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

gost.e-ecolog.ru

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.

УДК 625.731.2:624.137

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 — Каширa, на дорогах Москвы, автомобильной дороге «Крым» (обход г. Тула), на Осташковском шоссе, подъезде к аэропорту «Шереметьево» и др

Авторский коллектив лаборатории земляного полотна, геотехники и геосинтетических материалов Союздорнии (*Ю. М. Яковлев,*

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: идеальное 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;
- погодно-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, ремонтопригодности конструкции, затрат на сооружение укрепления и т.д.

2.5. *Волоконные маты.* Конструкции укрепления с использованием волоконных матов, например типа **Enkamat,** 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 колышков длиной 20-40 см;
- растительного грунта с семенами трав.

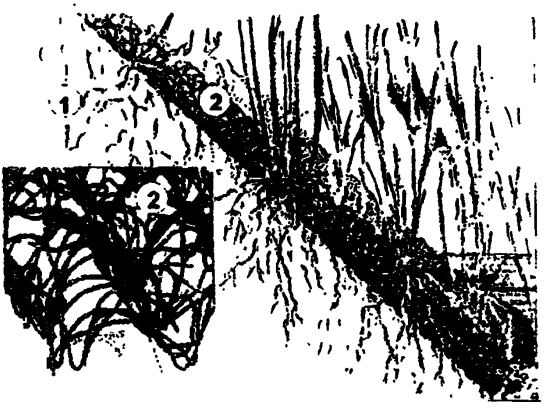

Рис.1. Конструкция укрепления откоса волоконными матами

Волоконный мат типа **Enkamat** 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.

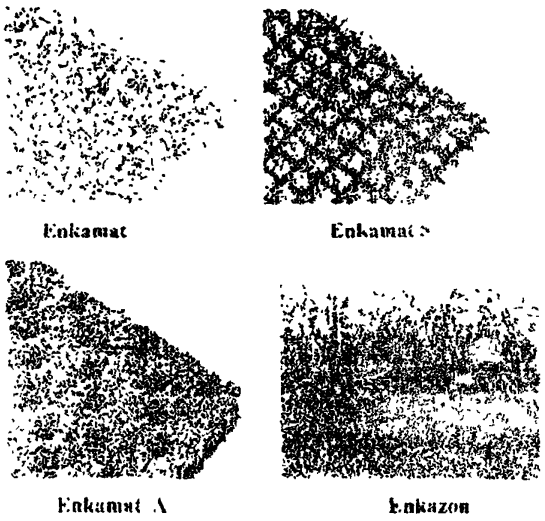

Рис. 2. Типы волоконных матов

Материал типа **Enkamat** изготавливается из полиамидных волокон и имеет следующие технические характеристики: плотность - 25 кг/м^2; прочность на растяжение в продольном направлении – 1,5-3,0 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°С.

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

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

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

• **Enkamat A** - геокомпозит из мата **Enkamat,** 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.

• **Enkazon** - дерн, выращенный на мате **Enkamat** 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
Enkamat 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	-
Enkamat 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	-
Enkamat 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
Enkamat A						
A 20/5*)	-	4,80	20	96	2400	-
Enkazon 10 на мате типа **Enkamat** 7010*)	-	1,00	5-20	5-20	-	-

*) Приведённая масса составляет соответственно 20 и 23-35 $кг/м^2$.

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 доходить до 150 м^2.

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 объемных георешеток проста и технологична. Она позволяет изменять в широком диапазоне размеры ячеек и объем, 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 прослоек из рулонного геосинтетического нетканого материала (2), уложенной на уплотненный слой грунта (1);
- объемного 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/м^2, 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 погодно-климатических факторов.

