

**Государственный дорожный научно-
исследовательский институт
ФГУП «СОЮЗДОРНИИ»**

РУКОВОДСТВО

**ПО УКРЕПЛЕНИЮ КОНУСОВ И
ОТКОСОВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ
МАТЕРИАЛОВ И
МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СЕТОК**

Москва 2002

**Государственный дорожный научно-
исследовательский институт
ФГУП «СОЮЗДОРНИИ»**

**РУКОВОДСТВО
ПО УКРЕПЛЕНИЮ КОНУСОВ
И ОТКОСОВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ
И МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СЕТОК**

Москва 2002

УДК 625.731.2:624.137

РУКОВОДСТВО ПО УКРЕПЛЕНИЮ КОНУСОВ И ОТКОСОВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ И МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СЕТОК. Союздорнии. М., 2002.

Предназначено для использования при выборе и назначении конструкций укрепления конусов и откосов земляного полотна автомобильных дорог с использованием геосинтетических материалов и металлических сеток, а также для оптимизации технологии укрепительных работ.

Приведены результаты исследований по рациональному применению конструкций укрепления с учётом характера развития деформаций, связанных с нарушением общей и местной устойчивости.

Обобщён опыт выполнения укрепительных работ с использованием геопластики, геосинтетических материалов и металлических сеток.

Разработано на основе анализа отечественного и зарубежного опыта.

Установлены основные недостатки традиционных для дорожного строительства типов укрепления.

Табл.6, рис.20.

© Государственный дорожный научно-исследовательский институт
ФГУП "Союздорнии" 2002.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее Руководство разработано в связи с появлением в последние годы различных геосинтетических материалов на основе анализа отечественного и зарубежного опыта их применения при возведении земляного полотна автомобильных дорог.

Такие материалы и технологии работ с их использованием имеют несомненные преимущества при закреплении грунтов земляного полотна по сравнению с традиционными для дорожного строительства типами укрепления: посев трав по растительному грунту, индустриальные конструкции из сборных бетонных и железобетонных элементов, монолитные покрытия и др.

Новые технологии и материалы заметно сокращают срок образования устойчивого дернового покрова и период закрепления поверхностных слоев откосов. Значительно снижаются материало- и трудоемкость укрепительных работ и повышается эксплуатационная надежность сооружений. Кроме того, к минимуму сведены нарушения экологии местности, прилегающей к автомобильной дороге.

Положения Руководства базируются, прежде всего, на результатах исследований в области рационального применения рассматриваемых конструкций укрепления с учетом характера развития деформаций, связанных с нарушениями местной устойчивости (эрозионных деформаций, сплывов, оплывин и т.п.), а также общей устойчивости.

Адаптирован зарубежный опыт конструктивных и технологических решений различных типов укреплений с применением геосинтетических материалов при укреплении конусов и откосов земляного полотна на автомобильных дорогах в различных климатических регионах России.

При обобщении опыта выполнения укрепительных работ было учтено использование и металлических элементов.

Конструктивные решения с применением новых материалов были с успехом применены на Московской кольцевой автомобильной дороге, МКАД — Кашира, на дорогах Москвы, автомобильной дороге «Крым» (обход г. Тула), на Осташиковском шоссе, подъезде к аэропорту «Шереметьево» и др.

Авторский коллектив лаборатории земляного полотна, песчаника и геосинтетических материалов Союздорнии (И. М. Лысов,

Ю.А. Аливер, Г.Б. Гершман, В.Н. Губанова) после критического рассмотрения накопленного опыта в данной области представил различные технически и экономически обоснованные решения для практического использования специалистами-дорожниками при проектировании и строительстве объектов.

Их применение послужит прогрессу в дорожной отрасли, повысит надежность и долговечность дорожных конструкций.

Замечания и предложения по настоящей работе просьба направлять по адресу:

✉ 143900, Московская обл., г. Балашиха-6, ш. Энтузиастов, 79.

Генеральный директор
ФГУП «Союздорнии»



В.М. Юмашев

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящее Руководство предназначено для использования при выборе и назначении конструкций укрепления конусов и откосов земляного полотна автомобильных дорог с применением геосинтетических материалов и металлических сеток, а также для оптимизации технологии производства укрепительных работ.

1.2. При выполнении проектных и строительно-монтажных работ на основе решений, изложенных в Руководстве, следует соблюдать требования действующих нормативных документов: СНиП 2.05.02-85 «Автомобильные дороги. Нормы проектирования», СНиП 3.06.03-86 «Автомобильные дороги. Организация, производство и приемка работ», «Методических рекомендаций по применению габионных конструкций в дорожно-мостовом строительстве» (Союздорпроект, 1999), ГОСТ Р5128-99 «Сетки проволочные крученые с шестиугольными ячейками для габионных конструкций. Технические условия».

1.3. Проектная документация, составляемая на основе настоящего Руководства, а также проект производства работ должны быть представлены в полном объеме. В случае замены существующих проектных решений, например монолитных бетонных или сборных типов укрепления с применением геосинтетических материалов, необходимо ввести соответствующие изменения в документацию и согласовать их с заказчиком, проектной и эксплуатационной организациями.

1.4. Исходное сырье для синтетических материалов и металлических сеток должно соответствовать требованиям к геопластикам, геосинтетическим материалам и металлам, используемым в мировой практике для дорожного строительства. На каждую партию материала следует представить технические условия, технические требования, сертификат качества.

1.5. Применяемые материалы не должны нарушать экологию местности, прилегающей к откосной части дороги. На каждую партию материала необходимо представить гигиенический сертификат.

1.6. Выбор синтетических материалов и металлических элементов для проведения укрепительных работ осуществляют на основе технико-экономического обоснования, включающего такие характеристики материала как прочность на растяжение, эластичность, усилие продавливания, длительная прочность, коэффициент трения системы грунт-материал, коэффициент фильтрации, коррозионная стойкость металлических изделий и т.д. Выбор осуществляется по схеме. иде.итичное качество - низкая цена.

1.7. При заключении контракта на поставку геосинтетических материалов рекомендуется предусмотреть предварительную поставку их образцов для проведения специализированными организациями (например, Союздорнии) контрольных испытаний соответствия механических и экологических характеристик материала техническим условиям, требованиям и сертификату качества.

1.8. Конструкции укрепления конусов и откосов с использованием геосинтетических материалов и металлических элементов предназначены для усиления местной устойчивости грунтовых поверхностей: защиты от эрозионных деформаций, сплывов, оплывин, а в некоторых случаях для обеспечения общей устойчивости в комплексе, например с армогрунтовыми сооружениями.

2. КОНСТРУКЦИИ УКРЕПЛЕНИЯ

2.1. В настоящем Руководстве представлены конструкции, апробированные на объектах дорожного строительства, с использованием следующих материалов:

- волоконных матов с посевом трав;
- объемных пластиковых решеток;
- рулонных синтетических материалов;
- габионов из рулонных синтетических материалов или металлических сеток;
- различных комбинаций указанных материалов в конструкциях

2.2. Конструкция укрепления в зависимости от конкретных условий должна обеспечивать в комплексе с капитальными решениями и другими мероприятиями местную устойчивость, а также общую путём облицовки поверхности откоса в течение всего срока службы при заданных условиях эксплуатации дороги и удовлетворять эстетическим требованиям.

2.3. При выборе типа конструкции укрепления следует учитывать:

- физико-механические свойства грунтов, слагающих откос или конус;
- погоднo-климатические факторы региона строительства;
- гидрологический режим подтопления (для подтопляемых откосов), а также гидрогеологический режим;
- высоту насыпи (глубину выемки);
- крутизну откоса;
- возможность использовать местные строительные материалы для проведения укрепительных работ (например, для заполнения ячеек георешеток).

2.4. Окончательный вариант конструкции укрепления выбирается с учетом геометрии укрепляемого конуса (откоса) и технико-экономического сопоставления с альтернативными вариантами, предусматривающими применение традиционных материалов, геосинтетических материалов или металлических сеток, стоимостных характеристик, эксплуатационных затрат, долговечности сооружения и экологичности применяемых материалов, ремонтпригодности конструкции, затрат на сооружение укрепления и т.д.

2.5. *Волоконные маты.* Конструкции укрепления с использованием волоконных матов, например типа *Енкамат*, применяются для обеспечения местной устойчивости конусов (откосов), в основном для защиты от эрозионных процессов и состоят из следующих элементов (рис.1):

- уплотненного поверхностного слоя грунта откоса или конуса (1);
- волоконного мата толщиной 1-3 см (2);
- анкеров, как правило, в виде деревянных кольшков длиной 20-40 см;
- растительного грунта с семенами трав.

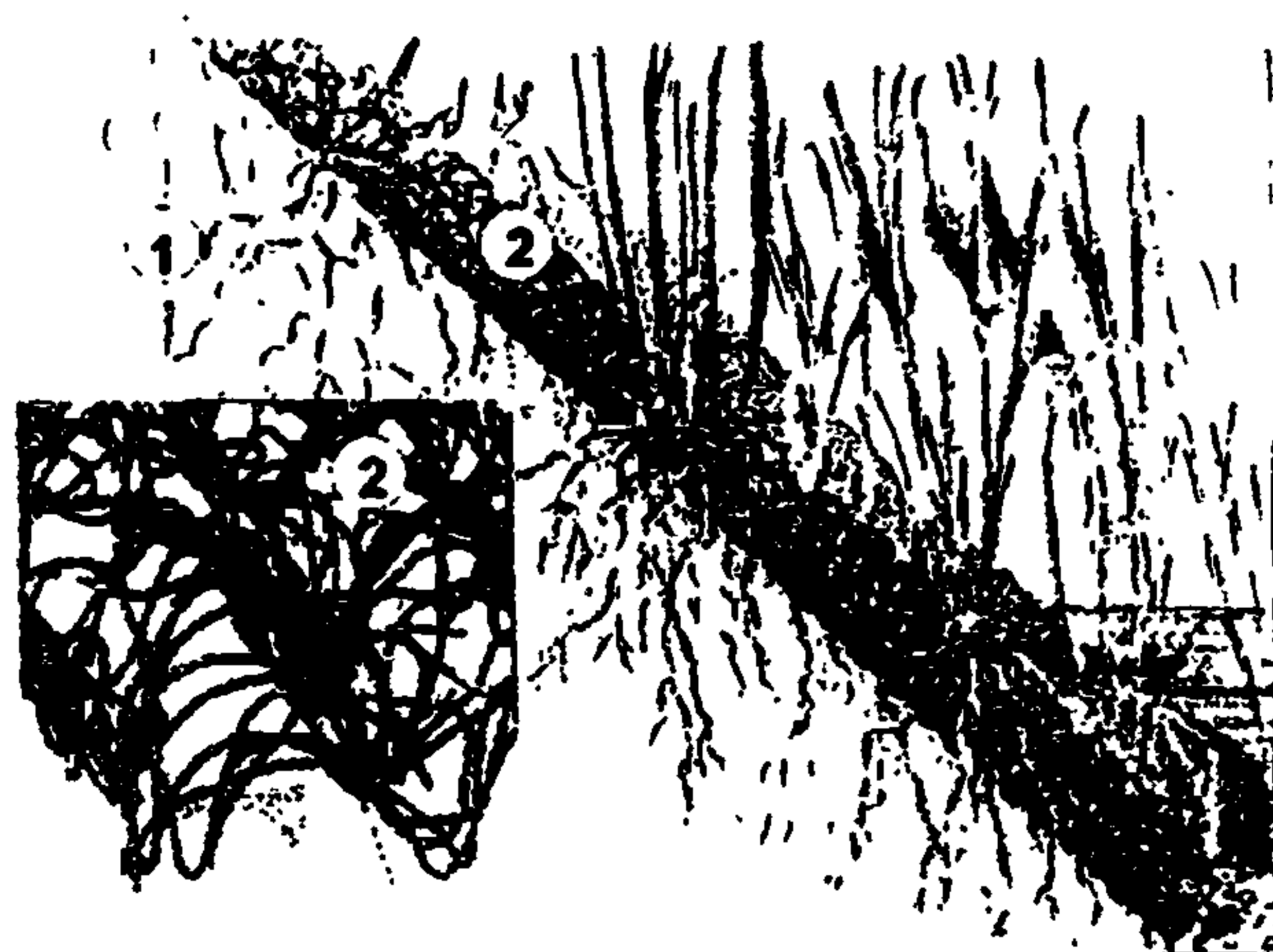


Рис.1. Конструкция укрепления откоса волоконными матами ,

Волоконный мат типа *Енкамат* представляет собой объемную структуру, выполненную из переплетенных неупорядоченных волокон (рис.2). Мат заполняется растительным грунтом с посевом семян трав и служит для защиты от эрозии, вымывания растительного грунта и се-

мян трав Допускается применять волоконные маты на поверхности конуса (откоса) без засыпки растительным грунтом.

