

17. Ljahevich G.D., Zvonnik S.A., Ljahevich G.A., Al'azzavi A.B. Teoreticheskie aspekty, jeksperimental'nye issledovaniya i jeffektivnost' ispol'zovaniya vysokoprochnyh betonov dlja mostovyh konstrukcij [Theoretical aspects, pilot studies and efficiency of use of high-strength concrete for bridge designs]. *Nauka i tehnika*, 2014, no 5. pp. 48-54.

18. Vlasov V. K. Mehanizm povysheniya prochnosti betona pri vvedenii mikronapolnitelja [Mekhanizm of increase of durability of concrete at introduction of a microfiller]. *Beton i zhelezobeton*, 1988, no 10. pp. 9-11.

19. Krasnyj I.M. O mehanizme povysheniya prochnosti betona pri vvedenii mikronapolnitelej [O the mechanism of increase of durability of concrete at introduction mikronapolnite-pour]. *Beton i zhelezobeton*, 1987, no 5. pp. 10-11.

Лесовик Валерий Станиславович (Белгород, Россия) – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой строительного материаловедения, изделий и конструкций ФТБОУ ВПО

«БГТУ им. В.Г. Шухова» (308012 г. Белгород, ул. Костюкова, 46, e-mail: naukavs@mail.ru).

Федюк Роман Сергеевич (Владивосток, Россия) – старший преподаватель учебного военного центра ФГАОУ ВПО «ДВФУ» (690000, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 20, e-mail: fedyuk.rs@dvfu.ru).

Valeriy S. Lesovik (Belgorod, Russian Federation) – doctor of technical sciences, professor, Head of Chair of building materials, products and structures, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (308012, Kostjukova Str., 46, Belgorod, Russian Federation e-mail: naukavs@mail.ru).

Roman S. Fedyuk (Vladivostok, Russian Federation) – senior lecturer of Military Training Center, Far Eastern Federal University (690000, Russkiy Island, 20 Ayax, Vladivostok, Russian Federation, e-mail: fedyuk.rs@dvfu.ru).

УДК 625.731.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБУЕМОЙ ПРОЧНОСТИ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОТИВОЭРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ НЕПОДТОПЛЯЕМЫХ ОТКОСОВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

В.А. Шнайдер, Г.М. Левашов, В.В. Сиротюк
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

Аннотация. Применение геосинтетических материалов для противозероэрозийной защиты откосов земляного полотна находит всё большее применение. В России и за рубежом выпускают десятки разновидностей геосинтетики для укрепления грунтовых откосов. Но до настоящего времени не сформированы обоснованные требования к прочности геосинтетических материалов и методы расчёта их устойчивости на поверхности откоса. Нет рекомендаций по определению расстояния между анкерами, удерживающими геосинтетический материал на откосе. В данной статье даются краткие рекомендации по вышеперечисленным вопросам.

Ключевые слова: противозероэрозийная защита откосов, расчёт устойчивости, геосинтетические материалы.

Введение

Автомобильные дороги находятся под постоянным агрессивным воздействием не только транспорта, но и погодноклиматических факторов. Одним из этих факторов является эрозийное воздействие воды на откосы насыпей и выемок земляного полотна. Для повышения противозероэрозийной устойчивости откосов необходимо производить их укрепление. Защита от эрозии: «Предотвращение или ограничение перемещения частиц грунта или других частиц по поверхности откоса (склона), стабилизация подвижных грунтов» [1].

Известны десятки способов укрепления поверхности неподтопляемых откосов [2]. На протяжении десятилетий основным способом укрепления откосов земляного полотна авто-

мобильных дорог на неподтопливаемых территориях является формирование на них растительного покрова посредством посева многолетних трав по слою растительного грунта или торфогрунтовой смеси. Это самый простой и надёжный способ укрепления откосов в соответствии с классификацией типов укреплений. Отдавая должное этому простому и недорогому способу, следует отметить, что довольно часто надёжный растительный покров не успевает сформироваться и поверхность откоса подвергается интенсивному размыву дождевыми и тальными водами. Этот процесс наиболее характерен для регионов с неблагоприятными погодными условиями и при сооружении земляного полотна из малоплодородных грунтов (песок, золошлаковая смесь и т.п.).