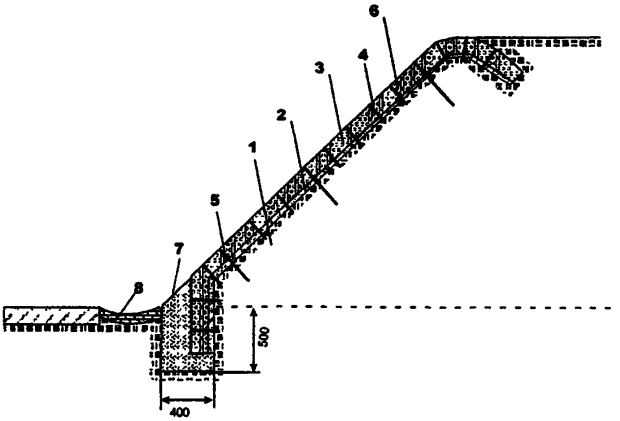

Рис.3. Конструкция укрепления откоса выемок с применением объёмных георешеток

2.10. В настоящее время в отечественной и зарубежной практике широко применяются следующие гибкие модули георешеток: **Геомат, Armater, Geoweb, Tenweb, PrestoRus, Wolta, Tenax, Webtec, ОАО «494 УНР», ООО «Геотехкомплекс».** Такие модули выпускаются как отечественными, так и зарубежными производителями. Классификация объемных 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 объемных 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/м²	Толщина рёбер, мм	Геометрические размеры: Длина, м	Ширина, м	Высота, см	Площадь, м²	Площадь ячейки/длина, см²/см	Разрывная нагрузка ленты, Н	Область применения
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ОАО «494 УНР» (Прудон)										
Прудон-494 ОР1	ПЭНД + ПЭВД	0,90	1,2	6,1	2,43	5; 10	14,8	248/20	1500	Защита от эрозии
ОР2		1,35		0,10*	3,40			372/30	3000	
ОР3		1,01						596/40		
АР1		1,69		6,1	2,43	10	14,8		3000;	Армирование грунта; подпорные стены
АР2		2,57	1,2	0,10*	3,40	15		248	4500	
АР3		3,38				20		20	6000	
ООО «ГЕОТЕХКОМПЛЕКС»										
Геокаркас КГ КПГ	ПЭНД + ПЭВД	0,81	1,2±0,1	5,9	2,52	10	14,9	446	4000	Защита от эрозии
				0,15*	3,64			36		
Геокаркас ПГ ППГ		1,01	1,2±0,1	5,9	2,50	10	14,9	344	4000	Армирование грунта; подпорные стены
				0,15*	3,60			27,7		
TENAX Corp.										
Tenweb 3/11	Полиэтилен	1,69	1,5	11	2,0	7,5	22	102/20	2225	Защита от эрозии
3/200		1,07		10	3,5		35	316/30		
3/300		0,75		10	5,0		50	705/40		

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 эрозии
Presto Product Co.										
Geoweb Sistem	То же	1,16; 1,64	1,25	6,10 0,10*	2,44 3,40	7,5; 10,0	14,9	248 20	1780; 2670	То же
Geoweb Sistem	— " —	2,32; 3,3	1,25	6,10 0,10*	2,44 3,40	15,0; 20,0	14,9	248 20	3560; 5340	Армирование грунта; подпорные стены
Geoweb Large Cell	— " —	1,16; 1,64; 2,32; 3,3	1,25	12,2 0,20*	2,44 3,40	7,5; 10,0; 15,0; 20,0	29,8	991 40	1780; 2670; 3560; 5340	То же
Webtec Inc.										—
Terra Cell	ПЭНД	3,3	1,25	6,10 0,10*	2,44 3,40	20,3	14,9	248 20,3	5340	Армирование грунта; Защита от эрозии
	То же	1,64	1,25	6,10 0,10*	2,44 3,40	10,1	14,9	248 20,3	2670	То же
A.G.H. Industries Inc.										
Envirogrid	ПЭНД	3,3; 2,32	1,27	6,1 0,11*	2,4 3,4	20,4; 15,2	14,9	273 20,4	5340; 3560	Армирование грунта; подпорные стены
	То же	1,64; 1,16; 0,82	1,27	6,1 0,11*	2,4 3,4	10,2; 7,6; 5,1	14,9	273 20,4	2670; 1780; 1194	Защита от эрозии

Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Akzo Nobel Geosyntetics Co.										
Armater	Поли-эстер	0,30	2,0	12,0	12,5	10,1	150	1400 / 45	300	Защита от эро-зии
ЗАО «Туймозыкская текстильная фабрика»										
Геомат	Поли-эфир	0,3-0,36	1,6±0,2	10/0,6 *	8,8/2,2	10,0	80	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 георешётки **«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 полоски 50х100 мм, толщиной 0,85 мм, Н не менее	400	650
Удлинение при разрыве, %, не менее	150	500
Прочность сварного шва на отрыв полоски 50х100 мм, % разрывной нагру ки 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)	1,25х0,40	1,20х0,35	1,25х0,30
растянутом	5,12х2,64	5,95х2,45	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.

