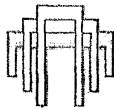


с 14424



ООО «ЦНИИПРОМЗДАНИЙ»

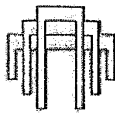
**ВЕТРОЗАЩИТА ИЗ МАТЕРИАЛА «ТАЙВЕК» В  
МНОГОСЛОЙНЫХ СТЕНАХ И ПОКРЫТИЯХ  
С ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ МИНЕРАЛО- И  
СТЕКЛОВАТНЫХ ПЛИТ И МАТОВ**

**Материалы для проектирования и рабочие чертежи узлов**

Шифр М24.13/05

Москва, 2005 г.

с 11424



ОАО "ЦНИИПРОМЗДАНИЙ"



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"  
127236, 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

Зам. генерального директора



*С.М. Гликин* С.М. Гликин

Руководитель отдела

*А.М. Воронин* А.М. Воронин

Москва, 2005 г.

Обозначение документа	Наименование	стр.
M24.13/05-ПЗ	Сертификат	2
	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
M24.13/05-1	6. Покрытия с кровлей из оцинкованных стальных профлистов	28
	7. Ограждающие конструкции мансард и чердаков	30
M24.13/05-2	РАЗДЕЛ 1. Стены с экранами из плиток	33
M24.13/05-3	РАЗДЕЛ 2. Стены с облицовкой из оцинкованных стальных профлистов	55
	РАЗДЕЛ 3. Покрытия с кровлей из оцинкованных стальных профлистов	71
M24.13/05-4	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

						<b>M24.13/05</b>		
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата			
Зам. ген. дир.	Гликин					Стадия	Лист	Листов
Рук. отд.	Воронин			<i>В.В. Воронин</i>		МП	1	1
Инженер	Пешкова			<i>А.А. Пешкова</i>		<b>ОАО ЦНИИПРОМЗДАНИЙ</b> г. Москва. 2005 г.		
						Содержание		

СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ГОСТ Р  
ГОССТАНДАРТ РОССИИ



**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 9001.11CP48 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 МИ-  
НЕРАЛО- И СТЕКЛОВАТНЫХ ПЛИТ И МАТОВ. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОЕКТИ-  
РОВАНИЯ 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-25-76

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 строи-  
тельстве № РОСС RU 9001.11CP48 от 11.07.02

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ**

Сертификация по схеме 1  
Марки проектной документации производится знаком соответствия органа по серти-  
фикации «ГОСТ Р» № РОСС RU 9001.11CP48 в правом верхнем углу титульного листа



Руководитель органа

Эксперт

подпись

подпись

Г. П. Володин

инициалы, фамилия

Л. А. Кан

инициалы, фамилия

Этот сертификат не применяется при обязательной сертификации

## 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 стекловолоконистой 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, бруса, 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»;

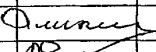
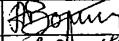
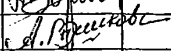
СНиП 2.09.04-87\* «Административные и бытовые здания» (изд. 2001);

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.

						<b>M24.13/05-ПЗ</b>		
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата			
Зам. ген. дир.		Гликин				Стадия	Лист	Листов
Рук. отд.		Воронин				МП	1	29
Инженер		Пешкова				<b>Пояснительная записка</b>  <b>ОАО ЦНИИПРОМЗДАНИЙ</b> 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 Хаусрэйп» («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 Хаусрэйп» («Tyvek Housewrap (1060B)»). Остальные марки рекомендуются 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 <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	744	606	994	683
6	Водонепроницаемость в течении 10 мин, не менее	кгс/см <sup>2</sup>	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.

						ООО «Дюпон Россия» М24.13/05-ПЗ	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		2

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 стекловолоконных плит для стен и скатных кровель перечисленных выше трех групп приведена, соответственно, в табл. 2 и 2а.

						<b>М24.13/05-ПЗ</b>	Лист
							3
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

Для зданий с влажным и мокрым режимом толщина теплоизоляции принимается большей 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 строительства – 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  $t_{в}=18\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $\phi_{в}=55\%$ . 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  $\gamma=1200\text{ кг/м}^3$  ( $\lambda_{б}=0,525\text{ Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{C)}$ ) толщиной 300 мм с существующим сопротивлением теплопередаче  $R_{\text{сущ}} = 1/8,7+0,3/0,52+1/23=0,74\text{ м}^2\cdot^{\circ}\text{C}$  толщина дополнительной теплоизоляции составит:

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

$$\delta = (1,9 - 0,74) \times 0,06 = 7,0\text{ см.}$$

**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.

						<b>М24.13/05-ПЗ</b>	Лист
							4
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		



Таблица 2

№ п/п	Город РФ	Условия эксплуатации	Градусо-сутки	Тип помещения	СТЕНЫ			
					Новое строительство		Реконструкция	
					$R_{0}^{мп}$ , м <sup>2</sup> ·°С/Вт	Толщина теплоизоляции, мм	$R_{0}^{сущ}$ , м <sup>2</sup> ·°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

						М24.13/05-ПЗ		Лист
								5
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата			

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

Изм	Кол. вч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

М24.13/05-ПЗ

Лист

6

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

						<b>М24.13/05-ПЗ</b>	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		7

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

								Лист
								8
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	М24.13/05-ПЗ		

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
			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
			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
			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
			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
			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
			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
			4900	2	2,67	110	0,78	110
				3	1,98	70	0,69	70

						<b>М24.13/05-ПЗ</b>	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		9

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

						<b>М24.13/05-ПЗ</b>	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		10

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
			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
			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
			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
			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
			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
			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
			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
			4360	2	2,51	90	0,73	90
				3	1,87	70	0,66	70

Лист

М24.13/05-ПЗ

11

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

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
			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
			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
			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
			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
			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
			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
			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
			4970	2	2,70	130	0,8	130
				3	2,00	90	0,71	80

						<b>М24.13/05-ПЗ</b>	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		12



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

						<b>М24.13/05-ПЗ</b>	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		13

Таблица 2а

№ п/п	Город РФ	Условия эксплуатации	Градусо-сутки	Тип помещения	СКАТНЫЕ КРОВЛИ			
					Новое строительство		Реконструкция	
					$R_{O}^{np}$ , м <sup>2</sup> ·°С/Вт	Толщина теплоизоляции, мм	$R_{O}^{сущ}$ , м <sup>2</sup> ·°С/Вт	Толщина дополнительной теплоизоляции, мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	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

						М24.13/05-ПЗ	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		14

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
			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
			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
			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
			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
			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
			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
			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
			4800	2	3,52	190	0,99	160
				3	2,70	140	0,75	120

						<b>М24.13/05-ПЗ</b>	Лист
							15
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

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
			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
			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
			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
			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
			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
			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
			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
			5400	2	3,76	200	1,07	160
				3	2,85	160	0,82	120

						<b>М24.13/05-ПЗ</b>	Лист
<b>Изм.</b>	<b>Кол.уч.</b>	<b>Лист</b>	<b>№ док.</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>		<b>16</b>

Продолжение табл. 2а

1	2	3	4	5	6	7	8	9
26	Кострома	Б	5300	1	4,85	270	1,42	200
				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
				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
				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
				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
				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
				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
				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
				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
				2	2,50	120	0,67	110
				3	2,06	90	0,51	80

						<b>М24.13/05-ПЗ</b>	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		17

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

						<b>М24.13/05-ПЗ</b>	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		18

Продолжение табл.2а

1	2	3	4	5	6	7	8	9
43	Орел	Б	4650	1	4,53	250	1,33	190
				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
				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
				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
				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
				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
				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
				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
				2	3,39	180	0,95	140
				3	2,62	130	0,72	120

						<b>М24.13/05-ПЗ</b>	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		19

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
			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
			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
			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
			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
			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
			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
			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
			4360	2	3,35	150	0,97	130
				3	2,59	110	0,74	100

						<b>М24.13/05-ПЗ</b>	Лист
							20
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		



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
			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
			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
			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
			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
			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
			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
			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
			4970	2	3,60	190	1,05	160
				3	2,75	140	0,80	120

Лист

М24.13/05-ПЗ

21

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

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

						<b>М24.13/05-ПЗ</b>	Лист
							22
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

#### 4. СТЕНЫ С ЭКРАНОМ ИЗ ПЛИТОК

4.1. Решения стен с вентилируемой воздушной прослойкой разработаны на примере материалов фирмы «КЕМОШИАСТ» 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 стекловолоконистых 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 3000 мм. 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.

						<b>М24.13/05-ПЗ</b>	Лист
							23
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

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 стекловолоконистого 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.

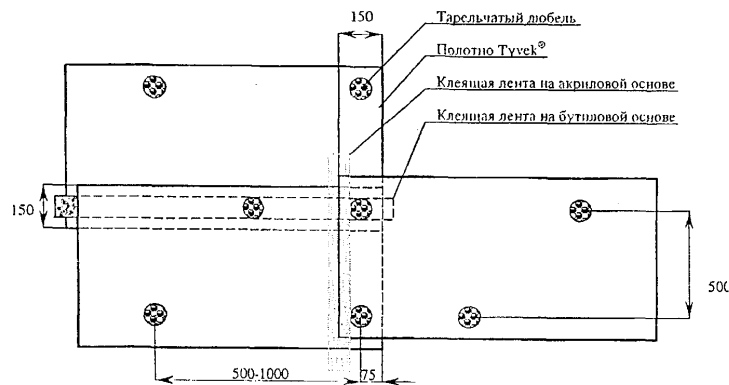


СХЕМА ЗАКРЕПЛЕНИЯ МАТЕРИАЛА «ТАЙВЕК»

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<sup>2</sup>. 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.

						<b>M24.13/05-ПЗ</b>	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		24

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 козырьку 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.

						<b>М24.13/05-ПЗ</b>	Лист
							25
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

**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 полотниц 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 термовкладыши 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 полотниц 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;

						<b>М24.13/05-ПЗ</b>	Лист
							26
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

- 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 избежание 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<sup>3</sup> или плиты с плотностью 15 ... 30 кг/м<sup>3</sup> слоем пленки «Tyvek®»;

						<b>М24.13/05-ПЗ</b>	Лист
							27
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

- 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 ветро- 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 приклею 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

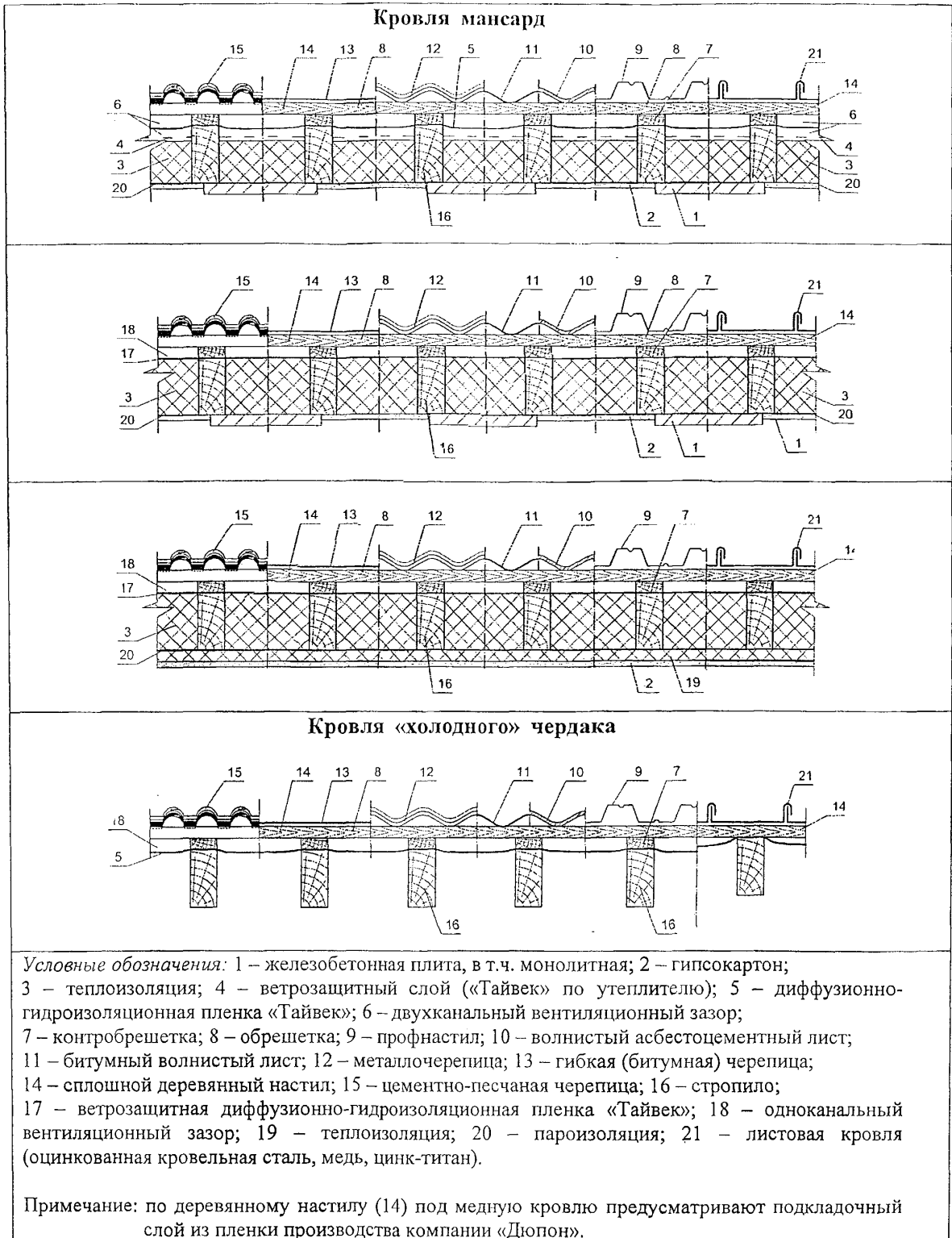
При углах наклона кровли менее 12,5° применение «Тайвека» не рекомендуется.

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.

								Лист
								28
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	M24.13/05-ПЗ		



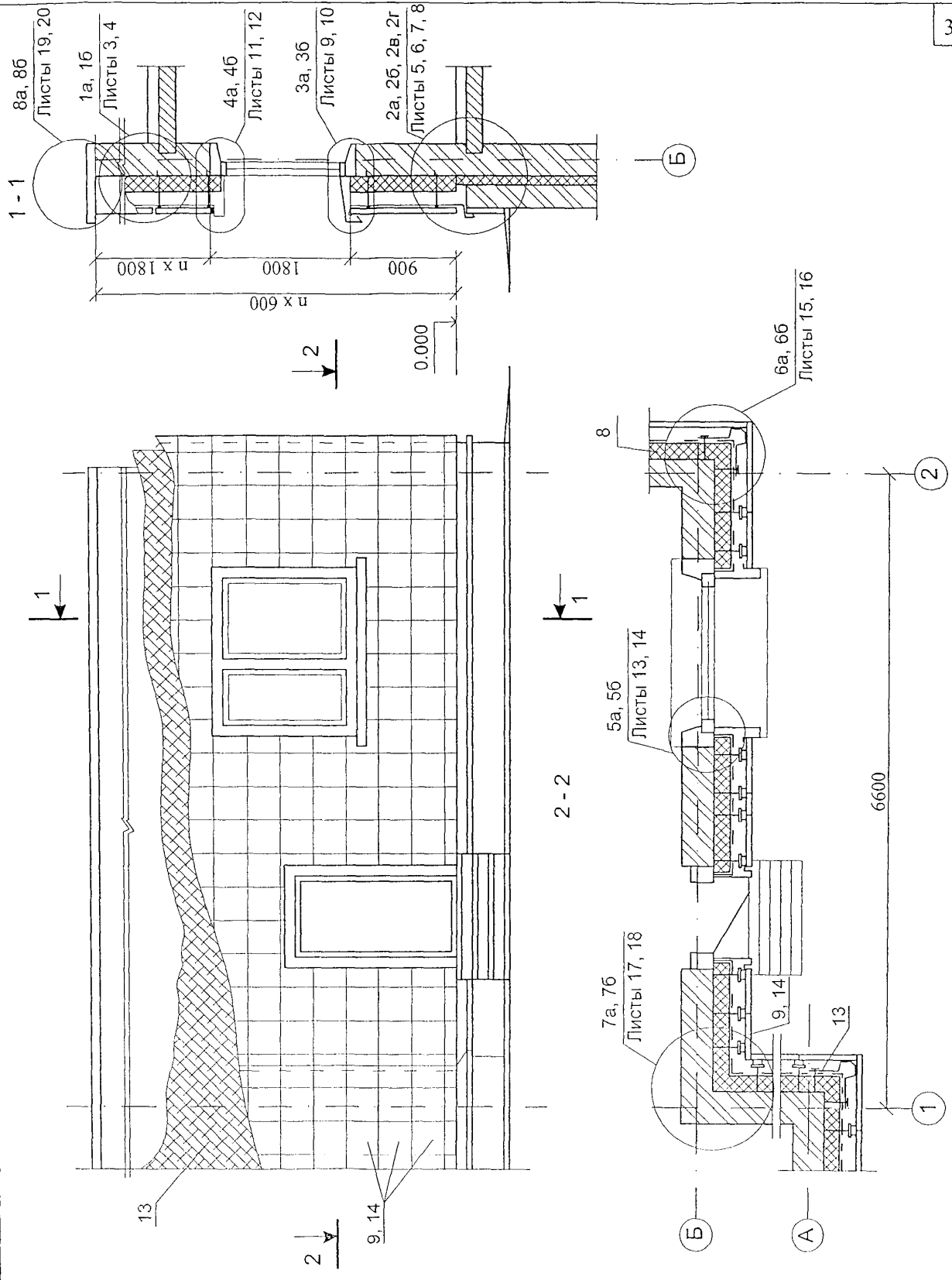
Таблица 3



РАЗДЕЛ 1

**СТЕНЫ С ЭКРАНАМИ ИЗ ПЛИТОК**





Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

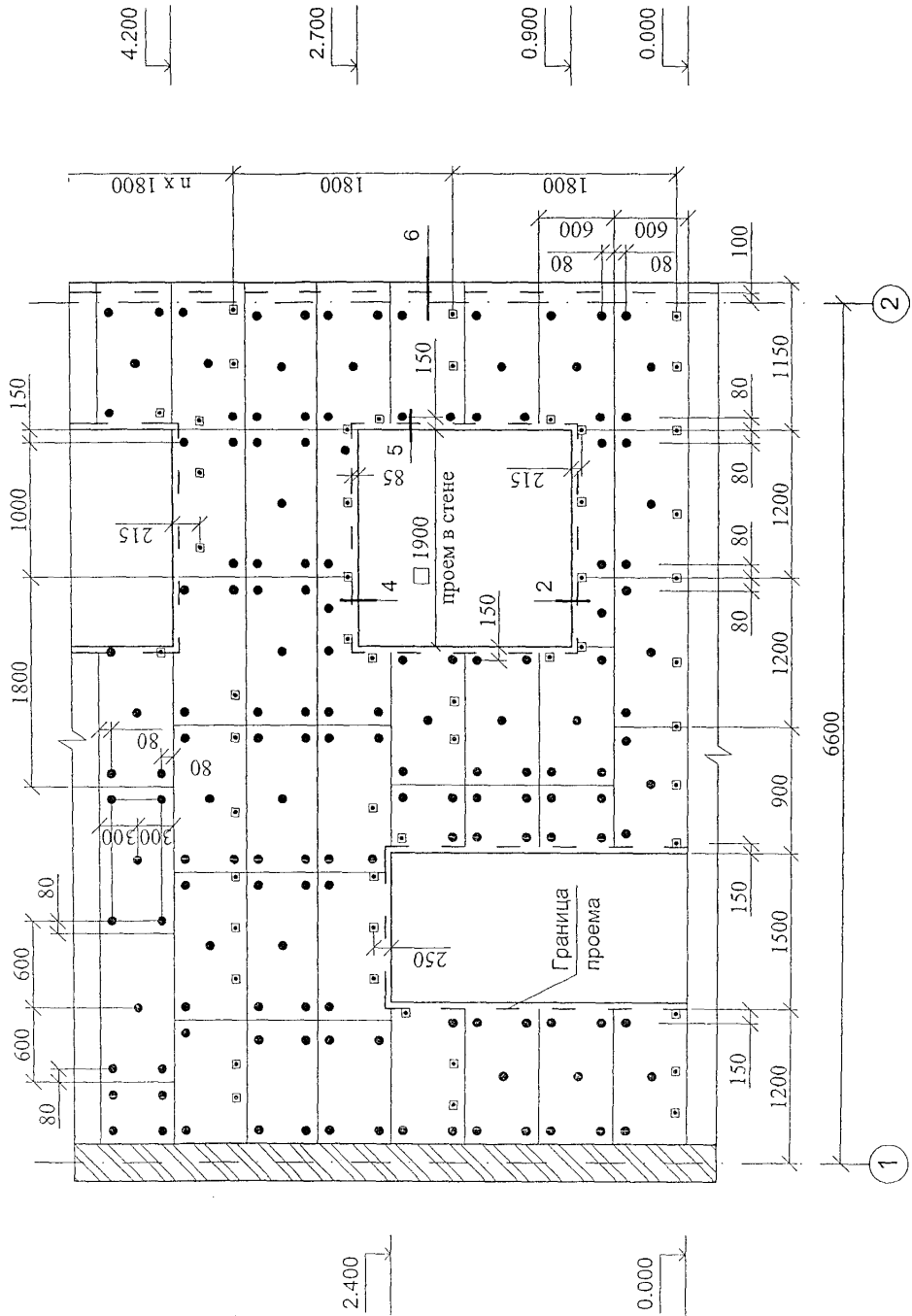
M24.13/05 — 1.1

Стены с экранами  
из плиток

Стадия	Лист	Листов
МП	1	20

ООО ЦНИИПРОМЗДАНИЙ  
г. Москва 2004 г.

СХЕМА раскладки плит теплоизоляции



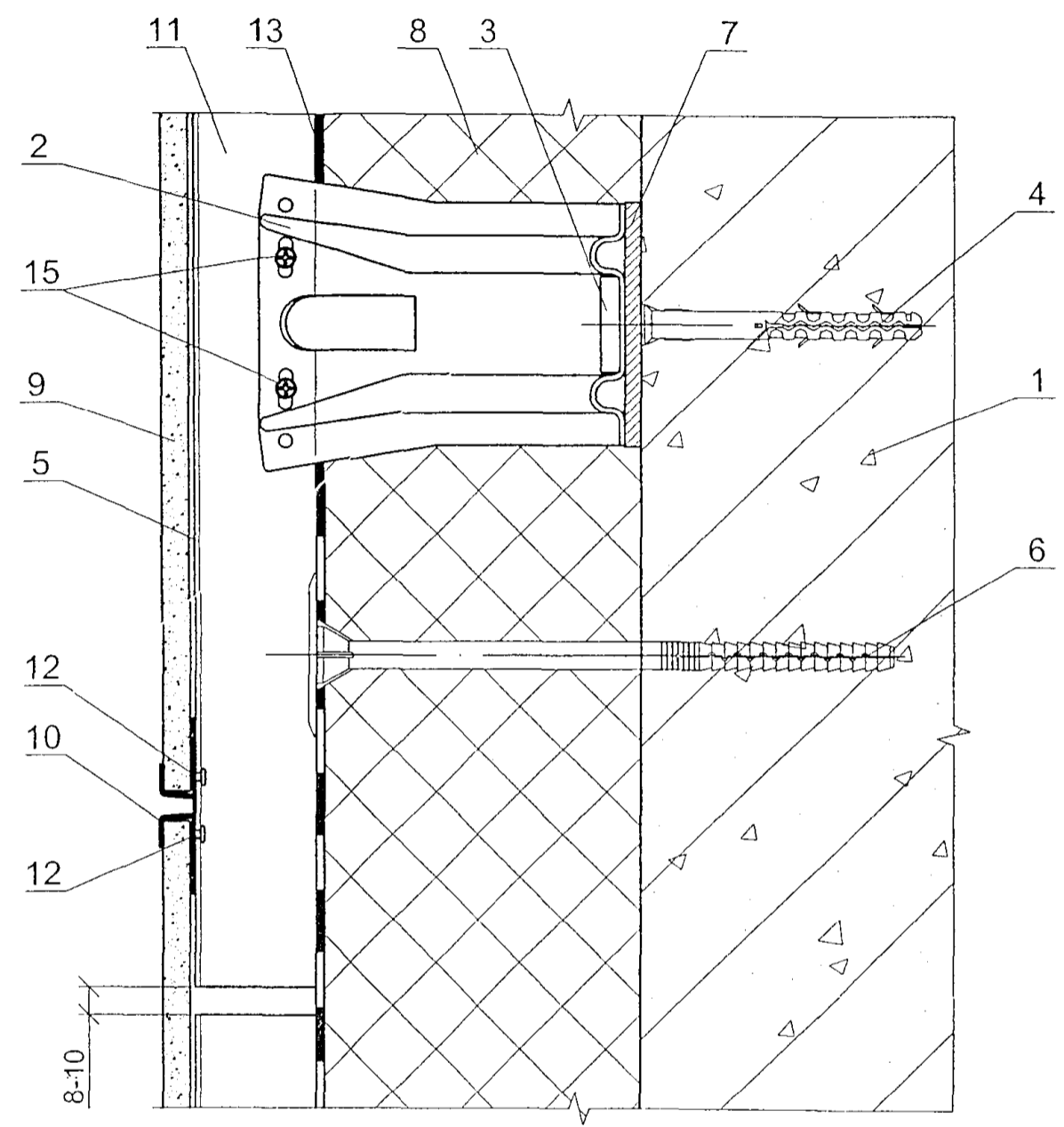
Изм.	Код. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

M24.13/05 — 1.2

Лист

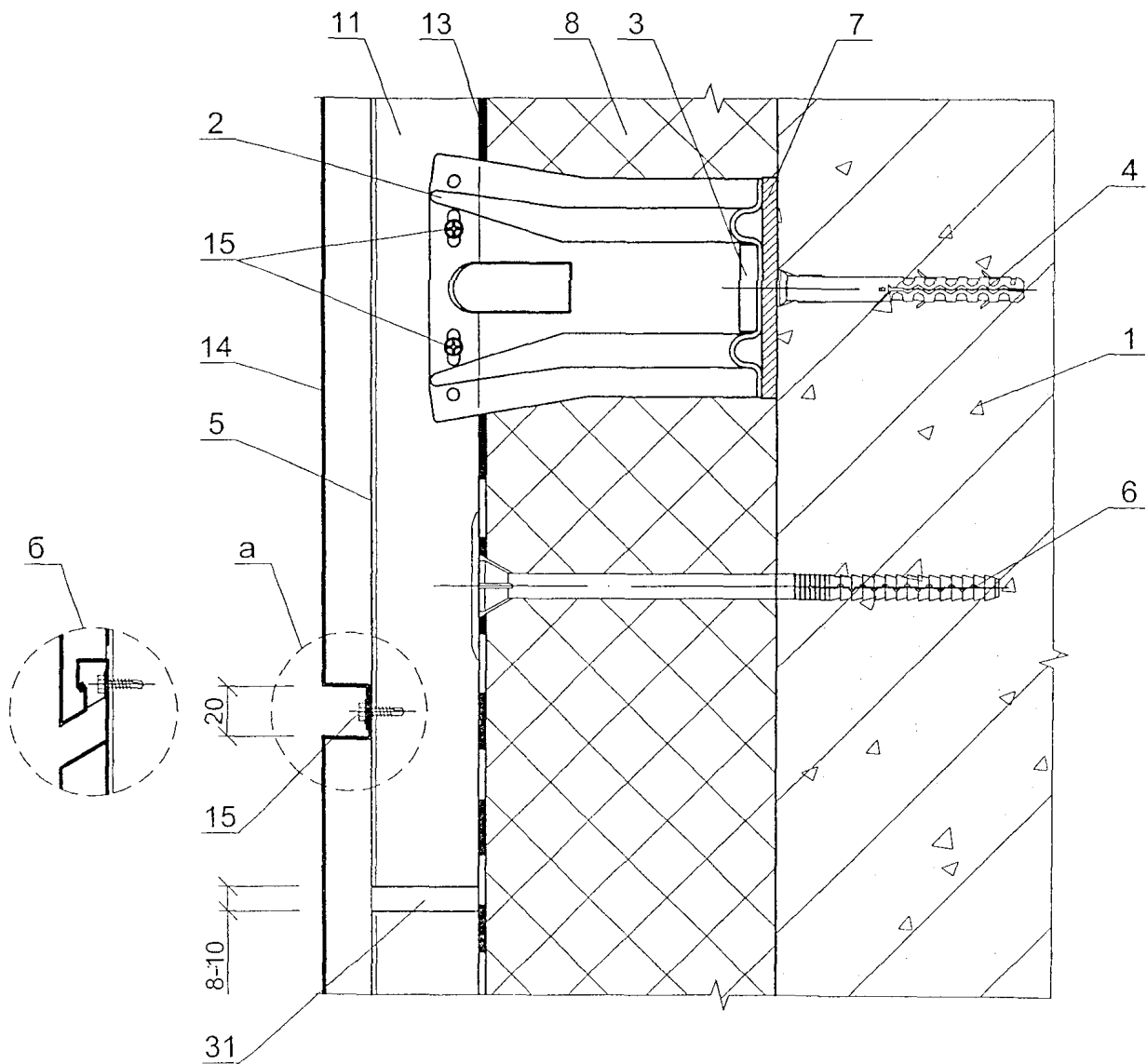
2

1a



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

16



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

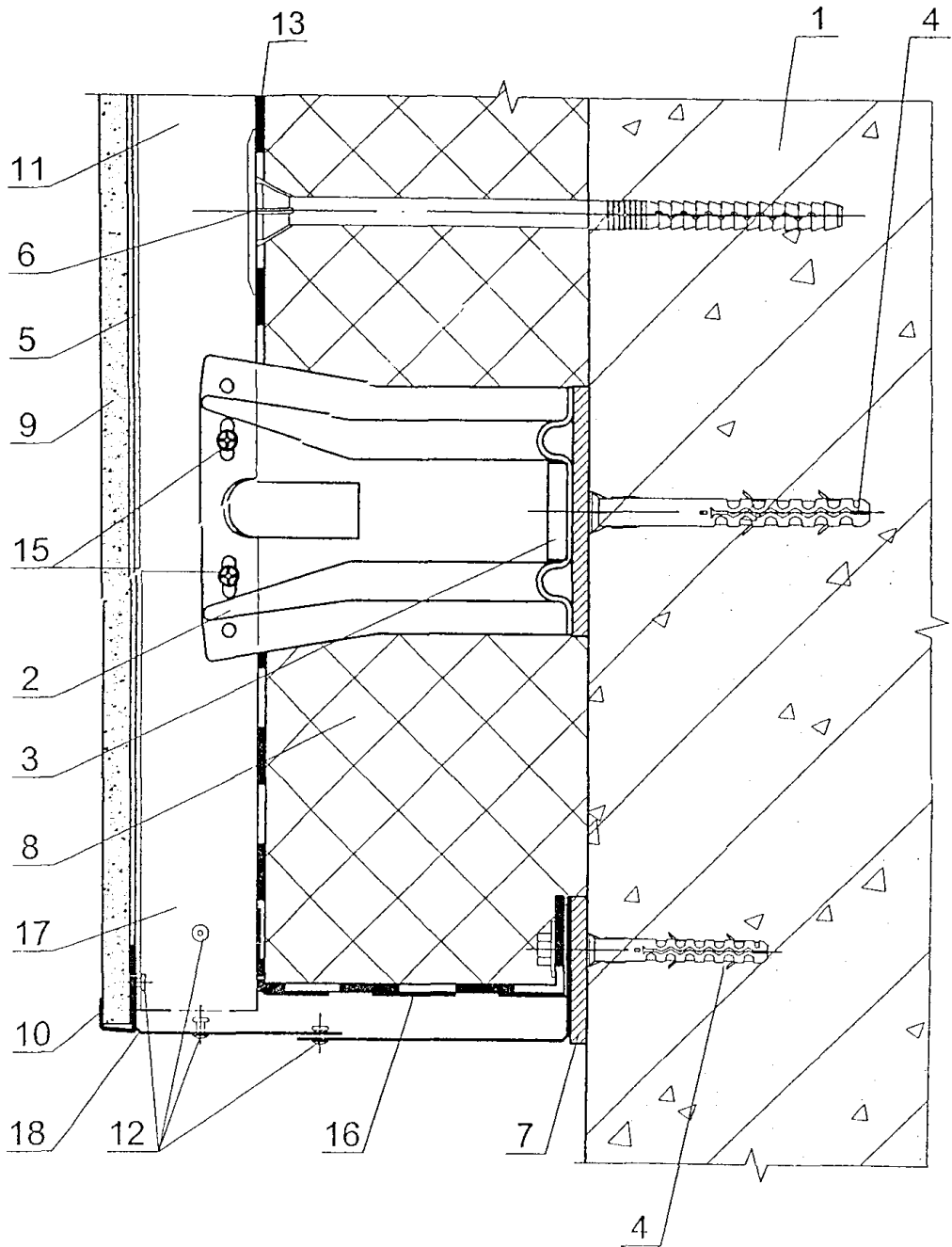
Изм.	Код. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

M24.13/05 — 1.4

Лист

4

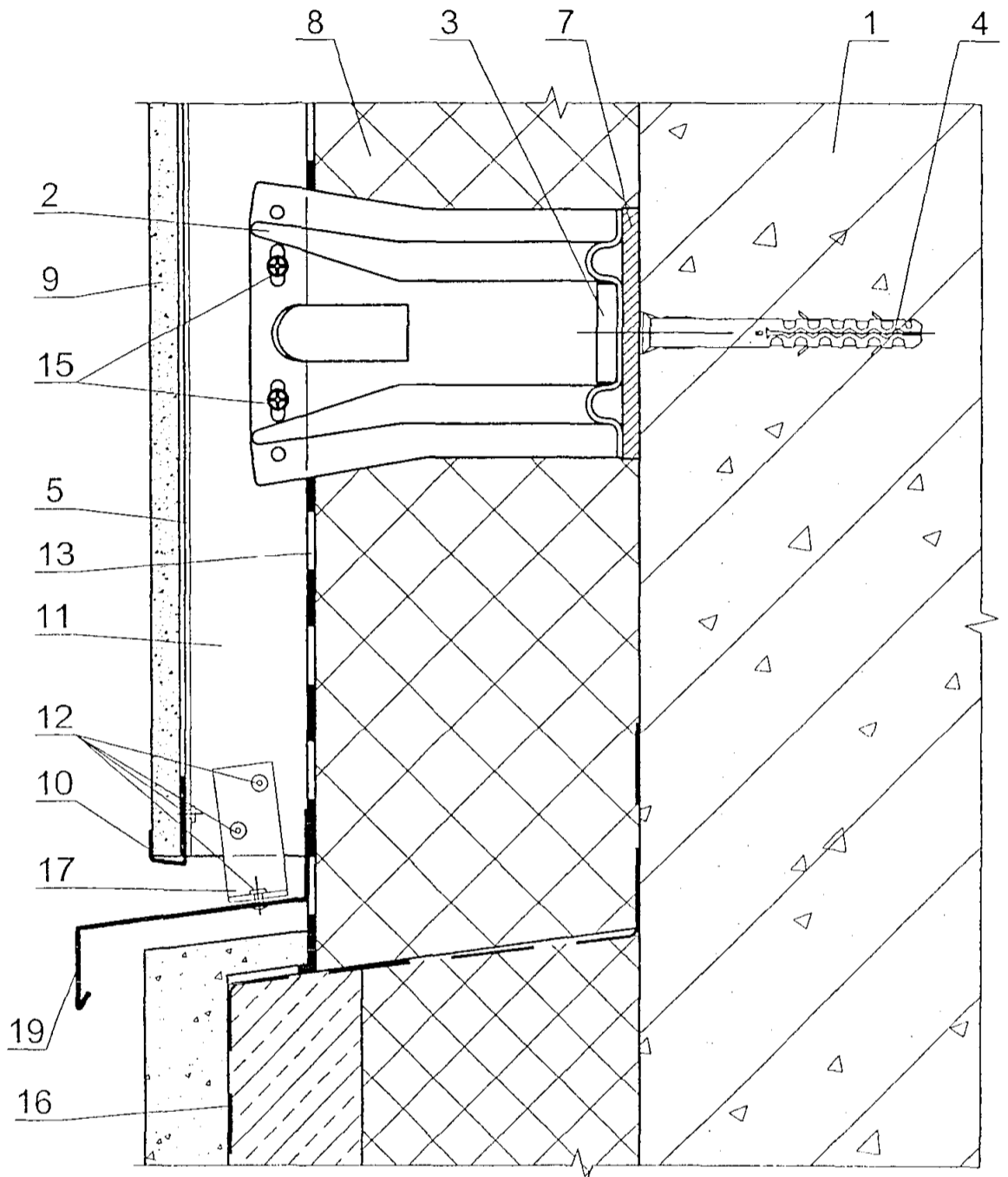
2a



						Лист
M24.13/05 — 1.5						5
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	