Иногда в этой ситуации пытаются применять гидропосев трав, но по тем или иным причинам этот способ укрепления не нашёл широкого применения даже спустя десятки лет после его изобретения.

Определение вида и требуемой прочности геосинтетических материалов

Весьма эффективным способом защиты откосов насыпей от процессов водной эрозии является укрепление геосинтетическими материалами: геоматами, пространственной георешеткой (геосотами) и геотекстилем. Применение геоматов для защиты от водной эрозии базируется на многолетнем опыте европейских стран: Германии, Италии, Испании [3,4,5]. В соответствии с нормативом [3] существуют термины, определяющие вид материала:

1) геомат - материал трехмерной структуры из синтетических и натуральных волокон, монофиламентов и (или) других элементов, скрепленных механическим, химическим и другими способами;

2) георешетка - объемный складывающийся ячеистый модуль, состоящий из полимерных полос, соединенных между собой, как правило, в шахматном порядке при помощи экструзии, прессования, сварки, литья под давлением или другими способами;

3) геотекстиль - плоский водопроницаемый синтетический или натуральный материал (нетканый, тканый или трикотажный), используемый в контакте с грунтом и (или) другими материалами в транспортном, трубопроводном строительстве и гидротехнических сооружениях.

Трёхмерная структура геоматов удерживает слой растительного грунта и способствует закреплению корней растений, что способствует образованию качественного сплошного растительного слоя, обладающего большой сопротивляемостью к дождевым потокам и эрозии почвы. На данный момент выпускаются различные виды геоматов. Среди них можно выделить однокомпонентные, которые отличаются различными технологиями. Так же встречаются комбинированные геоматы: 1) с георешеткой или сеткой для повышения прочностных характеристик; 2) с геотекстилями; 3) в сочетании либо георешетки с геотекстилем, либо геосетки с геотекстилем [6,7]. Основные показатели свойств ГМ должны соответствовать нормативным значениям [7, 8, 9].

В соответствии с ОДМ 218.5.003-2010 [7] ГМ применяют для укрепления поверхности откосов земляного полотна (повышения их местной устойчивости). При укреплении откосов ГМ служит временным или постоянным элементом, выполняющим в первую очередь функции защиты и играющим роль:

- покрытия на откосе, замедляющего или предотвращающего его эрозию под действием воды и ветра;

- фильтра, предотвращающего вынос частиц грунтовыми водами.

В сочетании с биологическим типом укрепления в виде посева трав ГМ укладывают непосредственно на поверхность откоса под растительный грунт с посевом трав для создания более плотного травяного покрова, выравнивания влажностного режима. В этом случае используют геоматы.

В районах с неблагоприятными для развития травяного покрова климатическими условиями или при наличии интенсивного размыва грунта для защиты семян от вымывания, создания более благоприятного температурно-влажностного режима, защиты откоса от эрозии только на период формирования травяного покрова, ГМ укладывают на поверхность растительного грунта с предварительным посевом трав. Над ГМ устраивают замыкающий грунтовый слой толщиной 5-10 см. В этих решениях применяют нетканые иглопробивные геотекстильные материалы (ГПТ-НТ) с поверхностной плотностью до 200 г/м².

Требования к прочностным показателям ГМ, применяемым для эрозионной защиты поверхности откосов земляного полотна, представлены в четырёх основных действующих нормативно-методических документах: ОДМ 218.5.003-2010 [7], СП 34.13330.2012 [8], ОДМ 218.2.046-2014 [9] и ОДМ 218.3.049-2014 [10]. Методы испытаний ГМ определяет ОДМ 218.5.006-2010 [11].