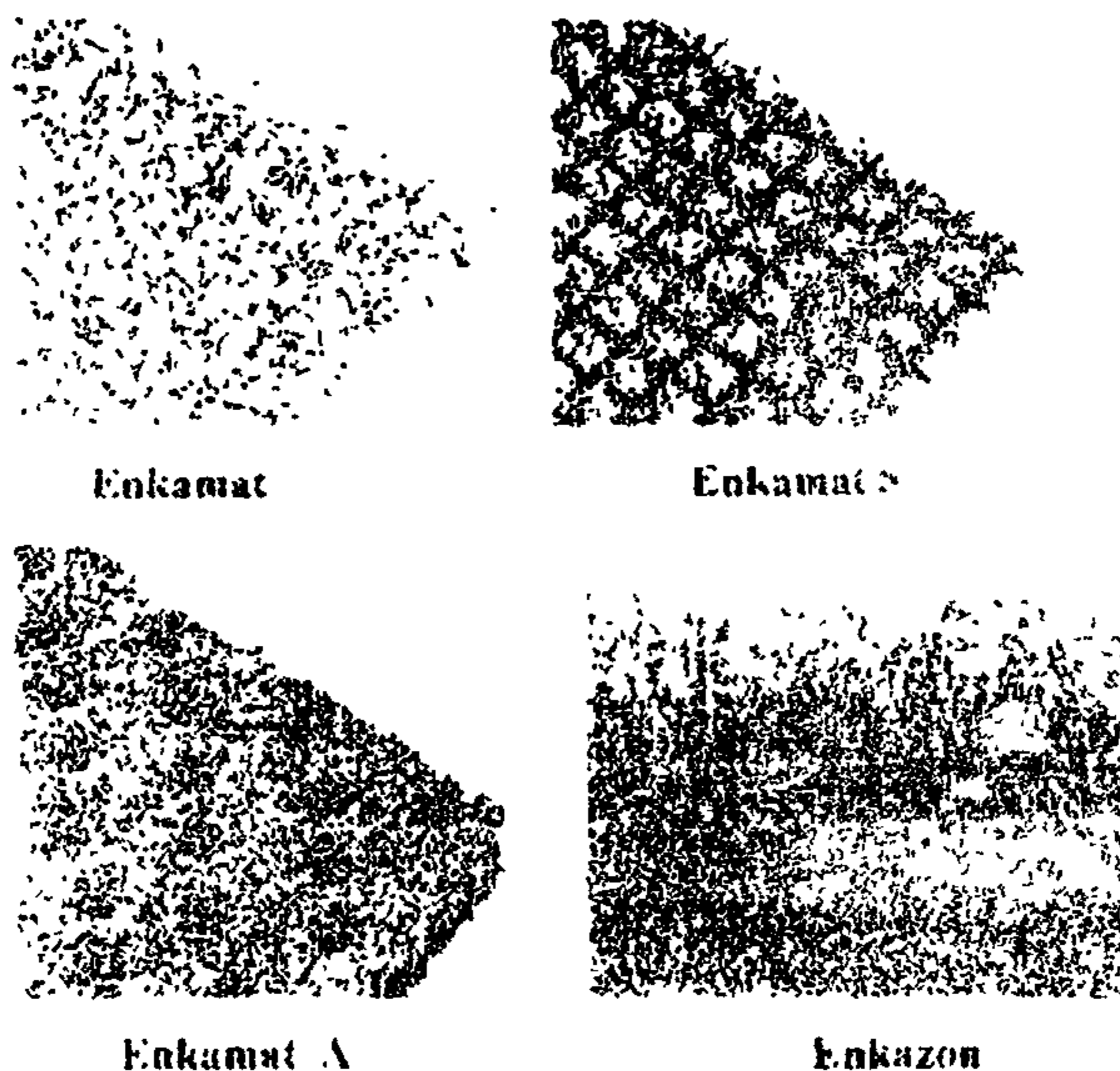


Рис. 2. Типы волоконных матов

Материал типа **Enkammat** изготавливается из полиамидных волокон и имеет следующие технические характеристики: плотность - 25 кг/м^2 ; прочность на растяжение в продольном направлении - $1,5-3,0 \text{ кН/м}$; соединение волокон в местах пересечения - сплавление; высокая сопротивляемость погодным условиям и солнечной радиации благодаря стабилизаторам; высокая химическая стойкость к грунтовой агрессии; термическая стойкость - от минус 30 до 100°C .

Геометрические параметры и масса волоконных матов приведены в табл.1.

На основе материала типа **Enkammat** изготавливаются следующие композиты (см. рис.2):

- **Enkammat S** - мат **Enkammat**, жестко скрепленный с армирующей плоской георешеткой из полиэфира, благодаря чему прочность мата увеличивается до 110 кН/м .

- **Enkammat A** - геокompозит из мата **Enkammat**, заполненного минеральным фильтром (например, из щебня), частицы которого связаны

друг с другом и с волокнами мата битумом. Обладает хорошей гибкостью и проницаем для воды и корней растений.

• **Епказон** - дерн, выращенный на мате **Епкамат** в оптимальных для образования травяного покрова условиях, что обеспечивает мгновенную зелёную защиту откоса. Производится только по специальному заказу.

Номенклатура, типоразмеры, масса и некоторые другие характеристики таких композитов приведены в табл.1.

Таблица 1

Тип	Толщина, мм	Ширина, м	Длина, м	Площадь в рулоне, м ²	Масса, кг	Прочность на растяжение, кН/м
Епкамат открытой структуры						
7010/1	10	1,00	150	150,0	40	-
7010/2	10	1,95	150	292,5	83	-
7010/4	10	3,85	150	577,5	165	-
7010/6	10	5,75	150	862,5	248	-
7020/1	20	1,00	100	100,0	41	-
7020/2	20	1,95	100	195,0	85	-
7020/4	20	3,85	50	192,5	89	-
7020/6	20	5,75	100	575,0	254	-
Епкамат с плоской задней поверхностью						
7220/1	18	1,00	60	60	25	-
7220/2	18	1,95	60	117	53	-
7220/4	18	3,85	60	231	105	-
7220/6	18	5,75	60	345	158	-
Епкамат S						
S20/1	15	1,00	100	100	48	20
S20/3	15	2,90	100	290	149	20
S55/1	17	1,00	100	100	78	55
S55/3	17	2,90	100	290	241	55
S110/1	18	1,00	50	50	58	110
S110/3	18	2,90	50	140	1812	110
Епкамат А А 20/5*)	-	4,80	20	96	2400	-
Епказон 10 на мате типа Епкамат 7010*)	-	1,00	5-20	5-20	-	-

*) Приведённая масса составляет соответственно 20 и 23-35 кг/м².

Примечание. Указанные размеры могут незначительно варьироваться.

2.6. Объёмные георешетки. Конструкции с ними представляют собой более мощные по сравнению с волоконными матами композиции на основе гибких компактных модулей, состоящих из полиэтиленовых лент (или изготовленных из полиэфирных волокон), скрепленных металлическими «скрепками» или сшивкой механическим степлером. Площадь одного модуля в зависимости от типа объёмной решётки может достигать до 150 м².

Предназначены для укрепления конусов путепроводов и малых мостов, откосов насыпей в условиях, когда травосеяние неэффективно или невозможно (например, в I дорожно-климатической зоне), откосов водоотводных канав и в других аналогичных случаях.

2.7. Конструкция укрепления с использованием модулей объёмных георешеток проста и технологична. Она позволяет изменять в широком диапазоне размеры ячеек и объём, а также материал для заполнения.

2.8. Объёмные пластиковые георешетки из полиэтиленовых лент. В общем случае конструкция такого типа укрепления состоит из следующих элементов (рис 3):

- разделительной и (или) дренирующей прослойки из рулонного геосинтетического нетканого материала (2), уложенной на уплотненный слой грунта (1);
- объёмного модуля (3), представляющего собой георешетку с прямоугольными ячейками или стенками, расположенными под углом к основанию (косоугольная решетка);
- монтажных анкеров (4);
- несущих анкеров (5);
- заполнителя (6);
- упора (7);
- дополнительных элементов, например водоотводного лотка (8).

2.9. В качестве материала для устройства разделительной или дренирующей прослойки рекомендуется применять нетканый геотекстильный материал с плотностью не менее 250 г/м², имеющий, как правило, высокий коэффициент фильтрации (вдоль волокна – не менее 10 м/сут, поперек – 20 м/сут). Допускается использовать другие синтетические материалы: тканые геотекстильные материалы, геосетки и плоские георешетки. Требования к указанному элементу устанавливаются проектом в зависимости от крутизны откоса (конуса) и погодноклиматических факторов.

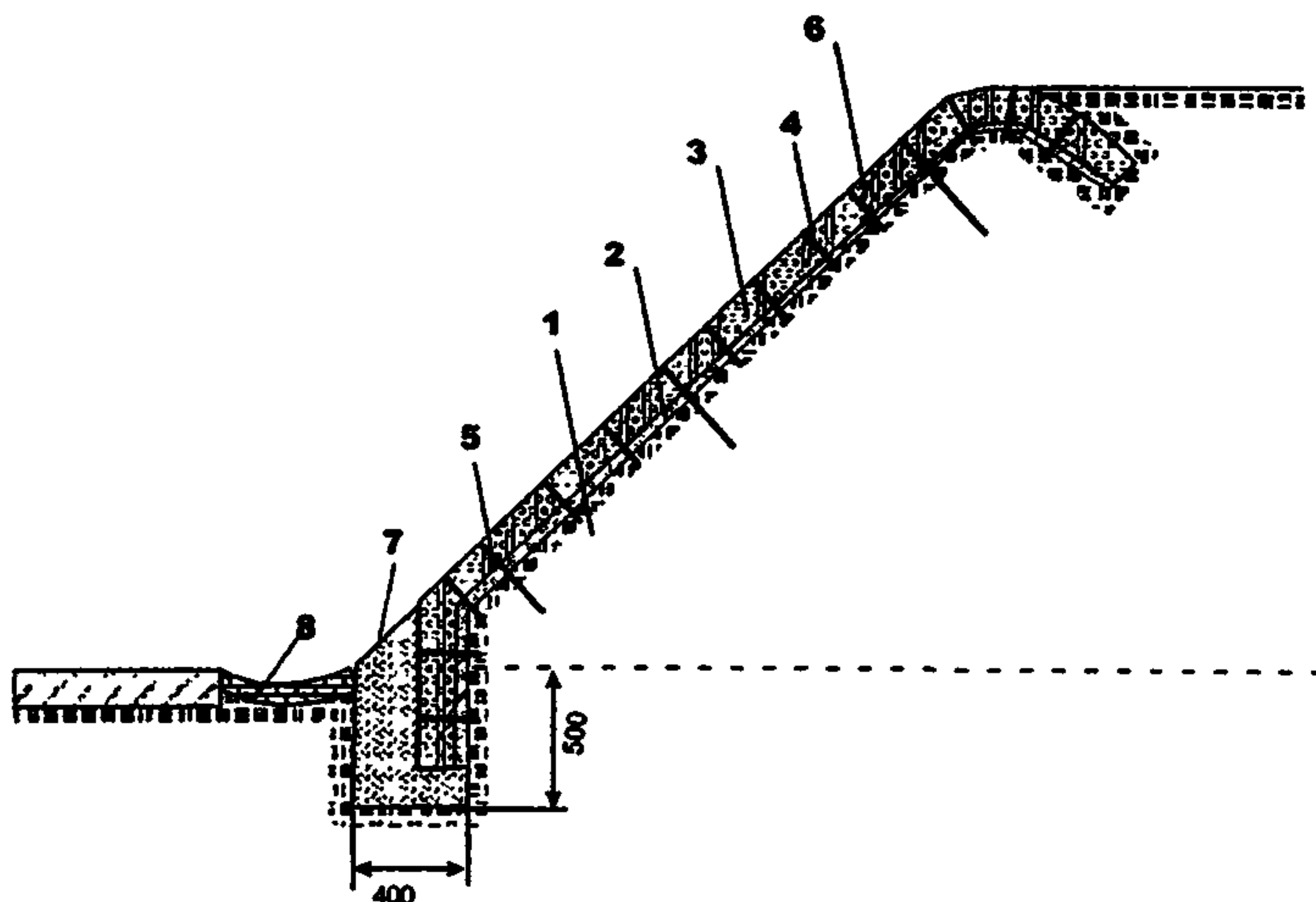


Рис.3. Конструкция укрепления откоса выемок с применением объёмных георешеток

2.10. В настоящее время в отечественной и зарубежной практике широко применяются следующие гибкие модули георешеток: Геомат, Armatex, Geoweb, Tenweb, PrestoRus, Wolta, Tenax, Webtec, ОАО «494 УНР», ООО «Геотехкомплекс». Такие модули выпускаются как отечественными, так и зарубежными производителями. Классификация объёмных пластиковых георешеток (гибких модулей) приведена в табл.2. Из отечественных пластиковых объёмных георешёток наибольшее распространение получили конструкции, выпускаемые УНР-494 (Прудон) и фирмой «Геотехкомплекс».

2.11. Модули могут состоять из сплошных или перфорированных лент, на которых имеются специальные отверстия заданного диаметра для пропуска (дренирования) поверхностных вод.

2.12. В качестве прототипа всех выпускаемых пластиковых объёмных георешёток служат варианты объёмных модулей Geoweb. Конструкции укрепления на их основе (в том числе, созданные отечественными производителями) обладают большими жёсткостью и массой по сравнению с объёмными георешётками из лент на основе полиэфира, полипропилена или их смесей и с соответствующими укрепительными добавками.