26

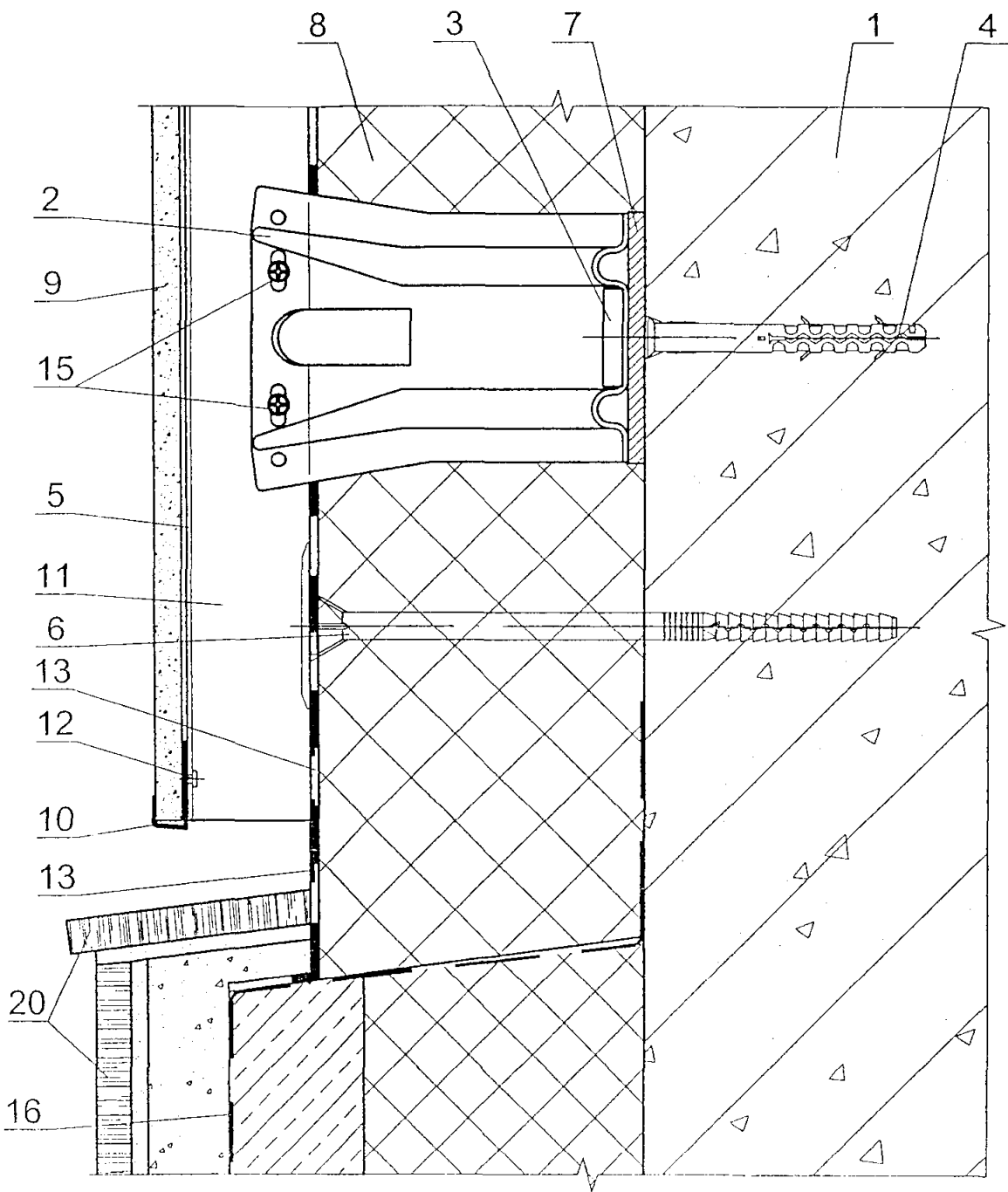


Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

M24.13/05 — 1.6

Лист
6

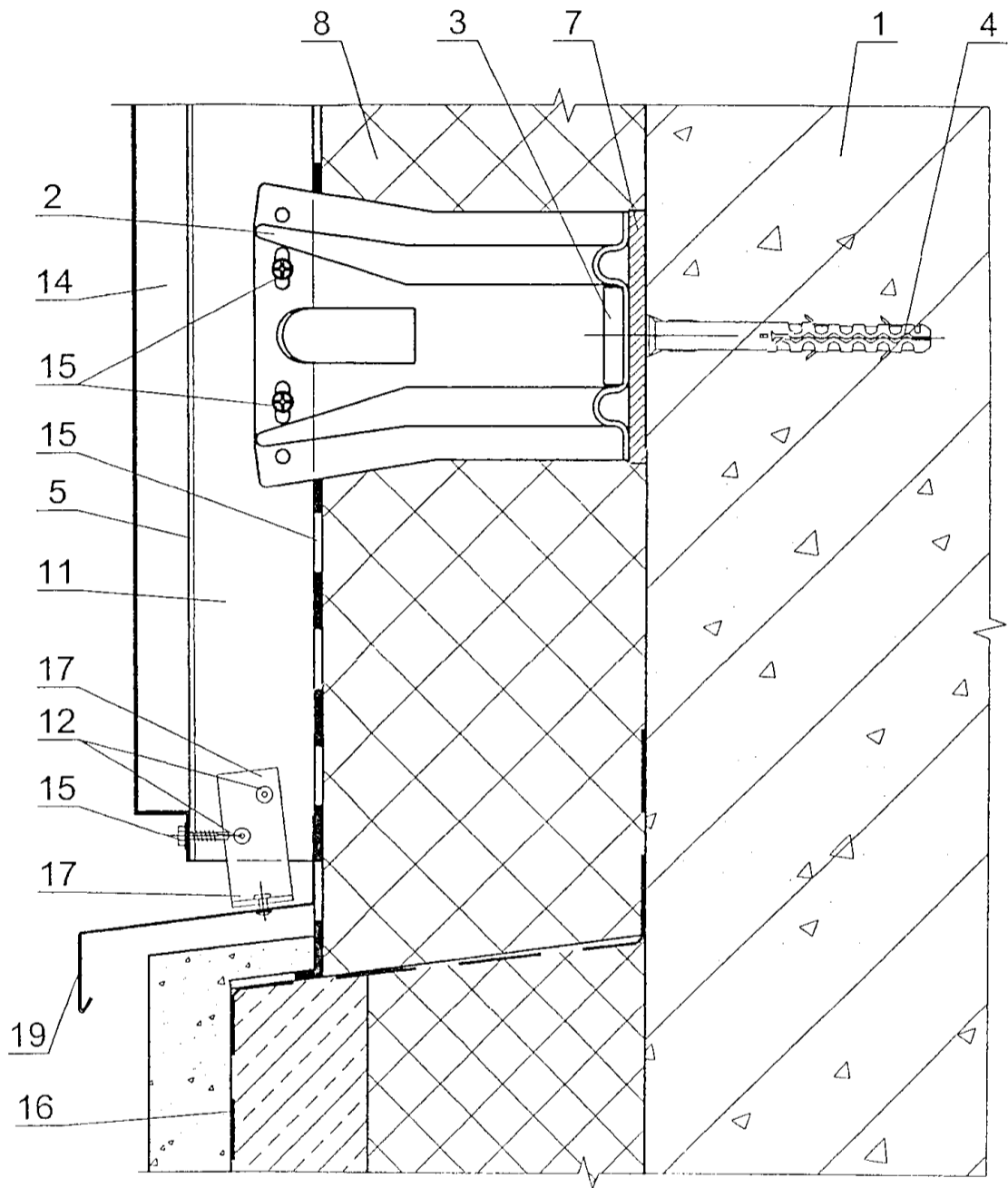
2В



						Лист
						7
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	

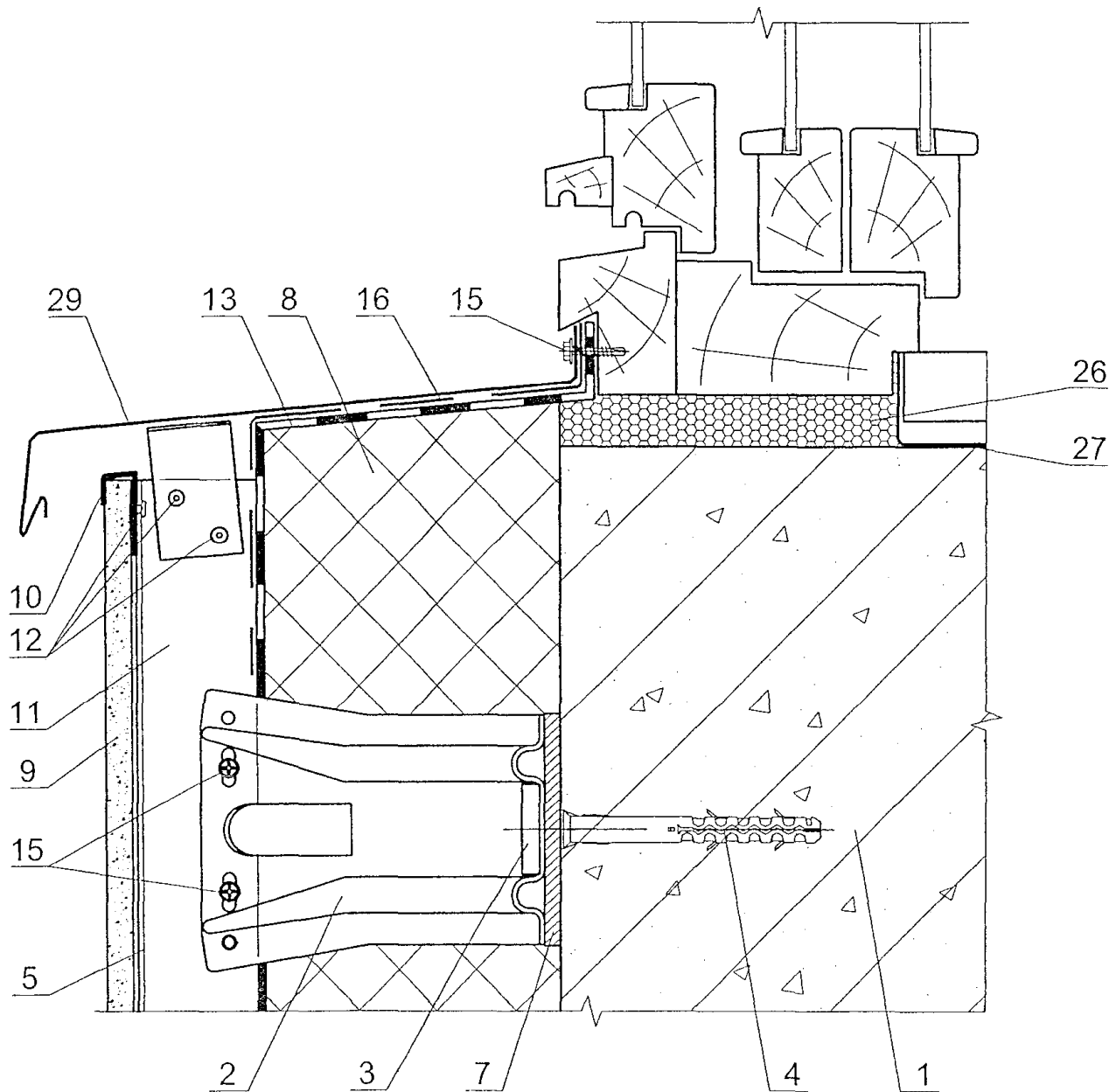
М24.13/05 — 1.7

2г



						Лист	
						8	
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	М24.13/05 — 1.8	

3a



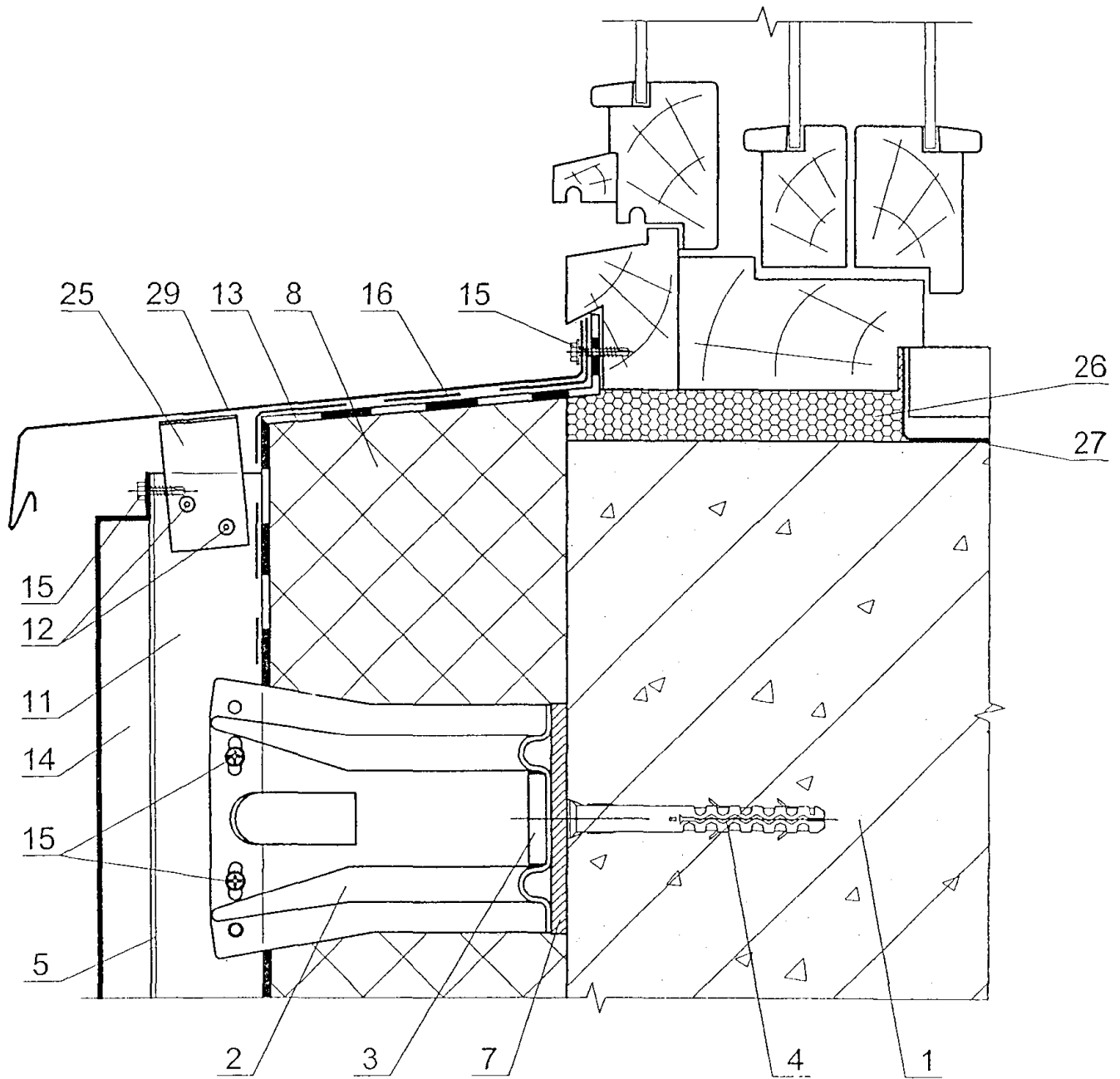
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

M24.13/05 — 1.9

Лист

9

36



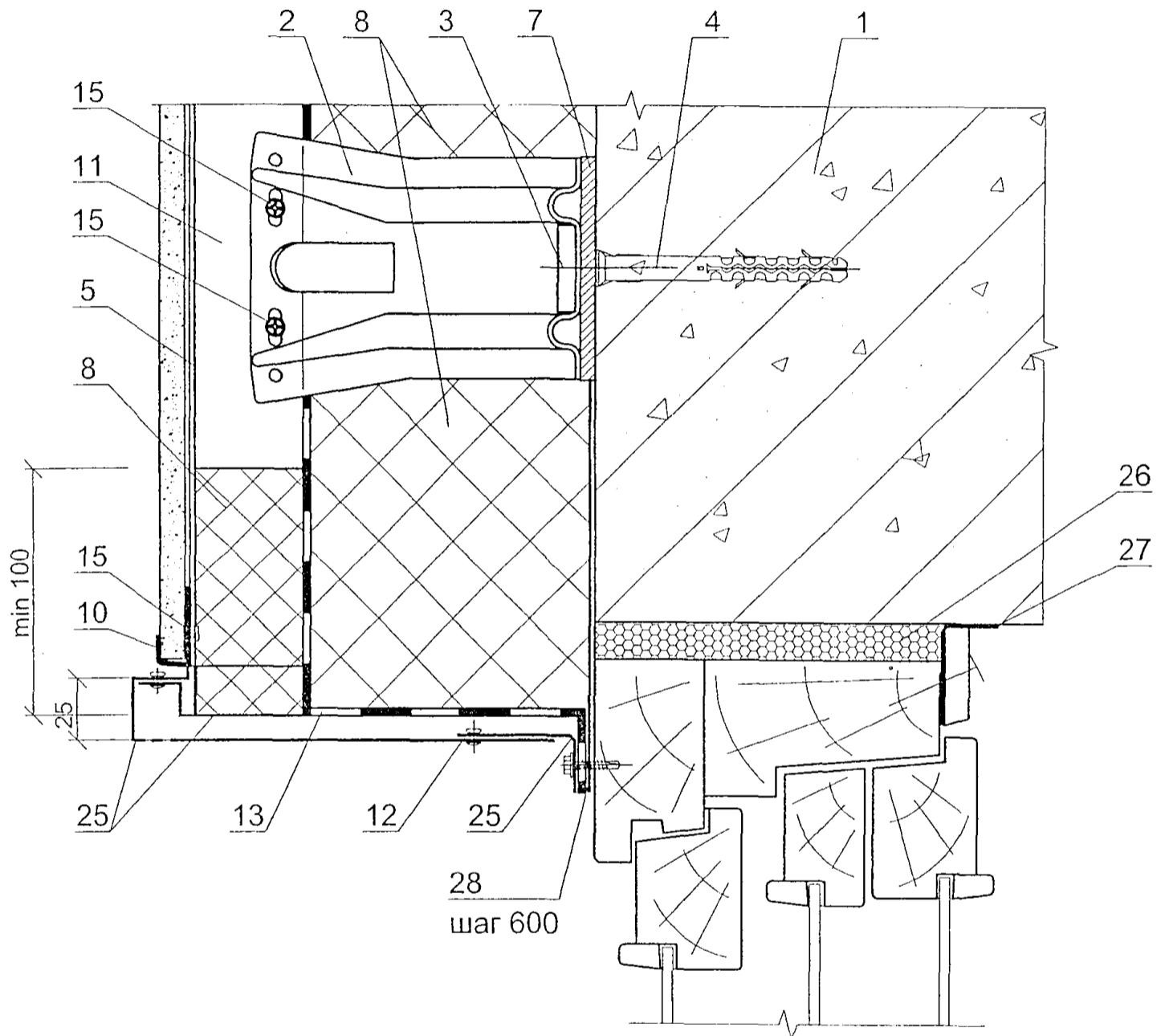
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

M24.13/05 — 1.10

Лист

10

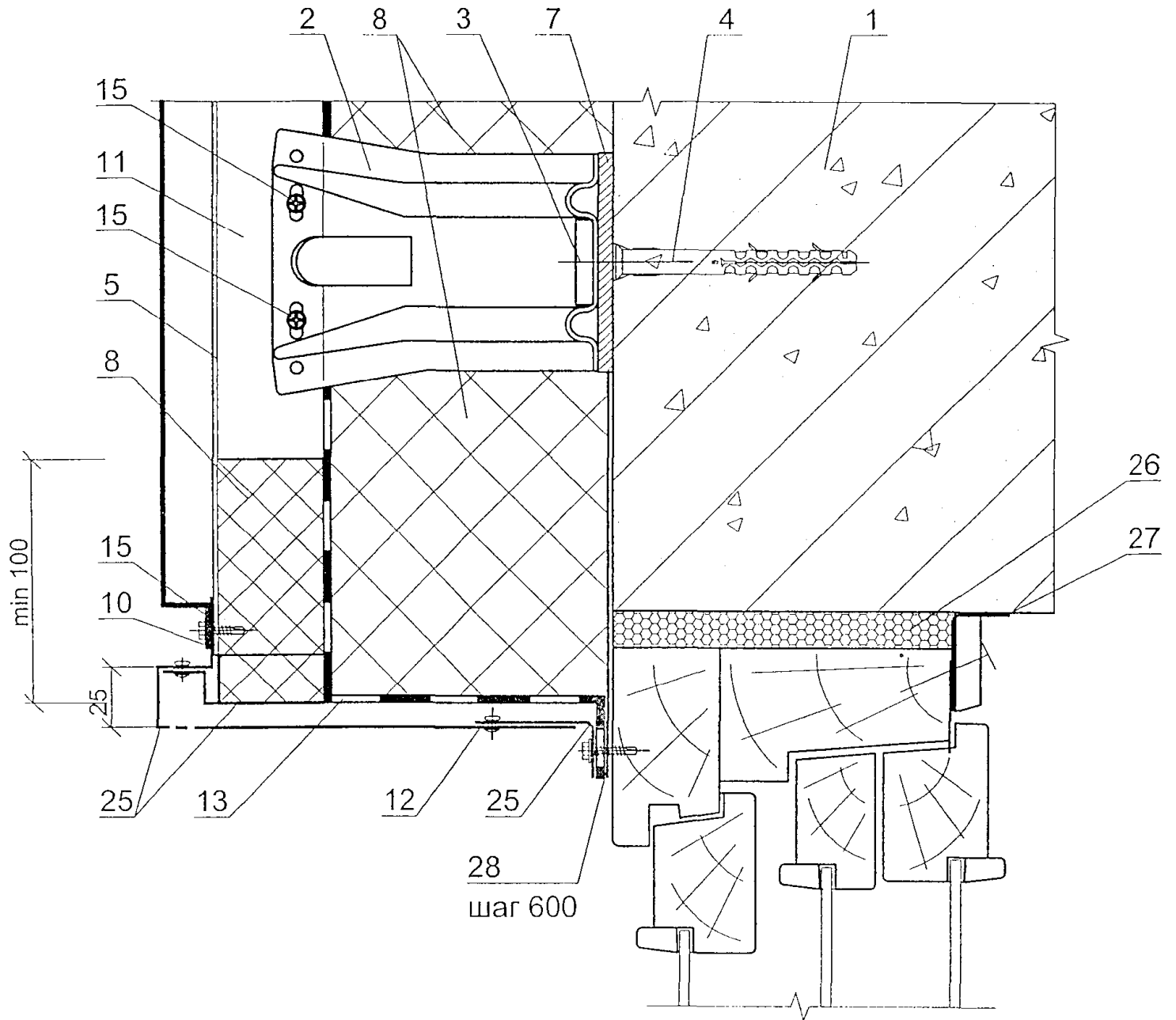
4a



						Лист
						11
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	

M24.13/05 — 1.11

46



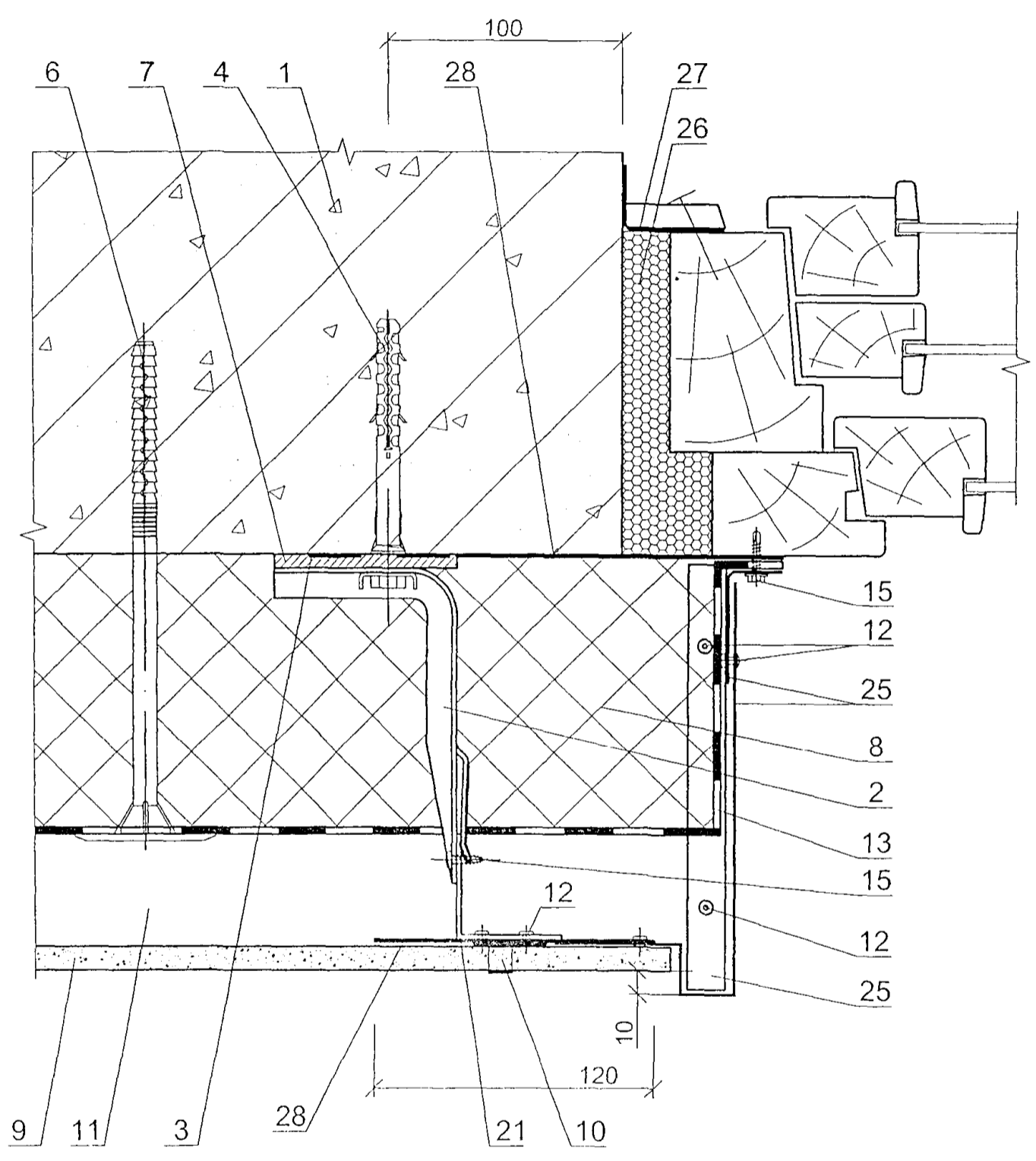
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

M24.13/05 — 1.12

Лист

12

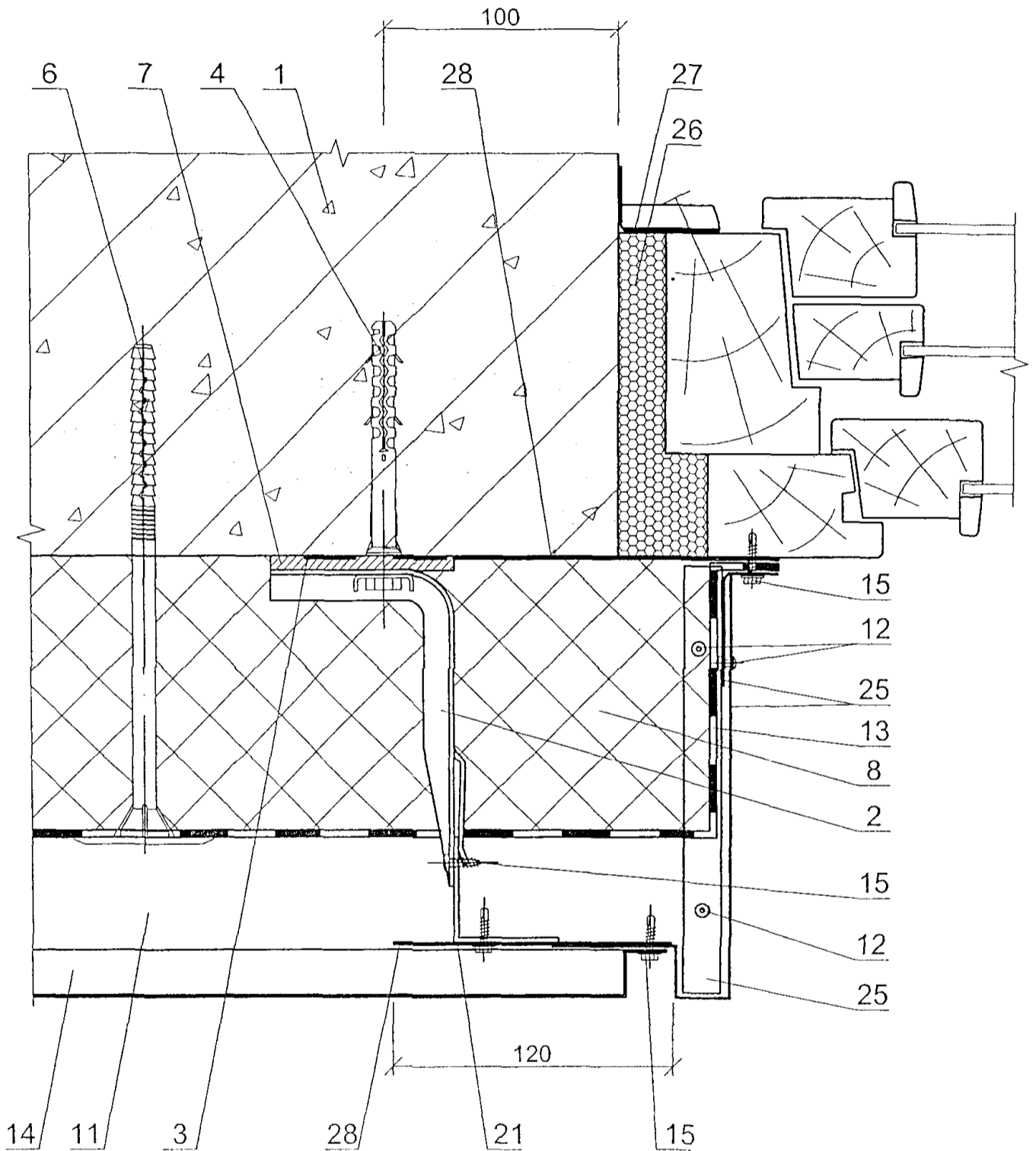
5a



							Лист
						M24.13/05 — 1.13	13
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

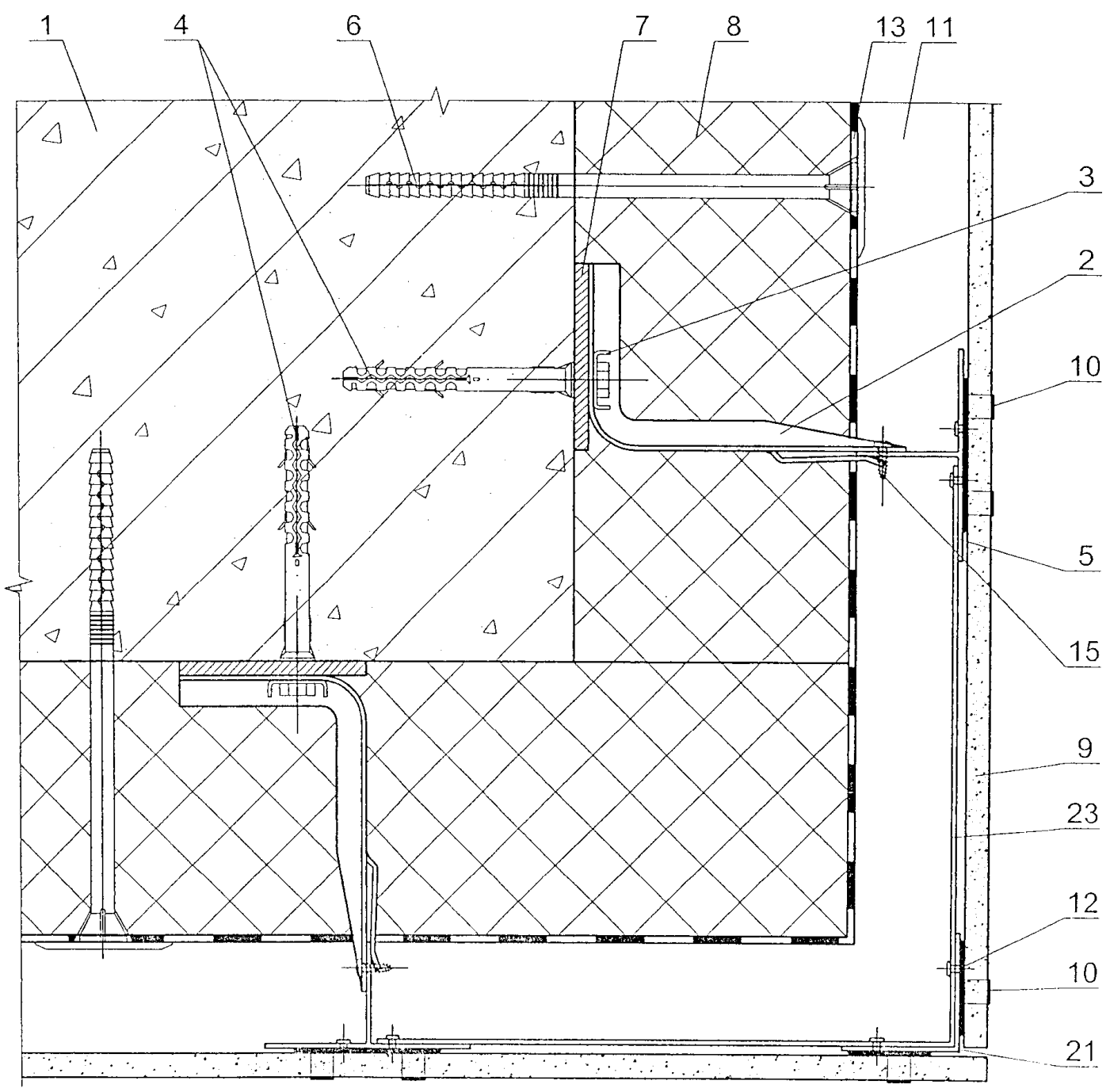


56



						Лист
M24.13/05 — 1.14						14
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	