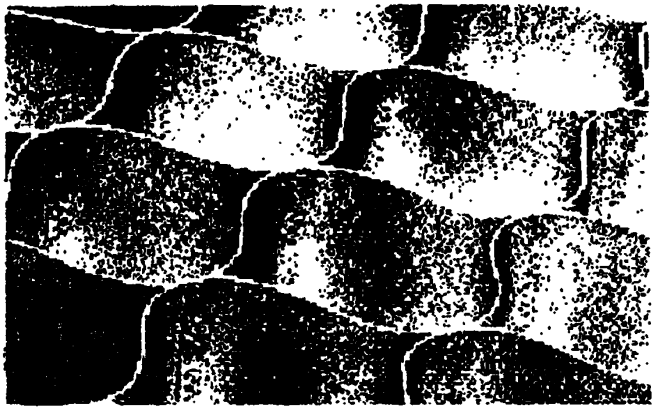

Рис. 4. Фрагмент георешетки типа **Geoweb**

2.14. Конструкция георешеток **Tenweb** (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 **Tenweb** аналогична георешетке **Geoweb**. Для улучшения дизайна в полиэтилен добавляется пигмент зеленого цвета.



Рис.5. Фрагмент георешетки типа **Tenweb**

2.15. Для укрепления откосов с углом наклона $\alpha > 40°$, 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).

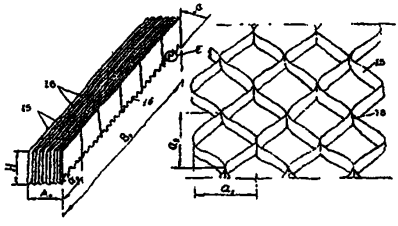

Рис.6. Косоугольная георешетка в сжатом (слева) и растянутом (справа) состоянии

2.16. Георешетки типа **Armater** (Франция, Голландия), Туймазы (Башкирия) изготавливают из лент термоскреплённого 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 длиной 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 георешётки для немедленной защиты поверхности откосов большой площади (например, откосы высоких насыпей и глубоких выемок) от эрозии и других нарушений местной устойчивости.

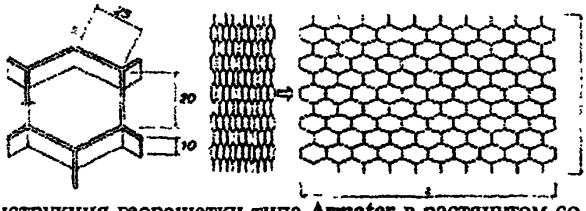

Рис.7. Конструкция георешетки типа **Armater** в растянутом состоянии; ширина пакета H=12 м, длина L=12,5 м, общая площадь 150 м^2

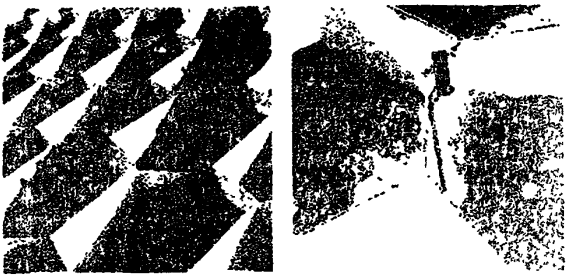

Рис.8. Фрагменты конструкции из георешеток типа Armater



Рис. 9. Общий вид конструкции из георешеток типа **Armater** 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 механическими степлерами.

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

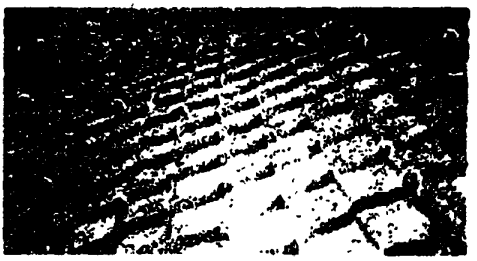

Рис.10. Соединение модулей георешетки и крепление их к грунту с помощью металлических анкеров

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 гидрогеорологических 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 профиля, диаметром 14-16 мм с антикоррозионным покрытием. При угле наклона откоса $\alpha < 40°$ (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).