Таблица 2

Классификация объёмных пластиковых георешёток

Наименование георешётки	Тип материала	Приведённая масса, кг/м ²	Толщина рёбер, мм	Геометрические размеры:					Разрывная нагрузка ленты, Н	Область применения
				Длина, м	Ширина, м	Высота, см	Площадь, м ²	Площадь ячейки/длина, см ² /см		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ОАО «494 УНР» (Прудон)										
Прудон-494 ОР1 ОР2 ОР3	ПЭНД + ПЭВД	0,90	1,2	6,1 0,10*	2,43 3,40	5; 10	14,8	248/20 372/30 596/40	1500 3000	Защита от эрозии
		1,35								
АР1 АР2 АР3	ПЭВД	1,01	1,2	6,1 0,10*	2,43 3,40	10 15 20	14,8	248 20	3000; 4500 6000	Армирование грунта; подпорные стены
		1,69								
		2,57 3,38								
ООО «ГЕОТЕХКОМПЛЕКС»										
Геокаркас КГ КПГ	ПЭНД + ПЭВД	0,81	1,2±0,1	5,9 0,15*	2,52 3,64	10	14,9	446 36	4000	Защита от эрозии
		Геокаркас ПГ ППГ	1,01	1,2±0,1	5,9 0,15*	2,50 3,60	10	14,9	344 27,7	4000
TENAX Corp.										
Tenweb 3/11 3/200 3/300	Полиэтилен	1,69	1,5	11 10 10	2,0 3,5 5,0	7,5	22 35 50	102/20 316/30 705/40	2225	Защита от эрозии
		1,07								
		0,75								

Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
TENAX Corp.										
Tenweb 4/11 4/200 4/300	Поли- этилен	2,25; 1,42; 1,0	1,5	11 10 10	2,0 3,5 5,0	10,0	22 35 50	102/20 316/30 705/40	3750	Защита от эро- зии
Presto Product Co.										
Geoweb System ^c	То же	1,16; 1,64	1,25	<u>6,10</u> 0,10*	<u>2,44</u> 3,40	7,5; 10,0	14,9	<u>248</u> 20	1780; 2670	То же
Geoweb System	-- " --	2,32; 3,3	1,25	<u>6,10</u> 0,10*	<u>2,44</u> 3,40	15,0; 20,0	14,9	<u>248</u> 20	3560; 5340	Армирование грунта; под- порные стены
Geoweb Large Cell	-- " --	1,16; 1,64; 2,32; 3,3	1,25	<u>12,2</u> 0,20*	<u>2,44</u> 3,40	7,5; 10,0; 15,0; 20,0	29,8	<u>991</u> 40	1780; 2670; 3560; 5340	То же
Webtec Inc.										
Terra Cell	ПЭНД	3,3	1,25	<u>6,10</u> 0,10*	<u>2,44</u> 3,40	20,3	14,9	<u>248</u> 20,3	5340	Армирование грунта; Защита от эро- зии
	То же	1,64	1,25	<u>6,10</u> 0,10*	<u>2,44</u> 3,40	10,1	14,9	<u>248</u> 20,3	2670	То же
A.G.H. Industries Inc.										
Envirogrid	ПЭНД	3,3; 2,32	1,27	<u>6,1</u> 0,11*	<u>2,4</u> 3,4	20,4; 15,2	14,9	<u>273</u> 20,4	5340; 3560	Армирование грунта; подпор- ные стены
	То же	1,64; 1,16; 0,82	1,27	<u>6,1</u> 0,11*	<u>2,4</u> 3,4	10,2; 7,6; 5,1	14,9	<u>273</u> 20,4	2670; 1780; 1194	Защита от эро- зии

Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Akzo Nobel Geosyntetics Co.										
Арматер	Поли-эстер	0,30	2,0	12,0	12,5	10,1	150	$\frac{1400}{45}$	300	Защита от эро-зии
ЗАО «Туймозыкская текстильная фабрика»										
Геомат	Поли-эфир	0,3-0,36	1,6±0,2	$\frac{10}{0,6}$ *	8,8/2,2	10,0	80	$\frac{260}{17}$	200	То же

*) Над чертой — размеры георешётки в растянутом состоянии, под чертой - в сложенном.

В таблицах 3 - 5 приведены дополнительные данные по георешеткам типа Geoweb фирмы «PrestoRus» и стандартные типы георешетки «Геокаркас». Описание модулей георешеток приведено ниже.

Таблица 3

Конструктивные характеристики георешеток Geoweb

Наименование показателя	Показатель
Ячейки	Перфорированные и неперфорированные
Выпускается	Текстурированные, гладкие, перфорированные, сплошные, цветные, с диагональной сквозной сваркой
Толщина пакета, мм, в слое 860 мм в секциях, сложенных втрое вдвое не сложенных	1070x1070x1140 (680кг) То же 3400x1070x860 (1630 кг)
Стандартная ширина, м, секции(модуля) в развернутом виде ячейка 20x20 см ячейка 40x40	0,73 - 2,44 (±12 мм) 2,44 (±12мм)
То же длина, м, ячейка 20x20 ячейка 40x40	0,61 - 9,14 (±12 мм) 1,22 - 8,27 (±12мм)
Толщина стенки листа, мм	1,27
Габариты стандартной ячейки, мм	244x203
То же большой, мм	488x406
Высота ячейки, мм	75; 100; 150; 200
Материал	Полиэтилен плотностью 0,935-0,965 г/м ³
Термо- и морозостойкость, °С	минус 65+ плюс 50
Гарантийный срок службы, годы	25
Область применения	Укрепление откосов и русел водотоков, армирование и усиление оснований и склонов.

Таблица 4

Физико-механические характеристики трехмерной сотовой георешетки Geoweb

Наименование показателя	Значение показателя для георешётки	
	с перфорацией	без перфорации
Разрывная нагрузка полосы 50х100 мм, толщиной 0,85 мм, Н не менее	400	650
Удлинение при разрыве, %, не менее	150	500
Прочность сварного шва на отрыв полосы 50х100 мм, % разрывной нагрузки не менее	70	70

Таблица 5

Характеристика георешетки «Геокаркас»

Наименование показателя	Значение показателя для георешётки		
	ПП 25.15	ПП 30.10	ПП 0.10
Материал	Полиэтилен высокой плотности		
Размер в плане, м, в состоянии: сложенном (пакет) растянутом	1,25х0,40 5,12х2,64	1,20х0,35 5,95х2,45	1,25х0,30 5,86х2,50
Площадь, м ²	13,50	14,50	14,70
Высота, м	0,15	0,10	0,10
Размер диагонали ячейки, м	0,25	0,30	0,40
Толщина стенки ячейки, мм	1,3-1,4		
Масса пакета, кг	27	15	12

2.13. Георешетки типа **Geoweb** (США), включая все образцы на их основе, получают путем скрепления (соединения) в пакет полиэтиленовых лент таким образом, чтобы при растяжении получить объемную ячеистую конструкцию (рис. 4). Оптимальные размеры георешеток (высоту и площадь ячейки) устанавливают в зависимости от крутизны откоса (конуса), прочностных характеристик грунтов откосов насыпей, выемок, конусов, характера и степени воздействий погодно-климатических и гидрометеорологических факторов.

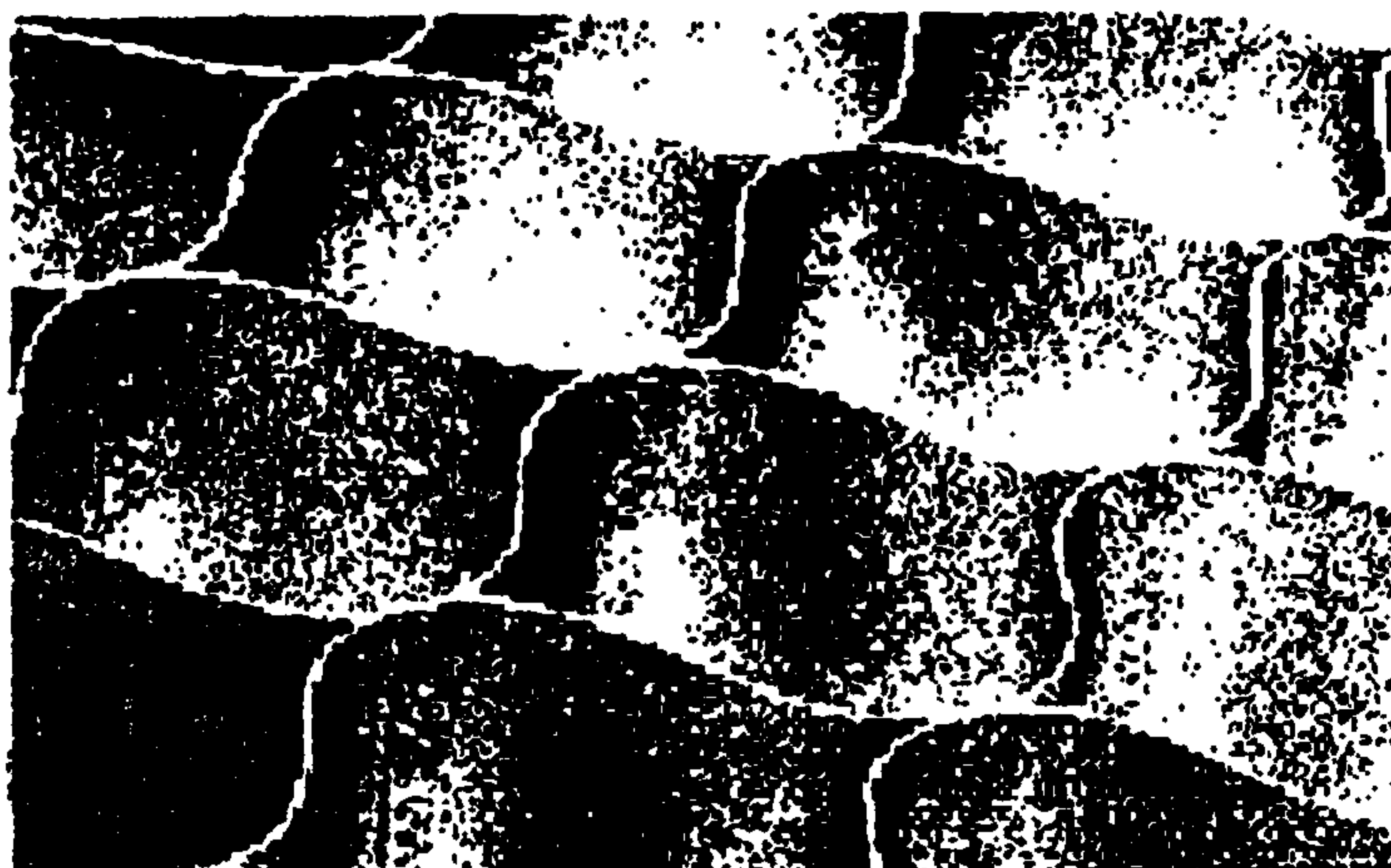


Рис. 4. Фрагмент георешетки типа Geoweb

2.14. Конструкция георешеток **Тепweb** (Италия) отличается от вариантов георешеток **Geoweb** способом соединения полиэтиленовых лент: их скрепляют не по всей высоте ленты, а только в верхней и нижней частях (рис.5). Это позволяет обеспечить дренаж без устройства специальных отверстий, как в **Presto Geoweb**. По типоразмерам георешётка **Тепweb** аналогична георешетке **Geoweb**. Для улучшения дизайна в полиэтилен добавляется пигмент зеленого цвета.



Рис.5. Фрагмент георешетки типа Тепweb

2.15. Для укрепления откосов с углом наклона $\alpha > 40^\circ$, т.е. с коэффициентом заложения менее 1, целесообразно применять георешетки с ячейками, стенки которых наклонены под углом $\beta = \pi/2 - \alpha$ (косоугольные георешетки), что позволяет удерживать значительно больший объем грунта (рис. 6).