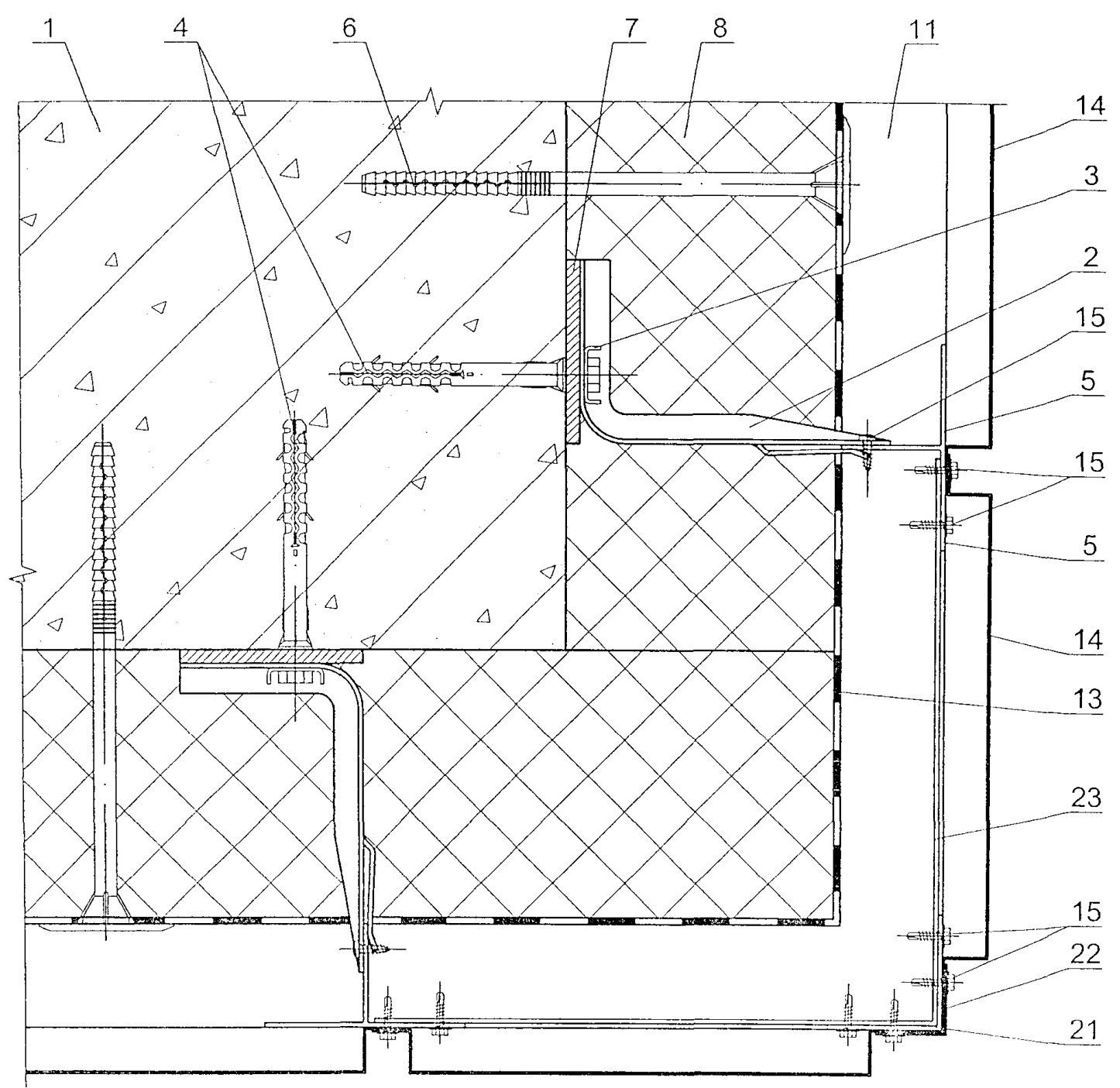
6a



Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Лист
						15

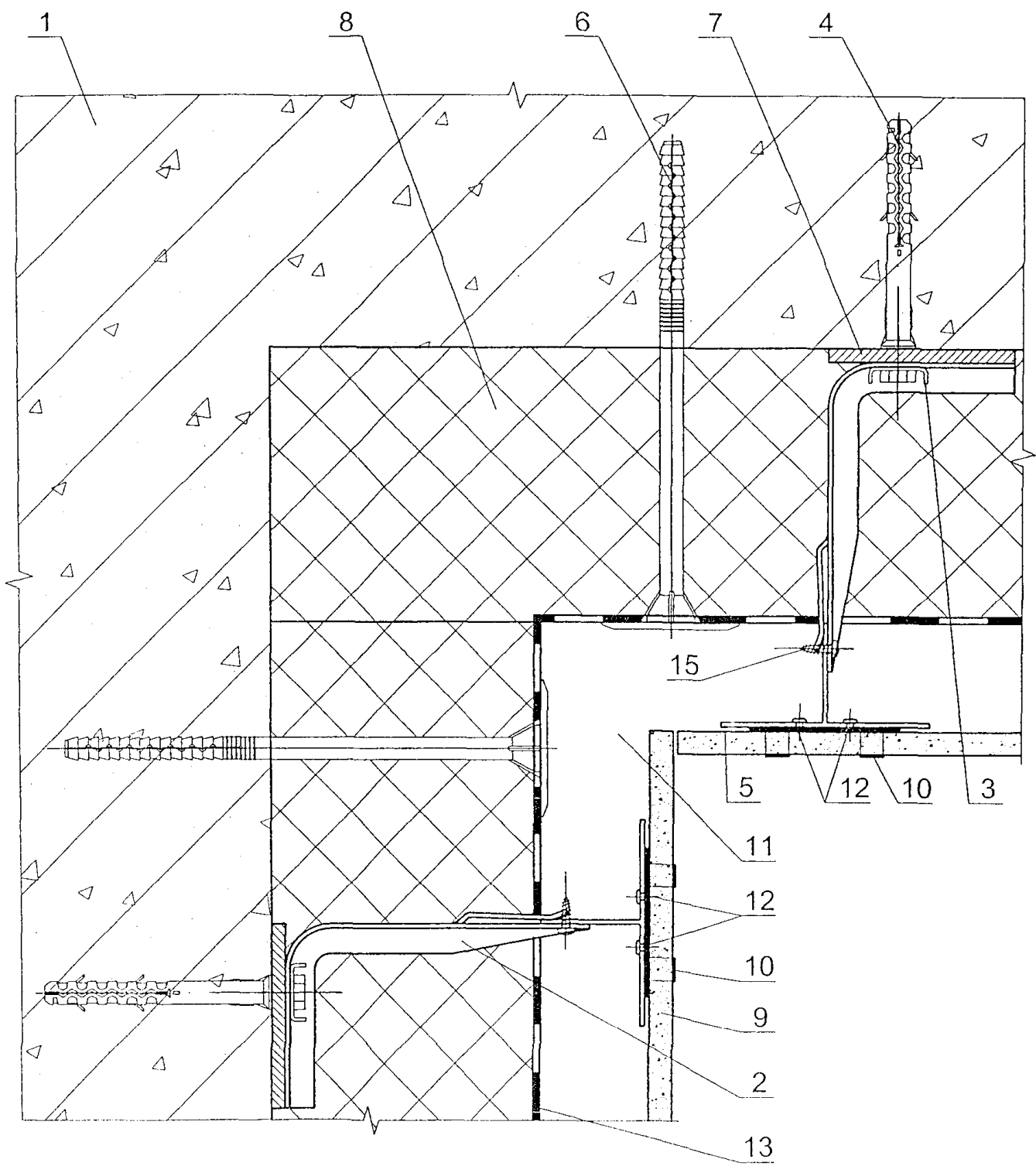
M24.13/05 — 1.15

66



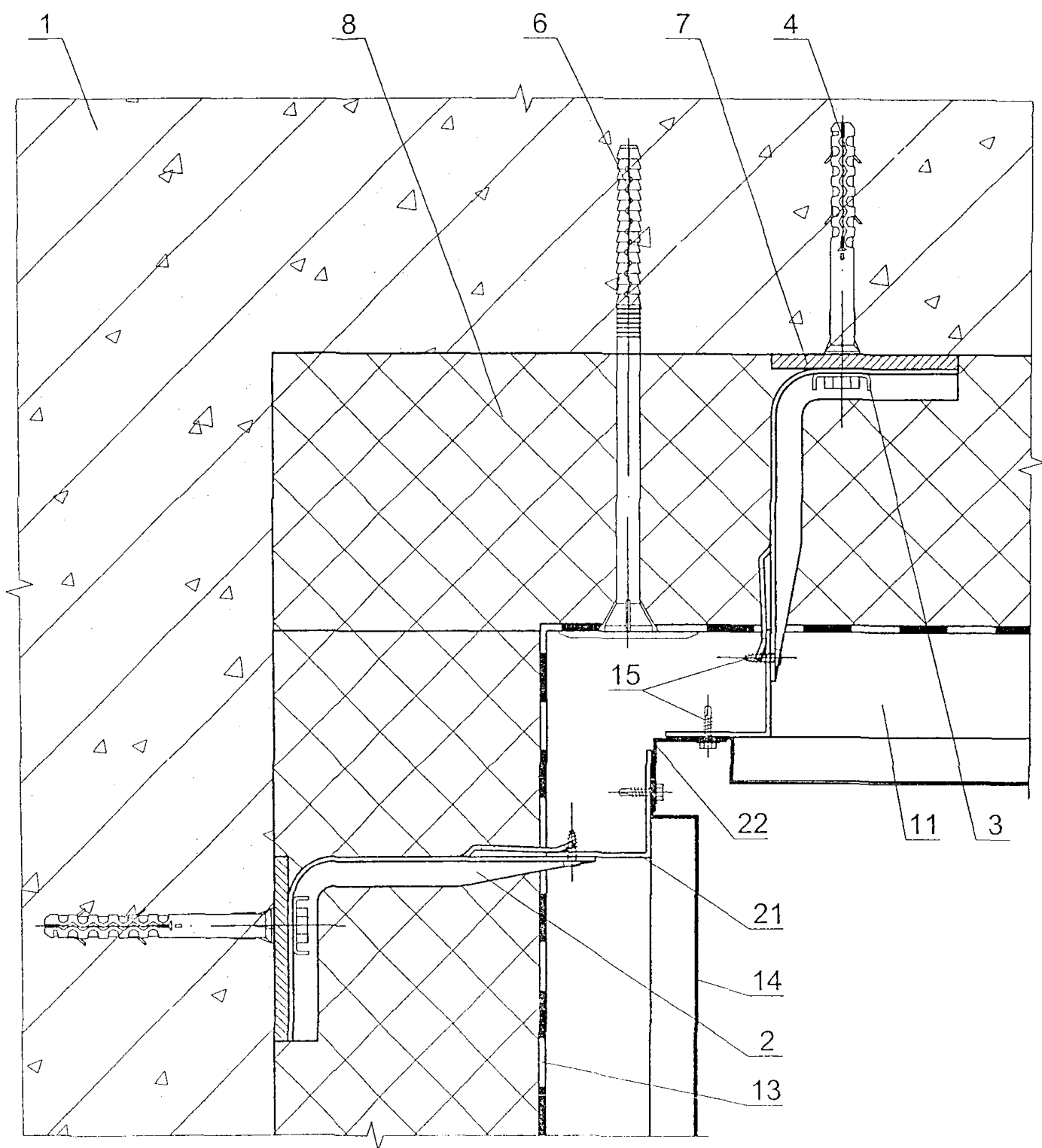
									Лист
									16
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	M24.13/05 — 1.16			

7a



						Лист	
						17	
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	М24.13/05 — 1.17	

76



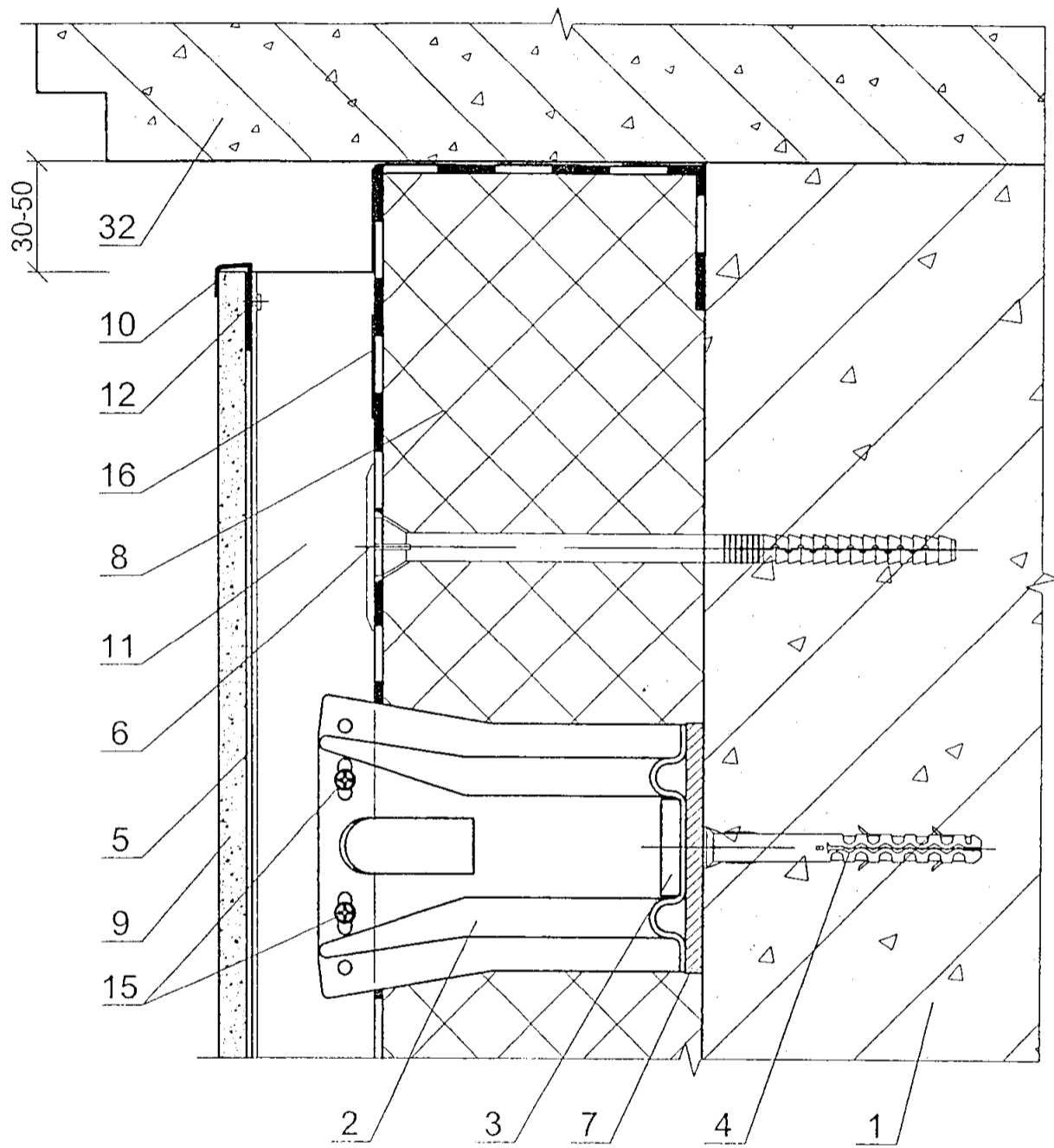
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

M24.13/05 — 1.18

Лист

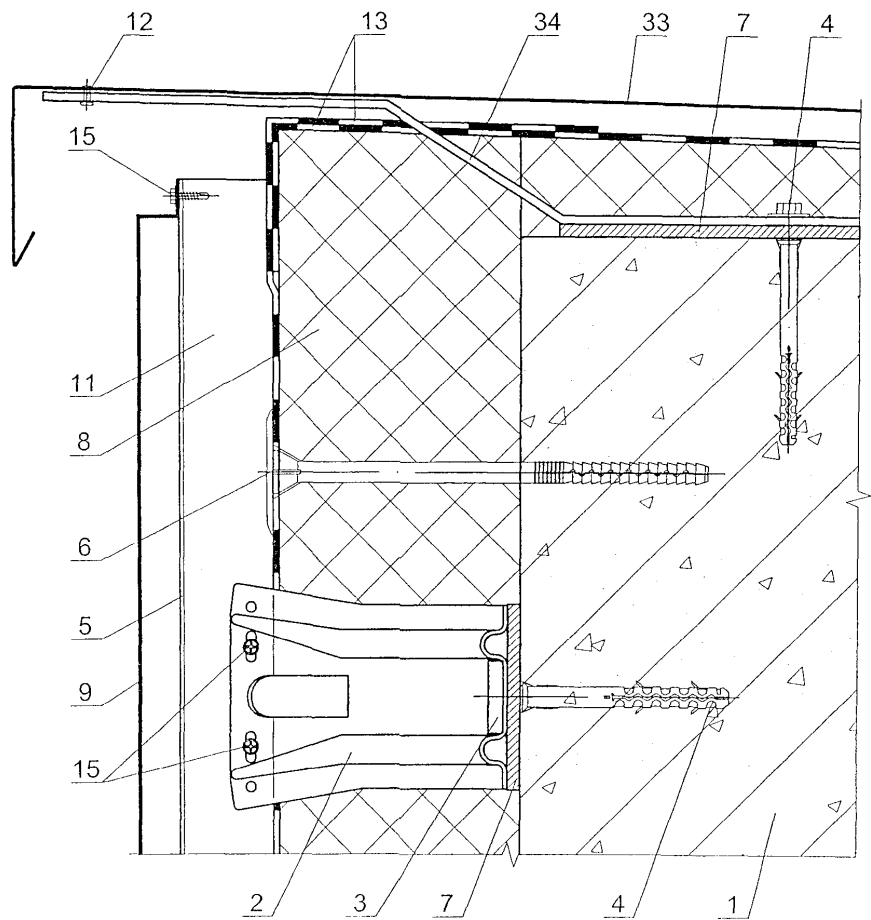
18

8a



									Лист
									19
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	М24.13/05 — 1.19			

86



Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

М24.13/05 — 1.20

Лист

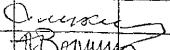
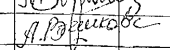
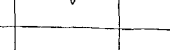
20

РАЗДЕЛ 2

**СТЕНЫ С ОБЛИЦОВКОЙ ИЗ ОЦИНКОВАННЫХ  
СТАЛЬНЫХ ПРОФЛИСТОВ**

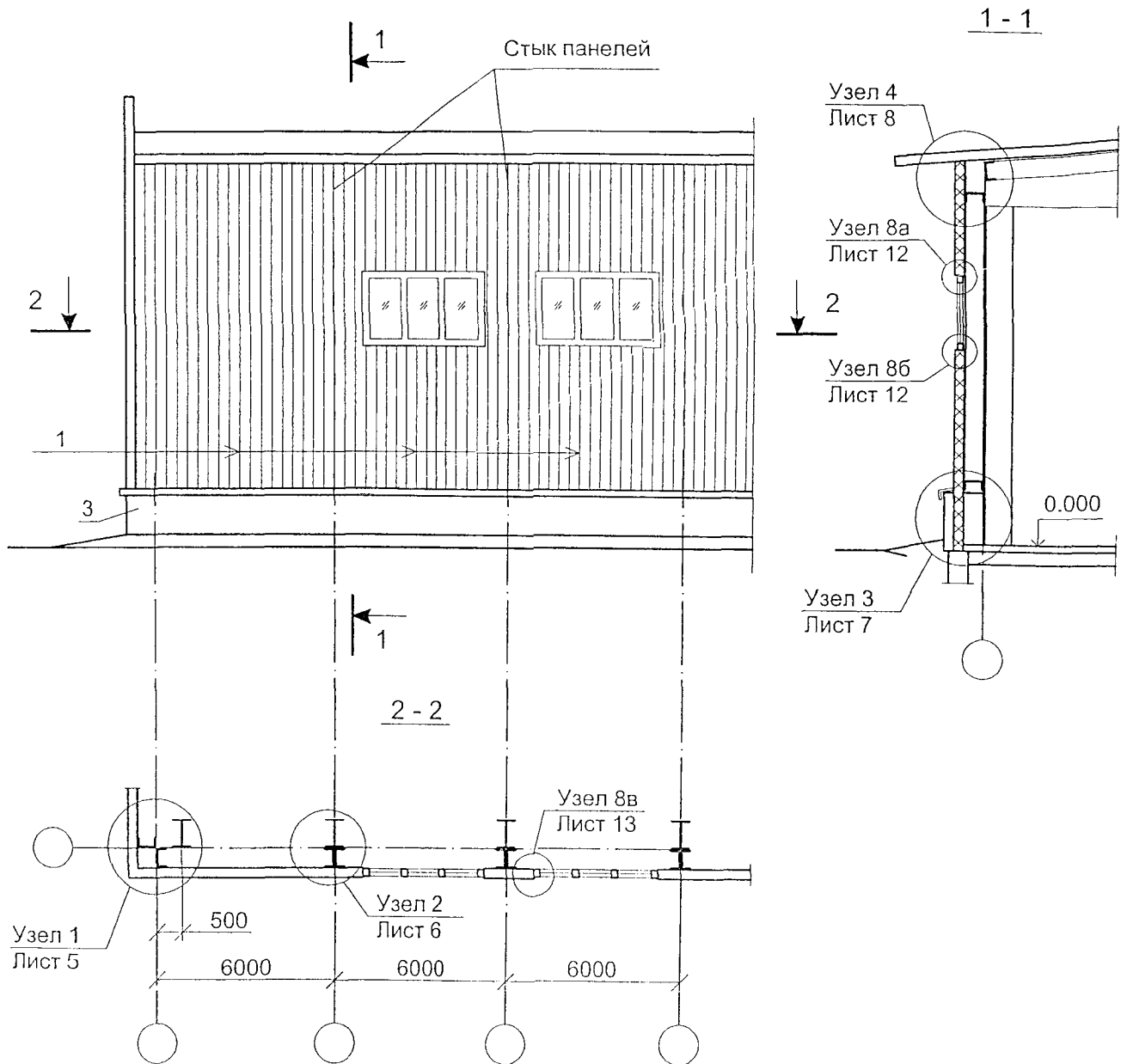


№ поз.	Наименование	№ поз.	Наименование
1	Панель стеновая	21	Стена из кирпича или монолитного железобетона
2	Окно	22	Ригель
3	Цоколь	23	Самонарезающие винты
4	Ворота	24	Ригель
5	Пленка «Тайвек»	25	Термовкладыш из бакелизированной фанеры
6	Наружная облицовка из оцинкованного стального профлиста	26	Теплоизоляция
7	Утеплитель, завернутый в пленку «Тайвек»	27	Фартук коньковый с гребенкой
8	Каркас панели	28	Шуруп 1 – 4x40 (шаг 300)
9	Угловой нащельник	29	Герметизирующая мастика
10	Слив	30	Антисептированный деревянный брус сечением 40x130, крепить шурупами 1 – 6x90 с шагом 600
11	Внутренняя облицовка	31	Антисептированный деревянный брусочек 40x90 (120)
12	Заклепка	32	Нащельник МС 7
13	Кровля из профлиста	33	Утеплитель П125
14	Прогон	34	Подоконник из деревянной доски 60x280
15	Пароизоляция	35	Слив МС 8
16	Костыль	36	Стойка панели
17	Деревянный брусочек	37	Болт М16x50 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.	Код.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	М24.13/05-2.0			
Зам. ген. дир.		Гликін				Экспликация материалов и деталей к узлам стен с облицовкой из оцинкованного стального профлиста	Стадия	Лист	Листов
Рук. отд.		Вороши					МП	1	1
Инженер		Пешкова					ОАО ЦНИПРОМЗДАНИЙ г. Москва, 2005 г.		

# Фрагмент фасада №1.

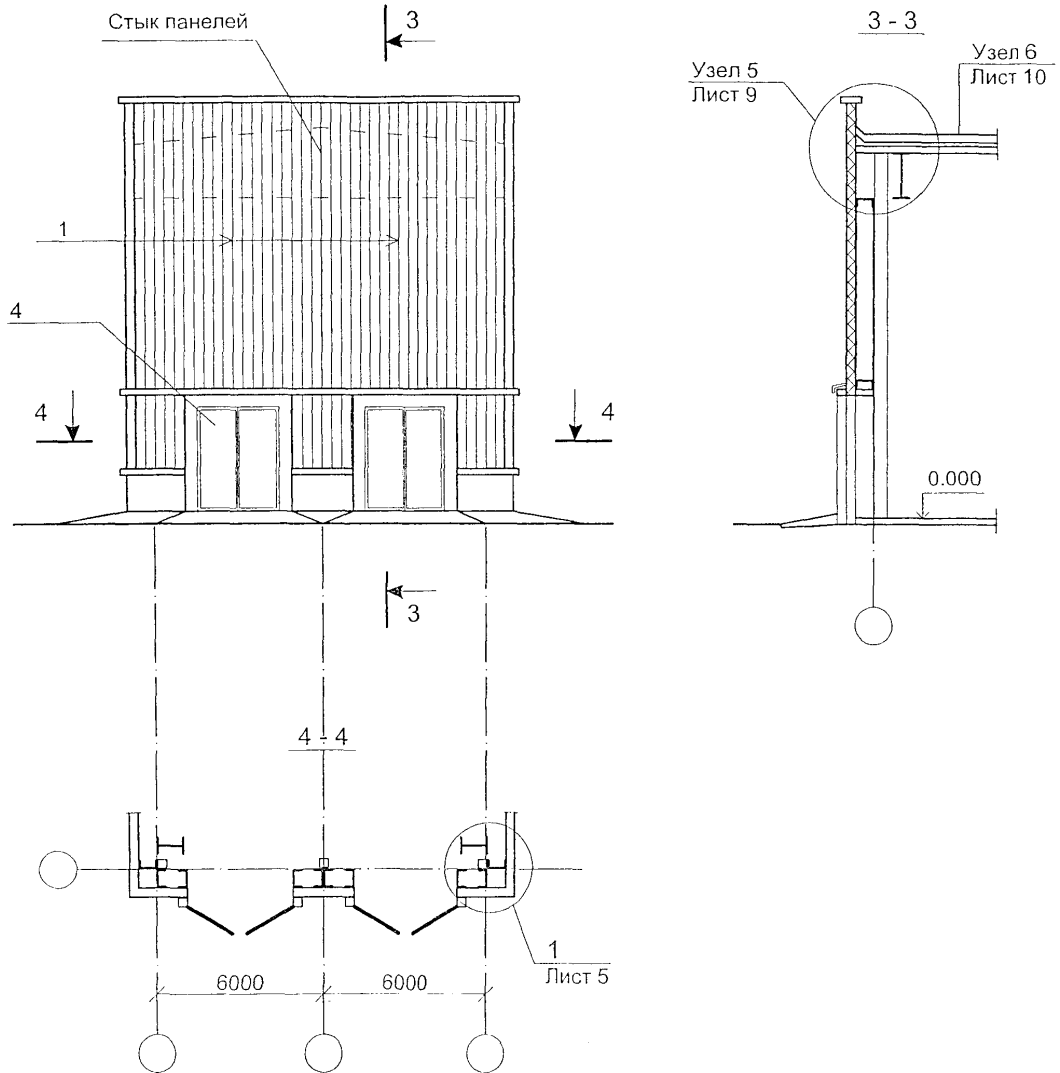
Вариант металлических стен из  
трехслойных панелей укрупнительной сборки.  
Продольный фасад.



M24.13/05 — 2.1					
Изм.	Код. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
Зам. ген. дир.	Гликин			<i>[Signature]</i>	
Рук. отд.	Воронин			<i>[Signature]</i>	
Инженер	Пешкова			<i>[Signature]</i>	
Стены с облицовкой из оцинкованного стального профлиста					
Стадия		Лист	Листов		
МП		1	14		
ОАО ЦНИИПРОМЗДАНИЙ г. Москва 2005 г.					

## Фрагмент фасада №2.

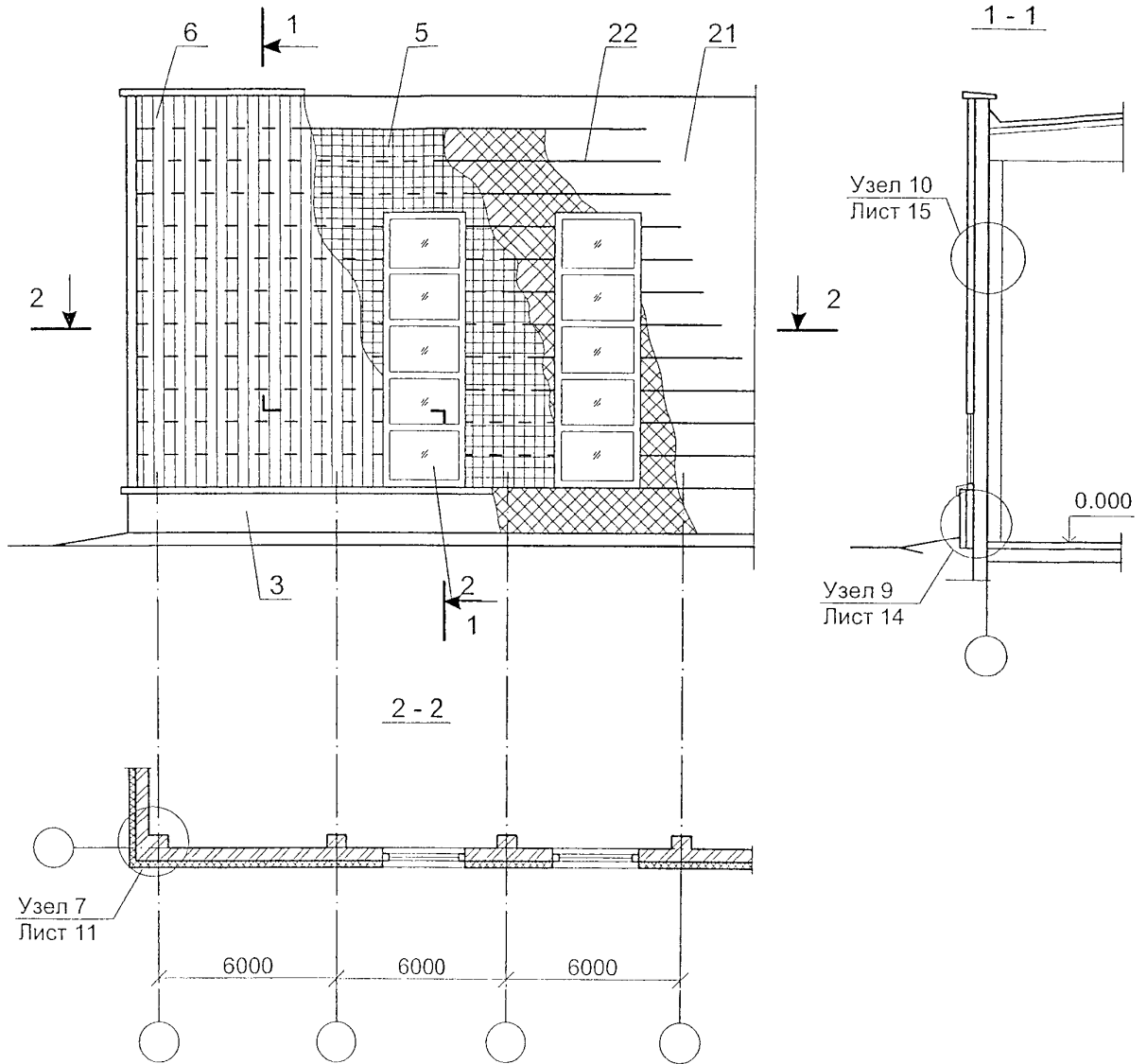
Вариант металлических стен из  
трехслойных панелей укрупнительной сборки.  
Торцевой фасад.



