (33)$$

где: $\sum\xi$ - сумма аэродинамических местных сопротивлений течению воздуха в прослойке, вычисляемая по формуле (15)

$$\sum\xi = \xi_{вх} + \xi_{пов} + \xi_{пов} + \xi_{вых} \quad (15)$$

где: $\xi_{вх}$, $\xi_{пов}$, $\xi_{вых}$ - значения аэродинамических местных сопротивлений в прослойке у входа, поворота и выхода из прослойки, которые могут быть приняты равными:

$$\xi_{вх} = 1;\ \xi_{пов} = 0{,}75;\ \xi_{вых} = 1 \quad (34)$$

Тогда $\sum\xi = 1 + 2 \cdot 0{,}75 + 1 = 3{,}5$ (35)

Для надежной вентиляции воздушной прослойки минимальная скорость воздуха в ней должна быть не менее 0,2 м/с.

В противном случае следует понизить сопротивление на входе и выходе за счет увеличения размера отверстий. Минимальная толщина входного и выходного отверстий должна быть не менее 0,04 м.

Скорость движения воздуха в воздушной прослойке следует определять методом итерации при совместном решении уравнений (32) и (33).

При этом сначала среднюю температуру воздуха в прослойке принимают равной $0{,}8\,t_н$, а коэффициент теплообмена $\alpha_{пр} = 10$ и вычисляют скорость движения воздуха в прослойке по формуле (33). Затем определяют среднюю температуру воздуха в прослойке, соответствующую этой скорости по формуле (32). Расчет заканчивают при условии, когда разница между предыдущим и последующим значениями скорости движения воздуха не превысит 5 %. Упругость водяного пара, выходящего из прослойки может быть определена по формуле:

$$e = \frac{A' + \left[e_н \cdot (\mu_в + \mu_н) - A'\right] \cdot \exp\left(-\frac{\mu_в + \mu_н}{W' \cdot \mu_н} \cdot l \cdot \sin\alpha\right)}{\mu_в + \mu_н} \quad (36)$$

где: $A' = \mu_в \cdot e_в + \mu_н \cdot e_н$; (20)

$W' = 3600 \cdot F \cdot V$; (21)

$$B = \frac{1{,}058}{1 + \frac{t_{пр}}{273}}; \qquad (22)$$

$e_в$ и $e_н$ - соответственно упругость водяного пара воздуха помещения и наружного воздуха, Па;

$\mu_в$ и $\mu_н$ - соответственно коэффициенты паропроницания части покрытия от помещения до воздушной прослойки и части покрытия от воздушной прослойки до наружного воздуха, мг/(м·ч·Па);

l - длина воздушной прослойки, м;

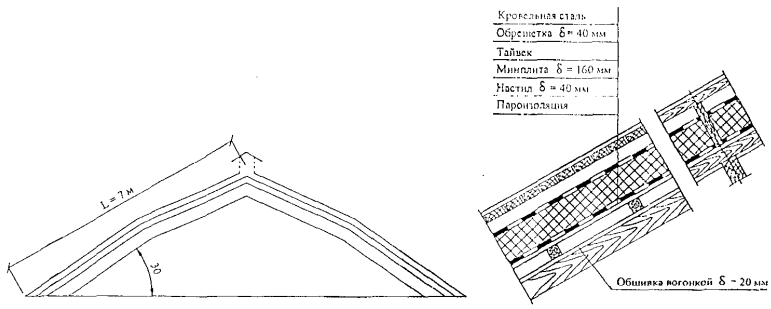
W' - количество воздуха, м^3, проходящее через сечение воздушной прослойки площадью сечения F за 1 ч.

Температура внутренней поверхности кровли у выхода воздуха из прослойки вычисляется по формуле (23):

$$\tau_{кр}^{в} = t_{пр}^{ср} - \frac{\left(t_{пр}^{ср} - t_{н}\right)}{k_{н} \cdot \alpha_{пр}} \qquad (23)$$

Для исключения возможности конденсатообразования разности соответствующее этой температуре значение упругости водяного пара Е должно быть больше, чем величина «е».