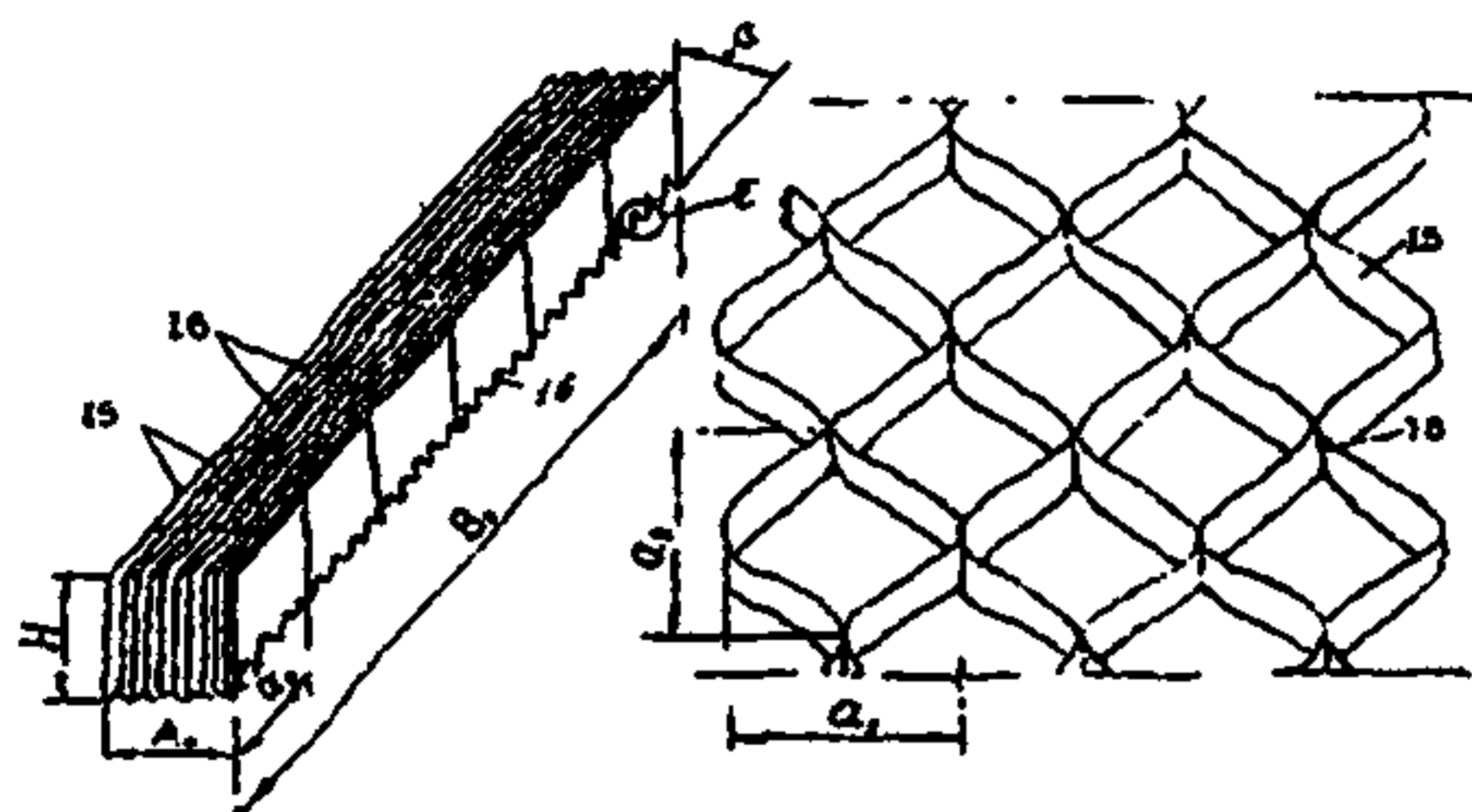


Рис.6. Косоугольная георешетка в сжатом (слева) и растянутом (справа) состоянии

2.16. Георешетки типа **Armatex** (Франция, Голландия), Туймазы (Башкирия) изготавливают из легкого термоскрепленного материала, как правило, на основе полиэфирных волокон (полиэстер) с добавлением расплавленной резины для обеспечения эластичности. Удельная плотность материала 350 г/м^2 , толщина 1,9 мм, прочность при разрыве 20 кН/м, относительное удлинение 25-27%. Ячейки, выполненные в форме шестигранника с длинной стороны 20; 25 или 30 см, высотой 5-20 см, заполняют любым строительным материалом, а также растительным грунтом с посевом семян трав (рис. 7 - 9). Применяются такие георешетки для немедленной защиты поверхности откосов большой площади (например, откосы высоких насыпей и глубоких выемок) от эрозии и других нарушений местной устойчивости.

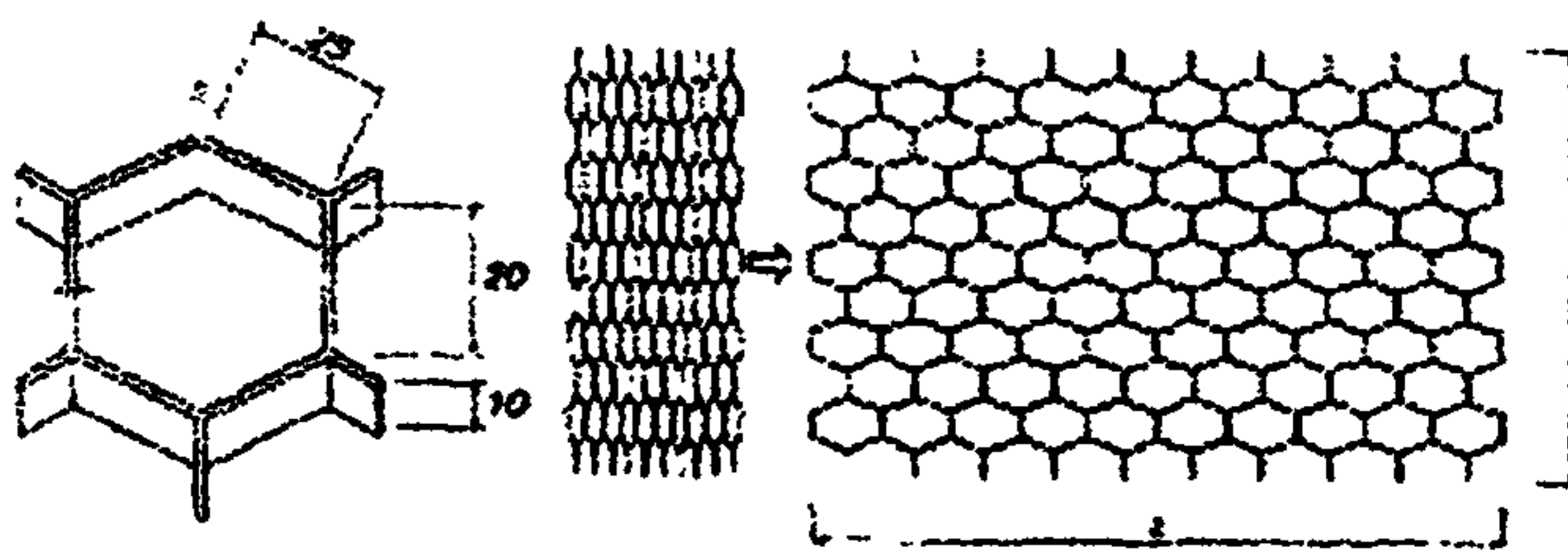


Рис.7. Конструкция георешетки типа **Armatex** в растянутом состоянии; ширина пакета $H=12 \text{ м}$, длина $L=12,5 \text{ м}$, общая площадь 150 м^2

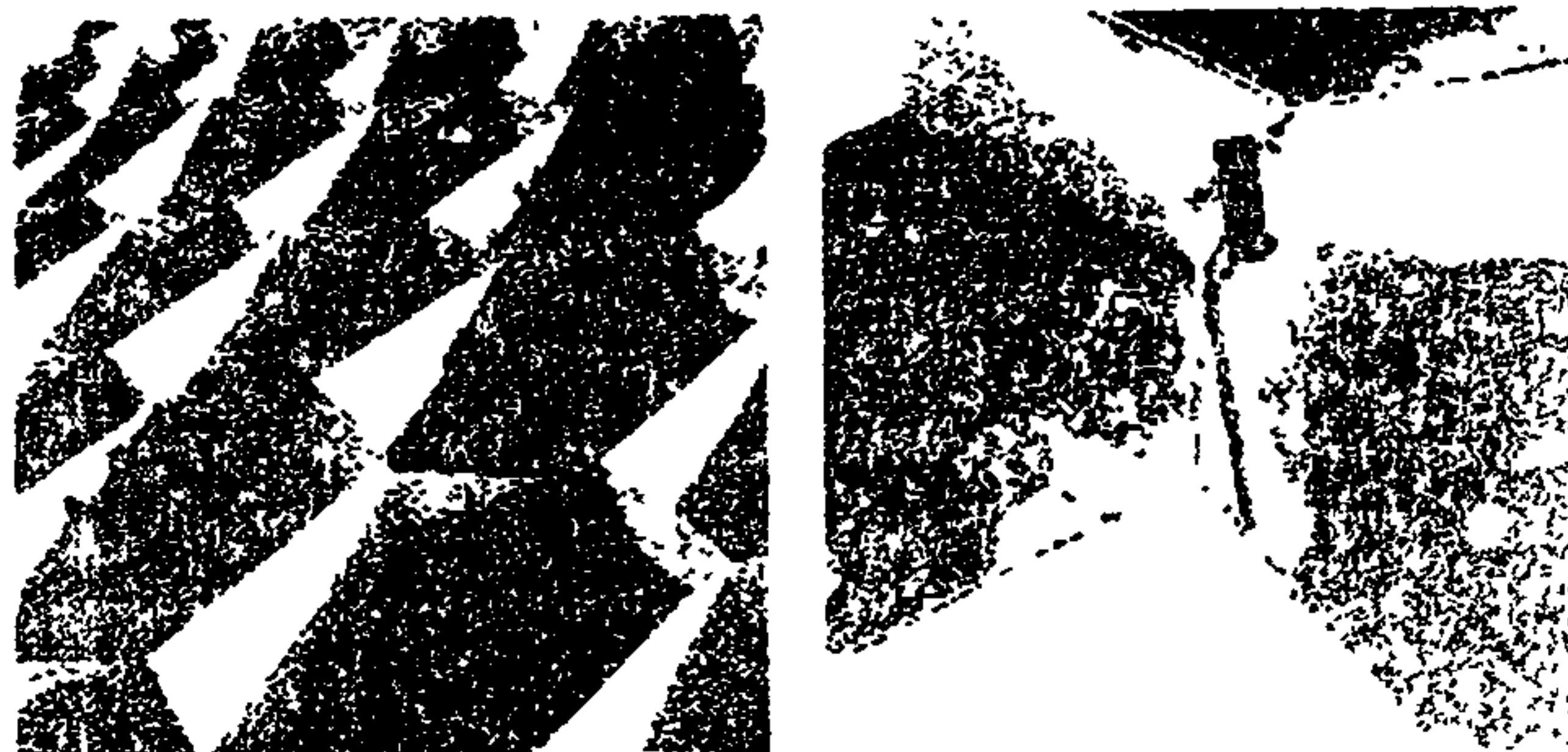


Рис.8. Фрагменты конструкции из георешеток типа Armatex

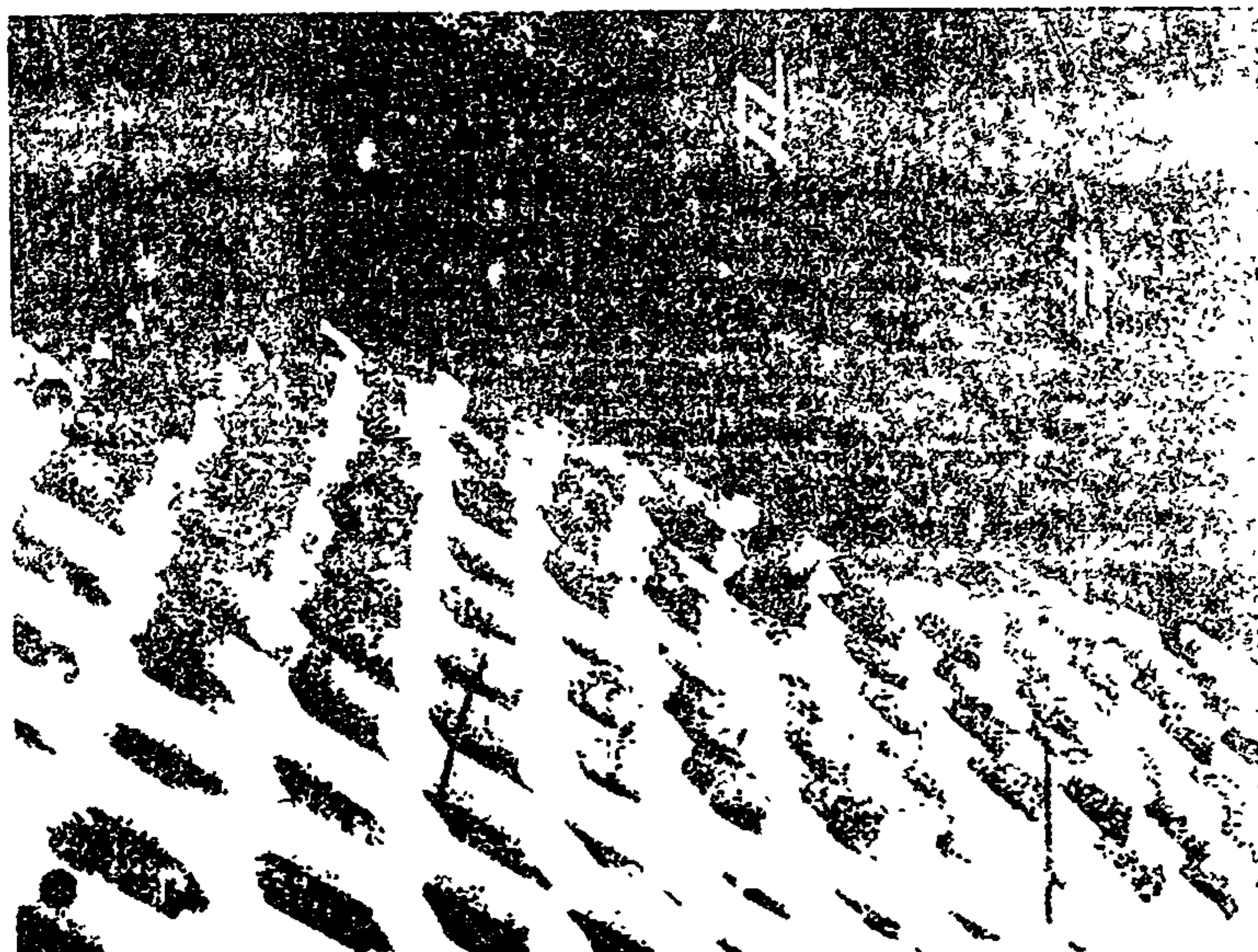


Рис. 9. Общий вид конструкции из георешеток типа Armatex на откосе.