						M24.13/05 — 2.2	Лист
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		2

# Фрагмент фасада №3.

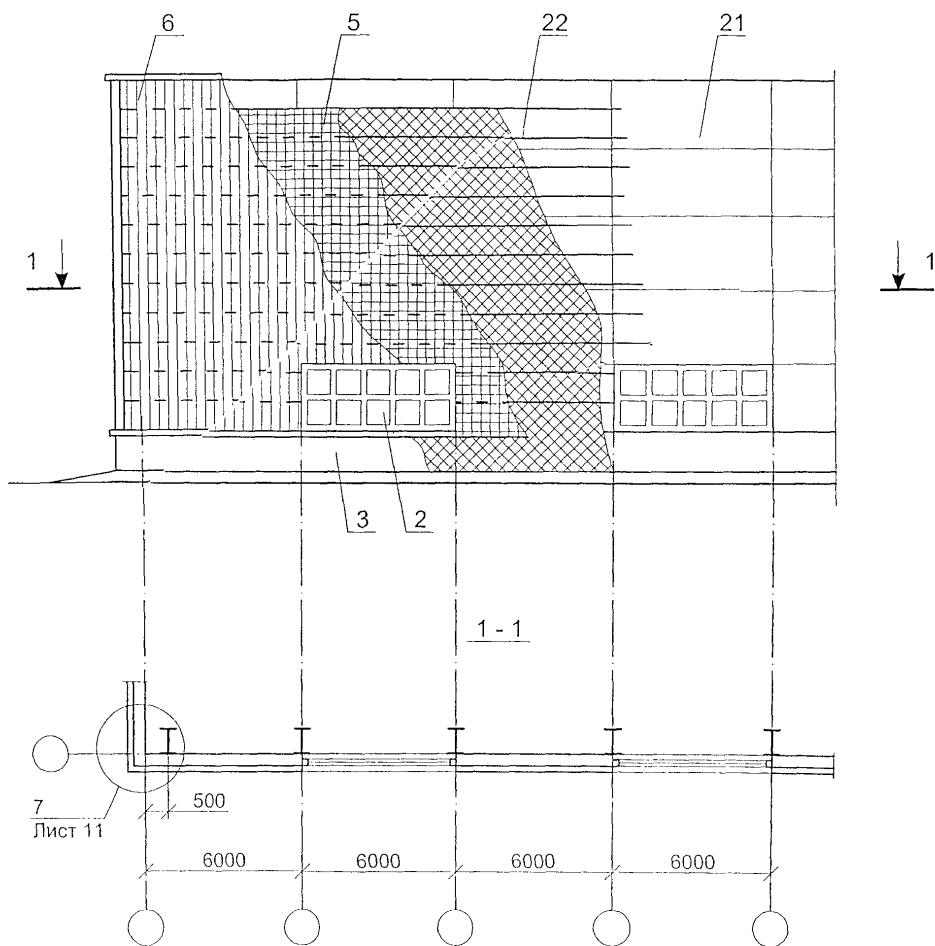
Несущие стены из кирпича или монолитного железобетона



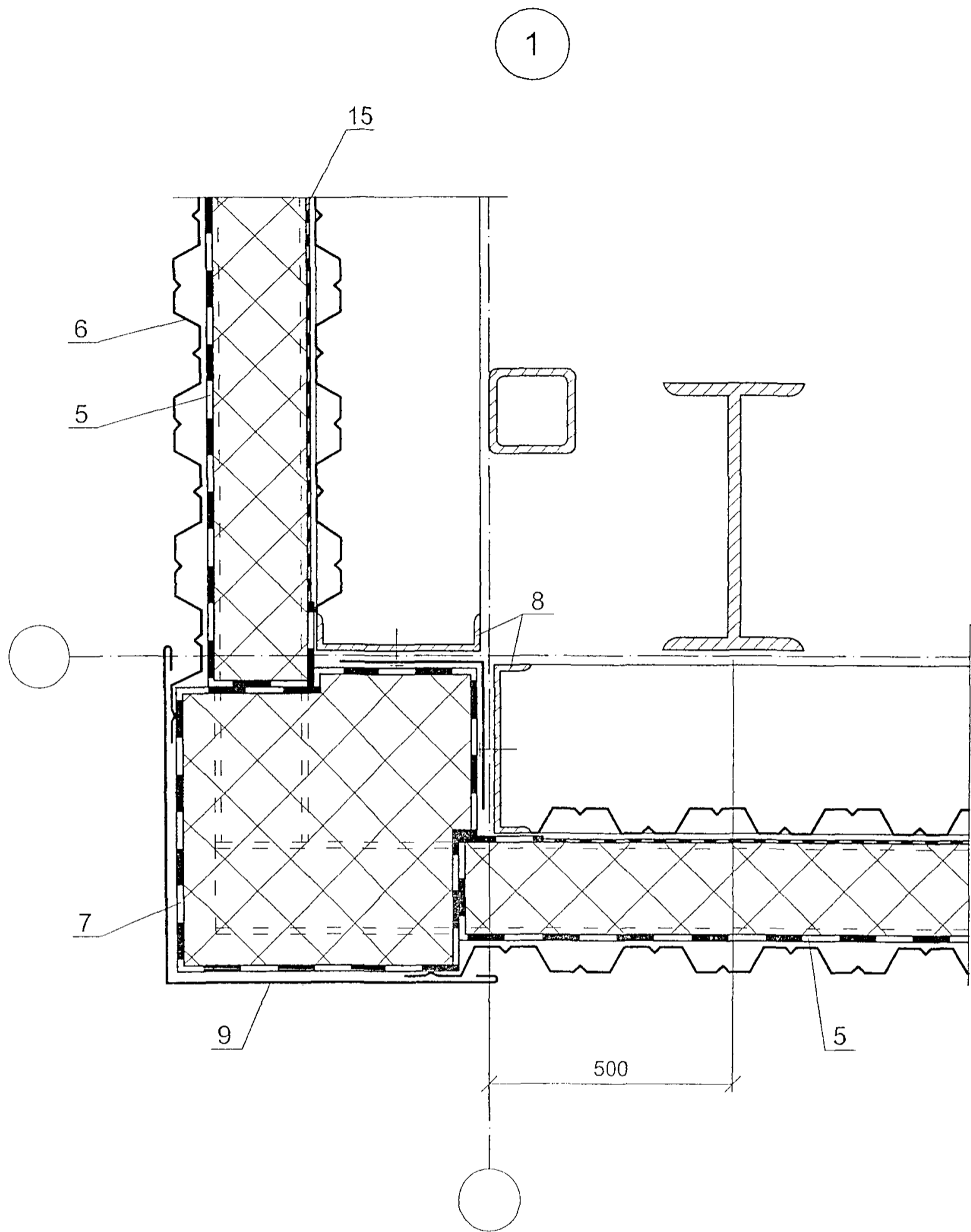
						M24.13/05 — 2.3	Лист 3
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

## Фрагмент фасада №4.

Самонесущие стены из сборных железобетонных панелей каркасного здания

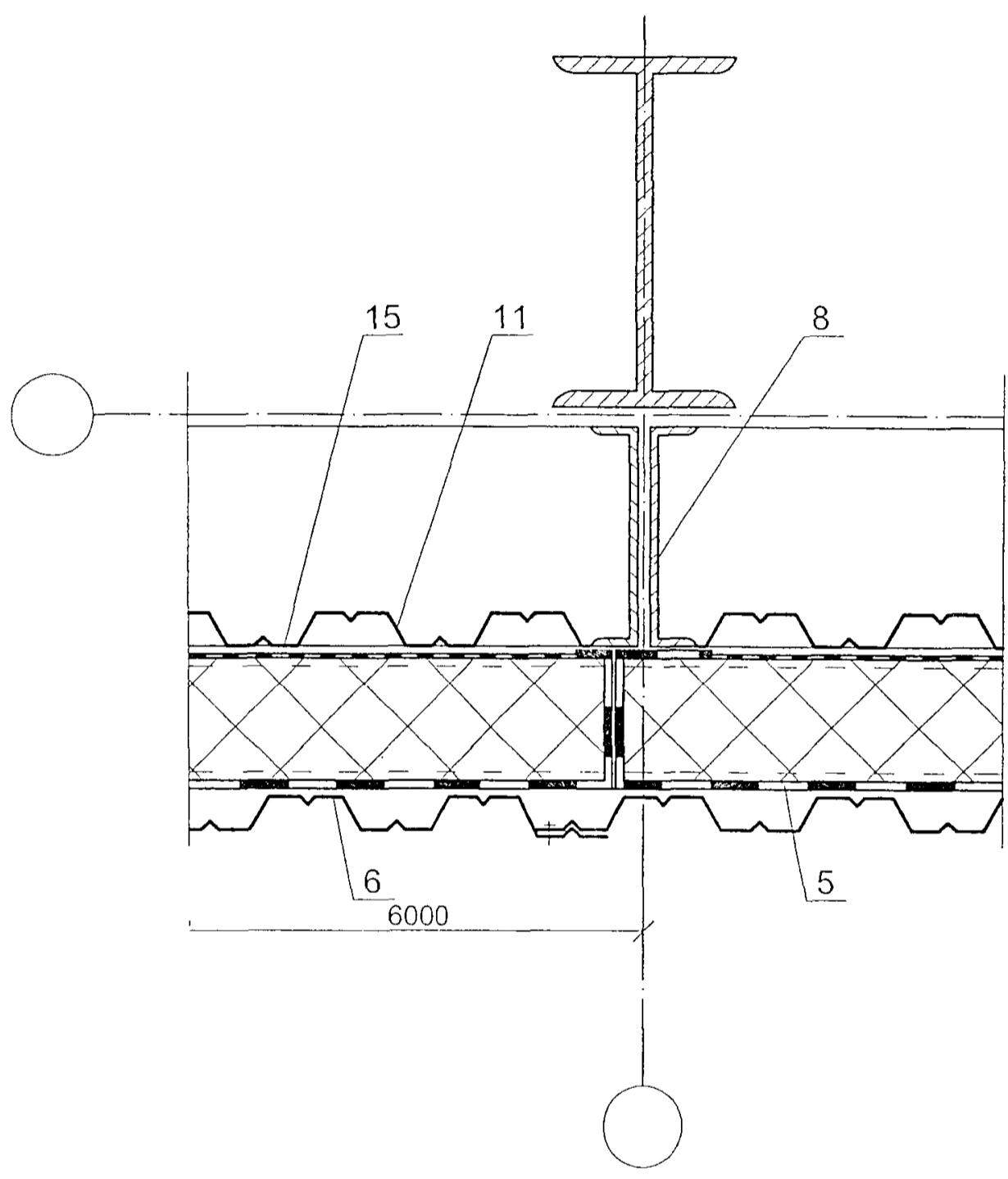


						Лист
M24.13/05 — 2.4						4
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	



						М24.13/05 — 2.5	Лист
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		5

2

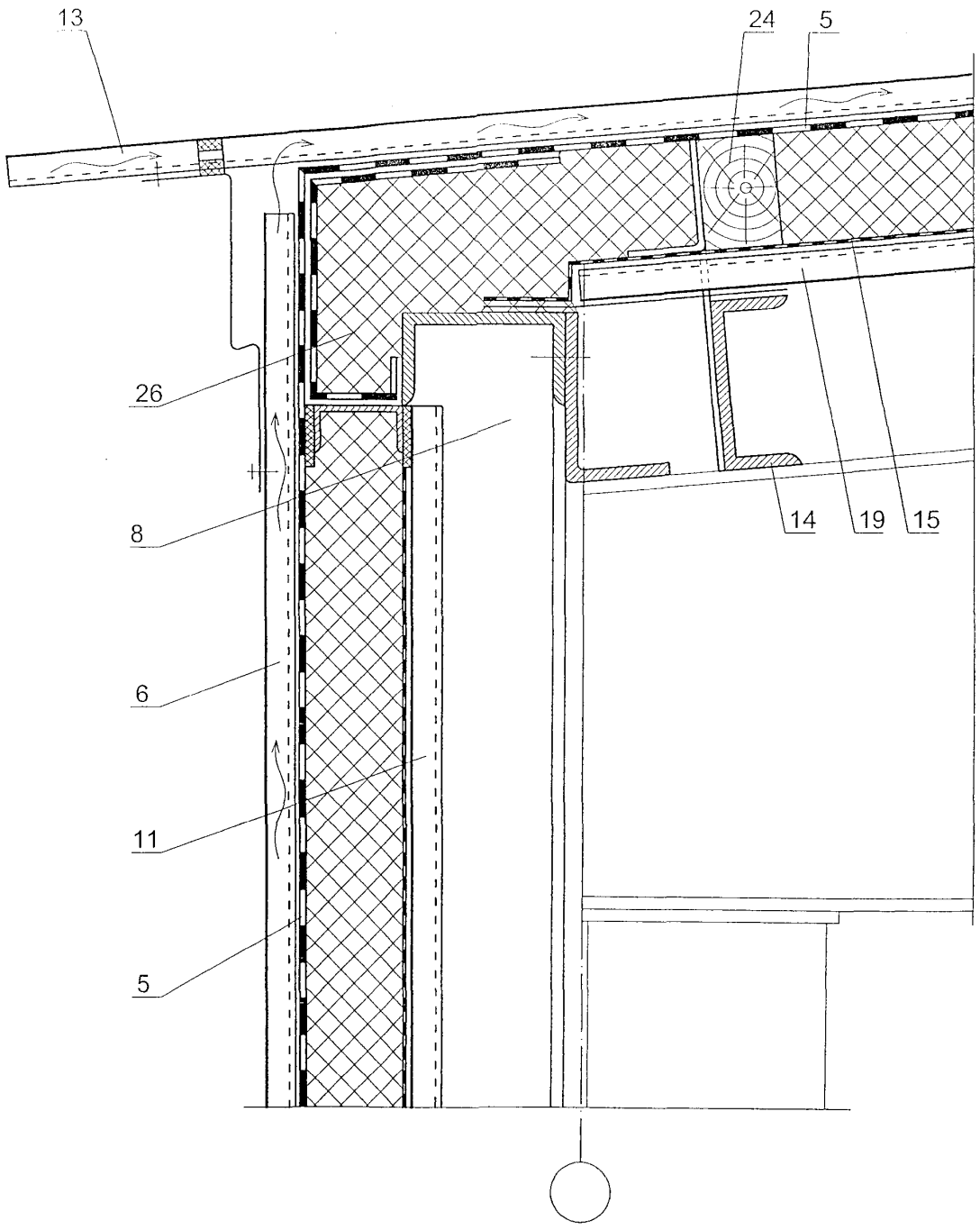


						M24.13/05 — 2.6	Лист
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		6

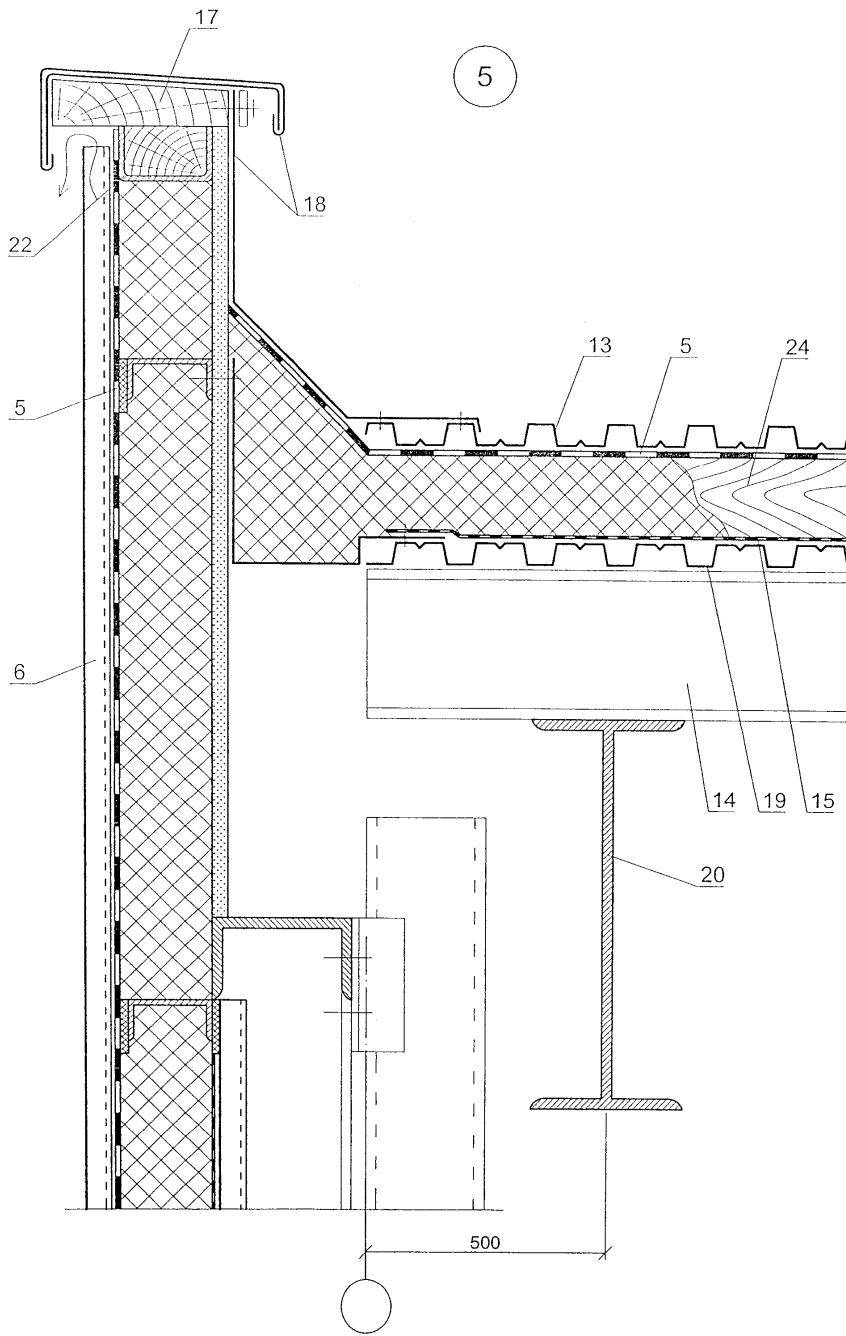




4



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



5

17

18

22

5

6

13

5

24

14

19

15

20

500

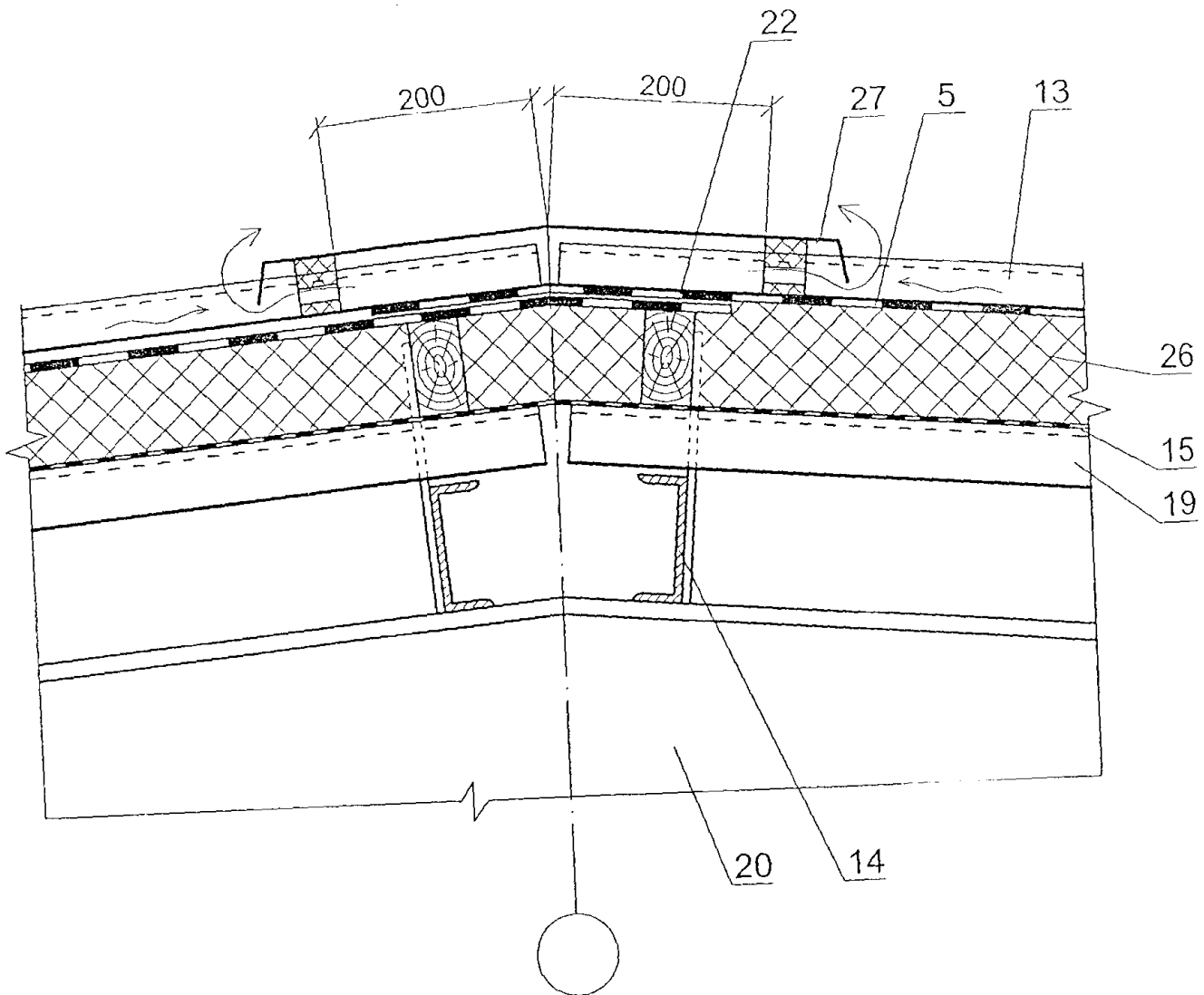
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

M24.13/05 — 2.9

Лист

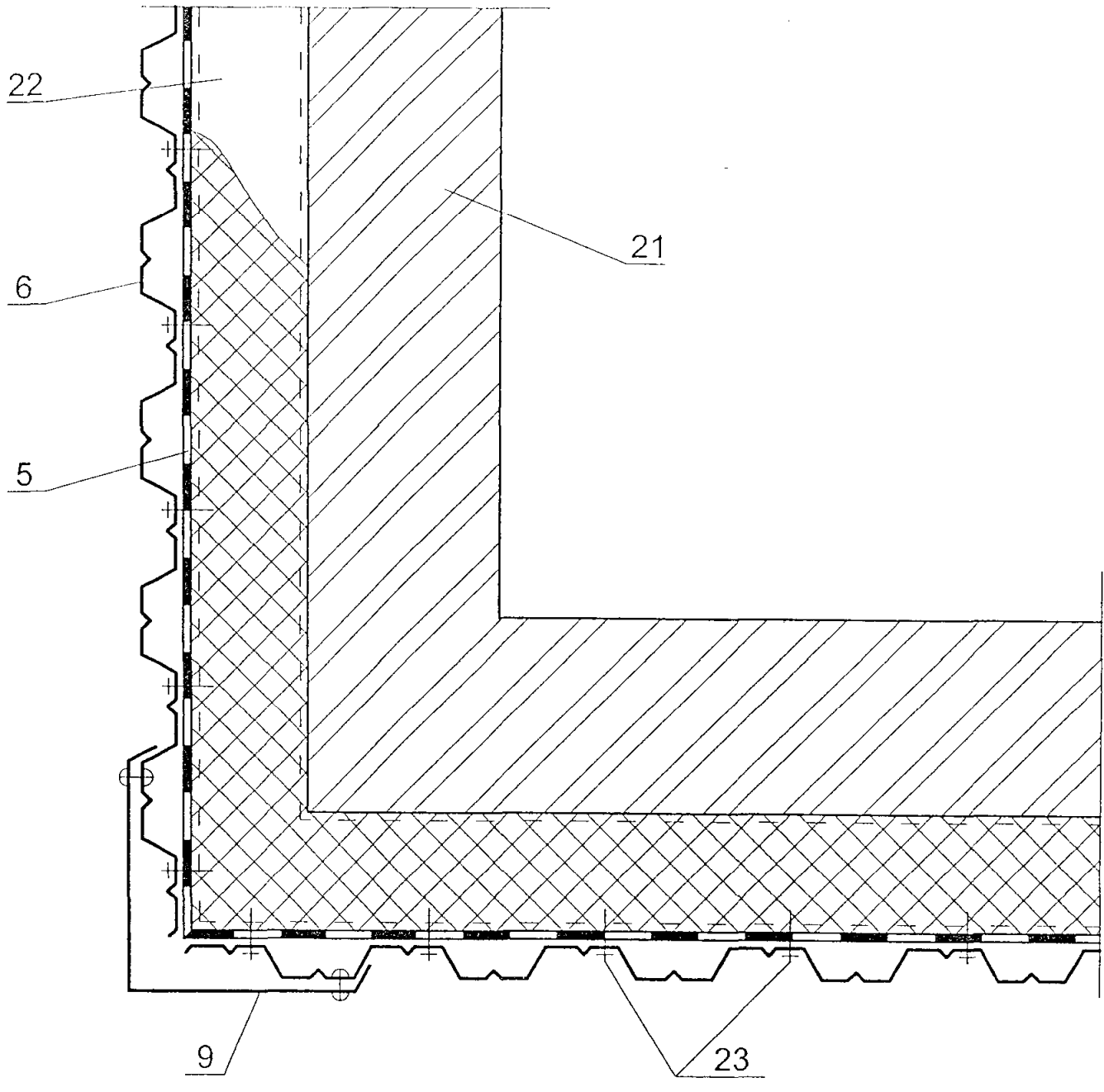
9

6



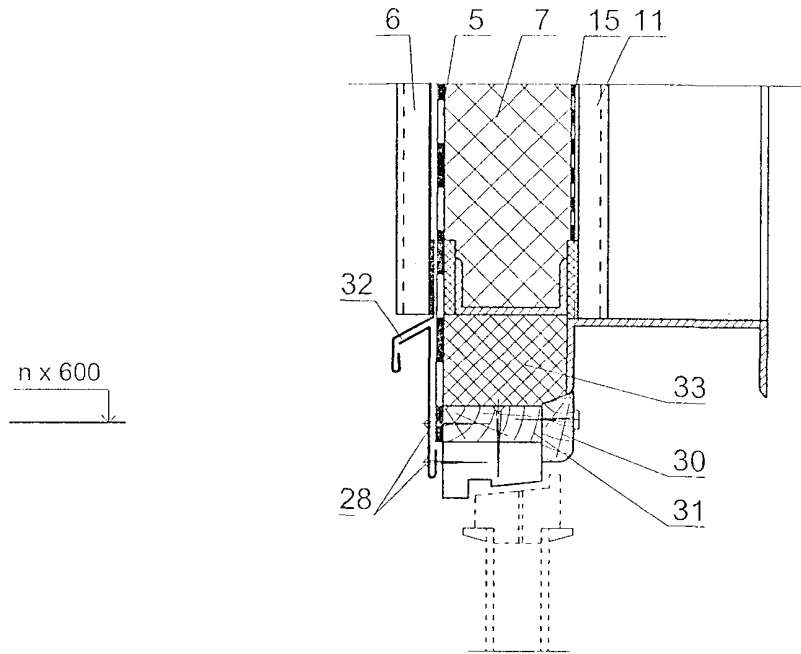
									Лист
									10
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	M24.13/05 — 2.10			

7

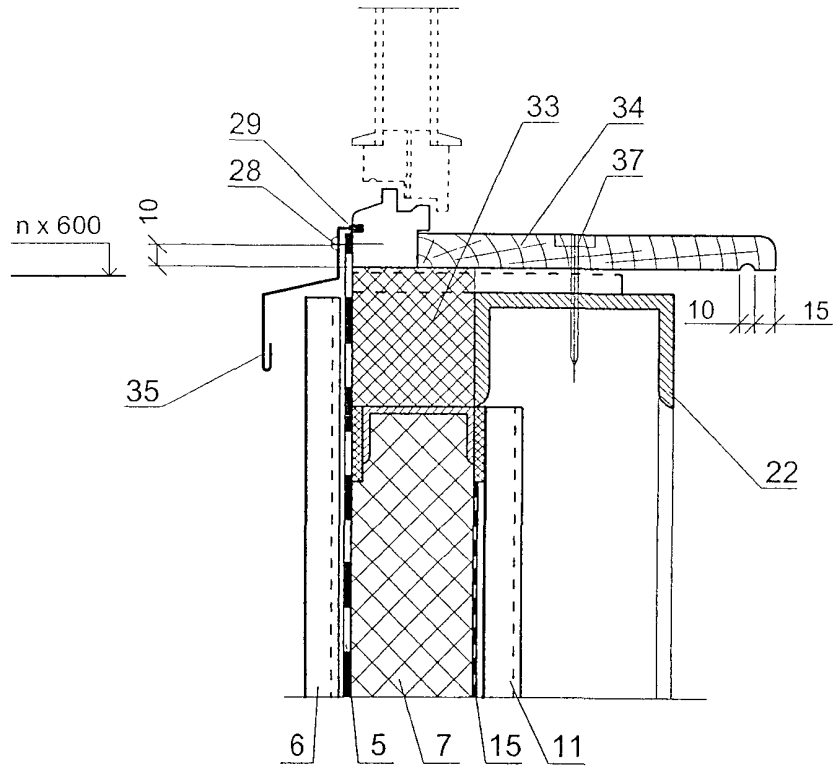


						M24.13/05 — 2.11	Лист
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		11

8a

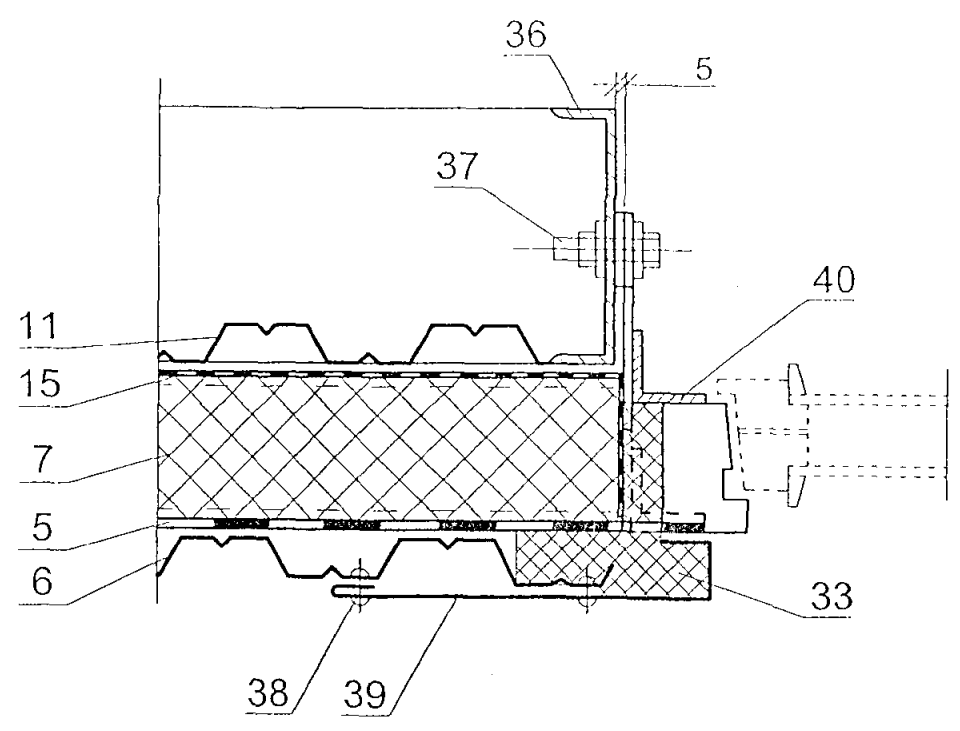


86

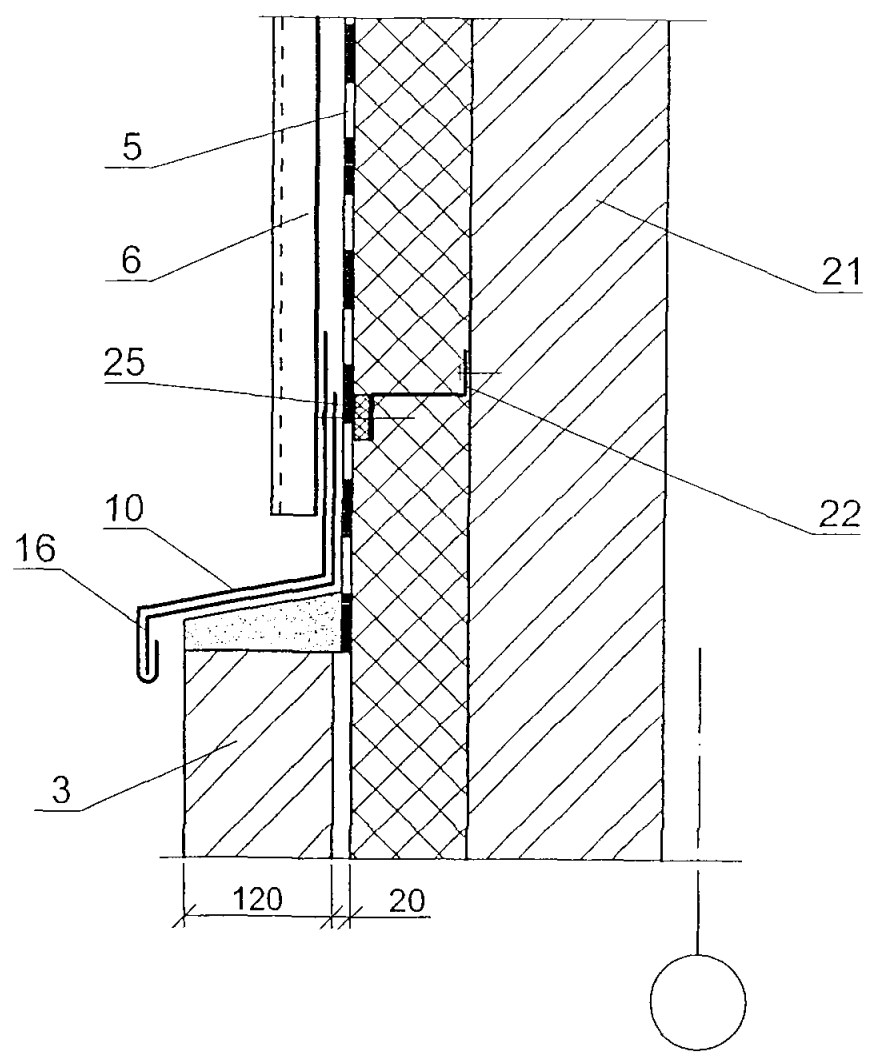


						M24.13/05 — 2.12	Лист
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		12

8В

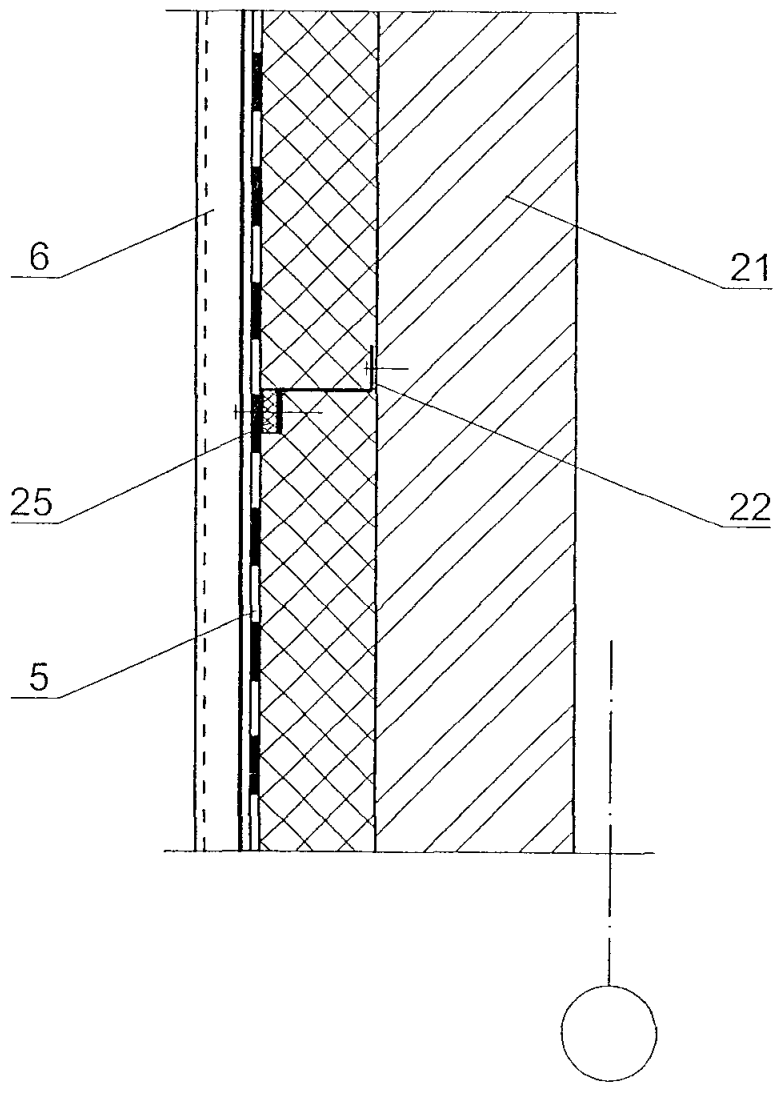


9



						Лист
						13
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	М24.13/05 — 2.13

10



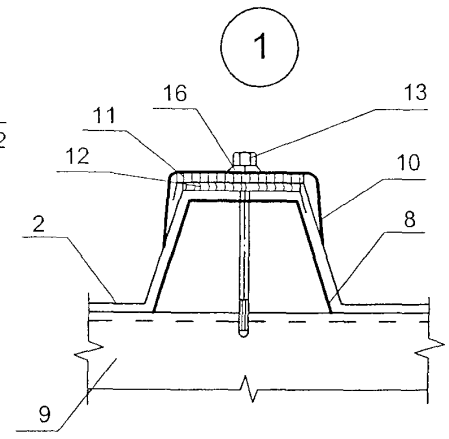
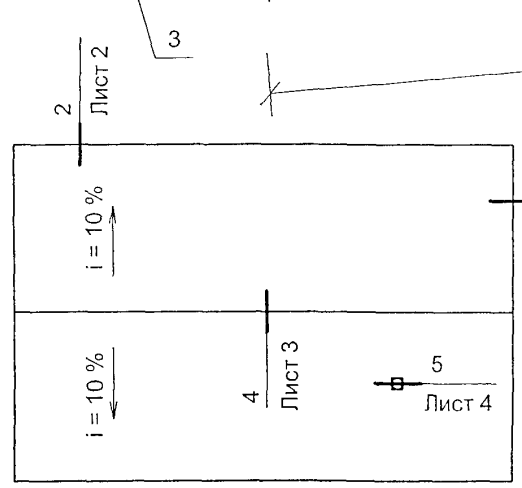
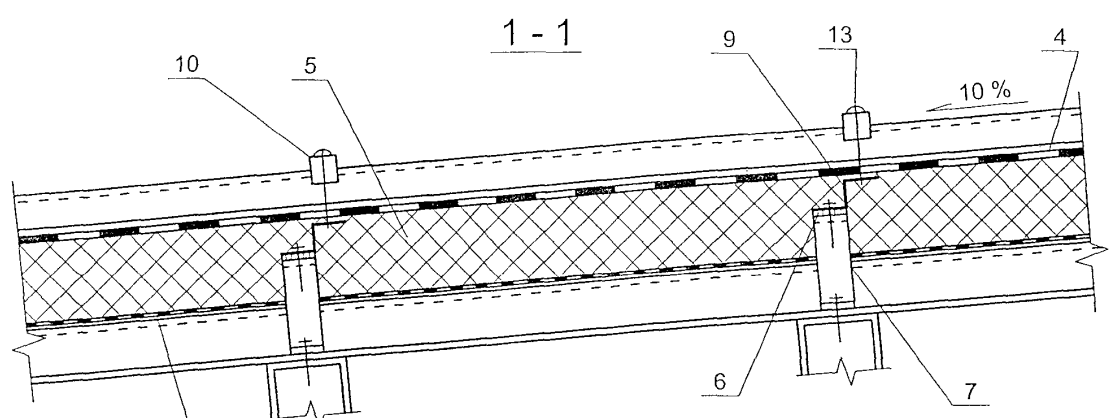
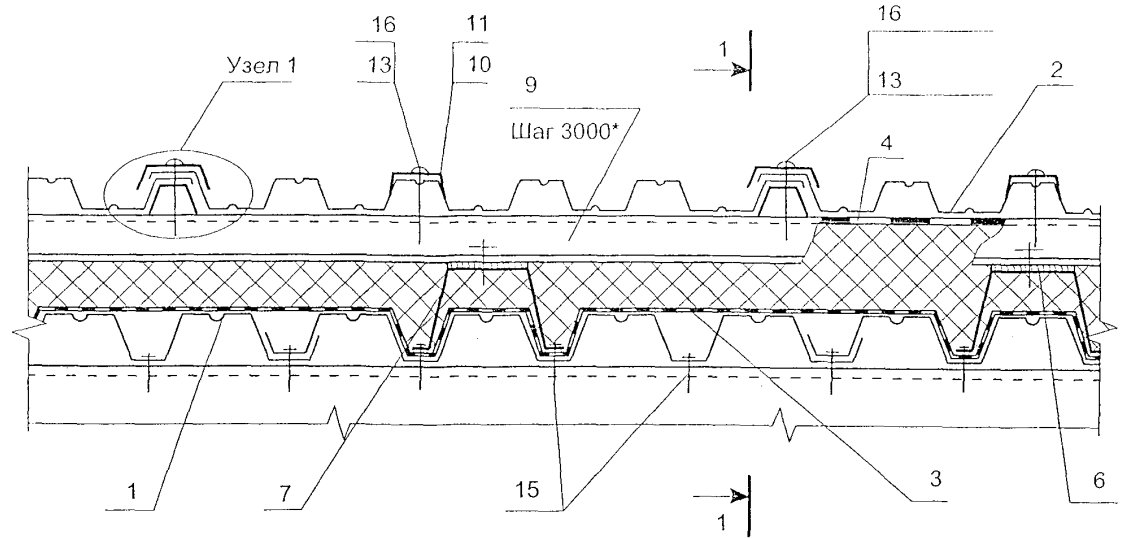
						М24.13/05 — 2.14	Лист
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		14