В ОДМ 218.3.032-2013 [12] представлена методика проектирования укрепления откосов пространственными георешетками (геосотами). Однако в данной статье мы не рассматриваем варианты укрепления откосов этими ГМ. Многолетний мониторинг показал нам, что применение геосот на неподтопляемых откосах насыпей и выемок экономически не оправдано, а на подтопляемых – не надёжно т.к. подвержено интенсивному размыву.

В таблице 1 представлены требования к численным значениям прочности при растяжении ГМ, указанные в каждом из четырёх вышеперечисленных документов.

Таблица 1 – Численные значения требований к показателю прочности при растяжении по нормативным документам

№ п/п	Нормативные документы	Прочность при растяжении, кН/м
1	ОДМ 218.5.003-2010. Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог.	от 0,5 до 3,0
2	СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги.	не менее 5,0
3	ОДМ 218.2.046-2014. Рекомендации по выбору и контролю качества геосинтетических материалов, применяемых в дорожном строительстве.	до 30
4	ОДМ 218.3.049-2014. Методические рекомендации по применению многослойных дренирующих материалов (геодрен) для осушения и усиления дорожных конструкций при строительстве и реконструкции автомобильных дорог.	не менее 5,0

Проанализировав показатели прочности при растяжении, которые находятся в широком диапазоне от 0,5 кН/м до 30 кН/м, можно констатировать, что достаточно сложно определиться с назначением геосинтетического материала из-за отсутствия в Российских нормативах чётких и обоснованных требований.

В зарубежном документе по применению геосинтетических материалов [13] основными факторами для применения геосинтетического материала в строительстве являются: деформации ползучести, учет механического повреждения при производстве строительно-монтажных работ и долговечность. На основе этого коэффициента инженер может назначить или отклонить применение того или иного геосинтетического материала, опираясь на параметр RF :

$$RF = RF_{CR} \cdot RF_{ID} \cdot RF_{DU}, \quad (1)$$

где RF – обобщающий фактор; RF_{CR} – коэффициент деформации ползучести; RF_{ID} – коэффициент, учитывающий механическое повреждение при производстве строительно-монтажных работ; RF_{DU} – коэффициент фактора долговечности.

Один из известных производителей геосинтетических материалов – фирма Colbond [13], при расчёте противозерозионной устойчивости откоса земляного полотна с применением геокомпозиционных материалов допустимую прочность материала на растяжение считает по следующей зависимости:

$$P_{ul} = \frac{P_{ult} \cdot f_c}{f_{m1} \cdot f_{m2} \cdot f_n}, \quad (2)$$

где P_{ul} – расчётная прочность материала, кН/м; P_{ult} – исходная прочность материала на растяжение, кН/м; f_c – коэффициент, учитывающий ползучесть материала, $f_c = 0,6$; f_{m1} – коэффициент, учитывающий заводской брак, $f_{m1} = 1,1$; f_{m2} – коэффициент, учитывающий механическое повреждение при производстве строительно-монтажных работ, $f_{m2}=1,2$; f_n – общий коэффициент надёжности по материалу, $f_n = 1,0$.

В связи с вышеизложенным, рассмотрим в качестве примера расчёт требуемой прочности геомата, выполненный нами при обосновании укрепления откосов высоких насыпей из золошлаковой смеси, возводимых при нашем научно-техническом сопровождении на «Каширской развязке».

Расчёт устойчивости противозерозионной геокомпозиционной системы состоит из нескольких этапов: определение сдвигающей силы; длины анкеров; толщины насыпного грунта; определения допустимой прочности материала на растяжение.

В соответствии с расчётной схемой, представленной на рисунке 1, необходимо последовательно произвести расчёт по этапам и установить требуемые параметры анкерования и минимальной прочности геосинтетического материала для укрепления откоса.