ПРИМЕР: Рассчитать покрытие мансардного этажа с вентилируемой воздушной прослойкой и кровлей из листовой стали (рис. 121) жилого дома, строящегося в районе с ГСОП = 4000 и средней температурой самого холодного месяца $t_н$ = - 10 °С.



Конструктивное решение покрытия мансарды

1. В соответствии со СНиП 23-02-2003 требуемое сопротивление теплопередаче покрытия составляет $R_o^{тр} = 4{,}2$.(м^2·°С)/Вт

2. Определяем требуемую толщину теплоизоляции из минплиты с $\lambda_{ут}$ =0,05 Вт/(м·°С)

$$R_o = \frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_{об}}{\lambda_д} + \frac{\delta_{ут}}{\lambda_{ут}} + \frac{\delta_н}{\lambda_д} + R_{в.п.} + \frac{\delta_{об}}{\lambda_д} + \frac{1}{\alpha_н} =$$

$$= 0{,}115 + \frac{0{,}04}{0{,}14} + \frac{\delta_{ут}}{0{,}045} + \frac{0{,}04}{0{,}14} + 0{,}14 + \frac{0{,}02}{0{,}14} + 0{,}04 = 1{,}01 \quad (м^2 \cdot °С)/Вт$$

$$\delta_{ут} = (4{,}2 - 1{,}01) \cdot 0{,}05 = 0{,}159 \text{ м. Принимаем } \delta_{ут} = 160 \text{ мм.}$$

3. Сопротивление теплопередаче нижней части покрытия (от воздушной прослойки до воздуха помещения):

$$R_o^в = \frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_{ут}}{\lambda_{ут}} + \frac{\delta_н}{\lambda_д} + R_{в.п.} + \frac{\delta_{об}}{\lambda_д} + \frac{1}{\alpha_н} =$$

$$= 0{,}115 + \frac{0{,}16}{0{,}045} + \frac{0{,}04}{0{,}14} + 0{,}14 + \frac{0{,}02}{0{,}14} + 0{,}1 = 3{,}973 \quad (м^2 \cdot °С)/Вт$$

где: $\alpha_н = 12$ Вт/(м^2·°С) – коэффициент теплоотдачи для чердачных перекрытий.

4. Сопротивление теплопередаче верхней части покрытия (от воздушной прослойки до наружного воздуха):

$$R_o^н = \frac{1}{\alpha_н^{ч.п.}} + \frac{\delta_{об}}{\lambda_д} + \frac{1}{\alpha_{пр}} = 0{,}1 + \frac{0{,}04}{0{,}14} + 0{,}04 = 0{,}425 \text{ . } (м^2 \cdot °С)/Вт$$

5. Коэффициенты теплопередаче нижней и верхней части конструкции покрытия:

$$k_в = \frac{1}{3{,}973} = 0{,}251.\ Вт/(м^2 \cdot {}^oC)$$

$$k_н = \frac{1}{0{,}425} = 2{,}35.\ Вт/(м^2 \cdot {}^oC)$$

6. При температуре наружного воздуха $t_н$ = - 10 °С примем среднюю температуру воздуха в воздушной прослойке $0{,}8 \cdot t_н = 0{,}8 \cdot (-10) = -8$ °С и минимальную толщину воздушной прослойки 0,04 м.

7. Плотность наружного воздуха и воздуха в воздушной прослойке:

$$\gamma_н = \frac{353}{273 + t_{ср}} = \frac{353}{273 - 10} = 1{,}34 \text{ кг/м}^3$$

$$\gamma_{пр} = \frac{353}{273 - 8} = 1{,}332 \text{ кг/м}^3$$

8. Скорость движения воздуха в прослойке:

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot l \cdot \sin\alpha \cdot g \cdot (\gamma_н - \gamma_{пр})}{\gamma_{пр} \cdot (\sum\xi + 1)}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 7 \cdot 0{,}5 \cdot 9{,}81 \cdot (1{,}342 - 1{,}332)}{1{,}332 \cdot (2{,}75 + 1)}} = 0{,}37 \quad м/с$$

где: $\sum\xi = \xi_{вх} + \xi_{пов} + \xi_{вых} = 1 + 0{,}75 + 1 = 2{,}75$

9. Количество воздуха, проходящего через сечение воздушной прослойки площадью:

$F_{пр} = 0{,}04 \cdot 1 = 0{,}04 \quad м^2$

$W = 3600 \cdot 0{,}04 \cdot 0{,}37 \cdot 1{,}33 = 71 \quad кг/ч$

10. Находим:

$A = k_в \cdot t_в + k_н \cdot t_н = 0{,}251 \cdot 20 - 2{,}35 \cdot 10 = 18{,}48 \quad Вт/м^2$

11. Для любого сечения, отстоящего на расстоянии $x = l_x \cdot \sin\alpha$, м от входного отверстия температуру воздуха в прослойке определяем по формуле:

$$t_x = \frac{A + \left[t_н \cdot (k_в + k_н) - A\right] \cdot exp \cdot \left(-\frac{k_в + k_н}{W \cdot c} \cdot l_x \cdot \sin\alpha\right)}{k_в + k_н} =$$

$$= \frac{-18{,}48 + \left[-10\,(0{,}251 + 2{,}35) + 18{,}48\right] \cdot e^{-\frac{(0{,}251 + 2{,}35) \cdot x}{71 \cdot 1{,}005}}}{0{,}251 + 2{,}35} =$$

$$= \frac{-18{,}48 - 7{,}52 \cdot e^{-0{,}018 \cdot x}}{2{,}6}$$

12. Выполняем расчет температуры воздуха в прослойке от входного отверстия начиная с $x = 0{,}25$ м и далее через каждый метр. Для этих же сечений производим расчет коэффициента теплопередачи по формуле:

$$K = \frac{t_в - t_x}{t_в - t_н} \cdot k_н$$

Так как $x = l_{пр} \cdot \sin\alpha$, то $l = \frac{x}{0,5}$;

Результаты расчета сводим в таблицу 31.

Результаты расчета теплотехнических параметров воздушной прослойки

Таблица 31

x, м	Расстояние от входа в прослойку по ее длине, м	Расчет температуры воздуха, t_x, °С				Расчет «К»	
		$0,018 \cdot x$	$e^{-0,018 \cdot x}$	$-7,52 \cdot e^{-0,018}$	t_x	$t_в - t_x$	K, Вт/(м²·°С)
0,25	0,5	0,009	0,99	- 7,4	- 9,95	29,95	0,25
0,75	1,5	0,027	0,97	- 7,3	- 9,9	29,9	0,25
1,25	2,5	0,045	0,95	- 7,1	- 9,8	29,8	0,249
1,75	3,5	0,064	0,94	- 7,0	- 9,8	29,8	0,249
2,25	4,5	0,082	0,92	- 6,9	- 9,7	29,7	0,248
2,75	5,5	0,1	0,9	- 6,7	- 9,65	29,65	0,248
3,25	6,5	0,12	0,88	- 6,6	- 9,6	29,6	0,247
					$t_{ср}$ = - 9,8 °С		$K_{ср}$ = 0,249

13. Средняя температура воздуха в воздушной прослойке $t_{пр}^{ср} = -9,8$ °С, а среднее значение коэффициента теплопередачи конструкции покрытия к = 0,249 Вт/(м²·°С) или сопротивление теплопередачи $R_o = \frac{1}{0,249} = 4,0$ (м²·°С)/Вт. Таким образом, наличие вентилируемой воздушной прослойки снизило сопротивление теплопередаче конструкции покрытия на 0,2 (м²·°С)/Вт, что должно быть компенсировано дополнительным слоем теплоизоляции равным

$$\delta_{ут}^{доп} = 0,2 \cdot 0,05 = 0,01 \text{ м}$$

14. Средняя температура воздуха в вентилируемой воздушной прослойке может быть так же определена методом итерации.

На первом этапе итерации.