2.17. Необходимыми конструктивными элементами всех типов укрепления откосов с применением объемных георешеток являются монтажные и несущие анкеры, изготавливаемые, как правило, из стального прутка периодического профиля (см. рис.

9) для пластиковых георешёток или в виде деревянных либо бетонных элементов.

2.18. *Монтажные анкеры* устанавливают по контуру модулей георешеток для соединения между собой и прикрепления к поверхности конуса или откоса. Изготавливают их, как правило, из арматуры диаметром 12-14 мм. Количество анкеров, необходимых для соединения модулей, зависит от типа георешетки и геометрических параметров откоса. Длина монтажных анкеров должна составлять не менее 0,5-0,8 м. Рекомендуемая форма – Г-образная, что позволяет обеспечить жесткость соединения объединяемых модулей. Вместо монтажных анкеров целесообразно соединять смежные пакеты путём сшивки механическим степлерами.

Возможны варианты совместного использования монтажных анкеров и механического скрепления смежных модулей.

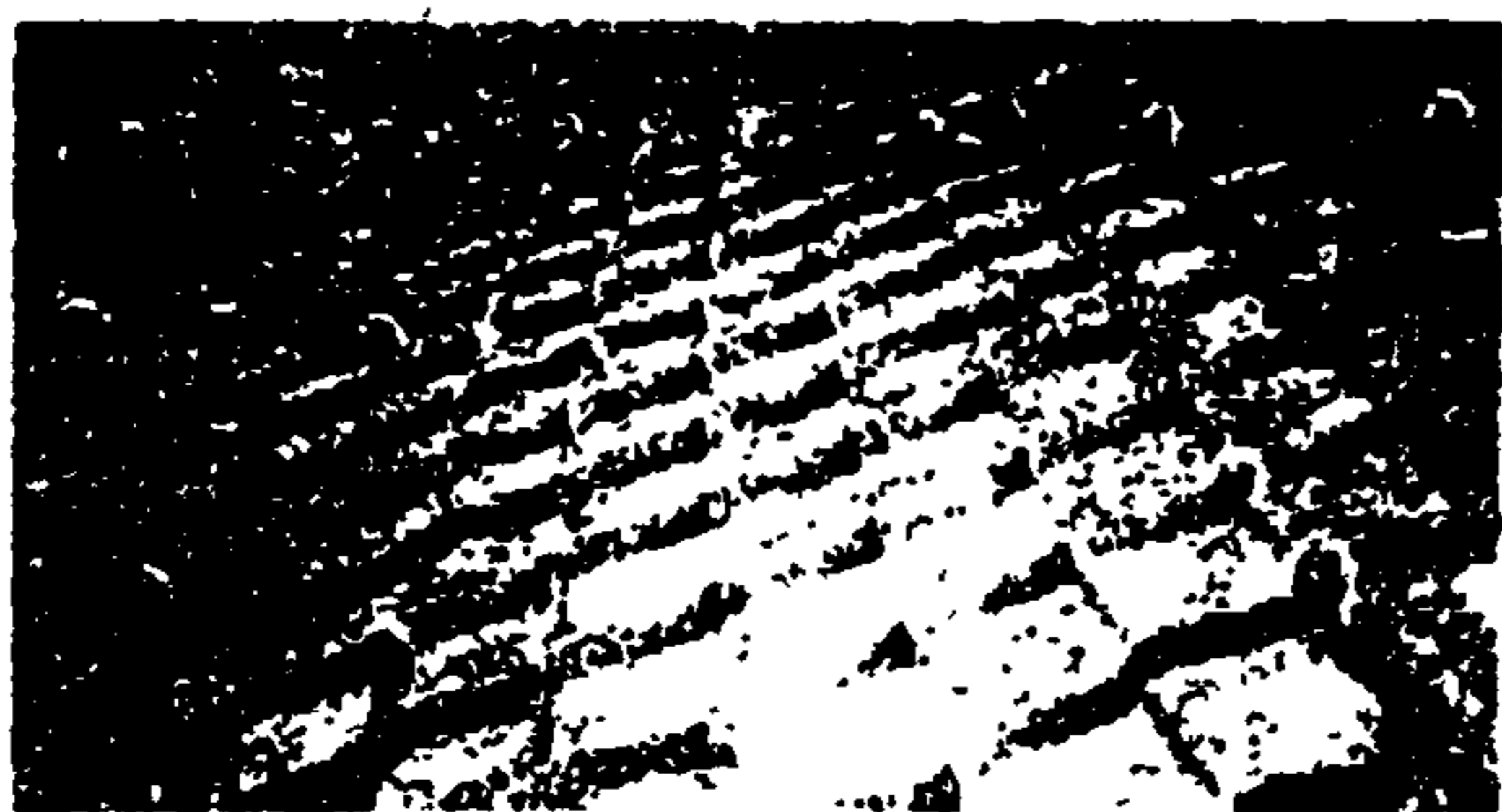


Рис.10. Соединение модулей георешетки и крепление их к грунту с помощью металлических анкеров

2.19. *Постоянные или несущие анкеры* предназначены для прикрепления смонтированной из отдельных модулей конструкции к поверхностному слою грунта конуса или откоса. Они располагаются равномерно по площади конструкции. Верхняя их часть имеет также Г-образную форму. Длина постоянных анкеров зависит от свойств грунта укрепляемого конуса или откоса, геометрических параметров грунтового сооружения (высоты и крутизны откоса), расчетных погодно-климатических и гидрометеорологических воздействий, а также характеристик материала для заполнения ячеек. Длина анкеров должна составлять не менее 0,8 – 1,5 м. Их следует изготавливать из стальной арматуры, например периодического профля, диаметром 14-16 мм с антикоррозионным покрытием. При угле наклона откоса $\alpha < 40^\circ$ (коэффициент заложения более 1,2) функцию несущих анкеров

могут выполнять монтажные анкеры, о чём должно быть указано в проекте.

2.20. В качестве *материала для заполнения георешеток* в зависимости от конкретных условий применяют растительный грунт с посевом трав (любым способом, включая гидропосев), щебень, песчано-гравийные и другие строительные смеси. Заполнение ячеек георешеток каменным материалом применяют только в случае тяжелых условий эксплуатации откосов, конусов путепроводов и мостов: на подтопляемых участках откосов; в теневых зонах конусов путепроводов (под мостами); на участках, где сложно вырастить устойчивый дерновый покров и т.п. Каменные материалы должны иметь морозостойкость не менее F200, а размеры их фракций не должны превышать 40 мм. На конусах путепроводов рекомендуется использовать преимущественно гранитный щебень. Для улучшения дизайна применяют щебень ярких расцветок, а графическое оформление конусов выполняют с использованием мозаичной структуры поверхности, образованной ячейками георешеток.

2.21. В качестве *дополнительных элементов конструкций* укрепления конусов и откосов при помощи георешеток следует предусматривать:

- упоры (бетонные или железобетонные, монолитные или сборные), располагаемые, как правило, в основании откоса, конуса;

- прослойки из рулонных синтетических материалов, предварительно укладываемые на подготовленную к укреплению грунтовую поверхность конуса или откоса;

- устройства для регулирования поверхностного стока в виде водосбросных лотков и др.

Учитывая гибкость георешеток, *водосбросные лотки* могут быть выполнены без нарушения сплошности конструкции путем установки георешеток в русло лотка с последующим заполнением ячеек раствором бетона или другим материалом.

При укреплении откосов *мокрых выемок* предварительно должны быть устроены дренажные сооружения для осушения поверхностного слоя (например, откосный дренаж).

2.22. Конструкции укрепления должны обеспечивать местную устойчивость, т.е. защиту от проявления эрозионных деформаций, а также сплывов и оплывин в поверхностных слоях откосов. При этом должна быть обеспечена общая устойчивость откосов и конусов. Расчеты следует проводить при самом неблагоприятном сочетании определяющих факторов.

2.23. Укрепление с использованием металлических сеток выполняется в виде:

- **простых панелей** из сеток двойного кручения, предназначенных для защиты от камнепада, вывалов, а также для восстановления или инициирования зарастания растительностью крутых скальных или полускальных откосов выемок, сложенных, например, из аргиллитов (рис 11);

- **оцинкованных коробчатых габионов** в форме параллелепипедов, выполненных из металлической сетки двойного кручения с шестигранными ячейками. По краям габионы укреплены проволокой, имеющей сечение, большее, чем проволока сетки. Габионы могут быть разделены на секции при помощи диафрагм, которые служат для упрочнения конструкции в целом, облегчения монтажа и упрощения эксплуатационного обслуживания (рис.12);

- **матрасов Рено** в форме параллелепипеда с большой опорной поверхностью и малой толщиной. Их изготавливают из металлической сетки двойного кручения с шестигранными ячейками. Диафрагмы матрасов Рено располагаются через 1 м (рис.13).

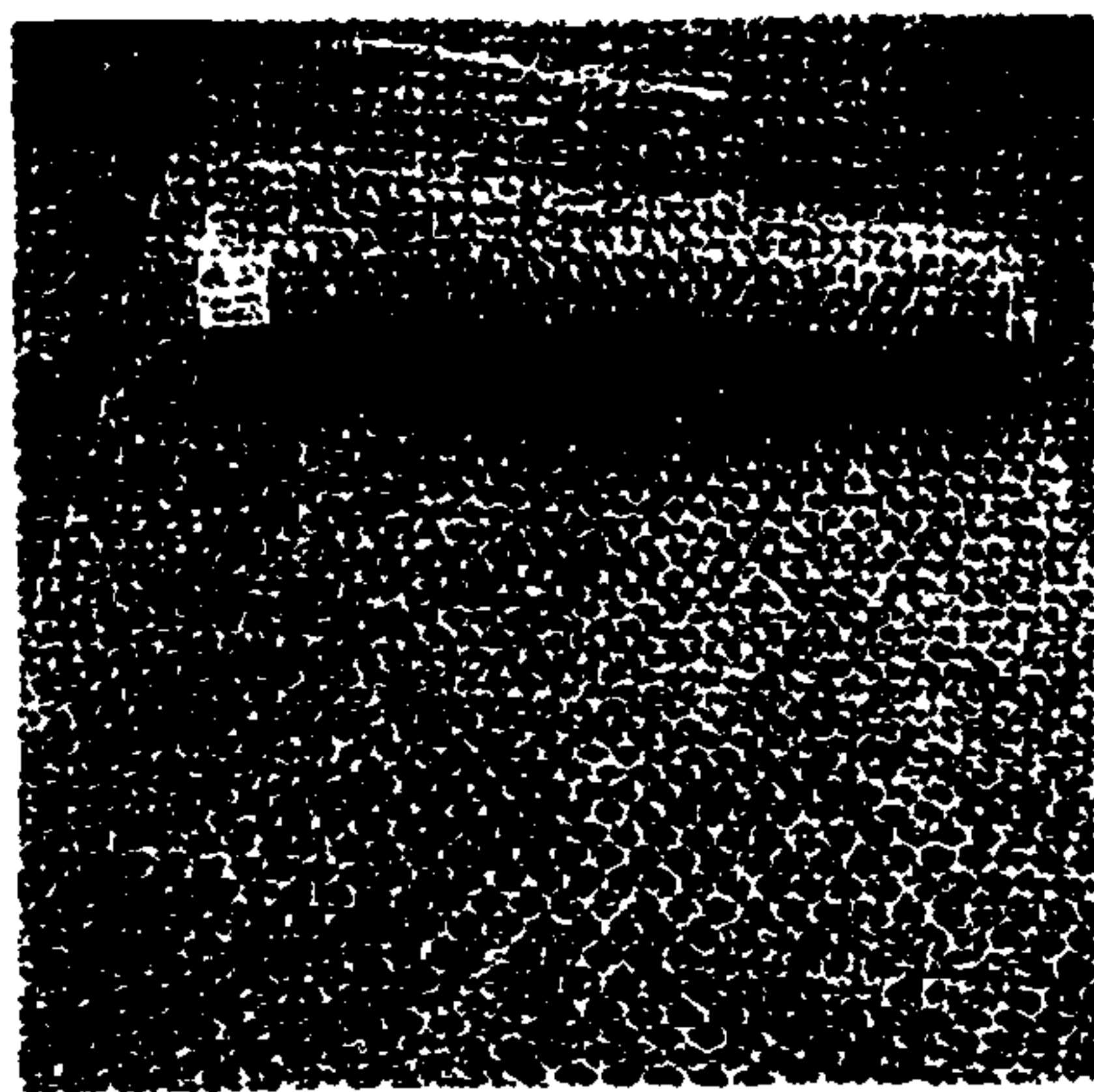


Рис.11. Простая панель из сетки двойного кручения

Назначение этих и других укрепительных конструкций из металлической сетки указано в табл. 6.