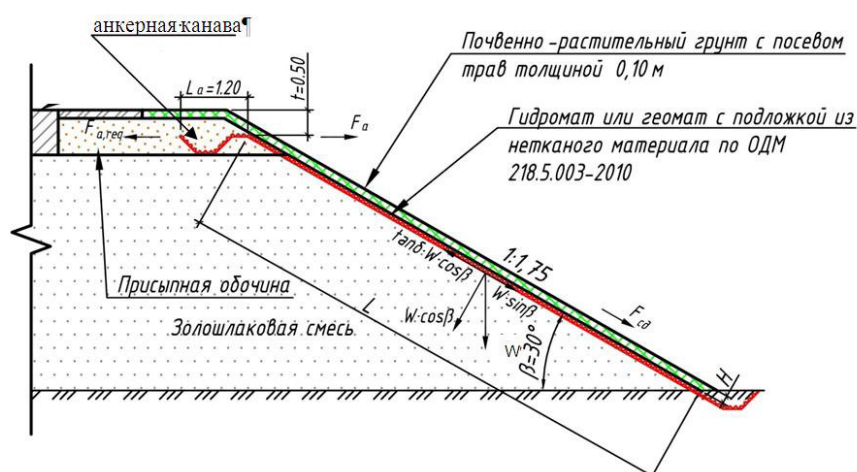


Рис.1. Расчётная схема к определению сдвигающей силы, действующей на геосинтетический материал

Сдвигающая сила F_{cd} на единицу ширины откоса, действующая на армированную подложку геомата учитывает вес грунта отсыпки и снеговую нагрузку:

$$F_{cd} = W \cdot \sin \beta - \tan \delta \cdot W \cdot \cos \beta, \quad (3)$$

где W – вес растительного грунта отсыпки, с учётом снеговой нагрузки, кН/м^2 ; β – угол заложения откоса, градусы ($\beta = 30^\circ$ для заложения откоса 1:1,75); δ – угол внутреннего трения между геоматом и грунтовой поверхностью, градусы (для принятой плотности геотекстиля 150 г/м^2 , $\delta = 25^\circ$).

Накопление снежного покрова в зимний период ведёт к увеличению нагрузок, поэтому при расчёте устойчивости плодородного слоя на поверхности склонов необходимо учитывать вес растительного грунта с учетом снежного покрова

$$W = L(H \cdot \gamma_s + \cos \beta \cdot S), \quad (4)$$

где S – снеговая нагрузка, кН/м^2 (для Московской области принято $1,4 \text{ кН/м}^2$); H – толщина грунта отсыпки, м; L – длина откоса, м; γ_s – удельный вес растительного грунта, кН/м^3 ($\gamma_s = 15,0 \text{ кН/м}^3$).

Тогда, сдвигающая сила на единицу ширины откоса равна:

$$F_{cd} = L(H \cdot \gamma_s + \cos \beta \cdot S) \cdot (\sin \beta - \tan \delta \cdot \cos \beta). \quad (5)$$

Длина анкеровки (анкерная канава) – величина заделки геомата в тело земляного полотна при заданной толщине слоя насыпного грунта определяется из условия обеспечения устойчивости. Необходимая анкеро-

вочная сила ($F_{a, req}$) на единицу ширины откоса, компенсирующая F_a ,

$$F_{a, req} = K_H \cdot t \cdot \gamma_s \cdot L_a \cdot \tan \delta, \quad (6)$$

где K_H – коэффициент надёжности; t – толщина слоя насыпного грунта, м; L_a – длина анкеровки, м.

Дефицит удерживающих сил компенсируется прочностью применяемого геосинтетического материала. Анкер – металлический или пластиковый элемент, предназначенный для крепления геосинтетического материала к грунтовой поверхности с целью обеспечения монтажа геосинтетического материала с заполнителем (монтажный анкер) или увеличения сопротивления геосинтетического материала с заполнителем сдвигающим нагрузкам (несущий анкер при укреплении откосов) [12,14].

$$F_a = \cos \beta \cdot F_{cd}, \quad (7)$$

где F_{cd} – сдвигающая сила на единицу ширины откоса, кН/м

Расчёт устойчивости противоэрозионной геокomпозитной системы выполнен для насыпей высотой 16,0 м и 12,0 м и сведён в таблицу 2.