РАЗДЕЛ 3

**ПОКРЫТИЯ С КРОВЛЕЙ ИЗ ОЦИНКОВАННЫХ  
СТАЛЬНЫХ ПРОФЛИСТОВ**







\* - справочный размер

М24.13/05 — 3.1

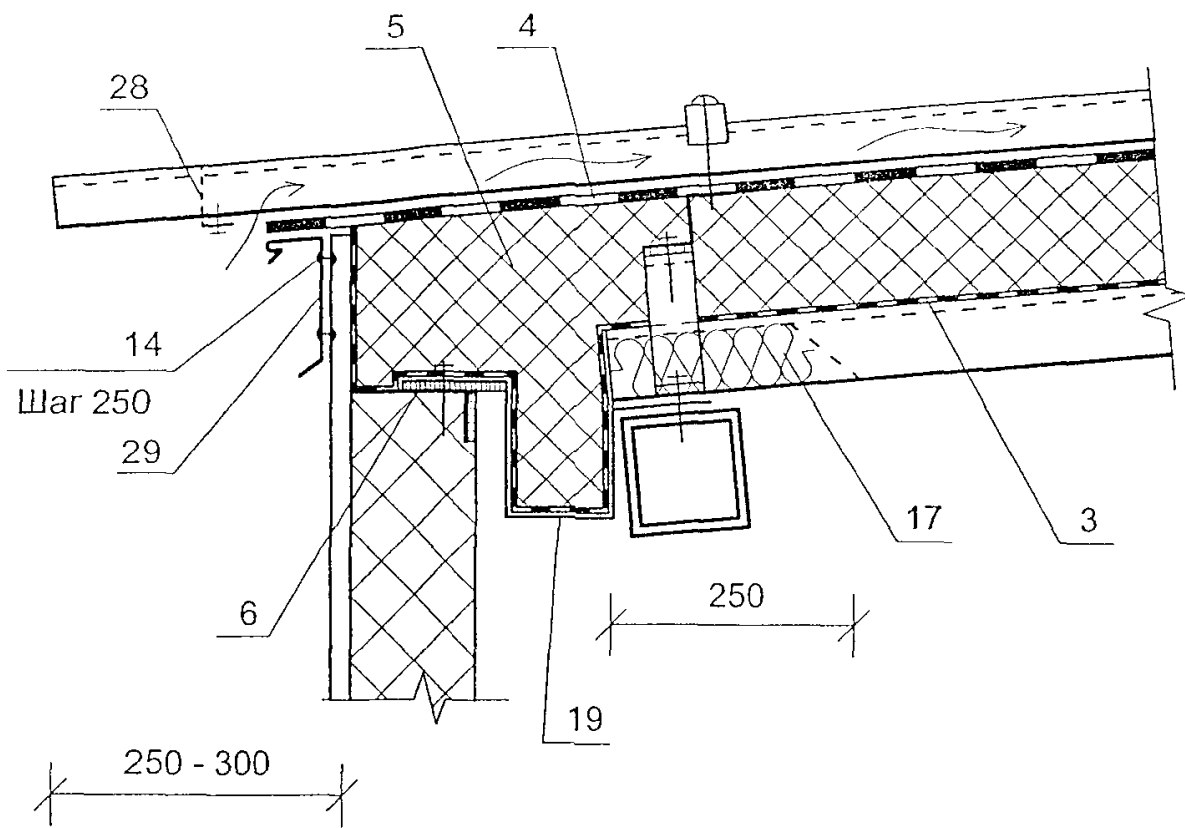
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
Зам. ген. дир.		Гликин		<i>[Signature]</i>	
Рук. отд.		Воронин		<i>[Signature]</i>	
Инженер		Пешкова		<i>[Signature]</i>	

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

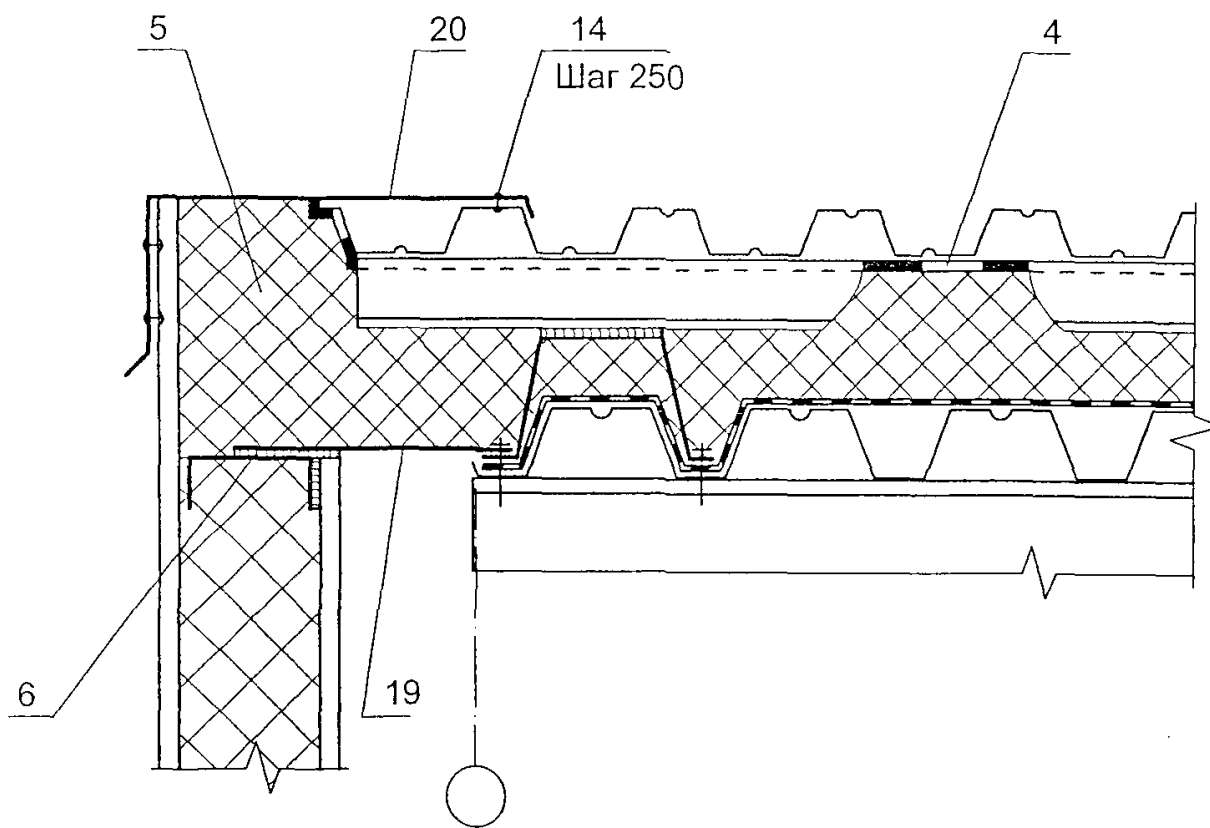
Стадия	Лист	Листов
МП	1	5

ОАО ЦНИИПРОМЗДАНИЙ  
 г. Москва 2005 г.

2

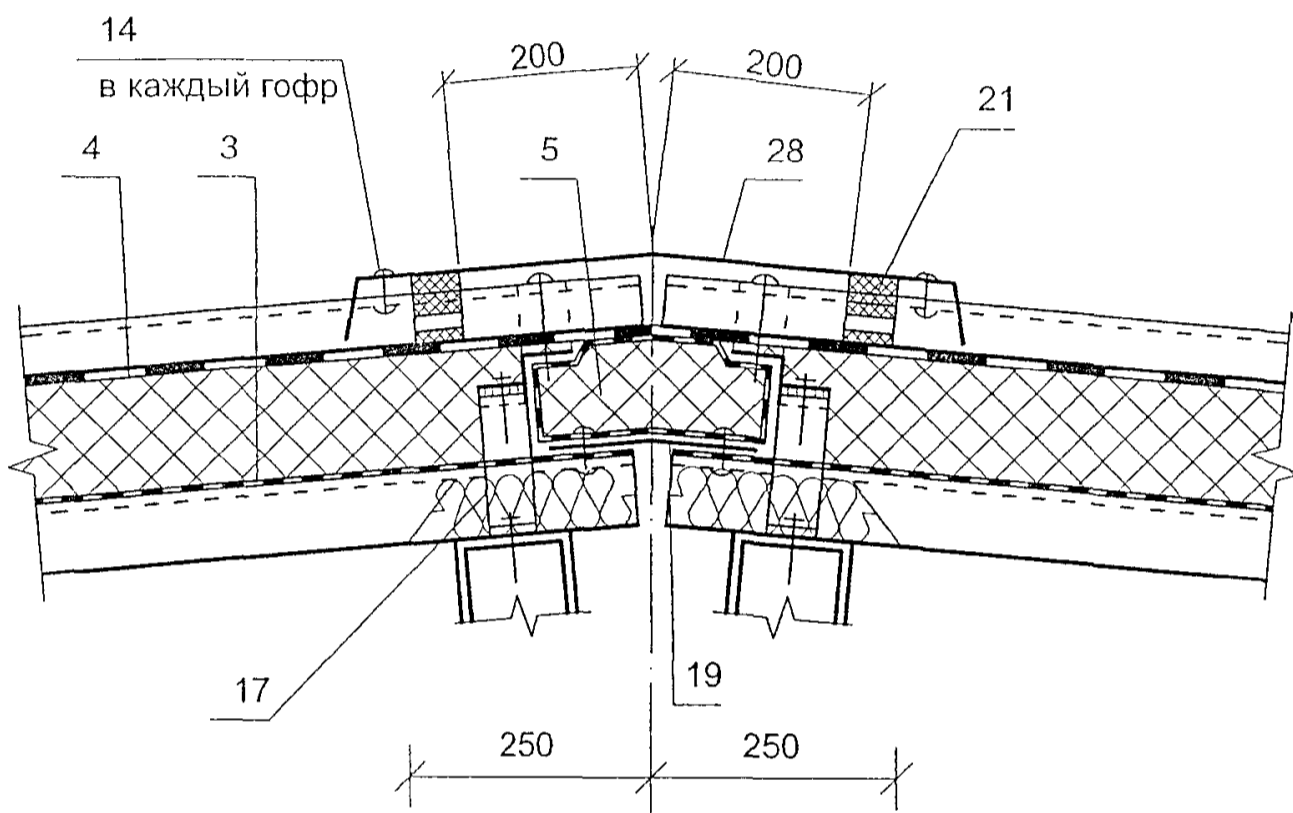


3



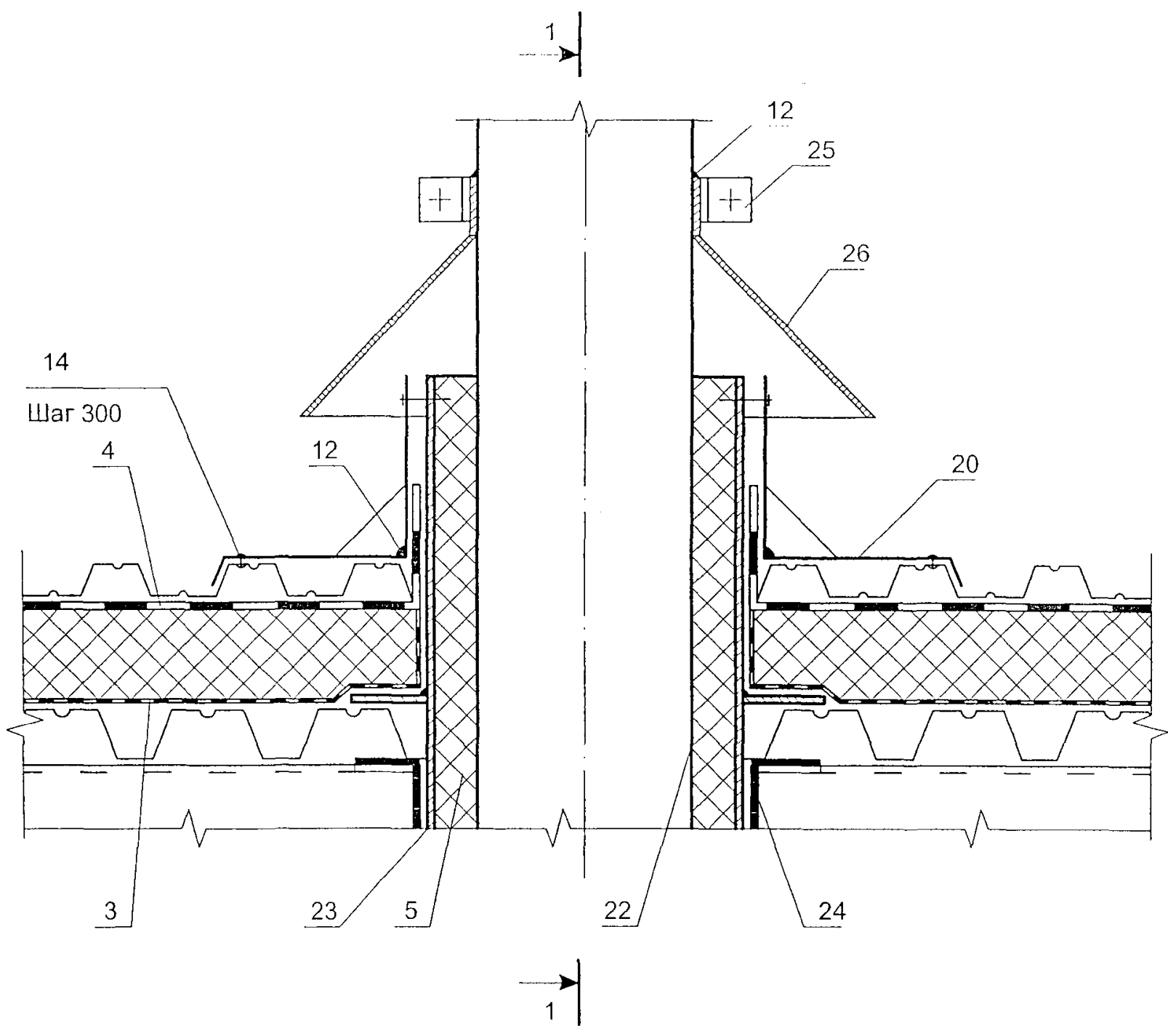
						Лист
						2
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	M24.13/05 — 3.2

4



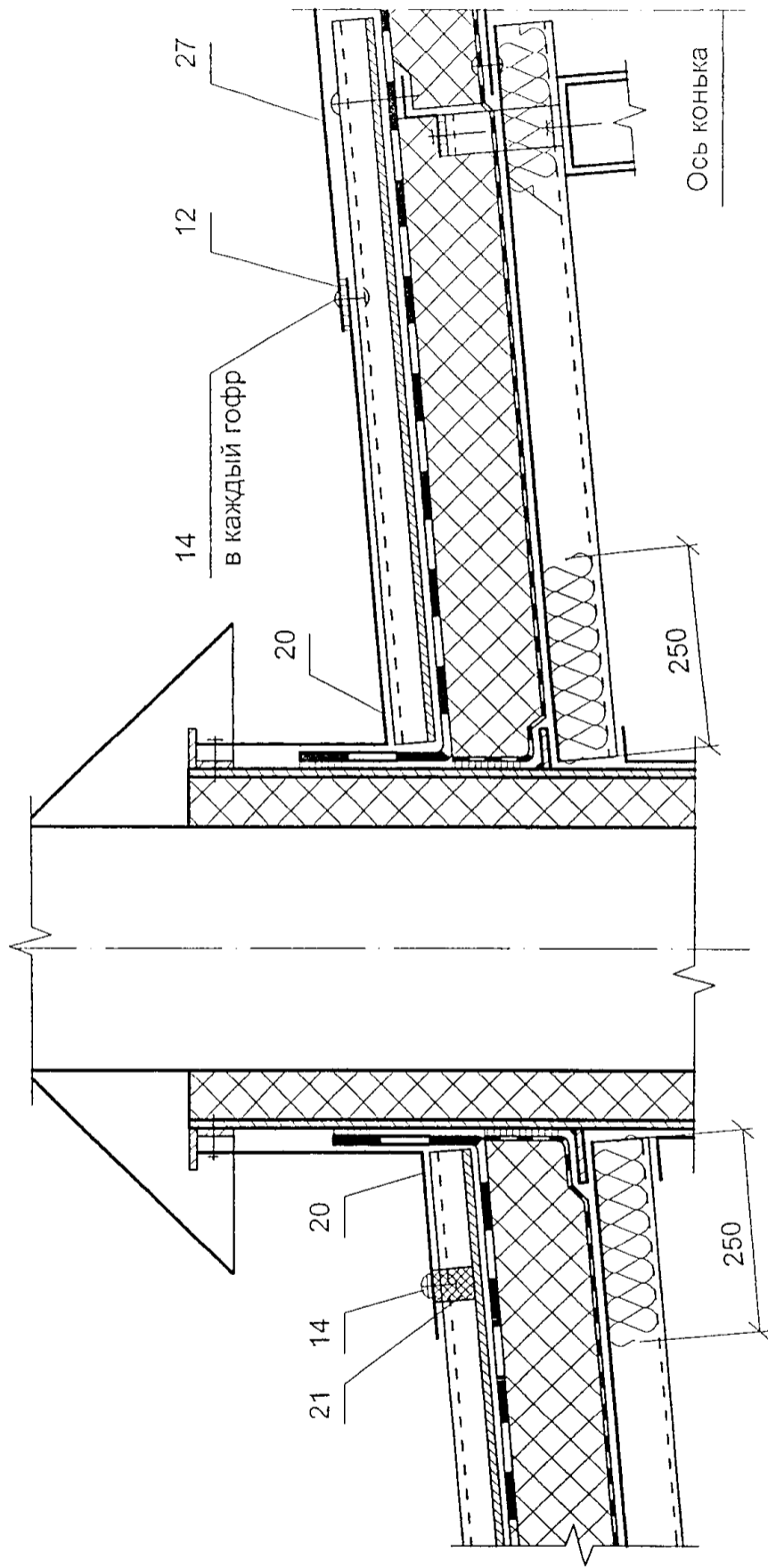
									Лист
									3
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	M24.13/05 — 3.3			

5



						М24.13/05 — 3.4	Лист
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		4

1 - 1 (узел 5)



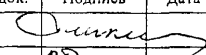
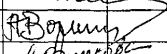
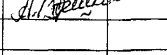
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

М24.13/05 — 3.5

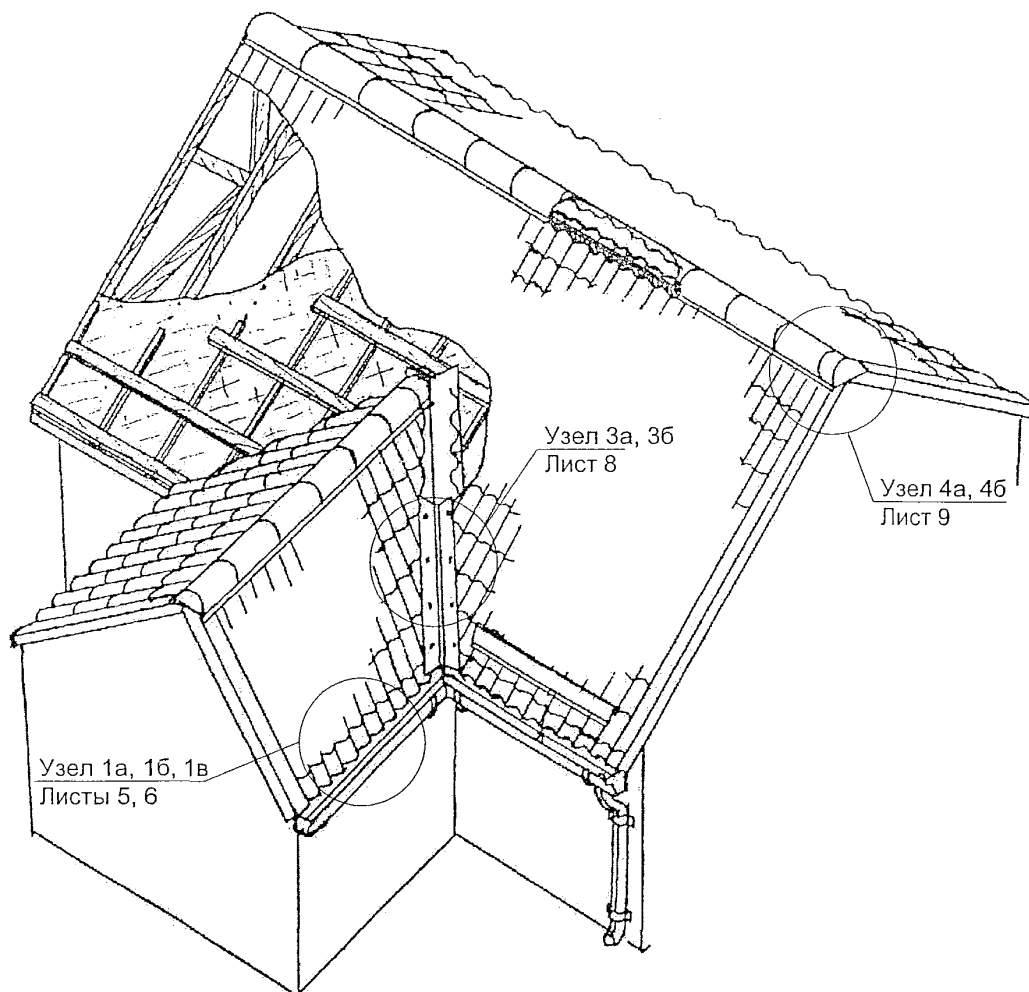
РАЗДЕЛ 4

**ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ  
МАНСАРД И ЧЕРДАКОВ**

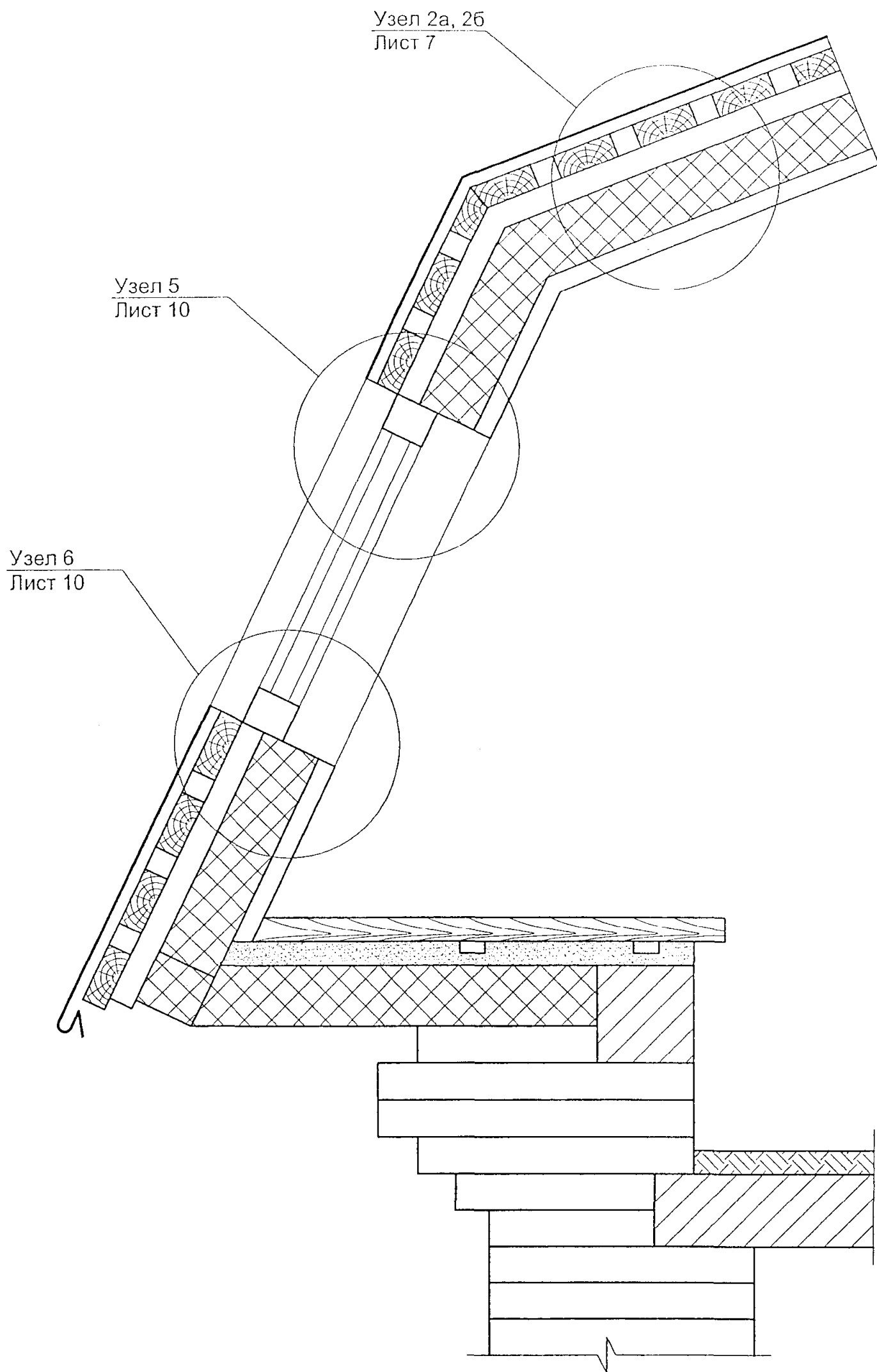
№ поз.	Наименование	№ поз.	Наименование
1	Гипсокартонный лист	27	Шуруп ГОСТ 1144-80
2	Стропило деревянное	28	Деревянный брусок 40х30 мм
3	Цементно-песчаная черепица	29	Стропило стальное
4	Обрешетка	30	Подкладочный слой
5	Контробрешетка	31	Стена
6	Клинообразный брус	32	Несущая плита
7	Фартук свеса	33	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	Стадия	Лист	Листов
Зам. ген. дир.		Гликин		<i>Гликин</i>		МП	1	19
Рук. отд.		Воронин		<i>Воронин</i>		ОАО ЦНИИПРОМЗДАНИЙ г. Москва 2004 г.		
Инженер		Пешкова		<i>Пешкова</i>				
						Ограждающие конструкции мансард и чердаков		



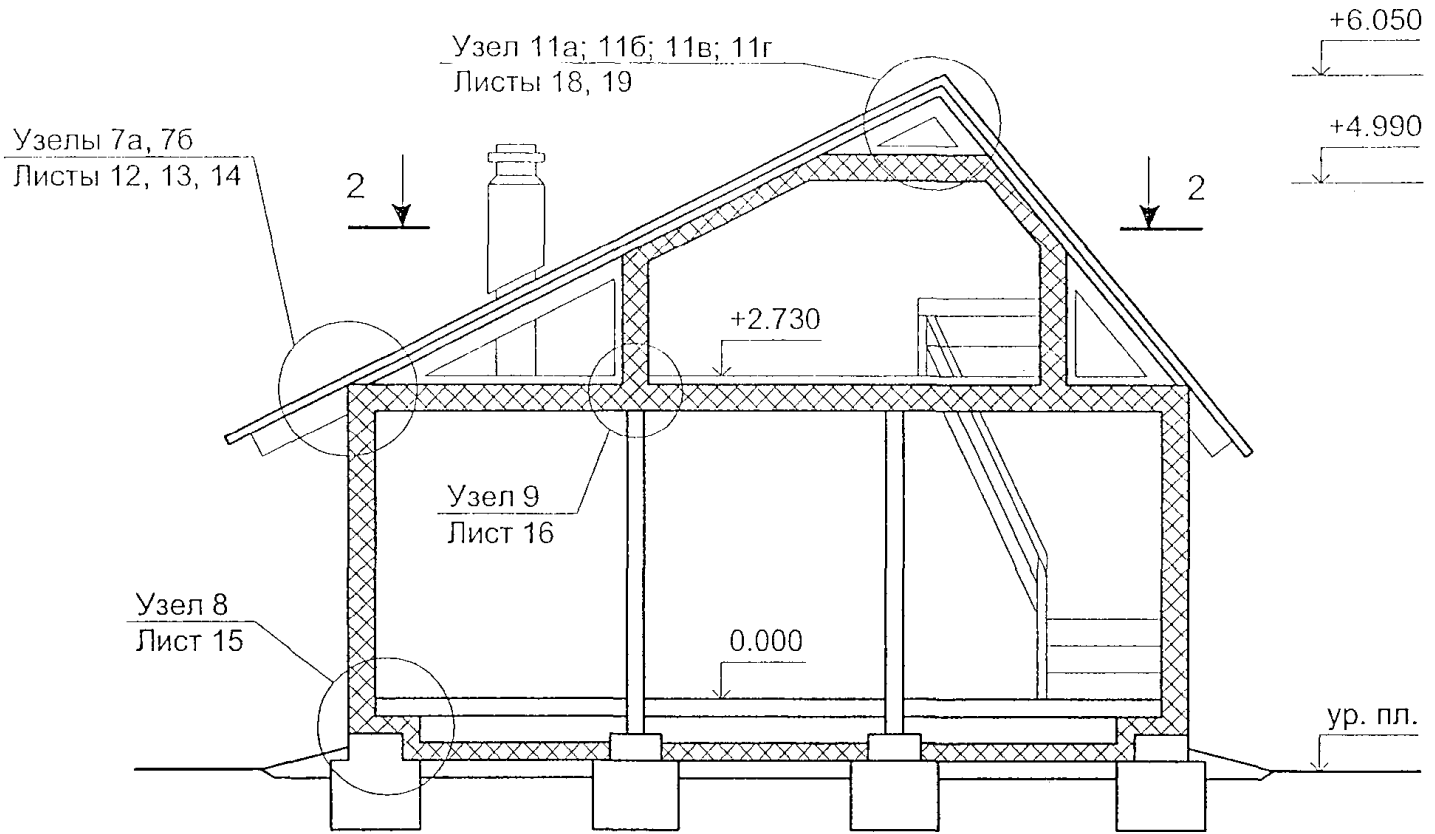
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

М24.13/05 — 4.2

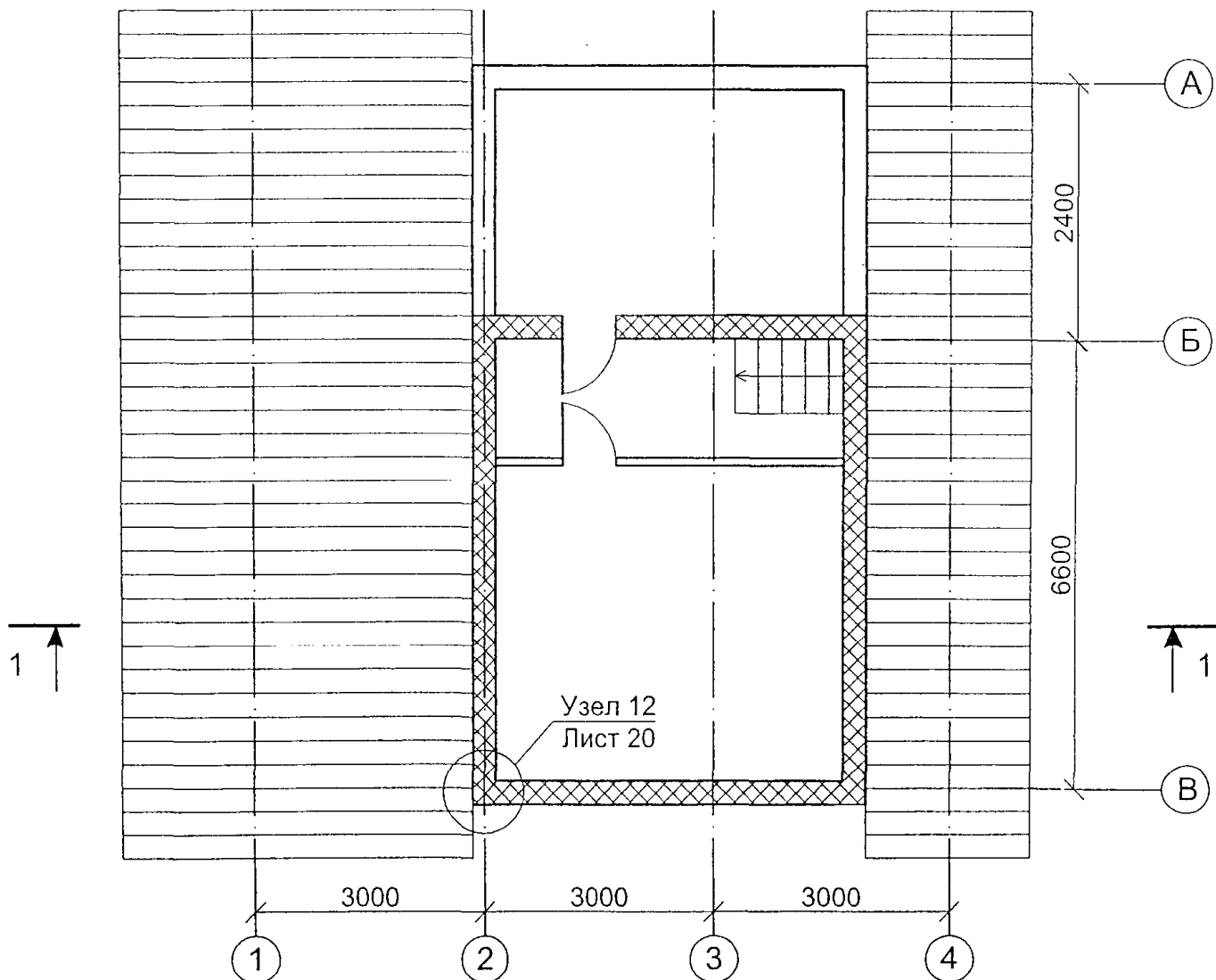
Лист

2

1 - 1



2 - 2



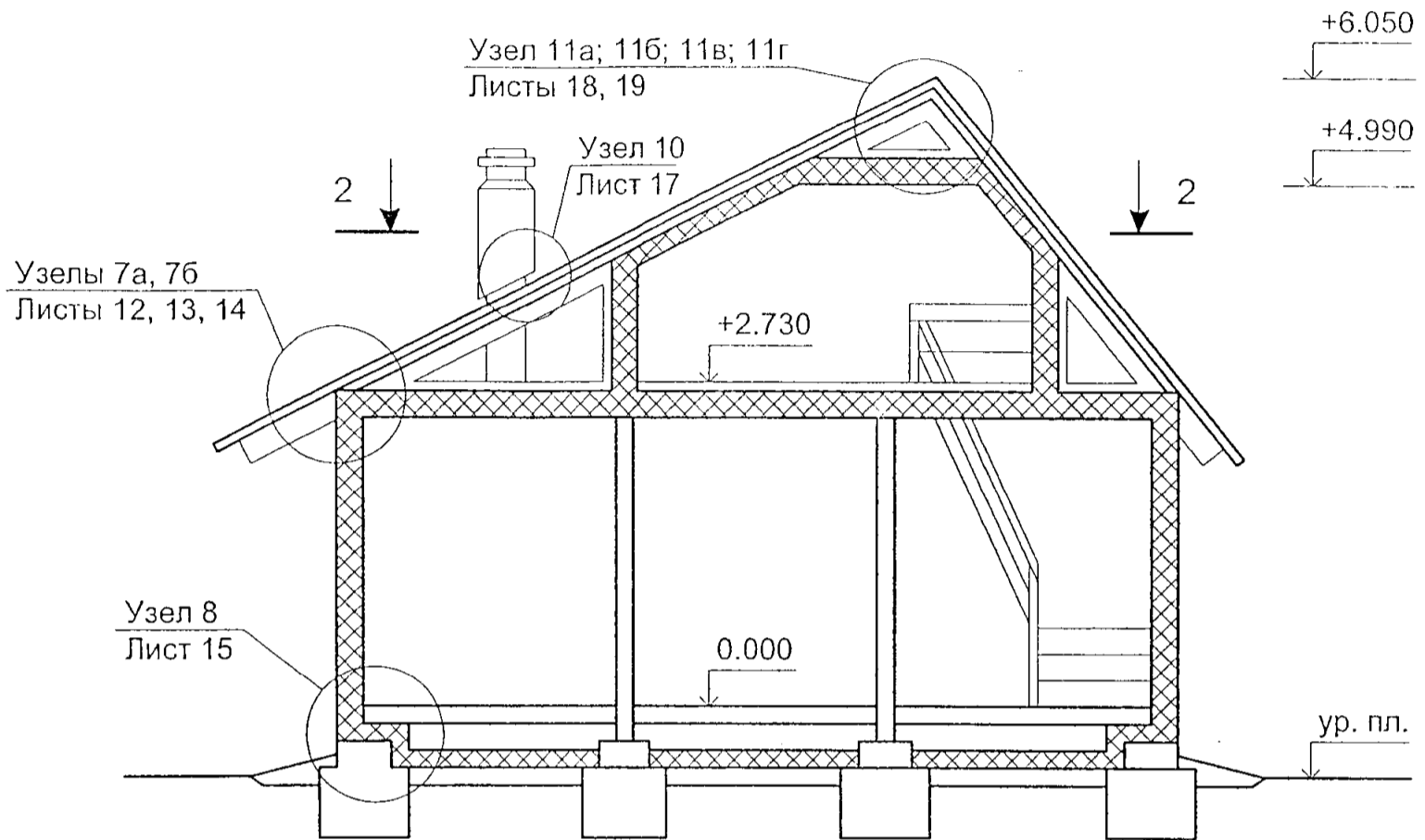
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