2.24. Сетка, из которой выполнены габионы и матрасы Рено, армирована и имеет разрывную нагрузку 3500-5000 кг/м. В целях повышения коррозионной стойкости после оцинковки на проволоку наносят покрытие из ПВХ.

2.25. Для заполнения габионов и матрасов Рено следует использовать каменный материал метаморфических или изверженных пород. Соотношение 60-ти и 10%-ного размеров кусков заполнителя должно быть равно 6.

2.26. Необходимым элементом в конструкциях с применением габионов и матрасов Рено является геотекстильный материал (например, отечественные материалы КМ-1, КМ-2 с удельной плотностью 450-600 г/м²).

2.27. Габионные конструкции, а также матрасы Рено должны удовлетворять требованиям Рекомендаций по применению габионных конструкций в дорожно-мостовом строительстве (Союздорпроект, 1999).

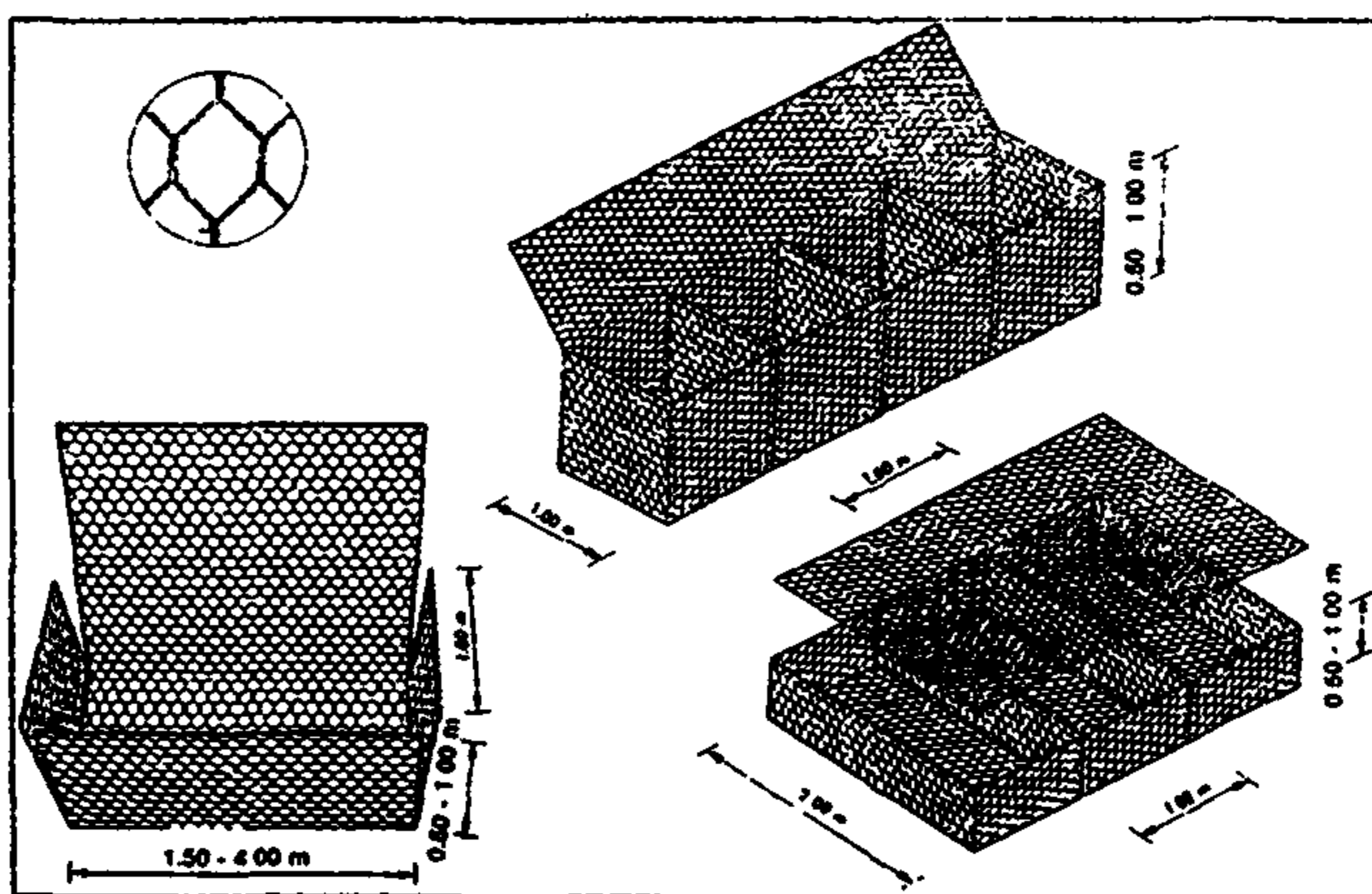


Рис.12. Конструкция оцинкованных коробчатых габионов

2.28. Рассматриваемые в настоящем Руководстве конструкции с использованием металлических элементов применяются для укрепления:

- скальных откосов, в том числе сложенных размягчаемыми породами, например аргиллитами;
- подтопляемых откосов и конусов;
- конусов путепроводов взамен сборных железобетонных плит и монолитных бетонных покрытий;
- склонов путем устройства гравитационных подпорных стен возле подошвы, работающих на нагрузку, соответствующую кулоновскому давлению;
- водоотводных сооружений;

а также для ремонта и восстановления разрушенных откосов и склонов.

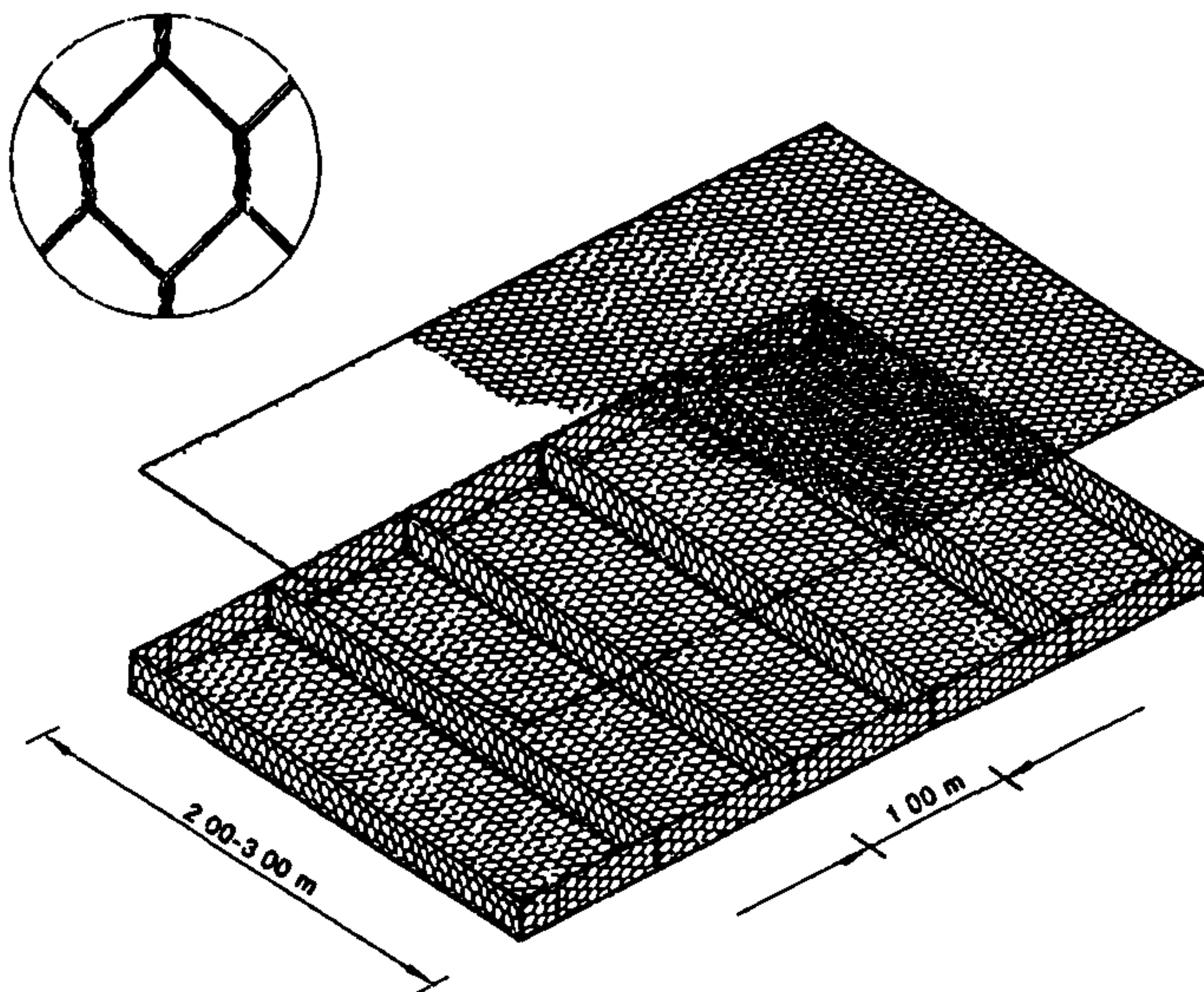


Рис.13. Конструкция матрасов Рено

2.29. Конструкции укрепления различных типов с учетом обеспечения общей устойчивости рекомендуются для откосов повышенной крутизны. В этих случаях для облицовки используются объемные георешетки, а в качестве арматуры — высокопрочные рулонные геосинтетические материалы и металлические сетки.

2.30. Конструкции укрепления в комплексе с мероприятиями для обеспечения общей и местной устойчивости откосов повышенной крутизны (угол наклона $\alpha > 60^\circ$, коэффициент заложения менее 0,6) применяются преимущественно при строительстве и реконструкции дорог в стесненных условиях. В этих конструкциях в качестве облицовочного элемента используются георешетки типа Geoweb (рис. 14), а в качестве армоэлементов — высокопрочные рулонные материалы (рис. 15 - 16) или металлические сетки.

Таблица 6

Краткая классификация конструкций укрепления с использованием металлических элементов

Конструкции укрепления	Область применения
Простые панели в виде сеток двойного кручения.	Укрепление откосов и склонов, сложенных скальными и полускальными породами.
Оцинкованные матрасы Рено, в т. ч. с покрытием из ПВХ.	Укрепление конусов мостов и путепроводов, русел, водоотводных канав, морская берегозащита.
Матрасы Геомак.	Защита неподтопляемых откосов и склонов.
Сетка Макмат (трехмерная панель из волокон ПВХ).	Защита от эрозионных процессов, восстановление плодородного слоя на откосах.
Система Террамеш.	Укрепительные и декоративные работы на откосах повышенной крутизны.
Цилиндрические габионы Маккаферри.	Выполнение аварийных работ, при строительстве фундаментов в одной среде.
Оцинкованные коробчатые габионы, в т. ч. с покрытием из ПВХ.	Укрепление подтопляемых откосов, устройство гравитационных подпорных стен, оформление спрямляемых русел.

2.32. Рулонные синтетические материалы и металлические сетки для указанных целей используются при изготовлении габионов коробчатой формы (рис. 17), которые заполняют каменным материалом. Габионы имеют ширину и высоту 0,5-1 м; обеспечивают устойчивость откосов и одновременно служат для их облицовки. Для обеспечения прочности и устойчивости тела откоса устанавливаются армоэлементы из геосинтетических материалов и металлических сеток (1), которые жестко соединяются с габионами, образуя вместе с облицовкой армогрунтовые композиции. Конструктивные элементы облицовки могут быть обработаны вяжущими (гидроизоляционными) материалами или озеленены с использованием волоконных матов (6) и растительного грунта, засеваемого семенами трав (5), а также методом гидропосева. Для предотвращения заиливания заполнителя габионы со стороны откоса защищают разделительной прослойкой из нетканого геосинтетического материала (2). Грунт засыпки (3) послойно уплотняют до требуемой плотности.