Для назначения требуемого предела прочности на растяжение геосинтетического материала необходимо расчётные характеристики определить с учётом срока службы геосинтетического материала или только срока формирования устойчивой корневой системы растительного покрова на откосе. При этом также необходимо учитывать влияние исходного сырья, применяемого для изготовления геосинтетического материала, выполняемой им функции и условий работы (применения).

В соответствии с ОДМ 218.5.003-2010 расчётное значение предела прочности на растяжение для геосинтетических материалов определяется по формуле

$$R_p \geq \frac{T_{\max} \cdot \gamma_b}{A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4}, \quad (8)$$

где R_p – требуемое значение предела прочности на растяжение с учётом коэффициентов запаса и условий работы, кН/м; $T_{\max}$ – максимальная погонная нагрузка, воспринимаемая геосинтетическим материалом ($T_{\max} = F_a$); A_1 – коэффициент учёта ползучести (коэффициент перехода от прочности на рас-

тяжение к длительной прочности), принимаемый по разделу 86 ОДМ 218.5.003-2010 или по гарантированным производителем данным, отражённым в технической документации (принимается 0,45); A_2 – коэффициент учёта повреждения геосинтетического материала при транспортировке, монтаже и уплотнении грунта, принят 0,95; A_3 – коэффициент учёта стыковки, взаимного перекрытия и соединения полотен геосинтетического материала, принят 0,8; A_4 – коэффициент учёта влияния окружающей среды, принят 0,9; γ_b – коэффициент запаса для геосинтетического материала, принят 1,25.

Таблица 2 – Расчёт устойчивости противозерозионной геокомпозитной системы откоса для насыпей высотой 16,0 м и 12 м

Параметр	Обозначение	Расчётное значение при высоте насыпи		Единицы измерения
		16 м	12 м	
Исходные данные				
Снеговая нагрузка	S	1.4		кН/м ²
Толщина почвенно-растительного грунта	H	0.1		м
Удельный вес почвенно-растительного грунта	γ_s	15.0		кН/м ³
Расчётная высота насыпи	$H_{\text{нас}}$	16.0	12.0	м
Длина откоса (при заложении 1:1.75)	L	32.25	24.19	м
Угол откоса	β	30		градус
Угол внутреннего трения между геоматом и поверхностью	δ	25		градус
Определение сдвигающей силы				
Вес растительного грунта с учётом снеговой нагрузки	W	87.47	65.61	кН/м
Сила трения (удерживающая)	–	35.32	26.49	кН/м
Сила, стремящаяся сдвинуть композитный слой (геомат+ почвенно-растительный грунт)	–	43.74	32.80	кН/м
Сдвигающая сила на единицу ширины откоса	$F_{\text{сд}}$	8.41	6.31	кН/м
Параметры анкеровки				
Требуемая анкеровочная сила	F_a^{mp}	7.28	5.46	кН/м
Кoeffициент надёжности	K_n	0.95		–
Толщина насыпного грунта	t	0.4		м
Удельный вес грунта присыпной обочины	$\gamma_{об}$	17		кН/м ³
Необходимая длина анкеровки геомата	$L_{a,n}$	2.4	1.8	м
Фактическая длина анкеровки	$L_{a,\phi}$	1.2		м
Параметры дополнительной анкеровки металлическими скобами				
Фактическая составляющая анкеровочной силы, за счёт устройства грунтового замка	F_a^{ϕ}	3.61		кН/м
Избыток сдвигающего усилия	–	4.24	2.13	кН/м

Используя формулу (8) требуемое значение предела прочности на растяжение с учётом коэффициентов запаса и условий работы равно

$$R_p \geq \frac{3,66 \cdot 1,25}{0,45 \cdot 0,95 \cdot 0,8 \cdot 0,9} = 14,6 \text{ кН/м.}$$

В таблице 3 приведены значения прочности при растяжении различных геоматов, выпускаемых отечественными и зарубежными производителями.