15. Для $t_{пр} = 0,8 \cdot t_н = -8 \cdot$ °С и $\gamma_{пр} = 1,332$ кг/м³

$V = 0,37$ м/с и $W = 71$ кг/ч

Вычисляем среднюю температуру воздуха в прослойке по формуле:

$$t_{ср}^{в.п.} = \frac{\frac{A \cdot l \cdot \sin\alpha}{k_в + k_н} + \frac{\left[t_н \cdot (k_в + k_н) - A\right] \cdot W \cdot C}{(k_в + k_н)^2} \cdot \left[1 - exp \cdot \left(-\frac{k_в + k_н}{W \cdot C} \cdot l \cdot \sin\alpha\right)\right]}{l \cdot \sin\alpha} =$$

$$= \frac{\frac{-18,48 \cdot 7 \cdot 0,5}{2,6} + \frac{\left[-10 \cdot 2,6 + 18,48\right] \cdot 71 \cdot 1,005}{2,6^2} \cdot \left[1 - e^{-\frac{(2,35 + 0,251)}{71 \cdot 1,005} \cdot 0,7 \cdot 0,5}\right]}{7 \cdot 0,5} = -9,8 \quad °С$$

На втором этапе итерации.

16. Находим: $\gamma_{пр} = \frac{353}{273 - 9,8} = 1,341$ кг/м^3

17. Скорость воздуха в прослойке:

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot 7 \cdot 0,5 \cdot 9,81 \cdot (1,342 - 1,341)}{1,341 \cdot (2,75 + 1)}} = 0,12 \quad \text{м/с}$$

18. При $V = 0,12$ м/с определяем $\alpha_{пр}$ по формуле (11) и $R_{пр}$:

$$\alpha_{пр} = \left(2,7 + 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot t_{пр}\right) \cdot \left(\frac{V \cdot \gamma_{пр}}{d}\right)^{0,2}$$

где $d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{пр}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,04}{3,14}} = 0,226$ м

$$\alpha_{пр} = \left[2,7 + 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot (-9,8)\right] \cdot \left(\frac{0,12 \cdot 1,341}{0,226}\right)^{0,2} = \text{Вт/м}^2\cdot^{o}\text{C}$$

$$= 2,685 \cdot 0,71^{0,2} = 2,685 \cdot 0,93 = 2,5$$

$$R_{пр} = \frac{1}{2,5} = 0,4 \quad (\text{м}^2\cdot^{o}\text{C})/\text{Вт}$$

19. Вычисляем:

$$R_o^н = (0,425 - 0,1) + 0,4 = 0,725 \text{ . } (\text{м}^2\cdot^{o}\text{C})/\text{Вт} \qquad k_в = \frac{1}{4,27} = 0,23 \text{ . Вт/(м}^2\cdot^{o}\text{C)}$$

$$R_o^в = (3,973 - 0,1) + 0,4 = 4,27 \text{ . } (\text{м}^2\cdot^{o}\text{C})/\text{Вт} \qquad k_н = \frac{1}{0,725} = 1,38 \text{ . Вт/(м}^2\cdot^{o}\text{C)}$$

$$k_в + k_н = 0,23 + 1,38 = 1,61 \quad \text{Вт/(м}^2\cdot^{o}\text{C)}$$

20. Находим значения «А» и расход воздуха «W»:

$$A = 0,23 \cdot 20 - 1,38 \cdot 10 = -9,2 \quad \text{Вт/м}^2$$

$$W = 3600 \cdot 0,04 \cdot 1,341 \cdot 0,12 = 23 \quad \text{кг/ч}$$

$$t_{пр}^{ср} = \frac{\frac{-9,2 \cdot 7 \cdot 0,5}{1,61} + \frac{\left[1,61 \cdot (-10) + 9,2\right] \cdot 23 \cdot 1,005}{1,61^2} \cdot \left[1 - e^{\left(-\frac{1,61 \cdot 7 \cdot 0,5}{23 \cdot 1,005}\right)}\right]}{7 \cdot 0,5} = -9,6 \quad {}^{o}\text{C}$$

На третьем этапе итерации.