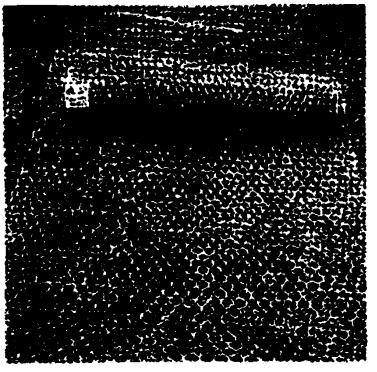

Рис.11. Простая панель из сетки двойного кручения

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/м^2).

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

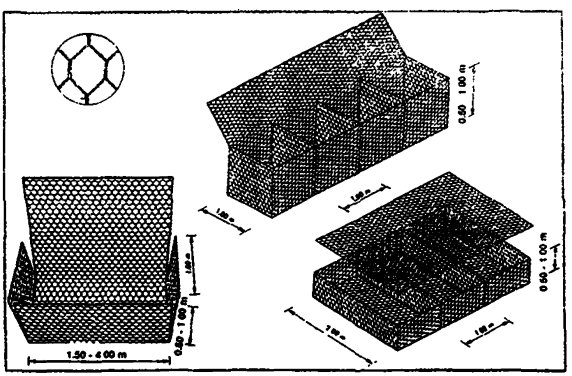

Рис.12. Конструкция оцинкованных коробчатых габионов

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.

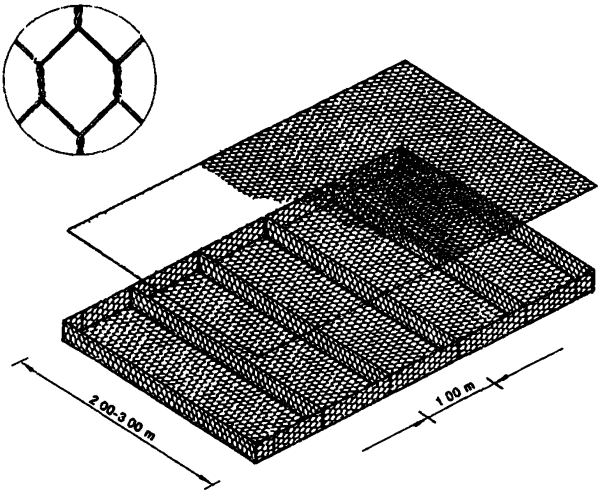

Рис.13. Конструкция матрасов Рено

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 $\alpha > 60°$, 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 подтопляемь х 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.

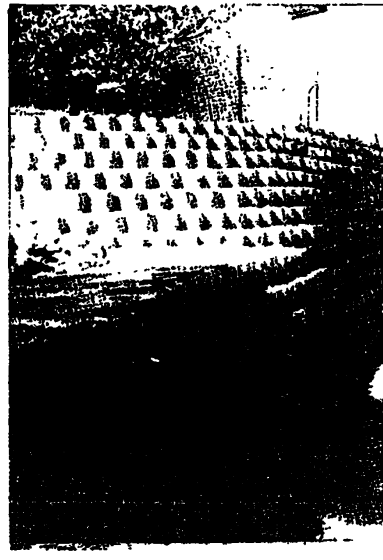

Рис.14. Конструкция откоса с применением георешеток типа **Geoweb** с использованием армоэлементов из тканых геосинтетических материалов

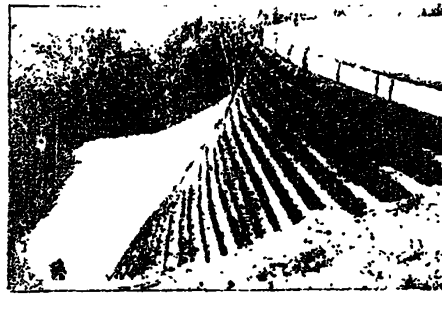

Рис.15. Конструкция для обеспечения общей и местной устойчивости с применением рулонных геосинтетических материалов