Таблица 3 – Прочностные параметры различных геоматов

№ п/п	Производитель	Название	Прочность продольная (не менее), кН/м
1	Стеклонит	МТ-15-350(300) ЭКСТРАМАТ	1,2
		МТД1-15(300)-ЭКСТРАМАТ геокопозит	7,0
2	Tensar	Tensar MAT 400	3,2
3	Colbond	ЕНКАМАТ 3D-Mat открытый 7010	2,0
		Энкамат с подложкой 7210/1	1,7
4	TeMa	геомат K-Mat	1,8
		Геомат, усиленный геосеткой K-Mat RF 20	25
		K Mat Mini L Sedum	2,3
5	АрмДорСтрой	ГМ-K20	20
6	Makkaferi	Makmat 11/1	2,0
		Makmat R (A), усиленный решёткой	35
7	Polymat	Polymat 2020	10
8	Техполимер	Гидромат 1D	15
		Гидромат 2D (геокомпозит)	30
		Гидромат 3DM (геокомпозит)	25
9	Меапласт	МЕАМАТ-ММТ 14.250(200)	2
		МЕАМАТ-ММТ 25.600 (420)	2
		МЕАМАТ-ММК 15.10(420)	10

Исходя из минимальной прочности геомата (табл.3), только шесть из них могут выдержать нагрузки, установленные расчётом.

Все рекомендации по прочности геоматов составлены без учёта «помощи» от анкеров, которые, фиксируя геоматы к поверхности от-

коса, снижают напряжения в них ввиду уменьшения расчётной длины нагружения. В таблице 4 представлены результаты расчётов с учётом «вспоможения» анкеров при работе геоматов.

Таблица 4 – Расчёт количества и шага анкеров для насыпи высотой 16,0 м и 12 м

Параметр	Вид материала					
	МТА-15-250 (300) Эктрамат	МТА-15-550 (300) Эктрамат	Геомат Стабимат СМТ 500	Геомат ГЕО ГМ 4	Enkammat 7220	Гидромат 2D
Предельное усилие на один анкер, кН	0.05	0.10	0.014	0.03	0.02	0.30
Общее количество анкеров (скоб) на 1 п. м., шт.	85/43	42/21	303/152	141/71	212/107	21/7
Шаг анкеров (скоб) по длине откосов (в продольном направлении через 1 м), м	0.76/1.13	1.52/2.27	0.21/0.32	0.46/0.68	0.30/0.45	4.57/6.80

Примечание. Над чертой – для насыпи высотой 16 м, под чертой – 12 м.

По результатам расчёта установлено, что уменьшение шага установки анкеров, помогающих удерживать геоматы на откосах, может существенно снижаться и требования к их прочности. Например, можно сделать вывод о том, что в данных условиях для укрепления откоса подходит геосинтетические материалы марок: гидромат 2D и МТА-15-550 (300) Эктрамат. Остальные геосинтетические материалы обладают пределом прочности на растяжение менее 15 кН/м, что ниже расчетного значения.

Необходимость крепления геомата к откосу земляного полотна высотой 16 м с помощью анкеров (скоб), размещаемых с шагом 1

м по ширине полотна и 4,5 м по длине полотна геомата. Учитывая требование раздела 11 п. в ОДМ 218.003-2010 (о технологической необходимости размещения анкеров через 4-5 м по длине полотна), принимаем крепление геомата к откосу при высоте земляного полотна 12 м анкерами, размещаемыми с шагом 5 м по длине полотна геомата (хотя по расчёту получилось 6,8 м).

Раскладку геосинтетических материалов рекомендуется производить раскаткой рулонов вручную по длине откоса (поперёк оси дороги) сверху вниз, с взаимным перекрытием соседних полотен не менее 0,2 м. В процессе раскатки полотна через каждые 4,5-5,0

м его разравнивают, прижимают к поверхности откоса и забивают анкеры или скобы (П-образный анкер). Анкеры и скобы устанавливают через 1 м по ширине рулона (т.е. в трёх точках при ширине рулона 2 м). Длину анкеров и скоб рекомендуется принимать не менее 0,5 м, а изготавливать их нужно из металла диаметром 5-6 мм.