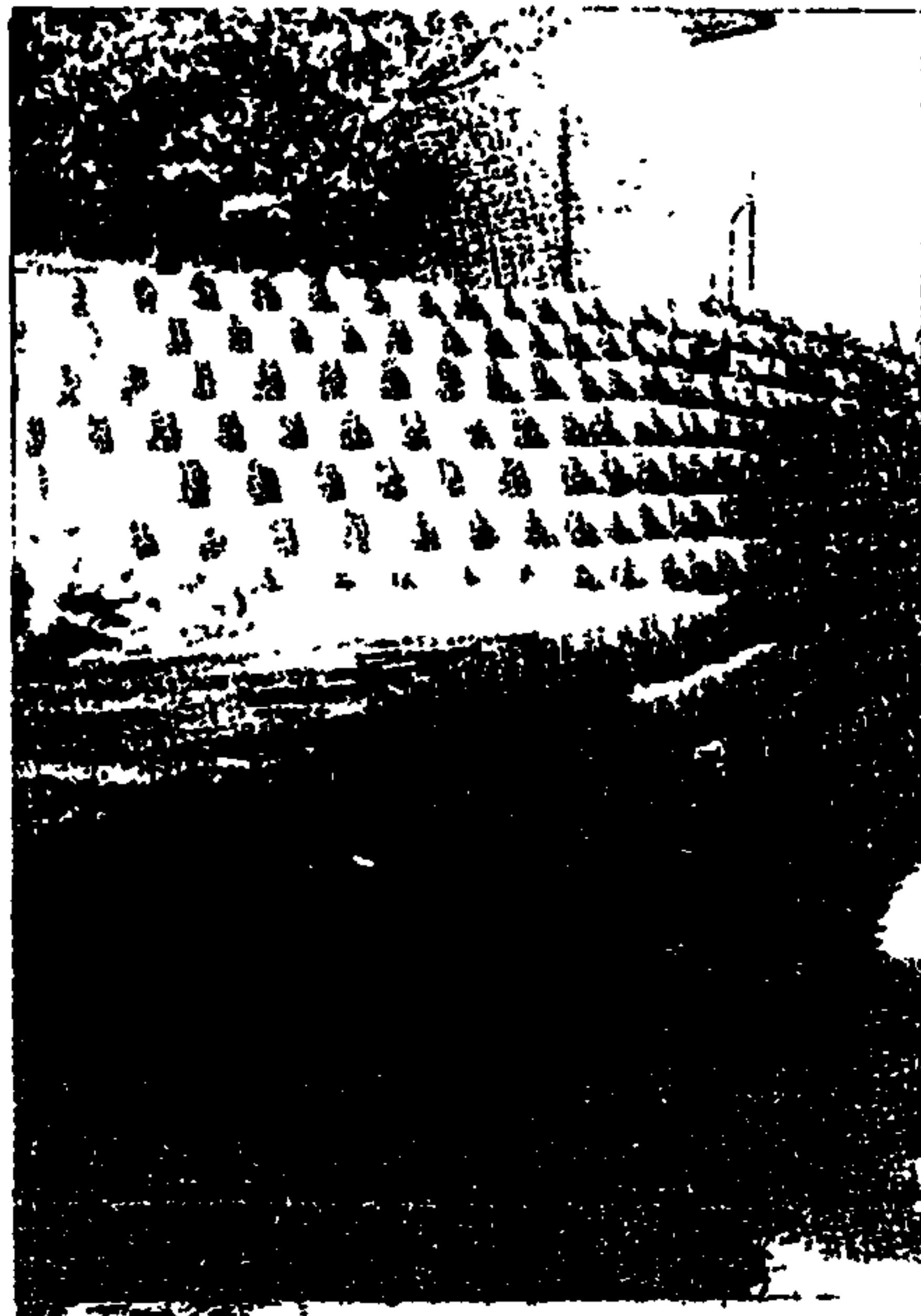


Рис.14. Конструкция откоса с применением георешеток типа Geoweb с использованием армоэлементов из тканых геосинтетических материалов



Рис.15. Конструкция для обеспечения общей и местной устойчивости с применением рулонных геосинтетических материалов



Рис.16. Конструкция укрепления с применением рулонных тканых материалов

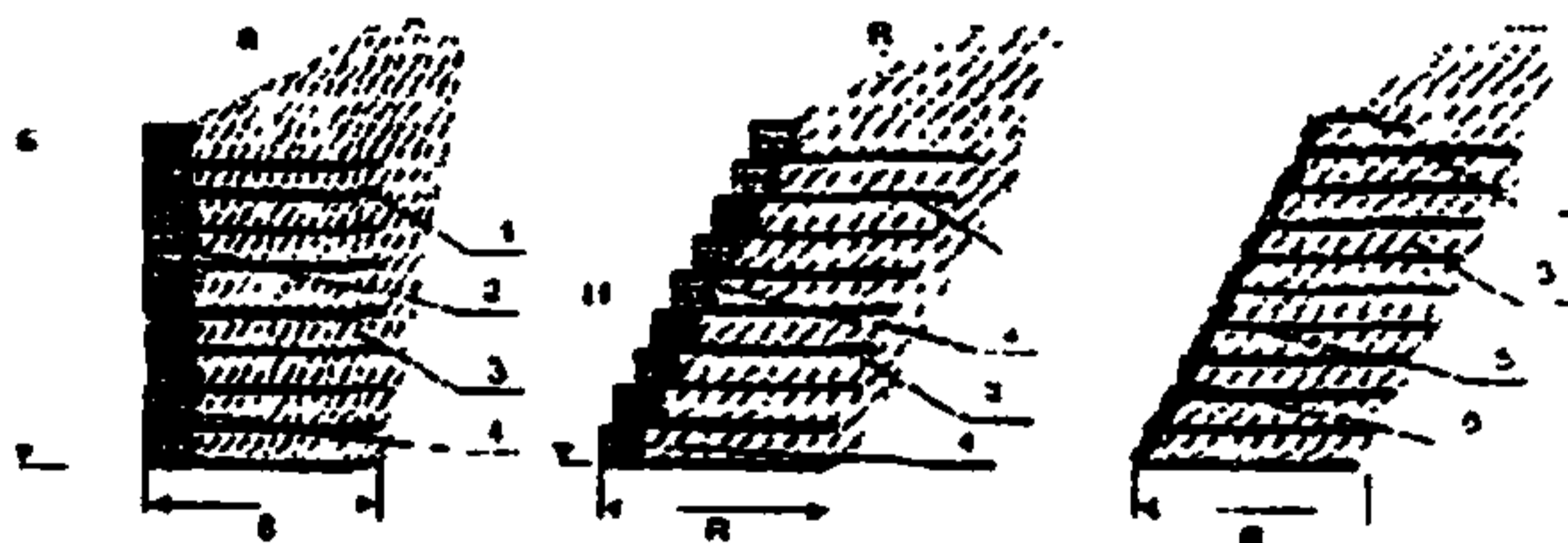


Рис.17. Схемы проектных решений для обеспечения общей устойчивости откоса с облицовкой грунтовой стенки (а) и откоса повышенной крутизны (в) габионами; поверхности откоса рулонными материалами и его озеленением (с)

2.33. При многослойном армировании и создании конструкции укрепления откоса в виде облицовки рулонными геосинтетическими материалами по схеме рис. 17с, длина загиба полотен геосинтетического материала должна в 4 раза (не менее) превышать толщину армируемого слоя грунта (не более 0,6 м).

2.34. Полотна геосинтетического материала, применяемые в качестве армоэлементов, следует ориентировать по действию растягивающих напряжений. В этом направлении соединение полотен должно быть жёстким (неразъёмным), в перпендикулярном — допускается нахлест с перекрытием не менее 0,5 м.

2.35. Перечисленные выше конструкции укрепления в виде композиций из армогрунта рассчитывают прежде всего на общую устойчивость с учетом объёмных (собственный вес) и внешних нагрузок. При этом предполагается, что передача усилия от армоэлементов из геосинтетического материала на грунт происходит за счет трения. Расчёты производят по схемам КЦПС и плоских поверхностей скольжения. Кроме того, оценивается прочность полотен геосинтетического материала при разрыве или выдергивании из грунта по линиям пересечения с предполагаемыми поверхностями скольжения. Для обеспечения надёжности армоэлементов их прочностные характеристики вводят в расчетные формулы с коэффициентом не более 0,7.

3. ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПРОВЕДЕНИЯ УКРЕПИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

3.1. Укрепление откосов и конусов путепроводов следует выполнять сразу же после устройства земляного полотна.

Перед началом укрепительных работ необходимо подготовить поверхность конусов или откосов насыпей и выемок к монтажу георешеток в конструктивном варианте, предусмотренном проектом:

- срезать неуплотненный грунт конусов или откосов насыпей на глубину, соответствующую предварительному уширению при отсыпке этих сооружений;
- образовавшуюся поверхность спланировать и уплотнить при помощи вибротрамбовок или виброплощадок.

Рабочую поверхность откосов выемок только планируют, обеспечивая проектную конфигурацию.

3.2. После подготовительных работ выполняют разбивку площади конусов, откосов, берм, обочин и других элементов земляного полотна, предназначенных для укрепления их георешетками. При этом необходимо обозначить места расположения водосотводных и водосбросных сооружений, других конструктивных элементов, с которыми предполагается выполнить тщательное сопряжение конструкций укрепления из георешеток.

3.3. Кроме того, перед укрепительными работами необходимо

наметить транспортные коммуникации для доставки пакетов георешеток, анкеров, а также материалов для заполнения ячеек и места их складирования;

подготовить обочины, бровки, подошвы, другие элементы земляного полотна или сооружения (выровнить, спланировать, ликвидировать застои и скопление поверхностных вод и т.п.).

3.4 Устройство укрепления откоса с применением волоконных матов включает следующие технологические операции:

- подготовительные и разбивочные работы;
- укладка волоконных матов и фиксация их на поверхностном слое анкерами;
- посев семян трав в количестве 20-40 г/м² (в случае применения мата *Елкатат А* подстилающий грунт должен быть засеян травой перед установкой мата);
- заполнение мата растительным грунтом (в отдельных случаях эту операцию допускается не выполнять с соответствующей планировкой).

3.5. Общий комплекс технологических процессов укрепления поверхности откосов с применением объёмных георешеток включает:

- подготовительные и разбивочные работы;
- укладку нетканых рулонных синтетических материалов и их закрепление на поверхности откоса;
- установку и монтаж георешеток с фиксацией их монтажными анкерами или механической сшивкой степлером;
- проверку ровности георешётки "под шаблон";
- укладку в ячейки материала заполнителя;
- разравнивание и планирование материала заполнителя (при необходимости) и его уплотнение или проливка цементным раствором для щебня;
- установка постоянных анкеров;
- извлечение монтажных анкеров (при необходимости);
- посев семян трав в случае заполнения ячеек растительным грунтом.

3.6. Укрепление поверхности откосов при помощи объёмных георешеток следует проводить сверху вниз, укрепляя часть обочины, с анкерной решёткой и заделкой их верхней части в массив грунта на глубину 30-50 см.

Допускается укреплять конус или откос по частям: например, берега и русло водосброса, нижнюю часть откоса, берму, верхнюю часть откоса и т.п.

Подготовительные и разбивочные работы выполняют с помощью шнура и маркеров, устанавливаемых перпендикулярно оси автомобильной дороги по линии пересечения вертикальной плоскости с поверхностью откоса. Маркеры располагают в продольном направлении с шагом, равным длине георешетки (А), а в поперечном – с шагом, равным её ширине (В). Параллельно первой разбивочной линии на расстоянии, равном ширине георешетки, намечают вторую и устанавливают маркеры так, чтобы на местности были обозначены углы четырёхугольников размером АхВ. Ширина захватки должна быть, как правило, равна высоте откоса. Работы могут проводиться одним или двумя фронтами в правую и левую стороны.

3.7. Растяжение модуля (пакета) георешетки выполняет вручную бригада из четырёх рабочих, которые растягивают пакет до монтажного размера, например 6,1 м, и крепят его монтажными анкерами к поверхности откоса по всему периметру. Следующий модуль растягивают и примыкают вплотную к предыдущему, а их рёбра (границы) соединяют металлическими скрепками или Г-образными анкерами.

Следует контролировать параллельность сторон, образуемых при растяжении пакетов георешетки. Для этого на уложенную и растянутую георешетку укладывают настил из досок.

При укреплении конусов необходимо, чтобы конструкция из объемной георешетки копировала их лекальные поверхности.

Контрольной проверкой определяют места с недопустимыми неровностями, возникающими при монтаже, и назначают способы их устранения перед окончательным креплением конструкции к поверхности конуса и заполнением ячеек.

Для георешеток **Geoweb** размер секций составляет 6,1х2,43 м.

Укладку георешеток типа **Armatex** выполняют отдельными секциями размером 12,5х12 м (рис.18).

3.8. Ячейки георешеток заполняют с помощью ковшовых погрузчиков или экскаваторов, например типа УДС, либо экскаваторов с обратной лопатой (рис.19). Материал для засыпки георешеток завозят и складывают непосредственно на откосах или около их подошвы.

Материал укладывают в ячейки с перекрытием не более 5-10 см над поверхностью георешеток.



Рис 18. Укладка секций георешеток типа Armatex.