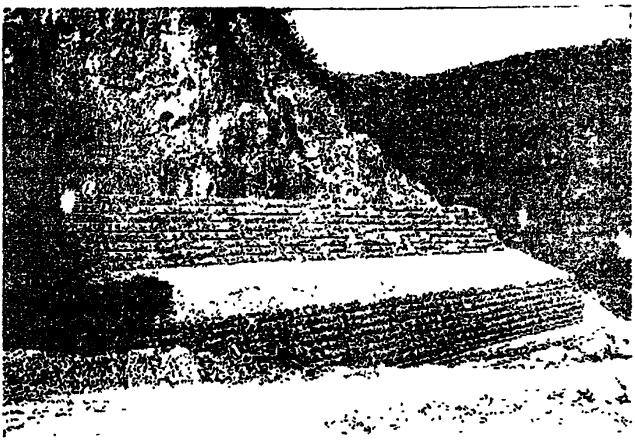

Рис.16. Конструкция укрепления с применением рулонных тканых материалов

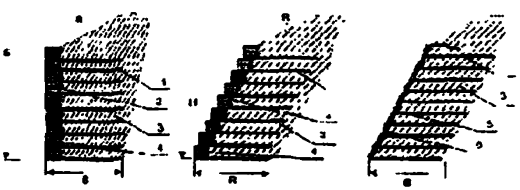

Рис.17. Схемы проектных решений для обеспечения общей устойчивости откоса с облицовкой грунтовой стенки (а) и откоса повышенной крутизны (в) габионами; поверхности откоса рулонными материалами и его озеленением (с)

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 водоотводных 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 застой 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/м^2 (в случае применения мата **Enkamat** А подстилающий грунт должен быть засеян травой перед установкой мата);
- заполнение мата растительным грунтом (в отдельных случаях эту операцию допускается не выполнять с последующей 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 объемных георешеток следует проводить сверху вниз, укрепляя часть обочины, с анкеровкой решеток 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 (грани) 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 **Armater** 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 складируют 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 **Armater.**

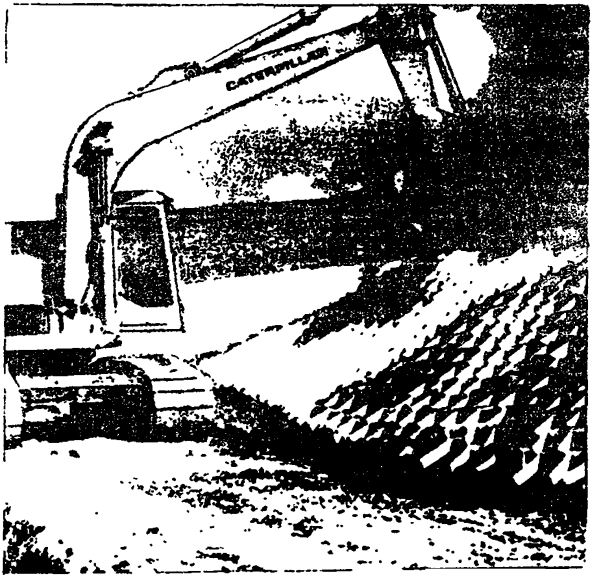

Рис.19. Засыпка георешеток типа **Armater** растительным грунтом.

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.

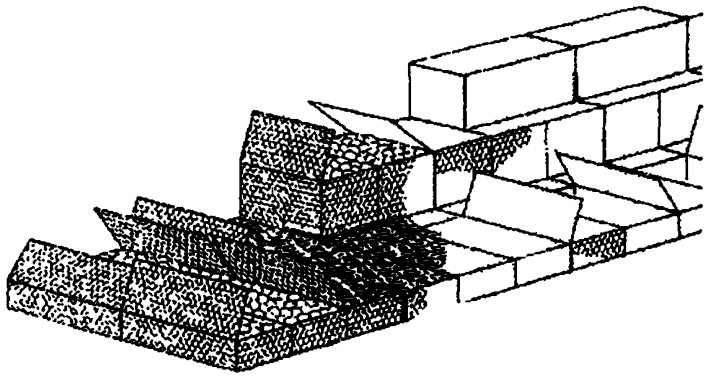

Рис.20. Схема установки и увязки габионов и матрасов

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 заключаются 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, гидросеялкок, 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 м^2 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

gost.e-ecolog.ru