Для окончательного выбора ГМ следует учесть ещё одну особенность геоматов. При их использовании для укрепления откосов насыпей из легко размываемых (песок, золошлак и т.п.) или плохо уплотнённых грунтов вода может попадать под геомат и размывать грунт под ним.

Для предотвращения этого негативного явления рекомендуется применять комбинированные геоматы с подложкой из нетканого геотекстиля [14]. Причём этот геомат необходимо закреплять, закапывая его в ровики, расположенные вдоль укрепленной части обочины и у подошвы откоса (см. рис.). Это значительно снижает опасность просачивания воды под геоматом.

Второе требование относится к нетканому геотекстилю. Избыточная плотность этого материала (свыше 150-200 г/м²) препятствует быстрому формированию глубокой корневой системы растительного покрова, прорастающей в слое растительного грунта поверх геомата и геотекстиля.

Исходя из вышеприведённых аргументов, мы рекомендовали использовать для укрепления поверхности откосов высоких насыпей из золошлаковой смеси комбинированный гидромат 2D с нетканым геотекстилем плотностью 150 г/м², имеющий высокую прочность, технологичность, минимальную повреждаемость и относительно низкую стоимость.

Заключение

1) Действующие нормативно-методические документы по применению геосинтетических материалов для укрепления поверхности откосов земляного полотна в дорожном строительстве не позволяют достоверно обосновать эффективный материал, обладающий достаточной прочностью и устойчивостью для конкретного конструктивного решения [15].

2) Значение параметра прочности на растяжение геосинтетических материалов нужно рассчитывать с учётом коэффициентов надёжности и долговечности, причём величина этих коэффициентов должна быть уточнена применительно к каждому конструктивному элементу и геосинтетическому материалу.

3) Для повышения достоверности расчётов на устойчивость необходимо уточнять коэффициенты трения геосинтетических материалов для различных грунтов.

4) Геоматы могут выполнять на откосах не только защитную, но и дренирующую функцию. Это следует учитывать при проектировании конструкций и выборе геосинтетического материала [15].

5) Необходимо выполнение комплекса опытно-экспериментальных работ для обоснования эффективных конструктивно-технологических решений при проектировании мероприятий по повышению эрозионной устойчивости откосов, защищаемых геосинтетическими материалами.

6) Необходимо переработать и принять более современную систему классификации способов укрепления откосов земляного полотна. Один из возможных, более современных вариантов мы предложили ещё пять лет назад [16].

Библиографический список

1. Перевозников, Б.Ф. Автомобильные дороги. Откосно-прибрежные укрепления автомобильных дорог / Б.Ф. Перевозников. – М.: Информавтодор, 1993. – 83 с.
2. ГОСТ Р 53225-2008 Материалы геотекстильные. Термины и определения. – М.: Стандартинформ. – 2009 г. – 11 с.
3. Методические рекомендации по применению габионных конструкций в дорожно-мостовом строительстве. Под общ. Ред. Б.Ф. Перевозникова /ООО «Организатор», ФГУП «Союздорпроект». – М.: 2001. – 267 с.
4. CUR (Hrsg.) "Methode voor de periodieke sterktebeoordeling van dijken". Basisrapport, Bijlage H3, Gouda: CUR, 1991.
5. CUR (Hrsg.) "Methode voor de periodieke sterktebeoordeling van dijken". Basisrapport, Bijlage H3, Gouda: CUR, 1-+991.
6. Müller-Rochholz. Geokunststoffe im Erd- und Verkehrswegebau. 2 Auflage. 2008 Wolters KluwerDeutschland GmbH, Köln.
7. ОДМ 218.5.003-2010. Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог. – М.: Федеральное дорожное агентство (РОСАВТОДОР). – 2010. – 140 с.
8. СП 34.1330.2012. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85*. (СНиП 2.05.02-85*. Автомобильные дороги. Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстрой СССР, 1986. – 56 с.
9. ОДМ 218.2.046-2014. Рекомендации по выбору и контролю качества геосинтетических материалов, применяемых в дорожном строительстве. – М.: Федеральное дорожное агентство (РОСАВТОДОР). – 2014. – 73 с.