M24.13/05 — 4.3

Лист

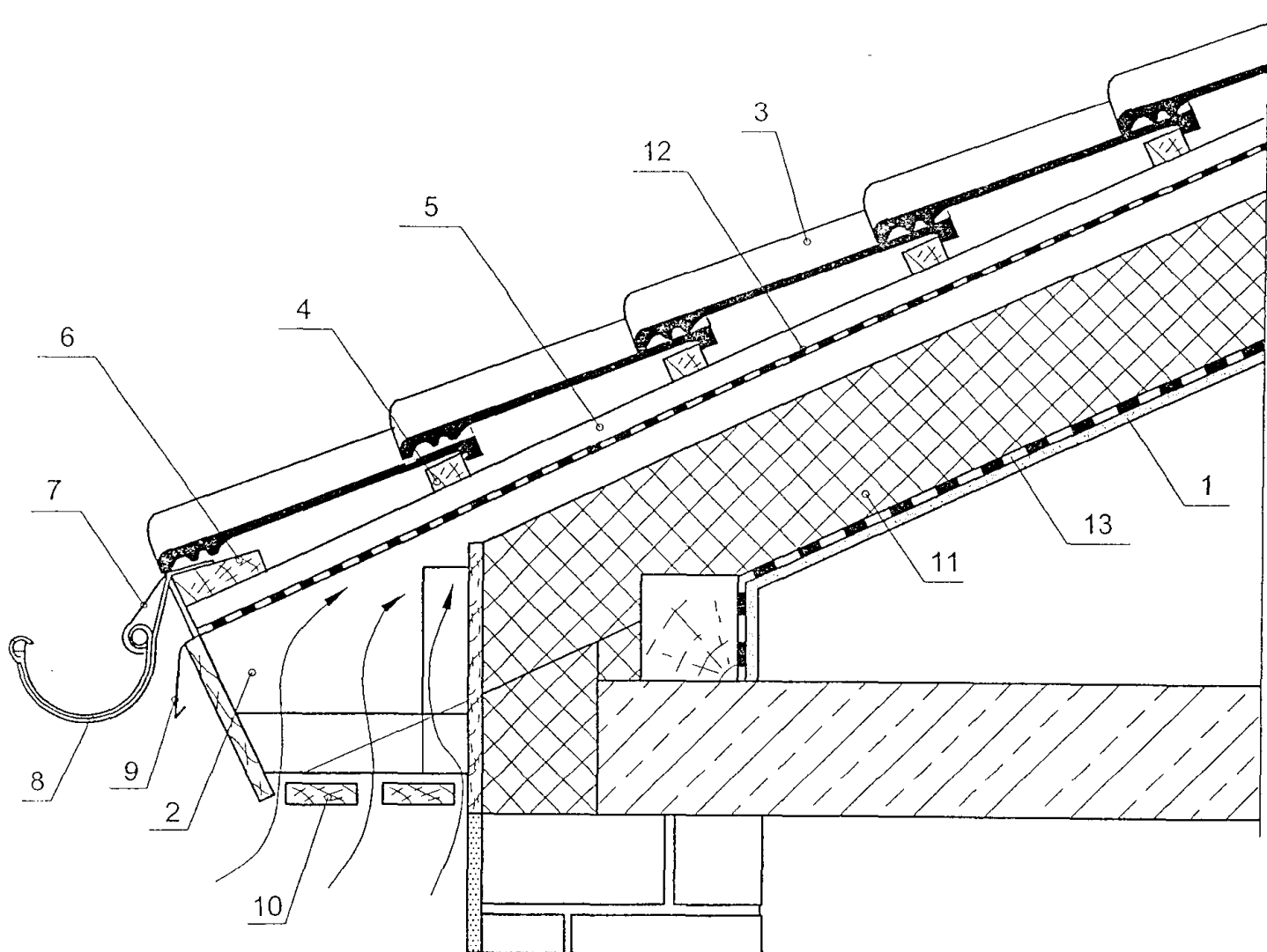
3

## 3 - 3



						M24.13/05 — 4.4	Лист
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		4

1a



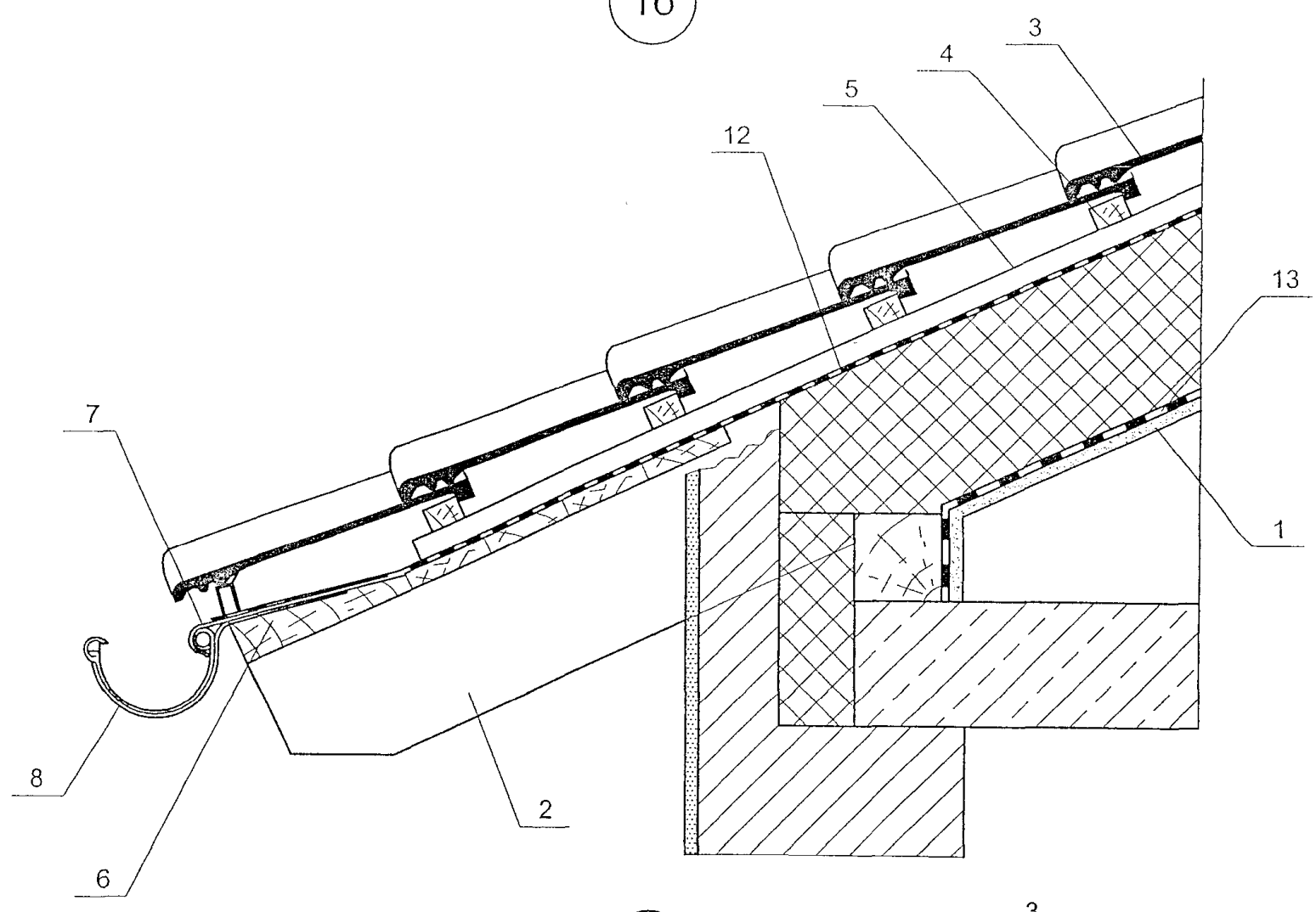
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

M24.13/05 — 4.5

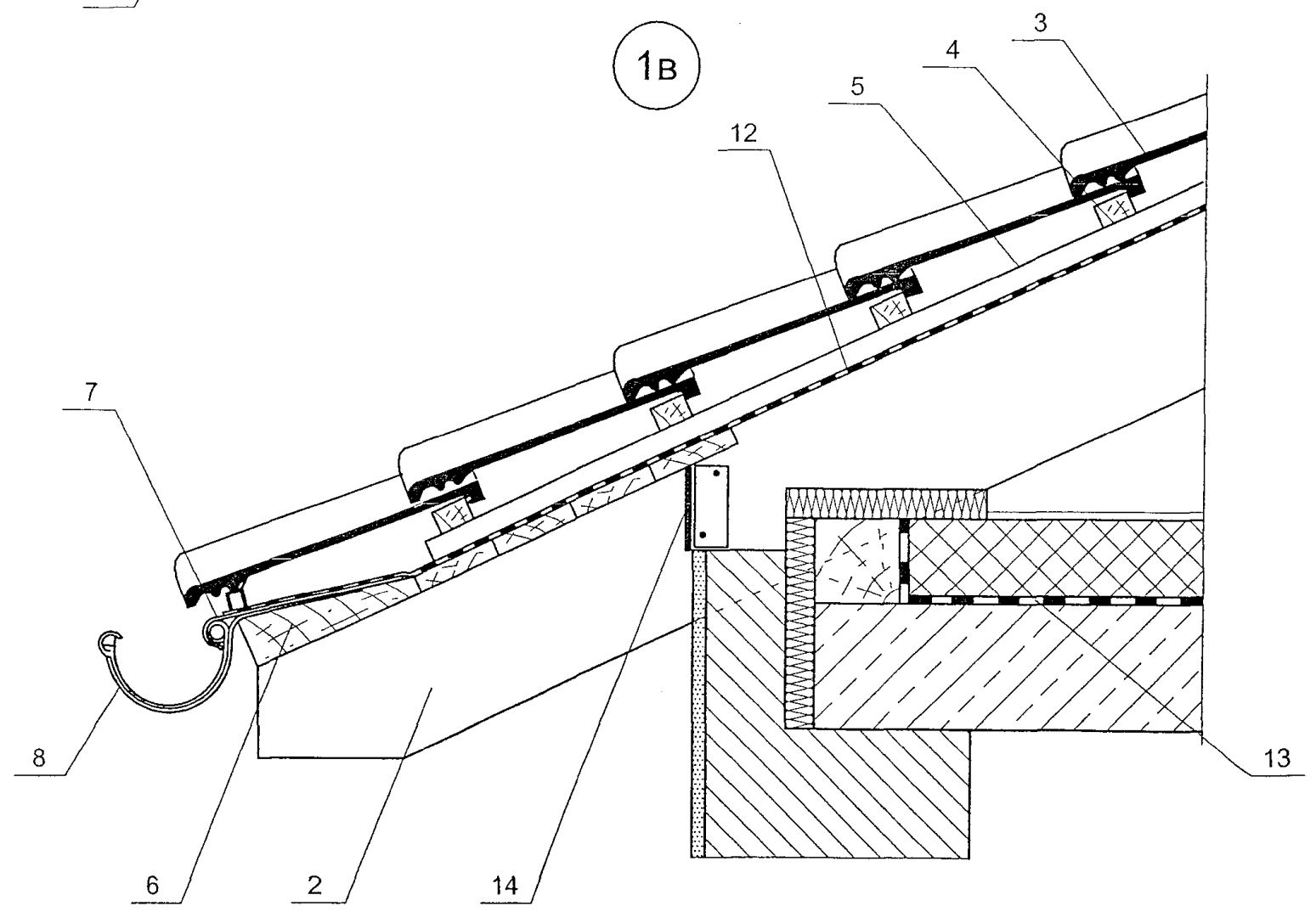
Лист

5

16

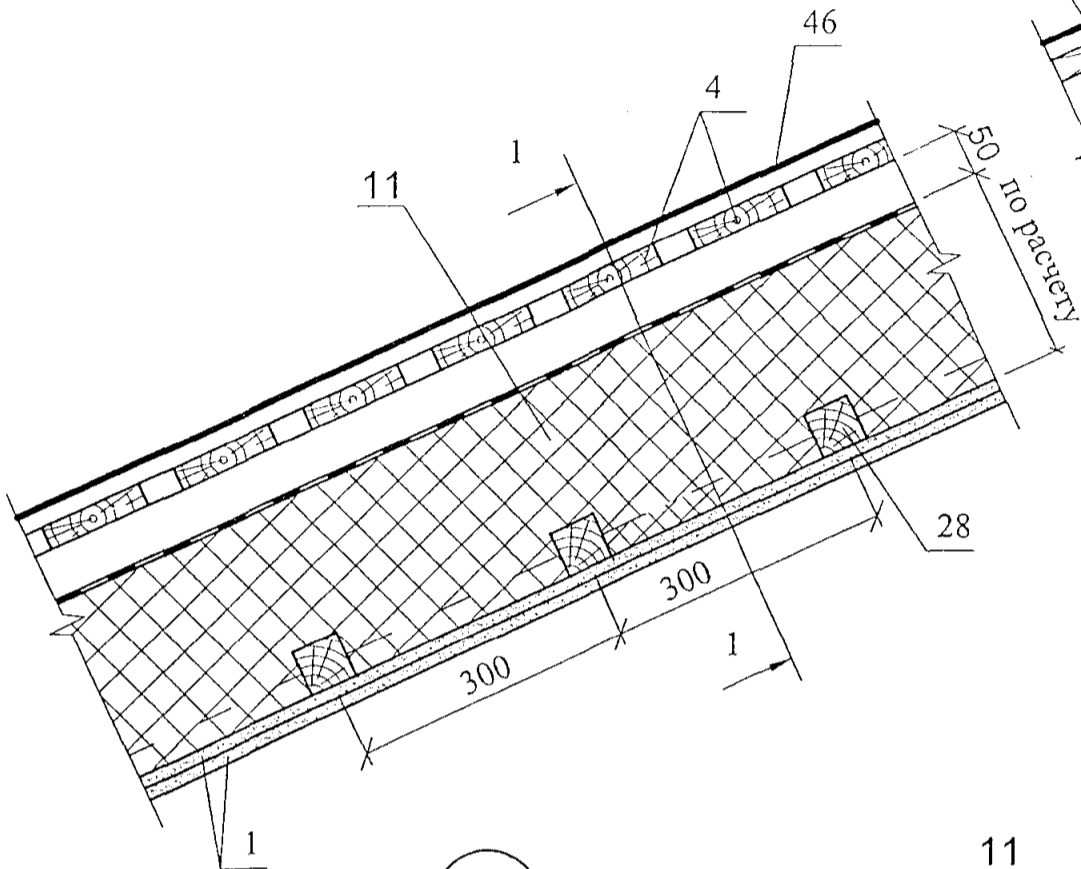


1В

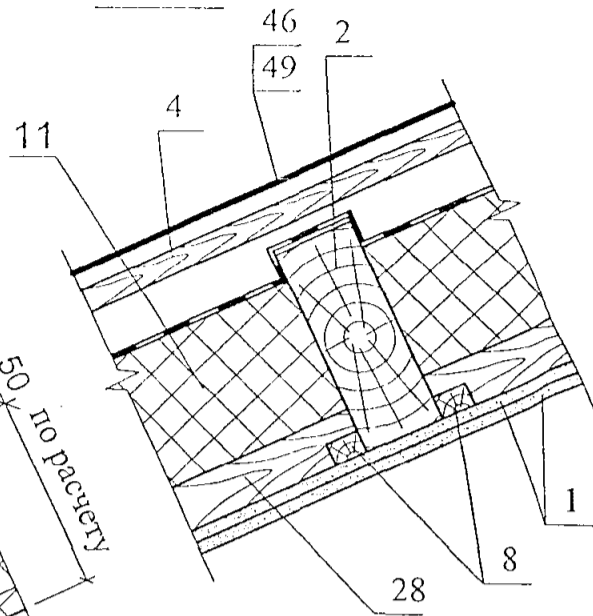


						М24.13/05 — 4.6		Лист
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата			6

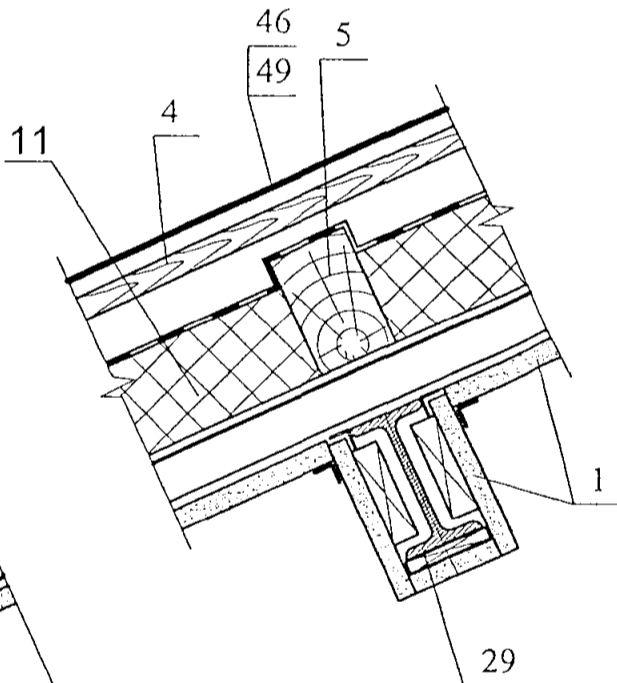
2a



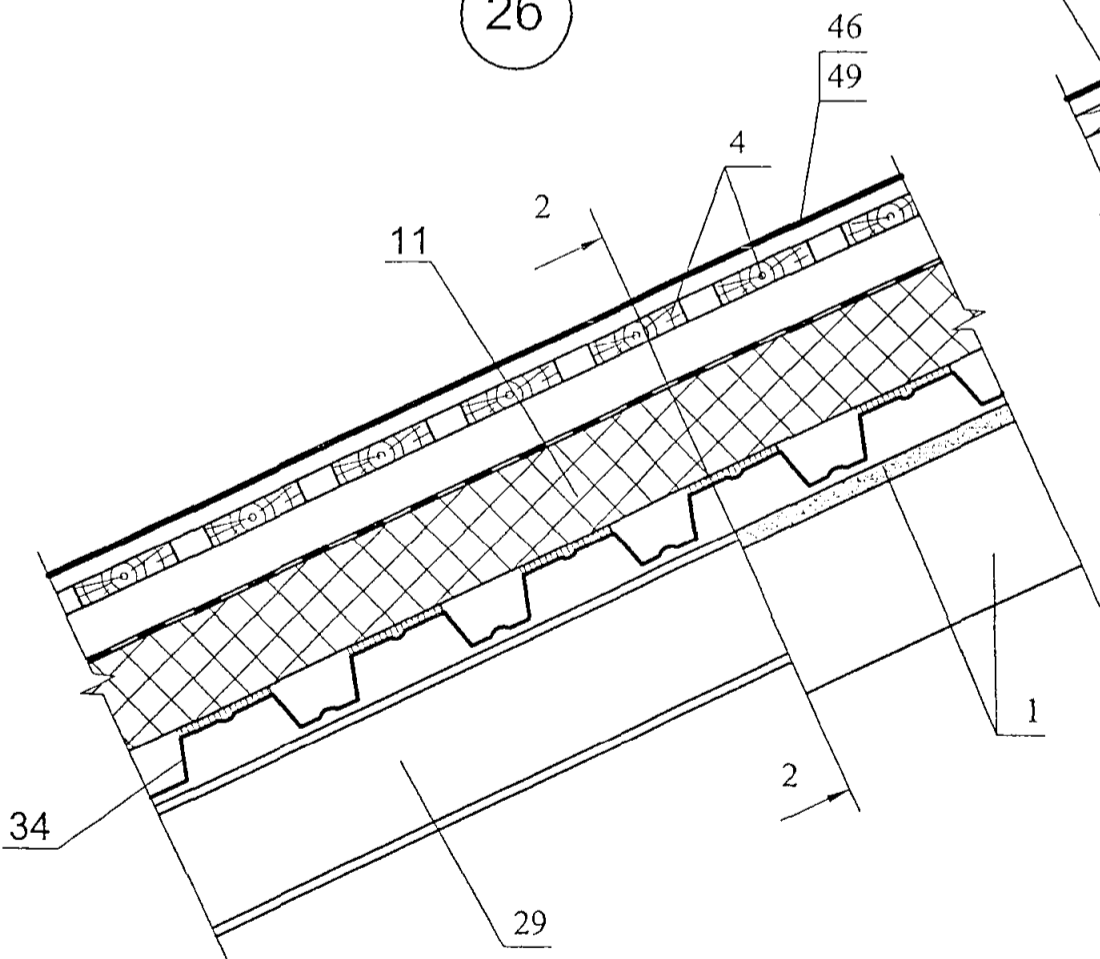
1-1



2-2

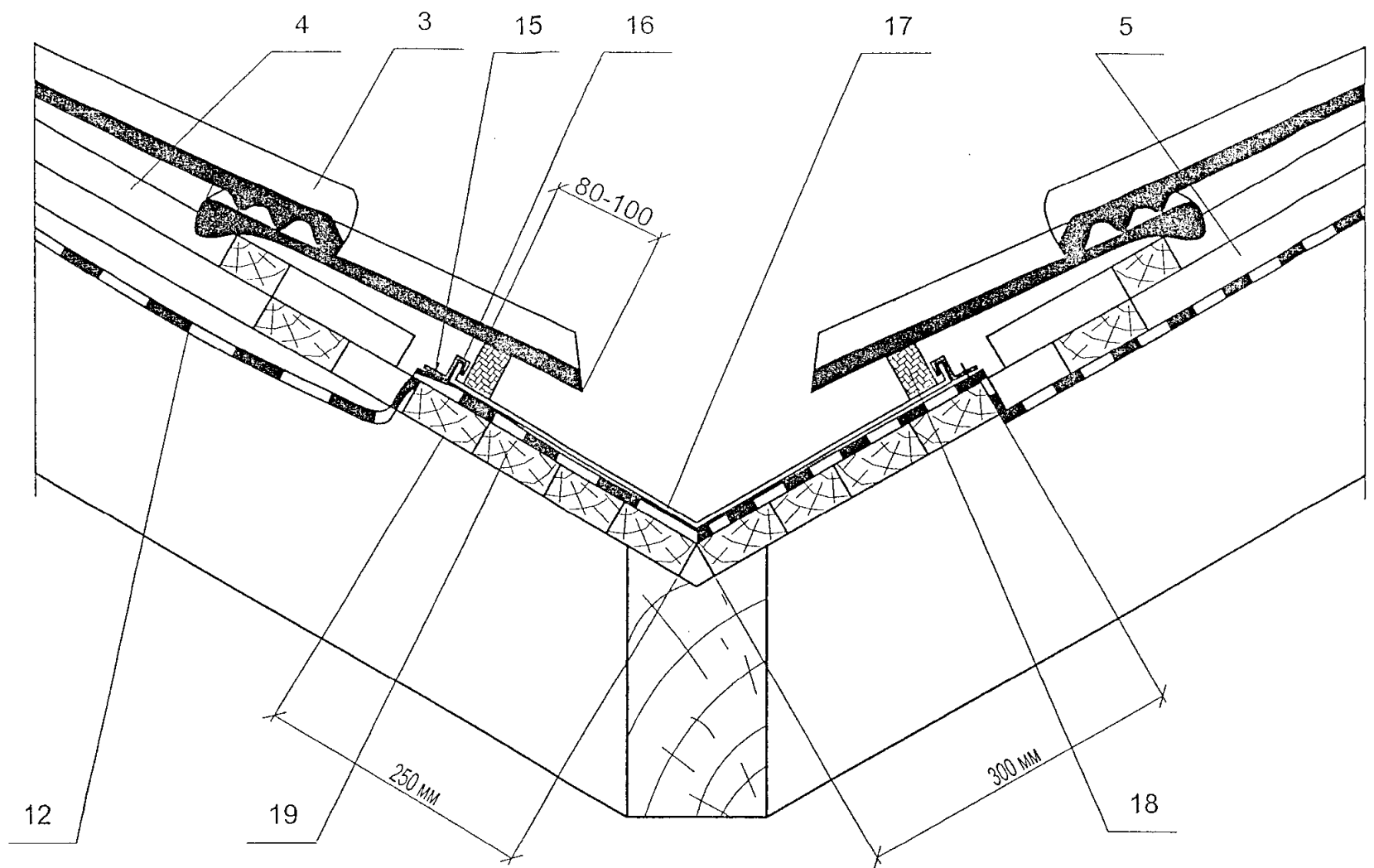


26

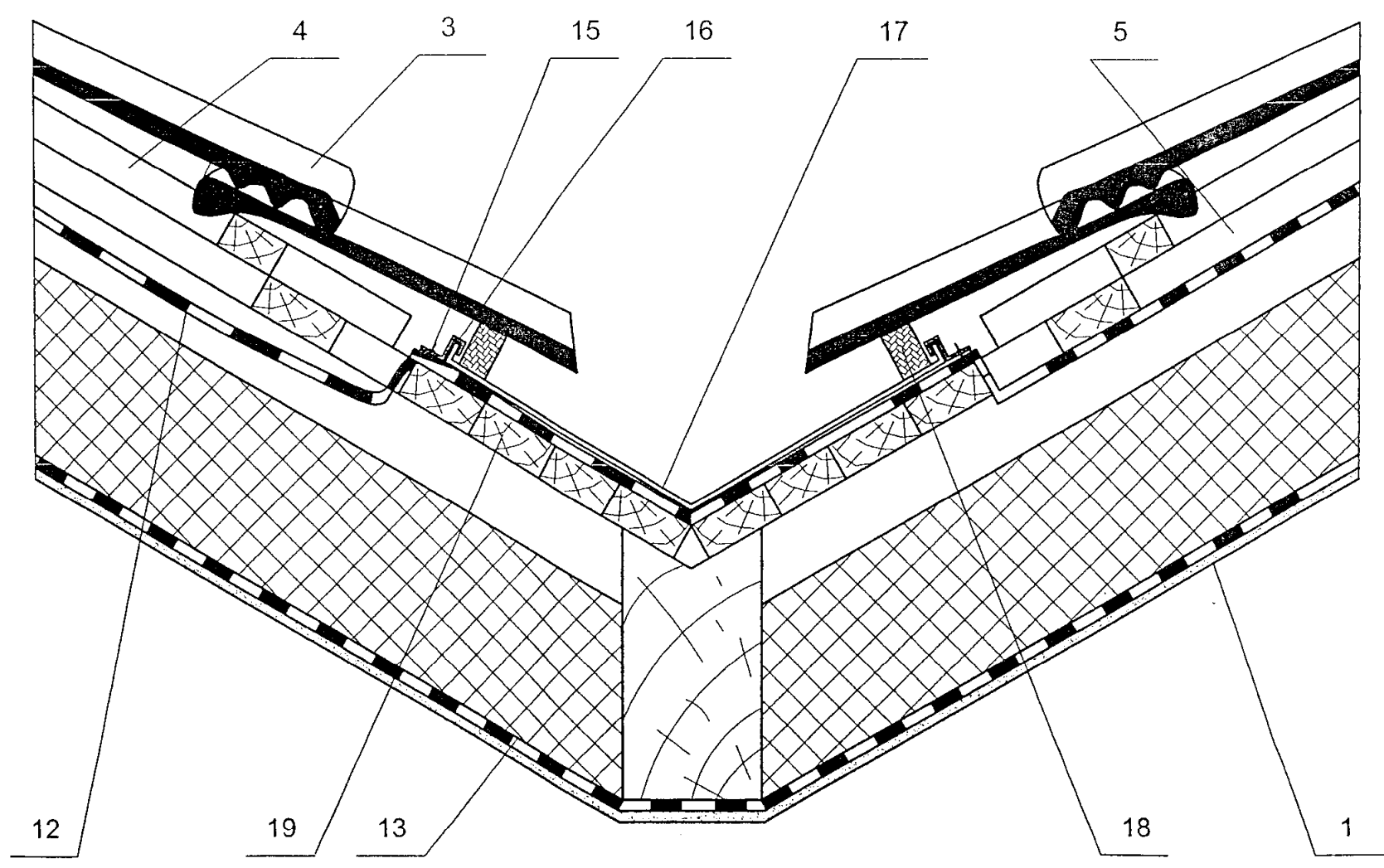


						М24.13/05 — 4.7		Лист
								7
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата			

3a



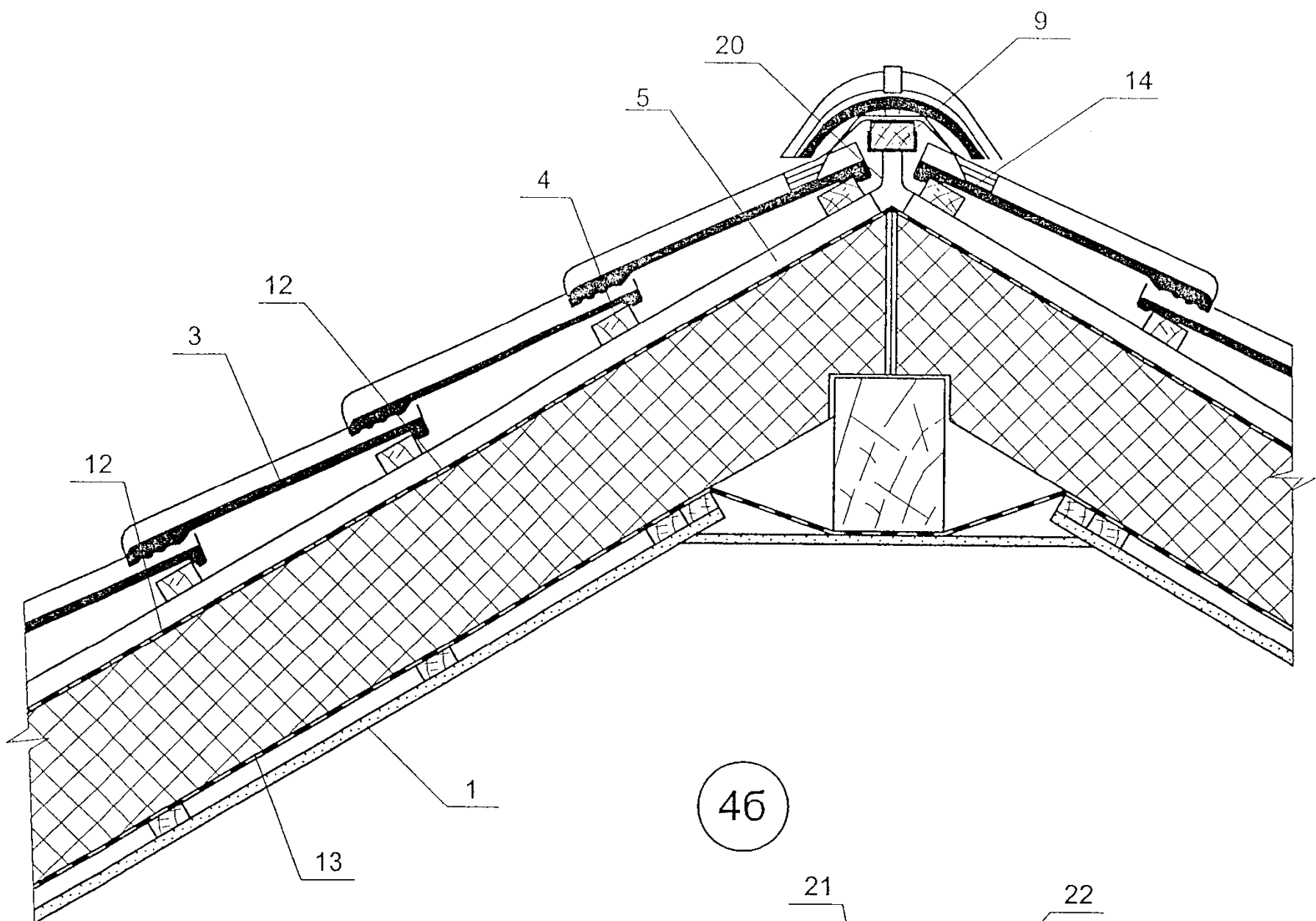
36



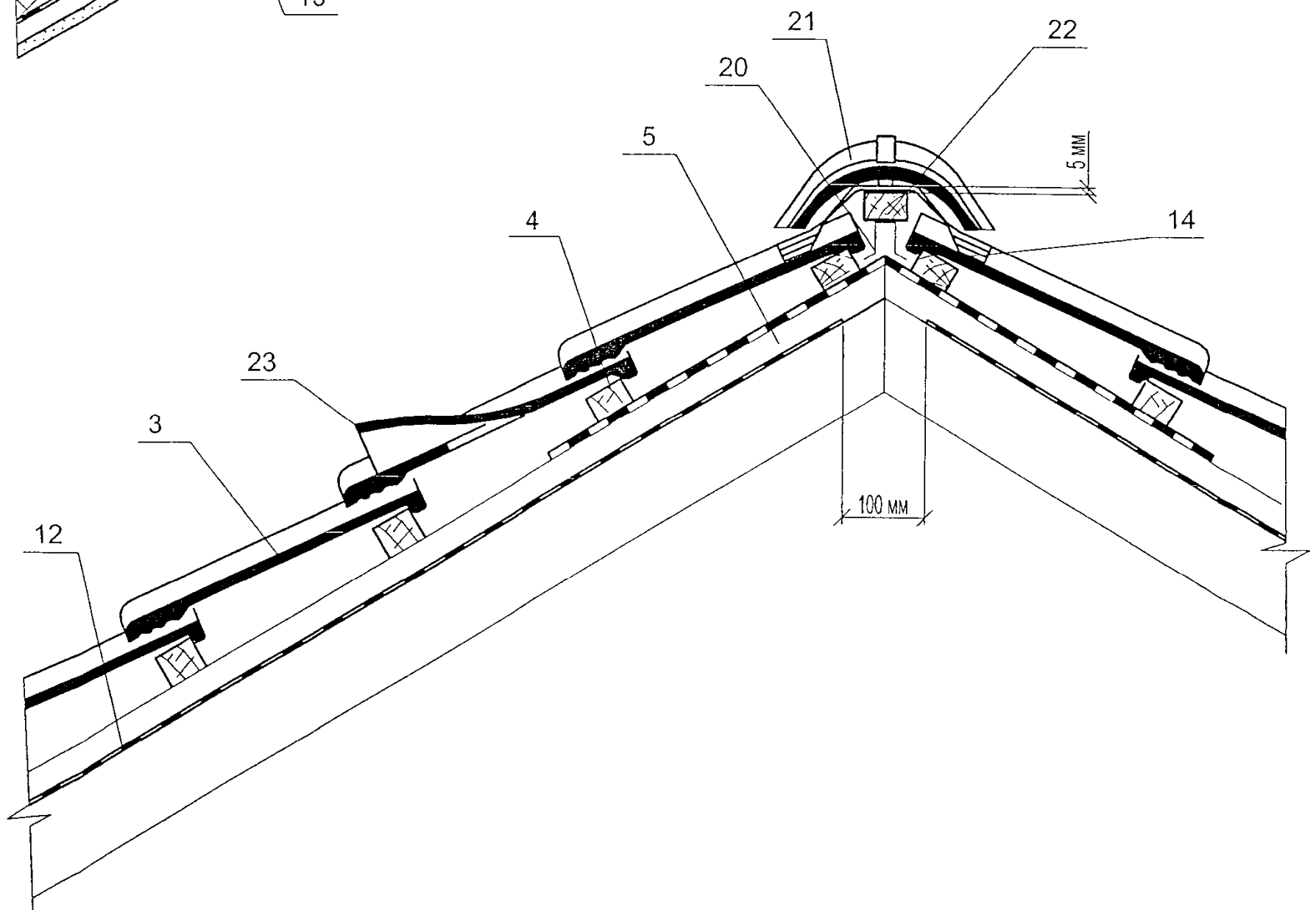
						Лист	
						8	
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	M24.13/05 — 4.8	