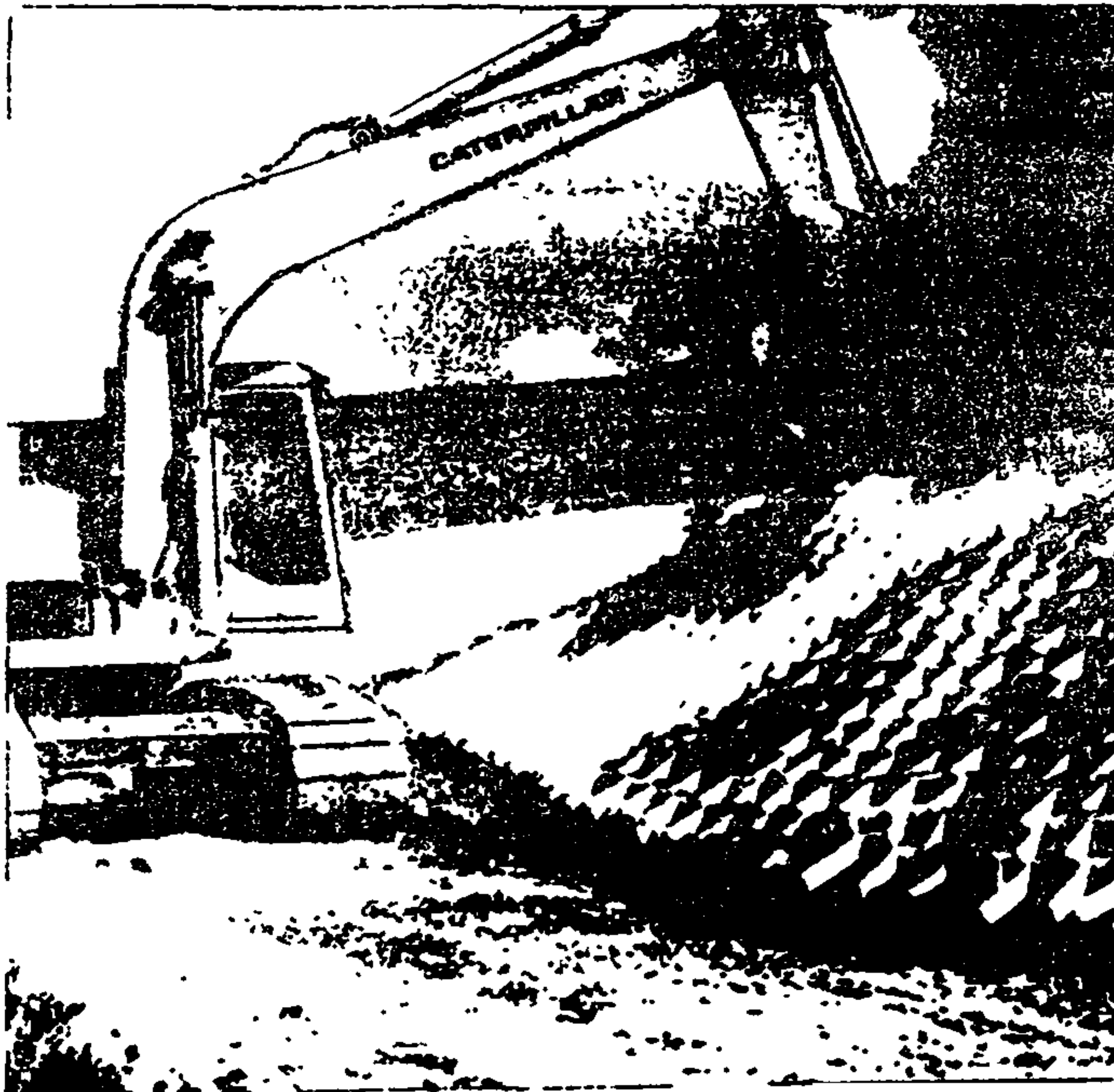


Рис.19. Засыпка георешеток типа Armatex растительным грунтом.

3.9. Разравнивание, планировку и уплотнение (при необходимости) материала заполнителя осуществляют вручную или механизированным способом сверху вниз с постепенным перемещением по линии фронта работ. Запланированный объем укрепительных работ по ширине захватки необходимо выполнить до конца смены, чтобы исключить образование промоин под георешетками в случае выпадения интенсивных атмосферных осадков.

3.10. Постоянные анкеры устанавливают равномерно по площади заподлицо с поверхностью укрепляемого откоса, после чего извлекаются монтажные анкеры.

Допускается оставлять монтажные анкеры (все или частично) в конструкции укрепления, если это оговаривается в проекте производства работ (ППР).

3.11. Устройство упоров в подошве конуса, откоса, в местах возможных местных размывов и других, предусмотренных проектом, выполняют следующим способом. На границе участков по линии края георешеток перпендикулярно поверхности откоса роют траншею шириной 15 - 20 см и глубиной 50 см. В неё укладывают полотно геотекстильного материала, верхнюю часть которого соединяют с ребрами (гранями) георешеток. Затем траншею засыпают грунтом и уплотняют.

В необходимых случаях упоры изготавливают из бетона или железобетона в монолитном или сборном варианте. При укреплении конусов бетонный или железобетонный упор в основании конуса должен иметь лекальную конфигурацию (см. рис.3).

3.12. Для образования прочного дернового покрова на поверхности откоса осуществляют посев подобранных смесей трав с последующими боронованием, поливом водой и уходом.

3.13. Устройство конструкций укрепления в общем комплексе обеспечения устойчивости откоса с использованием объёмных георешеток типа Geoweb включает следующие операции:

- устройство прослойки из рулонного тканого геосинтетического материала, прочность которого устанавливают расчётом;
- установку георешеток и крепление их по контуру анкерами к нижнему слою;
- укладку в ячейки георешеток заполнителя (песка, щебня и т.п.);
- удаление монтажных анкеров (допускается оставлять монтажные анкеры в составе конструкции);
- разравнивание и планировку поверхности;

- уплотнение материала засыпки (коэффициент уплотнения не менее 0,9);
- окончательную планировку поверхности; толщина слоя заполнителя над георешеткой при этом должна составлять 5-10 см.

Аналогично формируют вышележащие слои армогрунтовой конструкции и её укрепления (облицовки). Рекомендуется при монтаже облицовки сдвигать ряды георешеток по отношению к нижележащим на половину ширины ячейки в сторону от лицевой поверхности откоса (или на величину, предусмотренную проектом)

3.14. При устройстве многослойных конструкций укрепления для обеспечения общей устойчивости откоса с использованием (в том числе) рулонных синтетических материалов особое внимание следует обращать:

- на качество укладки рулонного геосинтетического материала (без складок и перекосов) и выдерживание заданного нахлеста полотен не менее 0,5 м;
- недопустимость наезда машин и механизмов на полотна синтетического материала и их разрушения;
- обеспечение требуемого коэффициента уплотнения грунта.

3.15. Устройство многослойных конструкций укрепления для обеспечения общей устойчивости откоса с использованием в качестве облицовки габионов (см. рис.17), выполненных из проволочной сетки (типа Маккаферри), осуществляется в такой последовательности (рис.20):

- раскладывают габион на плоской ровной поверхности, расправляя все складки;
- поднимают вертикально боковые грани и связывают их по всей длине проволокой (шаг вязки равен размеру ячейки), контролируя перпендикулярность граней габиона;
- готовый габион устанавливают на место и привязывают проволокой к соседним;
- габион заполняют каменным материалом, как правило, крупностью 40-200 мм на треть его высоты;
- устанавливают проволочные скобы для соединения лицевой и задней панелей габиона и натягивают их методом скрутки;
- завершают заполнение габиона каменным материалом с избытком 3-5 см;

- закрывают крышку габиона, плотно привязывая её проволокой.

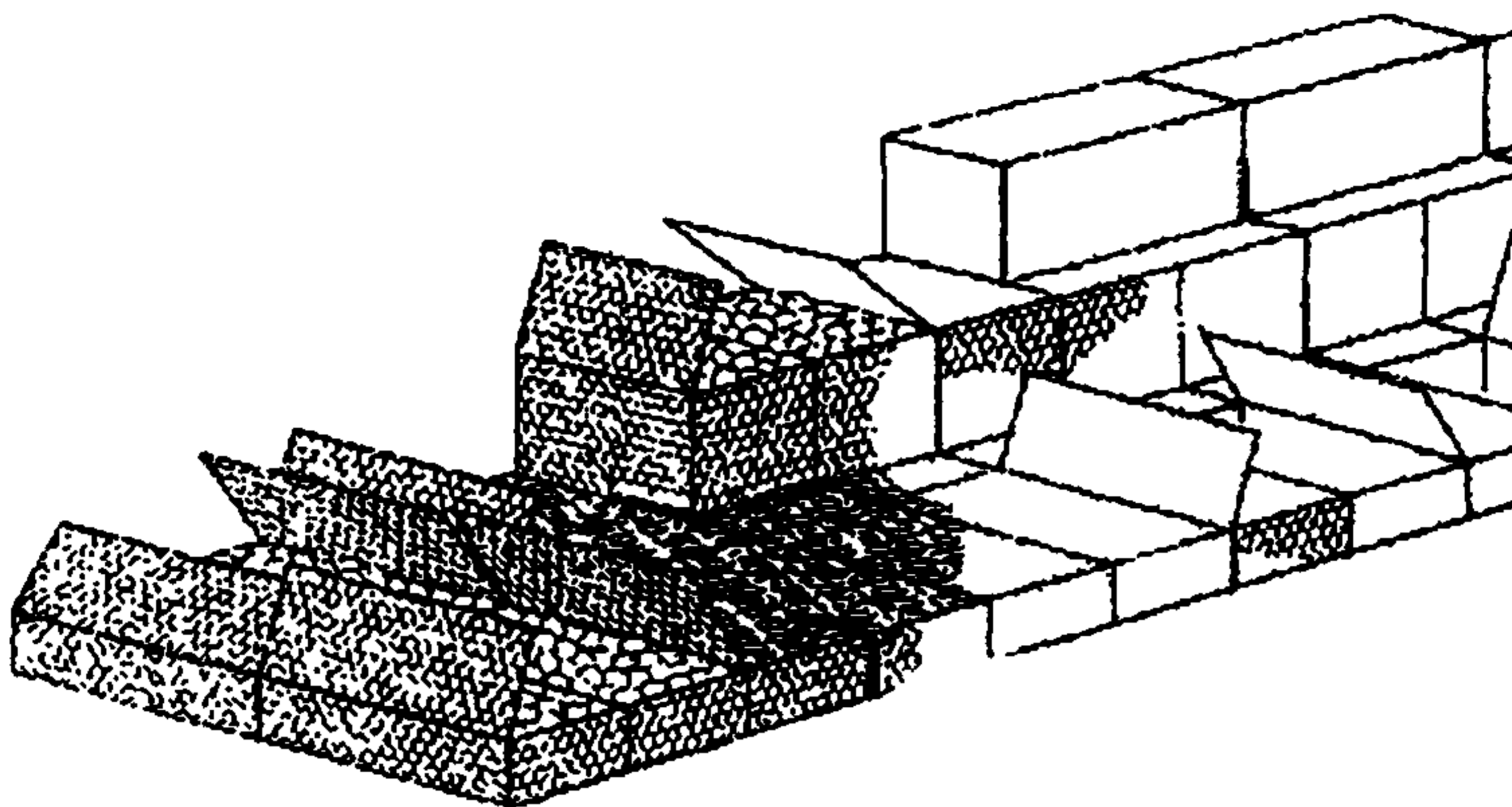


Рис.20. Схема установки и увязки габионов и матрасов

3.16. В процессе устройства конструкций укрепления и облицовки проводится постоянный контроль качества работ. Особое внимание следует обращать:

- на соответствие проекту крутизны и формы откоса,
- соответствие требованиям проекта коэффициента уплотнения грунта;
- качество и экологичность применяемых геосинтетических материалов;
- правильность укладки армирующих геосинтетических материалов;
- качество заполнителя и степень его уплотнения;
- соответствие работ проектной документации.

3.17. Уход и содержание конструкций укрепления заключается в их регулярном обследовании, выявлении разрушенных участков и их ремонте (например, досыпка щебня в ячейки, замена отдельных модулей). При длительной засушливой погоде озелененные откосы следует поливать (особенно в первые два года эксплуатации)

4. ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

4.1. Работы по укреплению откосов и конусов путепроводов с применением геосинтетических материалов выполняют с использованием обычных для такого вида работ машин и механизмов: самосвалов, планировщиков откосов, гидросеялок, погрузчиков, бульдозеров, катков, электротрамбовок и т.д. Состав машин, технологические карты и регламенты должны определяться проектом производства работ.

4.2. При устройстве конструкции укрепления откоса работы ведут в одну или две смены. Длину захватки определяют в соответствии с принятой схемой проведения работ (шириной захватки) и производительностью бригады. Для расчетной производительности (например, 750 м² откоса в смену при использовании георешеток, что соответствует установке 50 георешеток типа Geoweb) требуется бригада рабочих в следующем составе: мастер - 1; водители автомобилей-самосвалов - 2; машинист укладчика - 1; дорожные рабочие - 6.

4.3. При выполнении работ по укреплению откосов и конусов необходимо руководствоваться требованиями СНиП 12-03-99 "Безопасность труда в строительстве" части 1, 2.

4.4. Особое внимание следует обращать на перемещение автотранспорта и машин для планировки откосов, обеспечивая их безопасную работу вблизи бровки.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие.....	3
1. Общие положения.....	5
2. Конструкции укрепления.....	6
3. Особенности технологии проведения укрепительных работ	28
4. Организация труда и техника безопасности.....	35

РУКОВОДСТВО ПО УКРЕПЛЕНИЮ КОНУСОВ И ОТКОСОВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ И МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СЕТОК

Редактор Ж. Иноземцева

Корректор Л. Крылова

Подписано к печати 21.10.2002

Формат 60x84/16

Печать офсетная. Бумага офсетная №1.

2,3 печ. л.

Тираж 150 экз.

Заказ 5-02

Участок оперативной печати Союздорнии
143900. Московская обл., г. Балашиха-6,
ш. Энтузиастов, 79