22. При этой температуре воздуха в прослойке определяем:

$$\gamma_{пр} = \frac{353}{273 - 9,6} = 1,34 \quad \text{кг/м}^3$$

23. Скорость воздуха:

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot 7 \cdot 0{,}5 \cdot 9{,}81 \cdot (1{,}342 - 1{,}34)}{1{,}34 \cdot (2{,}75 + 1)}} = 0{,}165 \quad \text{м/с}$$

24. Вычисляем:

$$\alpha_{пр} = \left[2{,}7 + 1{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot (-9{,}6)\right] \cdot \left(\frac{0{,}165 \cdot 1{,}34}{0{,}226}\right)^{0{,}2} = 2{,}67 \quad \text{Вт/м}^2\cdot^{\circ}\text{C}$$

$$R_{пр} = \frac{1}{2{,}67} = 0{,}37 \quad (\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C})/\text{Вт}$$

25. Определяем:

$$R_o^{н} = (0{,}425 - 0{,}1) + 0{,}37 = 0{,}695\ .\ (\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C})/\text{Вт} \qquad k_{в} = \frac{1}{0{,}695} = 1{,}44\ .\ \text{Вт}/(\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C})$$

$$R_o^{в} = (3{,}973 - 0{,}1) + 0{,}37 = 4{,}24\ .\ (\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C})/\text{Вт} \qquad k_{н} = \frac{1}{4{,}24} = 0{,}235\ .\ \text{Вт}/(\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C})$$

$$A = 0{,}235 \cdot 20 + 1{,}44 \cdot (-10) = -9{,}6 \quad \text{Вт/м}^2$$

$$W = 3600 \cdot 0{,}04 \cdot 1{,}34 \cdot 0{,}165 = 32 \quad \text{м}^2/\text{ч}$$

$$k_{в} + k_{н} = 1{,}44 + 0{,}235 = 1{,}675 \quad \text{Вт}/(\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C})$$

26. Вычисляем среднюю температуру воздуха в прослойке:

$$t_{пр}^{ср} = \frac{\dfrac{-9{,}2 \cdot 7 \cdot 0{,}5}{1{,}675} + \dfrac{[1{,}675 \cdot (-10) + 9{,}7] \cdot 32 \cdot 1{,}005}{1{,}675^2} \cdot \left[1 - e^{\left(-\frac{1{,}675 \cdot 7 \cdot 0{,}5}{32 \cdot 1{,}005}\right)}\right]}{7 \cdot 0{,}5} = -9{,}6 \quad {}^{\circ}\text{C}$$

27. Проверяем значение скорости воздуха в воздушной прослойке:

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot 7 \cdot 0{,}5 \cdot 9{,}81 \cdot (1{,}342 - 1{,}34)}{1{,}34 \cdot (2{,}75 + 1)}} = 0{,}165 \quad \text{м/с}$$

Таким образом, тепло- и аэродинамические параметры воздушной прослойки составляют:

$$V_{пр} = 0{,}165 \ \text{м/с}; \quad \alpha_{пр} = 2{,}67 \ \text{Вт/м}^2\cdot^{\circ}\text{C}; \quad t_{пр}^{ср} = -9{,}6 \ {}^{\circ}\text{C}$$

В итоге можно констатировать, что расчет средней температуры воздуха в вентилируемой воздушной прослойке выполненный методом итерации дает примерно на 2 – 2,5 % более точный результат, что обусловлено корректировкой значения «$\alpha_{пр}$» в зависимости от скорости и температуры воздуха в ней.

Для оценки возможности конденсатообразования на внутренней поверхности кровли из листовой стали провсден расчет влажностного режима в воздушной прослойке.

28. Вычисляем коэффициенты паропроницания части покрытия от помещения до воздушной прослойки и от воздушной прослойки до наружного воздуха:

$$\mu_в = \frac{1}{\frac{\delta_д^{общ}}{\mu_д} + \frac{\delta_д^{нас}}{\mu_д} + \frac{\delta_{ут}}{\mu_{ут}} + R_п} = \frac{1}{\frac{0,04}{0,32} + \frac{0,04}{0,32} + \frac{0,16}{0,56} + 1,1} = 0,61 \quad \text{мг/(м}^2\text{·ч·Па)}$$

где: $R_п$ - сопротивление паропроницанию рулонного битумно-полимерного материала.

29. $\mu_н = \frac{1}{\frac{\delta_д^{общ}}{\mu_д}} = \frac{1}{\frac{0,04}{0,32}} = 8$ мг/(м^2·ч·Па)

30. При $t_в = +20 \cdot ^\circ C$ и $\varphi = 50\ \%$ $e_в = 2338 \cdot 0,5 = 1169$ Па;

$t_н = -10\ ^\circ C$ и $\varphi = 70\ \%$ $e_н = 260 \cdot 0,7 = 182$ Па.