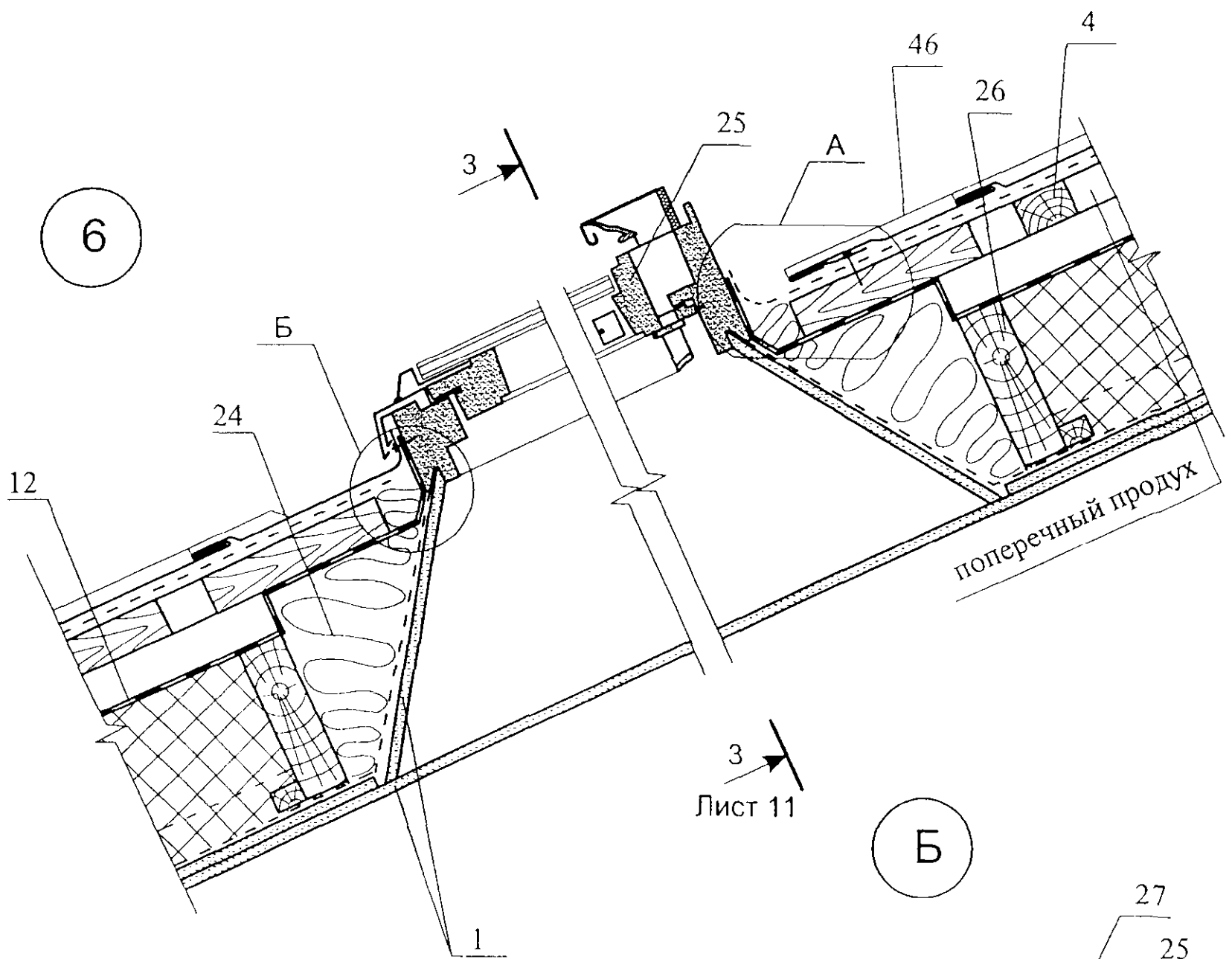
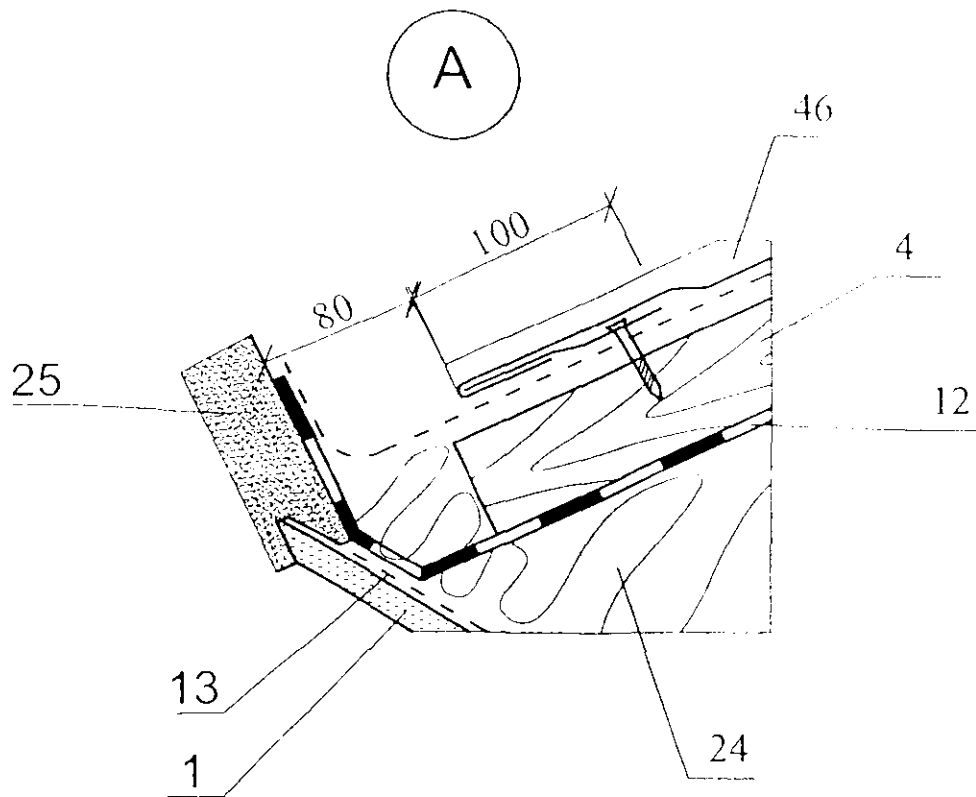
4a



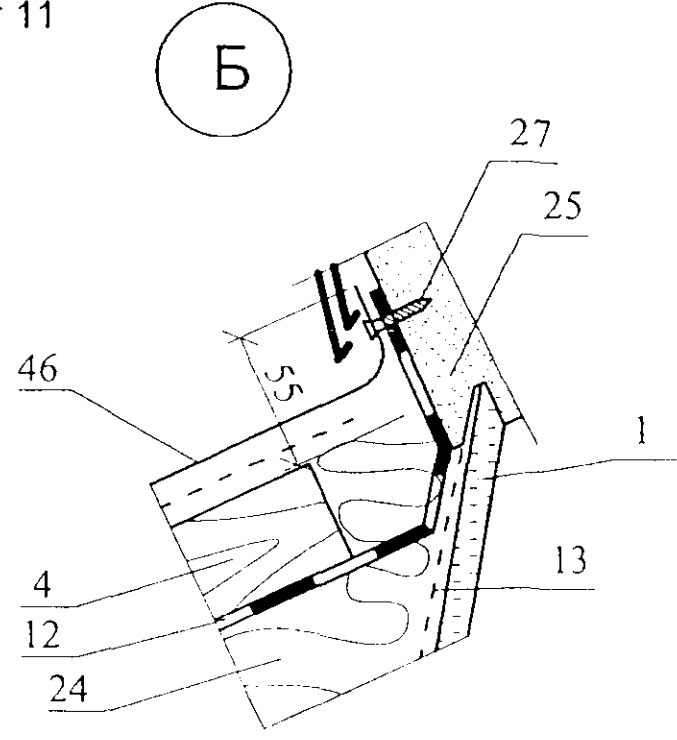
4б



						М24.13/05 — 4.9	Лист
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		9

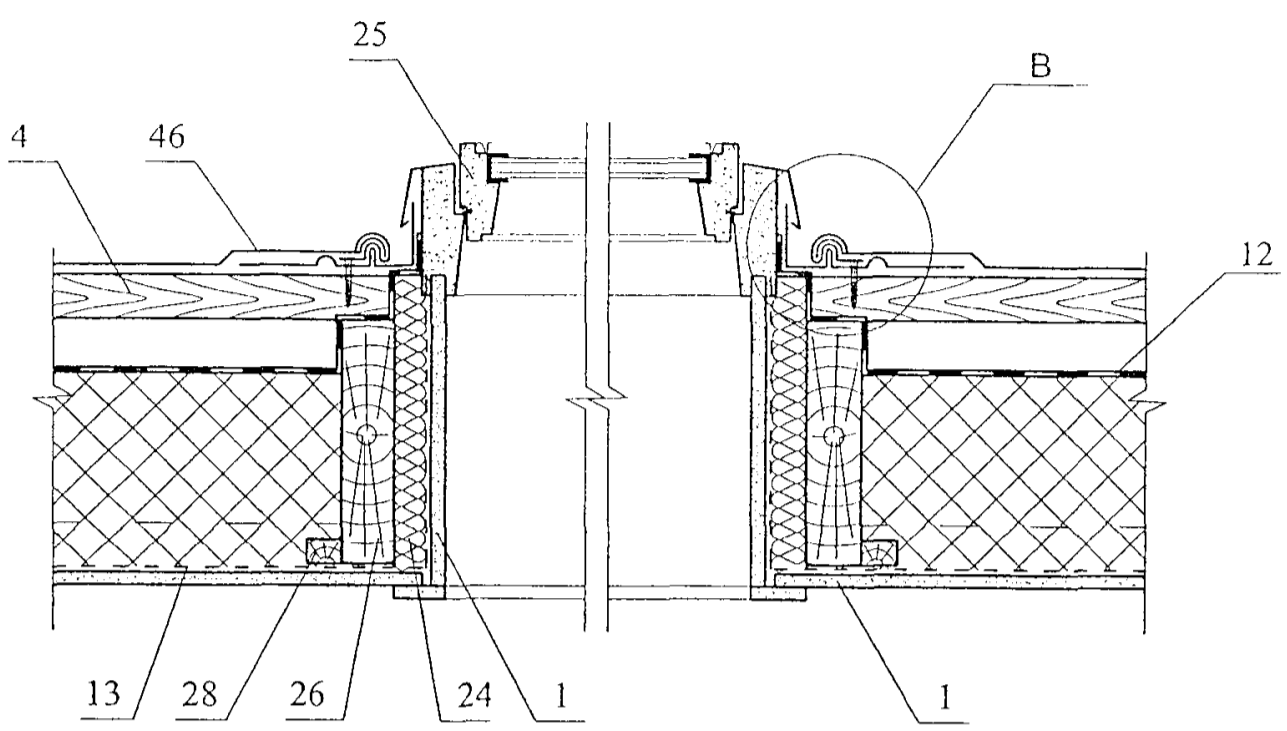


Лист 11

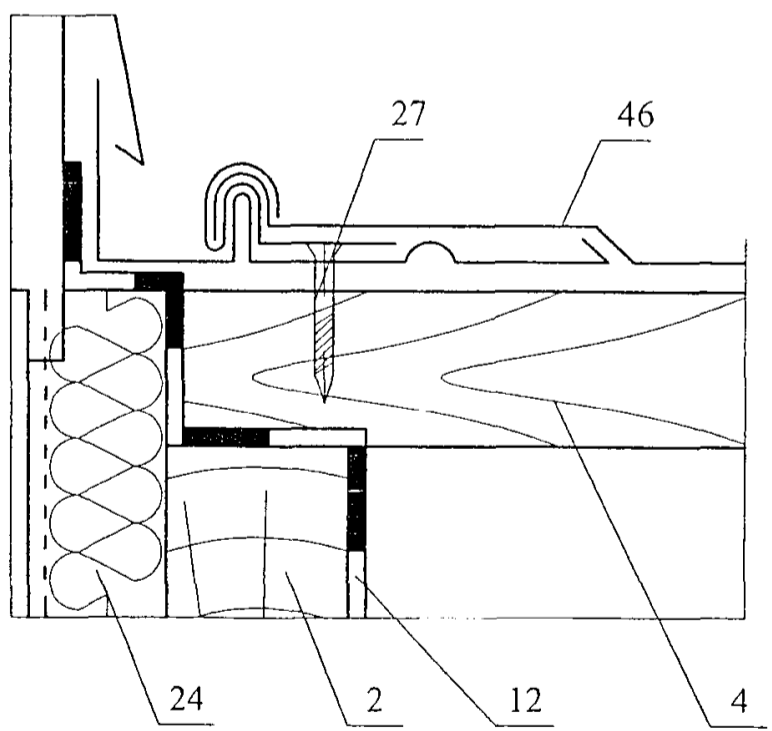


						M24.13/05 — 4.10	Лист
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		10

3 - 3

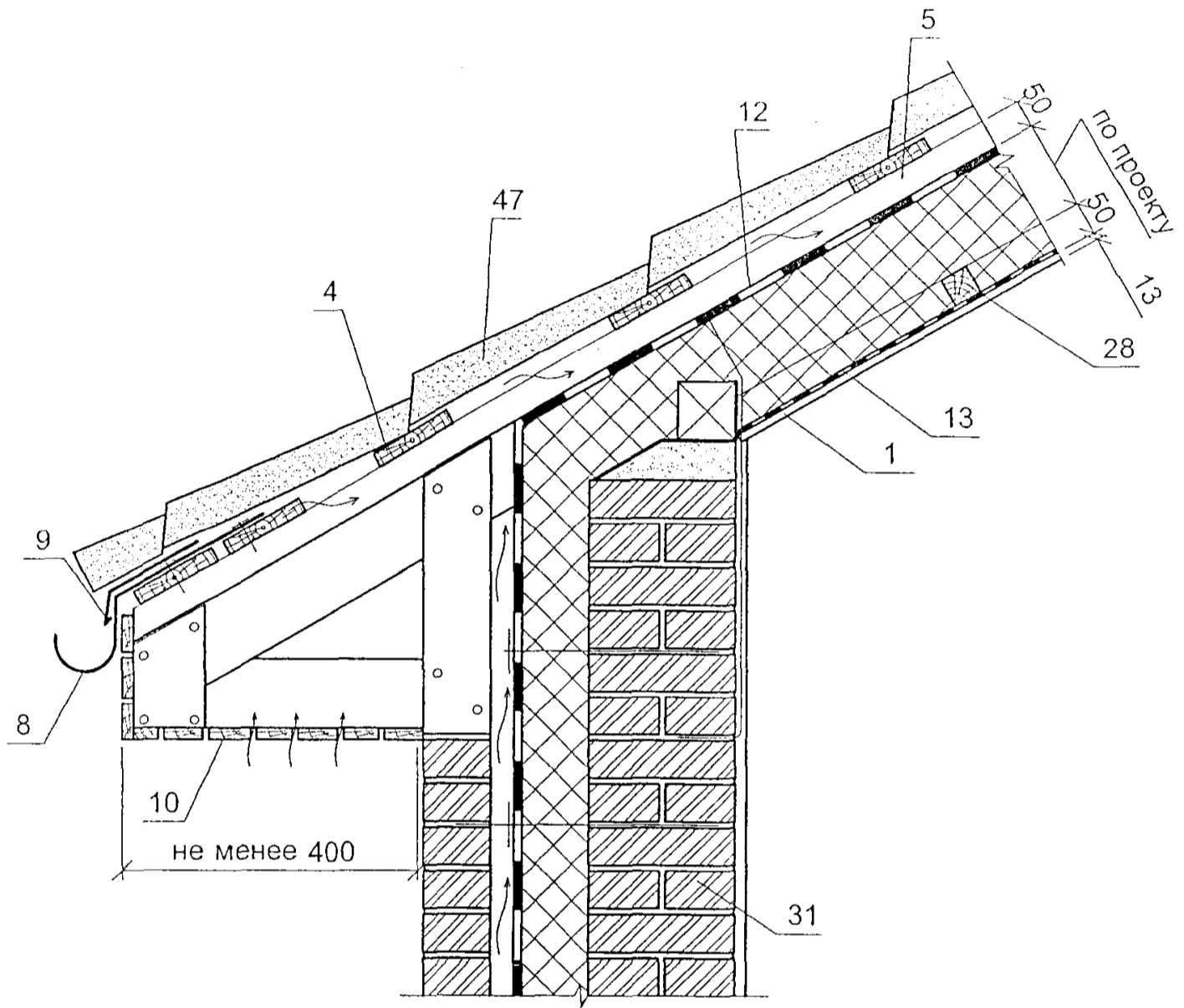


В



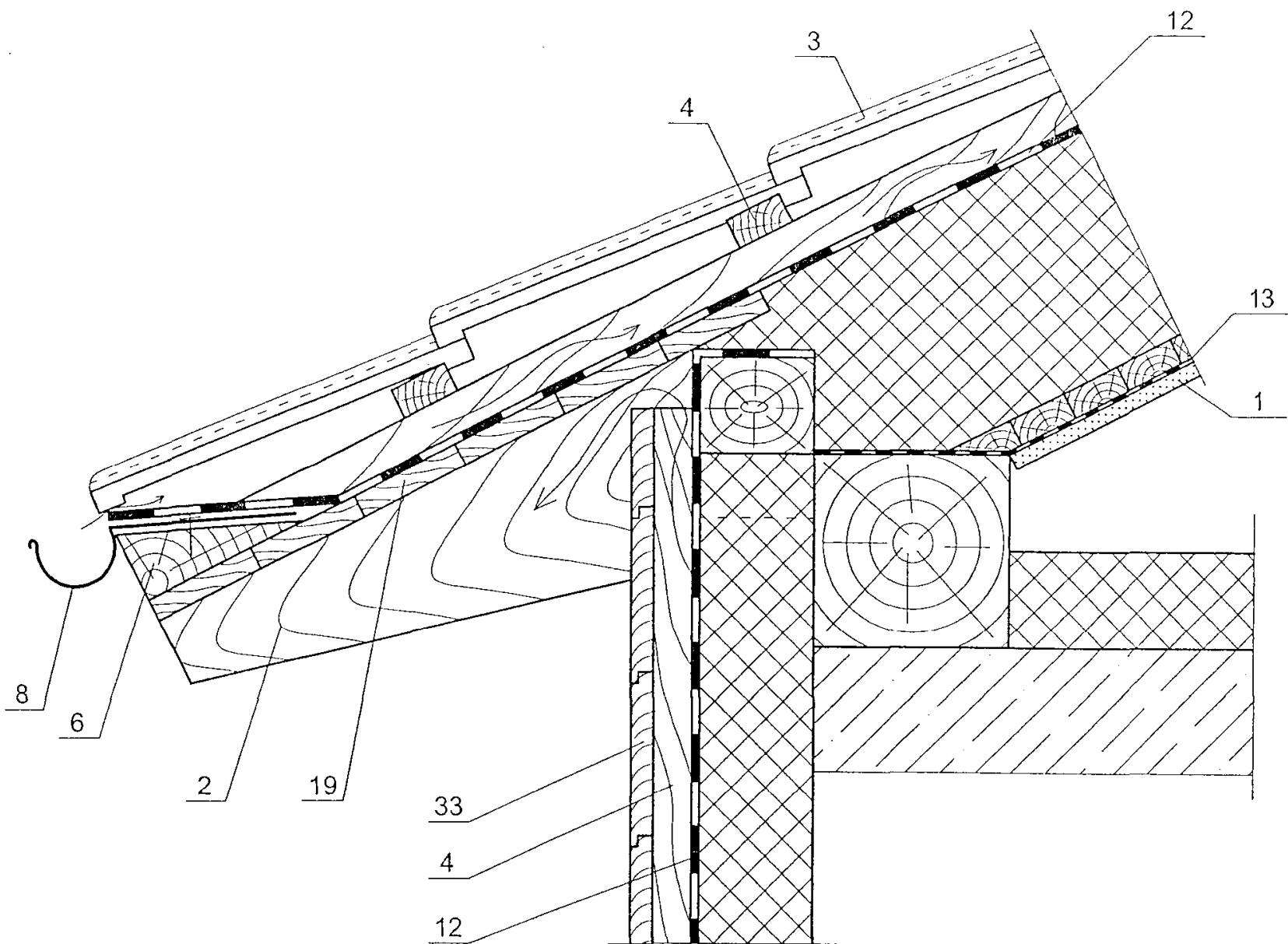
						M24.13/05 — 4.11	Лист
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		11

7a



										Лист
										12
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	M24.13/05 — 4.12				

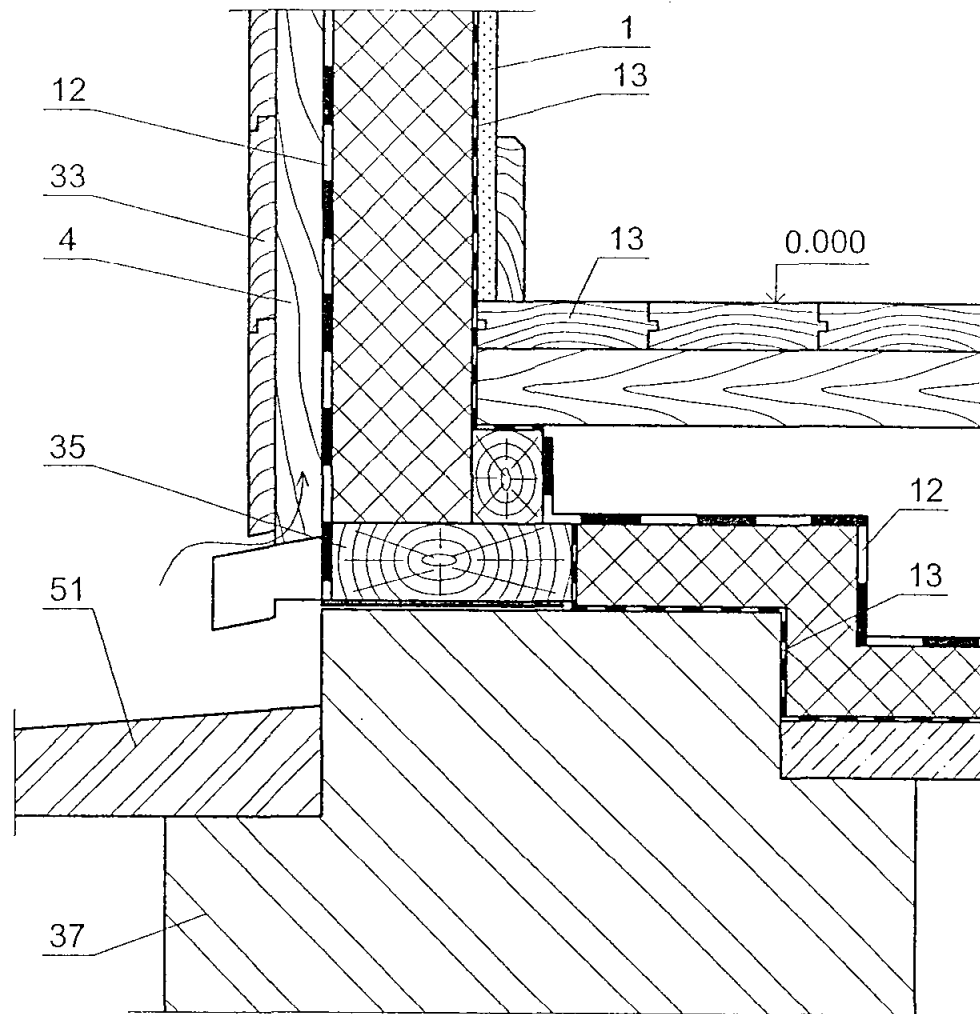
76



Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

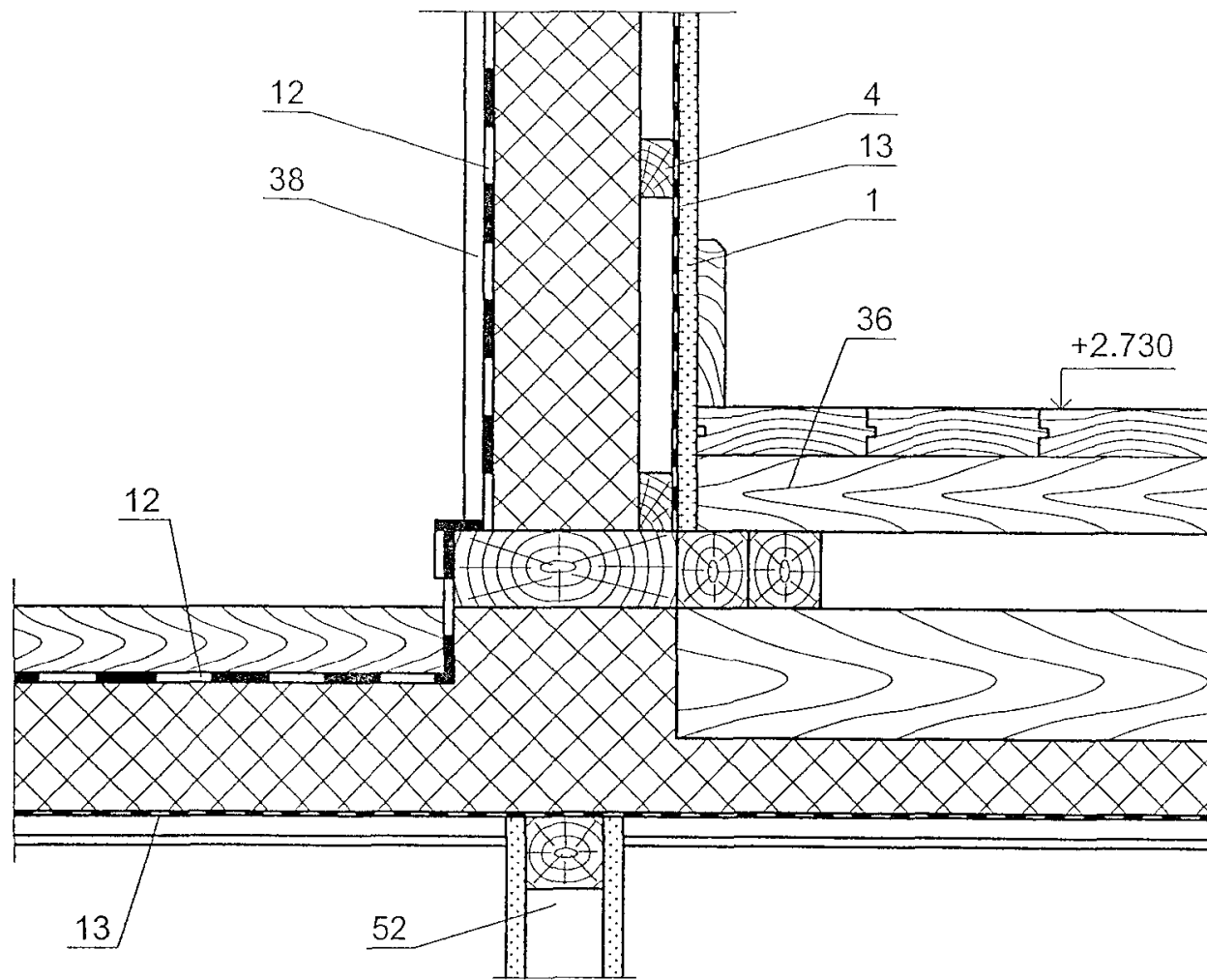
M24.13/05 — 4.13

8



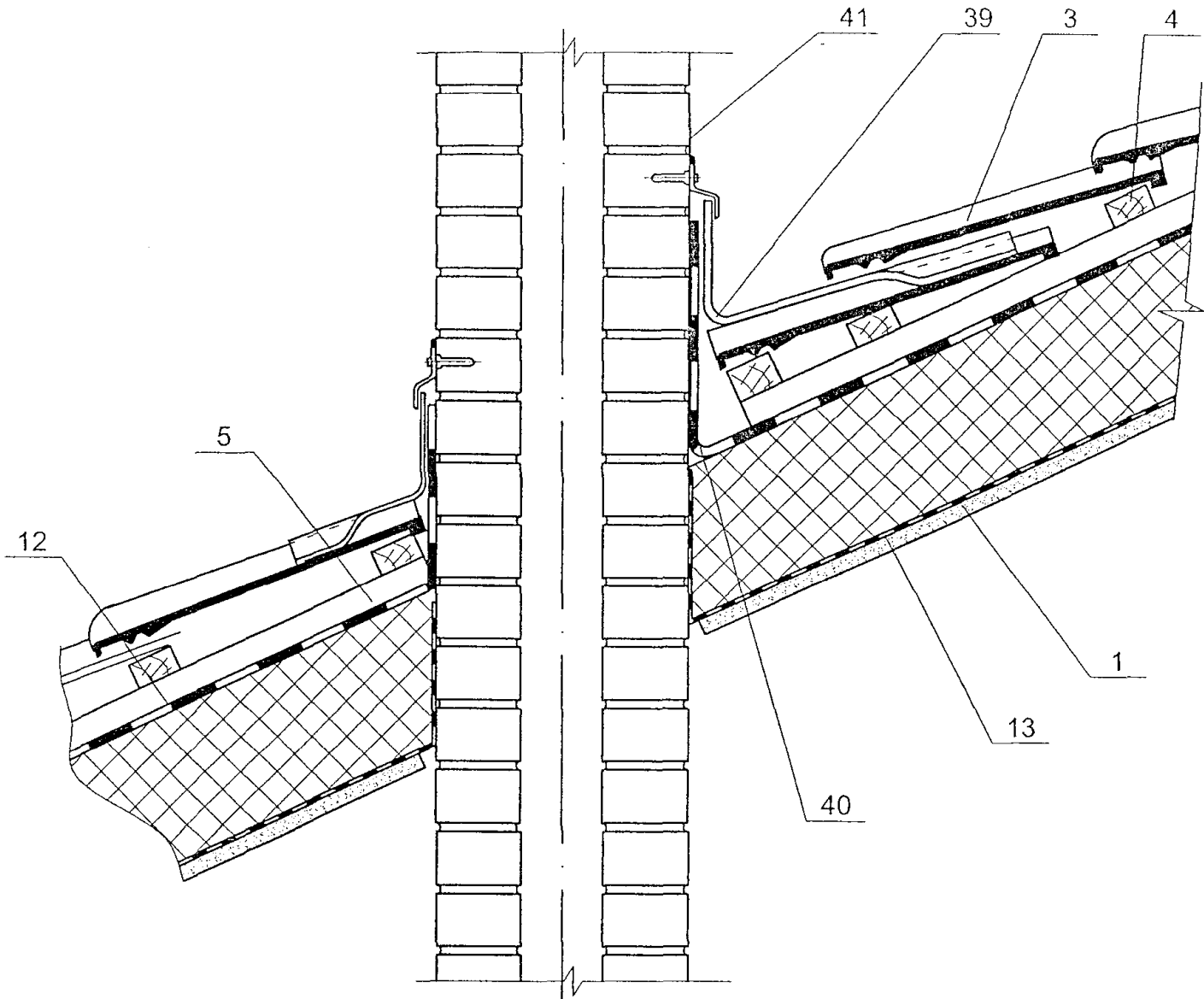
						М24.13/05 — 4.14	Лист
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		14

9



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

10



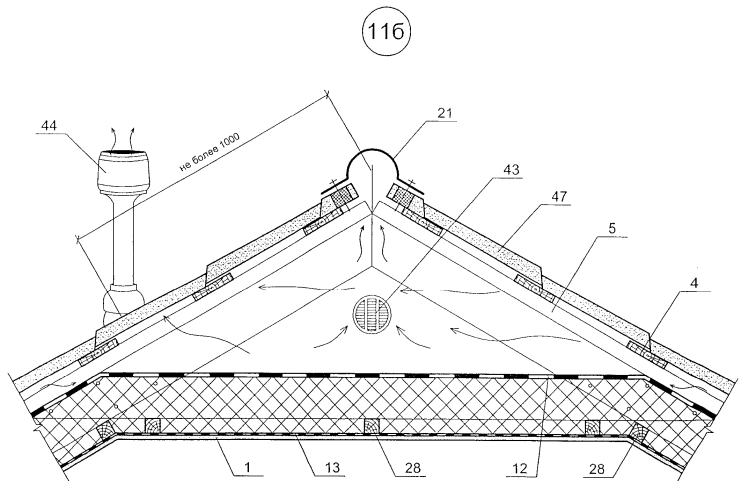
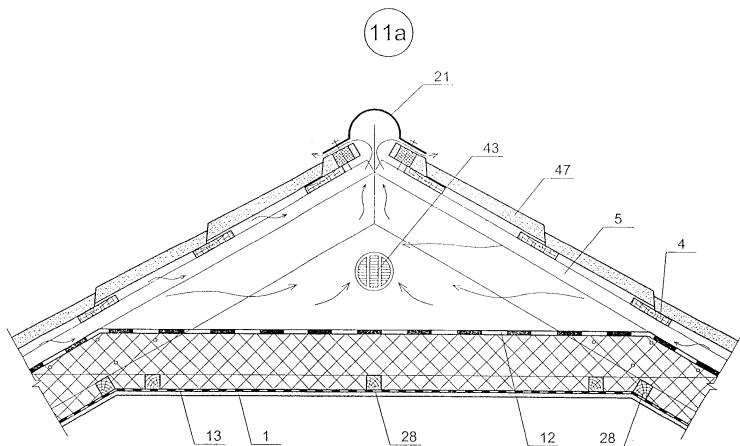
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