31. Вычисляем:

$$A' = 0,61 \cdot 1169 + 8 \cdot 182 = 730 + 1456 = 2186 \quad \text{Вт/(м}^2\text{·ч)}$$

$$W' = 3600 \cdot 0,04 \cdot 0,165 = 24 \quad \text{м}^2\text{/ч}$$

32. Так как наибольшая вероятность конденсации пара в покрытии будет у выхода из воздушной прослойки определим температуру в этом сечении, для чего воспользуемся формулой:

$$t_x = \frac{A + \left[t_н \cdot (k_в + k_н) - A\right] \cdot exp\left(-\frac{k_в + k_н}{W \cdot C} \cdot x\right)}{k_в + k_н} =$$

$$= \frac{-6,8 + \left[1,82 \cdot (-10) + 6,8\right] \cdot e^{\left(-\frac{1,82 \cdot 3,25}{32 \cdot 1,005}\right)}}{1,82} = \frac{-6,8 - 11,4 \cdot e^{-0,18}}{1,82} = -8,9 \ ^\circ C$$

33. Находим:

$$B = \frac{1,058}{1 - \frac{8,9}{273}} = 1,09$$

34. Определяем упругость водяного пара, выходящего из прослойки по формуле:

$$e = \frac{2186 + (182 \cdot 8,61 - 2186) \cdot e^{-\frac{8,61 \cdot 7 \cdot 0,5}{24 \cdot 1,09}}}{8,61} = \frac{2186 - 619 \cdot e^{-1,15}}{8,61} = 231 \ \text{Па}$$

35. Температура воздуха на внутренней поверхности кровли из листовой стали:

$$\tau_{экр} = -9,6 - \frac{(-9,6 + 10)}{1,44 \cdot 2,67} = -9,5 \ ^\circ C$$

36. Максимальная упругость водяного пара у внутренней поверхности кровли из листовой стали:

$$E = 610,6 \cdot exp\left(0,082 \cdot t_э - 0,35 \cdot 10^{-3} \cdot t_э^{\,2}\right) = 610,6 \cdot e^{\left[0,082 \cdot (-9,5) - 0,35 \cdot 10^{-3} \cdot (-9,5)^2\right]} =$$

$$= 610,6 \cdot e^{\left[-0,779 - 0,032\right]} = 610,6 \cdot e^{-0,81} = \frac{610,6}{2,24791} = 271 \quad \text{Па}$$

37. При e = 231 Па < E = 271 Па конденсация влаги на внутренней поверхности кровли из листовой стали отсутствует.

38. При отсутствии вентиляции воздушной прослойки сопротивление паропроницанию ее с учетом конвекции воздуха составит:

$$R_н^{пр} = \frac{0,04}{0,101} = 0,039 \quad (м^2 \cdot ч \cdot Па)/кг$$

39. Определяем температуру воздуха в прослойке, для чего вычислим ее значение на поверхностях:

$$\tau_1 = 20 - 4,24 \cdot \frac{20 + 10}{4,92} = -5,8 \quad °C$$

$$\tau_2 = 20 - (4,24 + 0,14) \cdot \frac{20 + 10}{4,93} = -6,6 \quad °C$$

$$\tau_{ср}^{пр} = \frac{-5,8 + (-6,6)}{2} = -6,2 \quad °C$$

Упругость водяного пара при $\tau_{ср}^{пр} = -6,2$ °C равна E = 363 Па.

40. Количество пара, поступающего к зоне конденсации:

$$P_1 = \frac{1169 - 363}{1,67 - 0,039} = 494 \quad г/(м^2 \cdot ч)$$

где: $R_п^в = \frac{0,04}{0,32} + \frac{0,04}{0,32} + \frac{0,16}{0,56} + \frac{0,04}{0,101} + 1,1 = 1,67$ $(м^2 \cdot ч \cdot Па)/мг$

Итак, на внутренней поверхности кровли из листовой стали при отсутствии вентиляции воздушной прослойки будет конденсироваться на м^2 в час около 500 г, влаги.

gost.e-ecolog.ru