М24.13/05 — 4.16

Лист

16





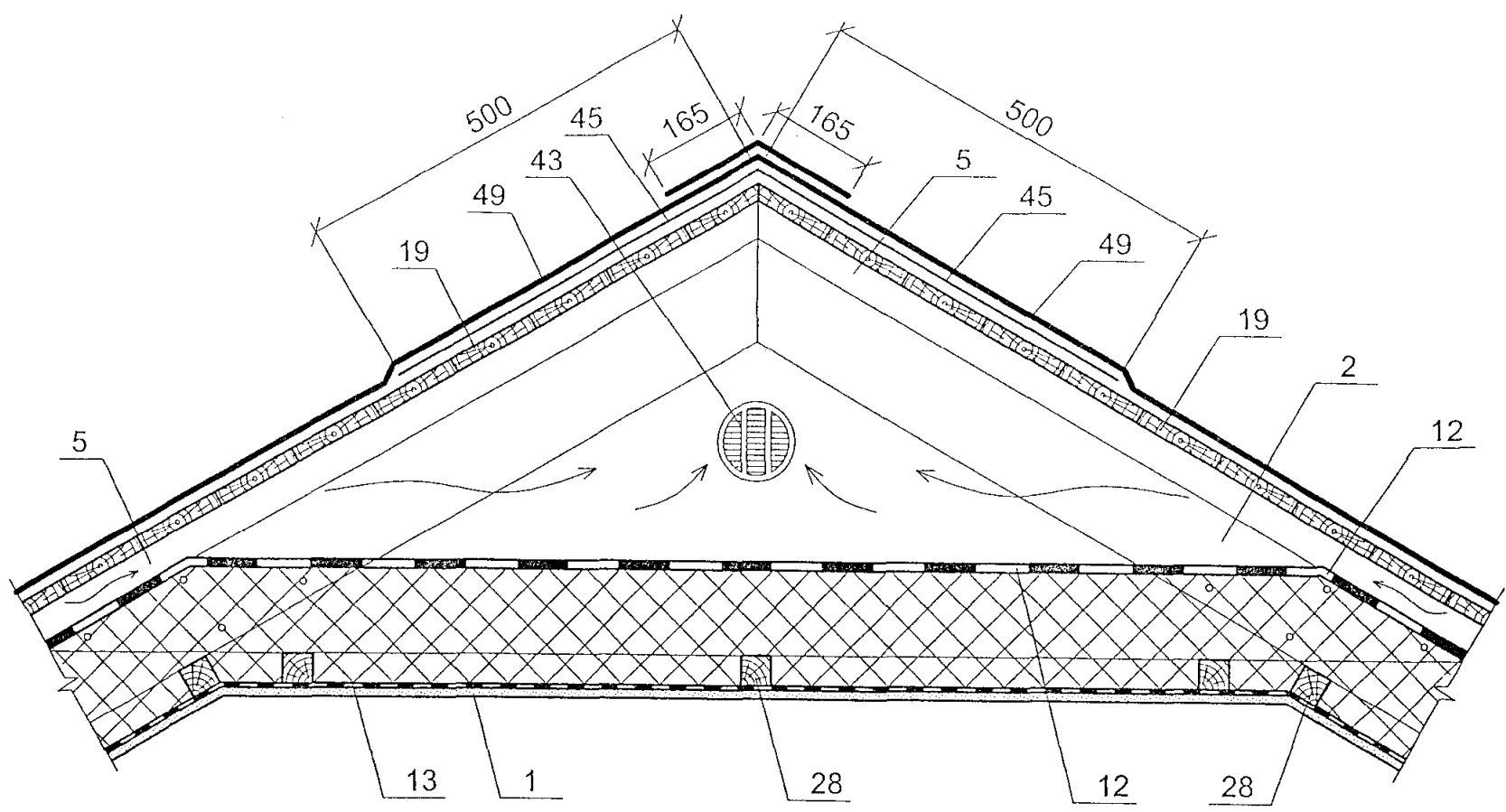
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

M24.13/05 — 4.17

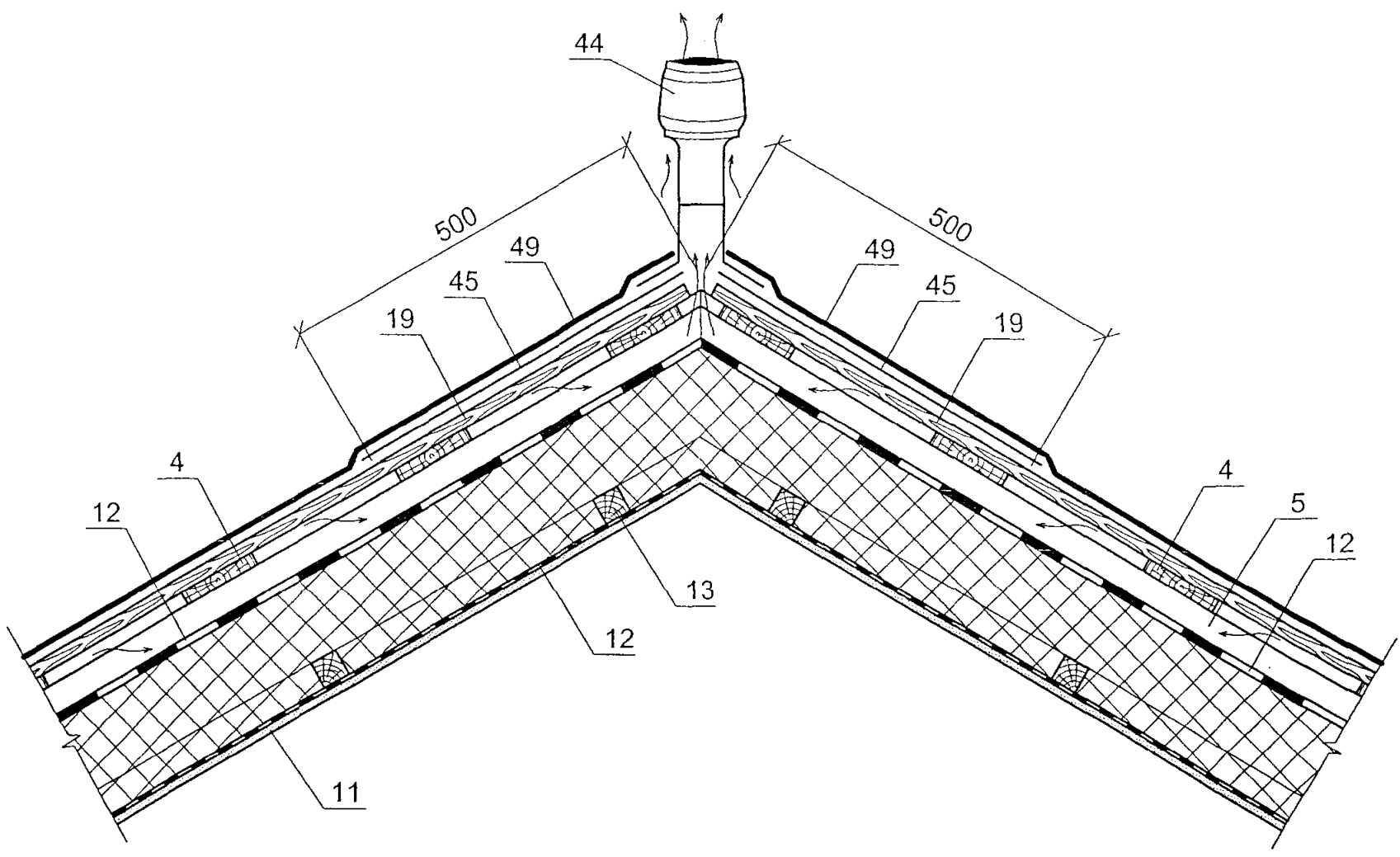
Лист

17

11В



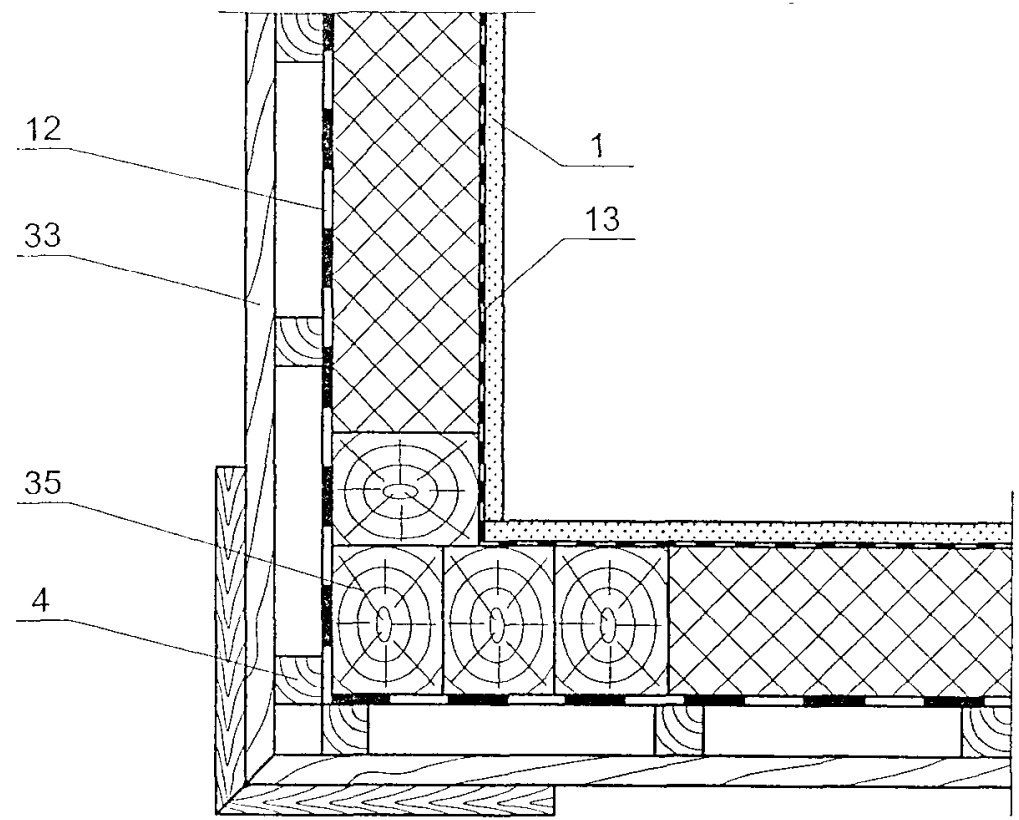
11Г



Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

M24.13/05 — 4.18

12



						М24.13/05 — 4.19	Лист
							19
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

## 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 паробразной 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  $2 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}/\text{мг}$  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  $R_{ym}$  определяют по формуле:

$$R_{ym} = R_{mp}^o - R_1 - \frac{1}{\alpha_g} - \frac{1}{\alpha_n} - 0,5 \cdot R_{в.п.} \quad (1)$$

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

$R_1$  - термическое сопротивление конструкционного слоя стены, ( $\text{м}^2 \cdot \text{°C}$ )/Вт;

$R_{e.n.}$  - 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  $1,75 \text{ мг/м}^2$  определяется по графикам (рис. 1; 2; 3).

При другом количестве кронштейнов на  $1 \text{ м}^2$  стены значения, полученные по графикам пересчитываются по формуле:

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

где:  $n_k$  - количество кронштейнов на  $1 \text{ м}^2$  стены;

$R_o$  - сопротивление теплопередаче стены по глади;

$R_o$  - сопротивление теплопередаче стены без учета воздушной прослойки, ( $\text{м}^2 \cdot \text{C}$ )/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  $-5 \text{ °C}$ .

$$R_{ym}^{pac} = \frac{t_a \cdot t_n}{t_a - (-5)} \cdot \left( R_1 + \frac{1}{\alpha_a} \right) - \left( R_1 + \frac{1}{\alpha_a} + \frac{1}{\alpha_{np}} \right) \quad (3)$$

где:  $\alpha_{np}$  - коэффициент теплоотдачи поверхности воздушной прослойки, принимаемый равным  $10,0 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ .

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  $\text{кг/м}^2$  определяется по формуле:

$$P_{\gamma} = H \cdot (\gamma_n - \gamma_{np}) \quad (5)$$

где:  $H$  - высота вентилируемой части стены, м;

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

Ориентировочно величину  $P_{\gamma}$  можно принять:

$$P_{\gamma} \approx 4 \cdot 10^{-3} \cdot (t_{cp} - t_n) \cdot H \quad (6)$$

где:  $t_{cp}$  - средняя температура воздуха в прослойке,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_n$  - температура наружного воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ .

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

$$t_{cp} = \frac{\frac{A \cdot H}{k_g + k_n} + \frac{[t_n \cdot (k_g + k_n) - A] \cdot W \cdot C}{(k_g + k_n)^2} \cdot \left[ 1 - \exp\left(-\frac{k_g + k_n}{W \cdot C} \cdot H\right) \right]}{H} \quad (7)$$

где:  $A = k_g \cdot t_g + k_n \cdot t_n$ ; (8)

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

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

$t_a$  и  $t_n$  - соответственно температура воздуха в помещении и наружного воздуха, °С;

$k_a$  и  $k_n$  - коэффициенты теплопередачи внутренней и наружной частей стены (от воздушной прослойки до воздуха помещений и от воздушной прослойки до наружного воздуха), Вт/(м<sup>2</sup>·°С);

$F$  - площадь сечения воздушной прослойки шириной 1 м, м<sup>2</sup>;

$C$  - 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:

$$t_x = \frac{A + [t_n \cdot (k_a + k_n) - A] \cdot \exp\left(-\frac{k_a + k_n}{W \cdot C} \cdot X\right)}{k_a + k_n} \quad (10)$$

При расчете  $k_a$  и  $k_n$  коэффициент теплообмена в воздушной прослойке  $\alpha_{np}$  находится по формуле:

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

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

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

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

Ветровое давление определяется по формуле:

$$P_e = (k_1 - k_2) \cdot k_3 \cdot \frac{V_e^2}{2 \cdot q} \cdot \gamma_{np} \quad (13)$$

где:  $V_e$  - 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,  $m/c^2$ .

Скорость воздуха в воздушной прослойке вычисляют по формуле:

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

где:  $\sum \xi$  – сумма аэродинамических местных сопротивлений течению воздуха:

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

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

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

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:

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

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  $0,8 t_n$  при  $\alpha_{np} = 10 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$ , 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:

$$e = \frac{A' + [e_n \cdot (\mu_s + \mu_n) - A'] \cdot \exp\left(-\frac{\mu_s + \mu_n}{W' \cdot \mu_n} \cdot H\right)}{\mu_s + \mu_n} \quad (19)$$

где:  $A' = \mu_s \cdot e_s + \mu_n \cdot e_n$ ; (20)

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

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

$e_s$  и  $e_n$  - соответственно упругость водяного пара воздуха помещения и наружного воздуха, Па;

$\mu_s$  и  $\mu_n$  - соответственно коэффициенты паропроницаемости внутренней и наружной части стены, мг/(м·ч·Па);

$H$  - высота вентилируемого участка стены, м;

$W'$  - количество воздуха, м<sup>3</sup>, проходящее через сечение воздушной прослойки площадью  $F$  за 1 ч.

Температура внутренней поверхности экрана у входа воздуха в прослойку,  $^{\circ}\text{С}$ , находим по формуле:

$$\tau_{np}^s = t_{np}^{cp} - \frac{(t_{np}^{cp} - t_n)}{k_n \cdot \alpha_{np}} \quad (23)$$

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

для  $t_3$  от  $0^\circ$  до  $+20^\circ\text{C}$

$$E = 610,6 \cdot \exp(0,0726 \cdot t_3 - 0,276 \cdot 10^{-3} \cdot t_3^2) \quad (23)$$

для  $t_3$  от  $0^\circ$  до  $-20^\circ\text{C}$

$$E = 610,6 \cdot \exp(0,082 \cdot t_3 - 0,35 \cdot 10^{-3} \cdot t_3^2) \quad (24)$$

для  $t_3$  от  $-21^\circ\text{C}$  до  $-45^\circ\text{C}$

$$E = 610,6 \cdot \exp(0,082 \cdot t_3 - 0,4335 \cdot 10^{-3} \cdot t_3^2) \quad (25)$$

При соблюдении условия  $e \leq E_v$  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:

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

где:  $c$  - теплоемкость воздуха, принимаемая равной  $0,001 \text{ Дж/кг}\cdot^\circ\text{C}$ ;

$R_o$  - сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции,  $(\text{м}^2\cdot^\circ\text{C})/\text{Вт}$ ;

$W$  - количество воздуха, которое будет проникать в ограждение при отсутствии ветрозащиты,  $\text{кг}/(\text{м}^2\cdot\text{ч})$ , определяемое по формуле:

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

где:  $\Delta P$  - разность давлений воздуха со стороны воздушной прослойки и помещения, Па;

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

Сопротивление воздухопроницанию материалов вычисляется по формуле:

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

где:  $\delta$  - толщина слоя, м;

$i$  - коэффициент воздухопроницаемости материала,  $\text{кг}/(\text{м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па})$ .

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

$$\Delta P = -7,84 \cdot \left[ \pm (\gamma_{np} - \gamma_a) \cdot H \pm (k_1 - k_2) \cdot k_3 \cdot \frac{(V_a \cdot n)^2 \cdot \gamma_{np}}{2 \cdot q} \right] \quad (29)$$

где:  $V_a$  - 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 несоответствие во времени расчетной скорости ветра и средней температуры воздуха в прослойке, принимаемый равным 0,6;

$\gamma_{np}$  - плотность воздуха в воздушной прослойке, кг/м<sup>3</sup>.

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

$$t_x = t_{np} + (t_a - t_{np}) \cdot \frac{e^{cW \cdot R_x - 1}}{e^{cW \cdot R_n - 1}} \quad (30)$$

где:  $t_{np}$  - 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  $\lambda_{yt} = 0,045$  (м·°С)/Вт. Ширина воздушной прослойки  $b = 0,05$  м. Экран – металлические кассеты с отбортовкой по 4-м сторонам. Количество кронштейнов 1,9 шт/м<sup>2</sup>, высота воздушной прослойки – 12 м. место строительства – г. Москва. Расчетные параметры воздуха  $t_n = -28$  °С,  $t_b = 18$  °С,  $\phi_{вн} = 55$  %.

1. Вычисляем ГСОП:

$$ГСОП = (t_a - t_{om.nep.}) \cdot Z_{om.nep.} = (18 + 3,1) \cdot 214 = 4515.$$

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

$$R_o^{mp} = 2,55 \cdot (м^2 \cdot °С)/Вт$$

3. Требуемое термическое сопротивление слоя теплоизоляции при коэффициенте теплотехнической однородности  $\gamma = 1$ .

$$R_{\text{зм}} = R_o^{\text{сп}} - R_{\text{кв}} - R_{\text{зм}} = \frac{1}{\alpha_o} - \frac{1}{\alpha_n} - 0,5 \cdot R_{\text{вн}} =$$

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

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

4. Определяем коэффициент теплотехнической однородности стены при кронштейнах массой до 0,7 кг и количестве их 1,9 на м<sup>2</sup>. Для этого по графику (рис. 1) находим  $\gamma' = 0,9$  (по интерполяции).

По формуле (2) вычисляем:

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

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

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

Тогда требуемая толщина теплоизоляции с учетом коэффициента теплотехнической однородности составит:

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

Определение скорости движения воздуха, температуры воздуха и коэффициента теплообмена в прослойке производим методом итерации при расчетной зимней температуре наиболее холодного месяца (января),  $t_{\text{н}} = -10,2 \text{ °C}$ .

На первом этапе итерации.

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

6. Определяем скорость движения воздуха в прослойке по формуле:

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

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

7. Вычисляем:

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

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

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

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

8. Находим:

$$A = k_e \cdot t_e + k_u \cdot t_u = 0,38 \cdot 18 + 7,14 \cdot (-10,2) = -65,9 \text{ Вт}/\text{м}^2$$

$$k_e + k_u = 0,38 + 7,14 = 7,52 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

9. Количество воздуха, проходящего через прослойку:

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

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

10. Средняя температура воздуха в прослойке:

$$t_{np}^{cp} = \frac{\frac{A \cdot H}{k_e + k_u} + \frac{[t_u \cdot (k_e + k_u) - A] \cdot W \cdot C}{(k_e + k_u)^2} \cdot \left[ 1 - \exp\left(-\frac{k_e + k_u \cdot H}{W \cdot C}\right) \right]}{H} =$$

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

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

На втором этапе итерации.

11. Определяем:

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

12. Находим:

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

13. Вычисляем:

$$W = 3600 \cdot 0,06 \cdot 0,29 \cdot 1,339 = 83,8 \text{ м}^3/\text{ч}$$

14. Значение:

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

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

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

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

15. Вычисляем:

$$R_o^e = (2,61 - 0,1) + 0,35 = 2,86 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$$

$$k_o = \frac{1}{2,86} = 0,35 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$$

$$R_o^u = (0,14 - 0,1) + 0,35 = 0,39 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$$

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

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

$$k_o + k_u = 0,35 + 2,56 = 2,91 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$$

16. Определяем:

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

На третьем этапе итерации.

17. Вычисляем:

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

18. Находим:

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

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

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

$$R_{np} = \frac{1}{3,1} = 0,32 \quad (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$$

$$R_o^e = (2,61 - 0,1) + 0,32 = 2,83 \quad (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$$

$$k_e = \frac{1}{2,83} = 0,35 \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

$$R_o^n = (0,14 - 0,1) + 0,32 = 0,36 \quad (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$$

$$k_n = \frac{1}{0,36} = 2,78 \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

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

$$k_e + k_n = 0,35 + 2,78 = 3,13 \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

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

На четвертом этапе итерации.

19. Вычисляем:

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

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

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

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

$$R_{np} = \frac{1}{3,0} = 0,33 \quad (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$$

$$R_o^e = (2,61 - 0,1) + 0,33 = 2,84 \quad (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$$

$$k_e = \frac{1}{2,84} = 0,35 \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

$$R_o^n = (0,14 - 0,1) + 0,33 = 0,37 \quad (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$$

$$k_n = \frac{1}{0,37} = 2,7 \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

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

$$k_e + k_n = 0,35 + 2,7 = 3,0 \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

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



$$t_{np}^{cp} = \frac{\frac{-21,2 \cdot 12}{3,0} + \frac{[3,0 \cdot (-10,2) + 21,2] \cdot 108 \cdot 1,005}{3,0^2}}{12} \cdot \left[ 1 - e^{\left( \frac{3,0 \cdot 12}{108 \cdot 1,005} \right)} \right] = -9,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

В этом случае скорость воздуха в прослойке:

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

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

$$t_{np}^{cp} = -9,7 \text{ } ^\circ\text{C}; V_{np} = 0,39 \text{ м/с}; \alpha_{np} = 3,0 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$$

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.

$$\mu_e = \frac{1}{\frac{\delta_{um}}{\mu_{um}} + \frac{\delta_{кл}}{\mu_{кл}} + \frac{\delta_{ym}}{\mu_{ym}}} = \frac{1}{\frac{0,025}{0,098} + \frac{0,51}{0,11} + \frac{0,08}{0,49}} = 0,197 \text{ мг/(м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}$$

22. При  $t_b = +1,8 \text{ } ^\circ\text{C}$  и  $\varphi = 55 \%$   $e_b = 2064 \cdot 0,55 = 1135 \text{ Па}$ ;

$t_n = -10,2 \text{ } ^\circ\text{C}$  и  $\varphi = 70 \%$   $e_n = 255 \cdot 0,7 = 178 \text{ Па}$ .

23. Вычисляем:

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

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

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

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

25. Находим:

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

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

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

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

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

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

$$\begin{aligned} E &= 610,6 \cdot \exp\left(0,082 \cdot t_s - 0,35 \cdot 10^{-3} \cdot t_s^2\right) = 610,6 \cdot e^{\left[0,082 \cdot (-9,6) - 0,35 \cdot 10^{-3} \cdot (-9,6)^2\right]} = \\ &= 610,6 \cdot e^{\left[-0,787 - 0,032\right]} = 610,6 \cdot e^{-0,82} = \frac{610,6}{2,27050} = 269 \text{ Па} \end{aligned}$$

29. Так как  $e = 202 \text{ Па} < E = 269 \text{ Па}$  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  $V_b = 5 \text{ м/с}$ , высоте здания – 14 м, ширине – 14 м, длине – 30 м.

1. При

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

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

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

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

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:

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

5. Вычисляем:

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

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

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

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

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:

$$\begin{aligned} \tau_x^a &= -9,7 + (18 + 9,7) \cdot \frac{e^{1,005 \cdot 0,55 \cdot 1,78} - 1}{e^{1,005 \cdot 0,55 \cdot 2,84} - 1} = -9,7 + 27,7 \cdot \frac{e^{0,10} - 1}{e^{0,16} - 1} = \\ &= -9,7 + 27,7 \cdot \frac{1,10517 - 1}{1,17351 - 1} = 7,1 \quad ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

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

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

10. Температура наружной поверхности теплоизоляции:

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

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:

$$\begin{aligned} \frac{13,9}{R_{ym}^{o.s.}} &= \frac{17,8}{R_{ym}^{n.s.}}; \quad \frac{13,9 \cdot \lambda_{ym}^{o.s.}}{\delta_{ym}} = \frac{17,8 \cdot \lambda_{ym}}{\delta_{ym}} \\ \lambda_{ym}^{o.s.} &= \frac{17,8 \cdot 0,08}{13,9} = 0,102 \quad \text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C}) \end{aligned}$$

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:

$$\Delta P_t = l \cdot \sin \alpha \cdot (\gamma_n - \gamma_{np})$$

где:  $l$  - длина ската кровли;

$\alpha$  - 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:

$$t_x = \frac{A + [t_n \cdot (k_g + k_n) - A] \cdot \exp\left(-\frac{k_g + k_n}{W \cdot c} \cdot l_x \cdot \sin \alpha\right)}{k_g + k_n} \quad (31)$$

где:  $A = k_g \cdot t_g + k_n \cdot t_n$  ;

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

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

$t_g$  и  $t_n$  - соответственно температура воздуха в помещении и наружного воздуха, °С;

$k_g$  и  $k_n$  - соответственно коэффициенты теплопередачи части конструкции покрытия от воздушной прослойки до воздуха помещения и от воздушной прослойки до наружного воздуха, Вт/(м<sup>2</sup>·°С);

$F$  - площадь сечения воздушной прослойки, м<sup>2</sup>;

$c$  - удельная теплопроводность воздуха при значениях  $k_g$  и  $k_n$  в кВт/(м<sup>2</sup>·°С) равная 1005 Дж/(кг·°С), при значениях  $k_g$  и  $k_n$  в Вт/(м<sup>2</sup>·°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):

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

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:

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

Скорость движения воздуха в прослойке вычисляется по формуле:

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

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

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

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

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

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  $0,8 t_n$ , а коэффициент теплообмена  $\alpha_{np} = 10$  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:

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

где:  $A' = \mu_a \cdot e_a + \mu_n \cdot e_n$ ; (20)

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

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

$e_a$  и  $e_n$  - соответственно упругость водяного пара воздуха помещения и наружного воздуха, Па;

$\mu_a$  и  $\mu_n$  - соответственно коэффициенты паропроницаемости 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;

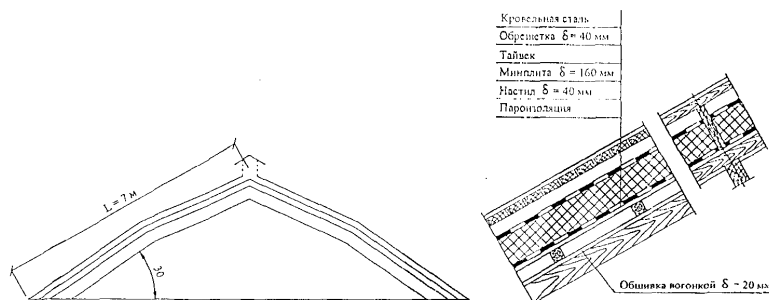
$W'$  - количество воздуха, м<sup>3</sup>, проходящее через сечение воздушной прослойки площадью сечения  $F$  за 1 ч.

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

$$t_{кр}^a = t_{np}^{cp} - \frac{(t_{np}^{cp} - t_n)}{k_n \cdot \alpha_{np}} \quad (23)$$

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

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  $t_{н} = -10^{\circ}\text{C}$ .



### Конструктивное решение покрытия мансарды

1. В соответствии со СНиП 23-02-2003 требуемое сопротивление теплопередаче покрытия составляет  $R_o^{тp} = 4,2 \cdot (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$

2. Определяем требуемую толщину теплоизоляции из минплиты с  $\lambda_{ym} = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$

$$R_o = \frac{1}{\alpha_e} + \frac{\delta_{об}}{\lambda_{\delta}} + \frac{\delta_{ym}}{\lambda_{ym}} + \frac{\delta_n}{\lambda_{\delta}} + R_{e.n.} + \frac{\delta_{об}}{\lambda_{\delta}} + \frac{1}{\alpha_n} =$$

$$= 0,115 + \frac{0,04}{0,14} + \frac{\delta_{ym}}{0,045} + \frac{0,04}{0,14} + 0,14 + \frac{0,02}{0,14} + 0,04 = 1,01 \quad (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$$

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

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

$$R_o^e = \frac{1}{\alpha_e} + \frac{\delta_{ym}}{\lambda_{ym}} + \frac{\delta_n}{\lambda_{\delta}} + R_{e.n.} + \frac{\delta_{об}}{\lambda_{\delta}} + \frac{1}{\alpha_n} =$$

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

где:  $\alpha_n = 12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$  – коэффициент теплоотдачи для чердачных перекрытий.

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

$$R_o^n = \frac{1}{\alpha_n^{в.н.}} + \frac{\delta_{об}}{\lambda_{\delta}} + \frac{1}{\alpha_{np}} = 0,1 + \frac{0,04}{0,14} + 0,04 = 0,425 \cdot (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$$

5. Коэффициенты теплопередаче нижней и верхней части конструкции покрытия:

$$k_g = \frac{1}{3,973} = 0,251 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$$

$$k_n = \frac{1}{0,425} = 2,35 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$$

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

7. Плотность наружного воздуха и воздуха в воздушной прослойке:

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

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

8. Скорость движения воздуха в прослойке:

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

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

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

$$F_{np} = 0,04 \cdot 1 = 0,04 \text{ м}^2$$

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

10. Находим:

$$A = k_g \cdot t_g + k_n \cdot t_n = 0,251 \cdot 20 - 2,35 \cdot 10 = 18,48 \text{ Вт/м}^2$$

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

$$\begin{aligned} t_x &= \frac{A + [t_n \cdot (k_g + k_n) - A] \cdot \exp \left( -\frac{k_g + k_n}{W \cdot c} \cdot l_x \cdot \sin \alpha \right)}{k_g + k_n} = \\ &= \frac{-18,48 + [-10(0,251 + 2,35) + 18,48] \cdot e^{-\frac{(0,251 + 2,35) \cdot x}{71 \cdot 1,005}}}{0,251 + 2,35} = \\ &= \frac{-18,48 - 7,52 \cdot e^{-0,018 \cdot x}}{2,6} \end{aligned}$$

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



$$K = \frac{t_a - t_x}{t_a - t_n} \cdot k_n$$

Так как  $x = l_{np} \cdot \sin \alpha$ , 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, $t_x$ , °C				Расчет «К»	
		$0,018 \cdot x$	$e^{-0,018 \cdot x}$	$-7,52 \cdot e^{-0,018 \cdot x}$	$t_x$	$t_a - t_x$	$K, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
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

$$t_{cp} = -9,8 \text{ °C}$$

$$K_{cp} = 0,249$$

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

$$\delta_{ym}^{don} = 0,2 \cdot 0,05 = 0,01 \text{ м}$$

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

На первом этапе итерации.

15. Для  $t_{np} = 0,8 \cdot t_n = -8 \text{ °C}$  и  $\gamma_{np} = 1,332 \text{ кг}/\text{м}^3$

$$V = 0,37 \text{ м}/\text{с} \text{ и } W = 71 \text{ кг}/\text{ч}$$

Вычисляем среднюю температуру воздуха в прослойке по формуле:

$$t_{cp}^{a.n.} = \frac{\frac{A \cdot l \cdot \sin \alpha}{k_a + k_n} + \frac{[t_n \cdot (k_a + k_n) - A] \cdot W \cdot C}{(k_a + k_n)^2}}{l \cdot \sin \alpha} \cdot \left[ 1 - \exp \left( - \frac{k_a + k_n}{W \cdot C} \cdot l \cdot \sin \alpha \right) \right] =$$

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

На втором этапе итерации.

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

17. Скорость воздуха в прослойке:

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

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

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

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

$$\begin{aligned} \alpha_{np} &= [2,7 + 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot (-9,8)] \cdot \left( \frac{0,12 \cdot 1,341}{0,226} \right)^{0,2} = \text{Вт/м}^2 \cdot \text{°C} \\ &= 2,685 \cdot 0,71^{0,2} = 2,685 \cdot 0,93 = 2,5 \end{aligned}$$

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

19. Вычисляем:

$$R_o^u = (0,425 - 0,1) + 0,4 = 0,725 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт} \quad k_s = \frac{1}{4,27} = 0,23 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$$

$$R_o^e = (3,973 - 0,1) + 0,4 = 4,27 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт} \quad k_n = \frac{1}{0,725} = 1,38 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$$

$$k_s + k_n = 0,23 + 1,38 = 1,61 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$$

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

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

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

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

На третьем этапе итерации.

22. При этой температуре воздуха в прослойке определяем:

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

23. Скорость воздуха:

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

24. Вычисляем:

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

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

25. Определяем:

$$R_o^u = (0,425 - 0,1) + 0,37 = 0,695 \cdot (\text{м}^2 \cdot \text{°C)/Вт} \quad k_a = \frac{1}{0,695} = 1,44 \cdot \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$$

$$R_o^e = (3,973 - 0,1) + 0,37 = 4,24 \cdot (\text{м}^2 \cdot \text{°C)/Вт} \quad k_n = \frac{1}{4,24} = 0,235 \cdot \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$$

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

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

$$k_a + k_n = 1,44 + 0,235 = 1,675 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$$

26. Вычисляем среднюю температуру воздуха в прослойке:

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

27. Проверяем значение скорости воздуха в воздушной прослойке:

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

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

$$\underline{V_{np} = 0,165 \text{ м/с};} \quad \alpha_{np} = 2,67 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}; \quad t_{np}^{cp} = -9,6 \text{ °C}$$

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 « $\alpha_{np}$ » в зависимости от скорости и температуры воздуха в ней.

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

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

$$\mu_s = \frac{1}{\frac{\delta_{\delta}^{обц}}{\mu_{\delta}} + \frac{\delta_{\delta}^{нас}}{\mu_{\delta}} + \frac{\delta_{ym}}{\mu_{ym}} + R_n} = \frac{1}{\frac{0,04}{0,32} + \frac{0,04}{0,32} + \frac{0,16}{0,56} + 1,1} = 0,61 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па})$$

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

$$29. \mu_n = \frac{1}{\frac{\delta_{\delta}^{обц}}{\mu_{\delta}}} = \frac{1}{\frac{0,04}{0,32}} = 8 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па})$$

30. При  $t_b = +20 \text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $\varphi = 50\%$   $e_b = 2338 \cdot 0,5 = 1169 \text{ Па}$ ;

$t_n = -10 \text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $\varphi = 70\%$   $e_n = 260 \cdot 0,7 = 182 \text{ Па}$ .

31. Вычисляем:

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

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

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

$$t_x = \frac{A + [t_n \cdot (k_s + k_n) - A] \cdot \exp\left(-\frac{k_s + k_n}{W \cdot C} \cdot x\right)}{k_s + k_n} =$$

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

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:

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

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

$$E = 610,6 \cdot \exp(0,082 \cdot t_3 - 0,35 \cdot 10^{-3} \cdot t_3^2) = 610,6 \cdot e^{[0,082 \cdot (-9,5) - 0,35 \cdot 10^{-3} \cdot (-9,5)^2]} = \\ = 610,6 \cdot e^{[-0,779 - 0,032]} = 610,6 \cdot e^{-0,81} = \frac{610,6}{2,24791} = 271 \text{ Па}$$

37. При  $\epsilon = 231 \text{ Па} < E = 271 \text{ Па}$  конденсация влаги на внутренней поверхности кровли из листовой стали отсутствует.

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

$$R_n^{np} = \frac{0,04}{0,101} = 0,039 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}/\text{кг}$$

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

$$\tau_1 = 20 - 4,24 \cdot \frac{20 + 10}{4,92} = -5,8 \text{ }^\circ\text{C}$$

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

$$\tau_{cp}^{np} = \frac{-5,8 + (-6,6)}{2} = -6,2 \text{ }^\circ\text{C}$$

Упругость водяного пара при  $\tau_{cp}^{np} = -6,2 \text{ }^\circ\text{C}$  равна  $E = 363 \text{ Па}$ .

40. Количество пара, поступающего к зоне конденсации:

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

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

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