10. ОДМ 218.3.049-2014. Методические рекомендации по применению многослойных дренающих материалов (геодрен) для осушения и усиления дорожных конструкций при строительстве и реконструкции при строительстве и реконструкции автомобильных дорог. – М.: Федеральное дорожное агентство (РОСАВТОДОР). – 2014. – 74 с.
11. ОДМ 218.5.006.2010. Рекомендации по методикам испытаний геосинтетических материалов в зависимости от области их применения в дорожной отрасли. – М.: Федеральное дорожное агентство (РОСАВТОДОР). – 2014. – 84 с.
12. ОДМ 18.3.032-2013. Методические рекомендации по усилению конструктивных элементов автомобильных дорог пространственными георешетками. – М.: Федеральное дорожное агентство (РОСАВТОДОР). – 2013. – 72 с.
13. CHAPTER 18. Geosynthetic design. NYSDOT Geotechnical Design Manual. Page 18-57. October 3, 2013.
14. ИСО 13431:199 (ISO 13431:1999). Геотекстиль и изделия, подобные геотекстильным. Определение ползучести при растяжении и разрыве при ползучести (Geotextiles and geotextile-related products - Determination of tensile creep and creep rupture behavior).
15. Материалы фирмы Colbond. Режим доступа: http://www.colbondgeosynthetics.ru/cms_rus/generated/pages/functions/erosioncontrol/default.htm.
16. Шнайдер, В.А. Новая классификация типов укрепления откосов земляного полотна / В.А. Шнайдер, В.В. Сиротюк // Вестник СиБАДИ. – 2011. – 3(21). – С. 24-28.

THE DEFINITION OF STRENGTH REQUIRED GEOSYNTHETICS FOR EROSION CONTROL NEPOTOPLYAEMYJ PROTECTION SLOPE SUBGRADE

V.A. Schneider, G.M. Levashov, V.V. Sirotyuk

Abstract. The use of geosynthetics for erosion control mats, protection of slopes subgrade is increasingly used. In Russia and abroad producing dozens of varieties of geosynthetics to reinforce soil slopes. But to date there are no valid claims to the durability of geosynthetics and the methods of calculation of their stability on the surface of the slope. Any recommendations on the definition of the distance between the anchors holding the geosynthetic material on the slope. This article provides brief guidance on the above questions.

Keywords: anti-erosion protection of slopes. The calculation of stability. Geo-synthetic materials.

References

1. Perevoznikov B.F. *Avtomobil'nye dorogi. Otkosno-pribrezhnye ukreplenija avtomobil'nyh dorog* [Highways. Otkosno-pribrezhnye strengthenings of highways]. Moscow, Informavtodor, 1993. 83 p.
2. GOST R 53225-2008 *Materialy geotekstil'nye. Terminy i opredelenija* [State standart 53225-2008 geotextile Materials. Terms and definitions]. Moscow, Standartinform. 2009. 11 p.
3. *Metodicheskie rekomendacii po primeneniju gabionnyh konstrukcij v dorozhno-mostovom stroitel'stve* [Methodical recommendations on the use of gabion structures in road and bridge construction]. Red. B.F. Perevoznikova OOO «Organizator», FGUP «Sojuzdorproekt». Moscow, 2001. 267 p.
4. CUR (Hrsg.) "Methode voor de periodieke sterktebeoordeling van dijken". Basisrapport, Bijlage H3, Gouda: CUR, 1991.
5. CUR (Hrsg.) "Methode voor de periodieke sterktebeoordeling van dijken". Basisrapport, Bijlage H3, Gouda: CUR, 1-+991.
6. Müller-Rochholz. *Geokunststoffe im Erd- und Verkehrswegebau*. 2. Auflage. 2008 Wolters KluwerDeutschland GmbH, Köln.
7. ОДМ 218.5.003-2010. *Rekomendacii po primeneniju geosinteticheskikh materialov pri stroitel'stve i remonte avtomobil'nyh dorog* [EBM 218.5.003-2010. Recommendations for use of geosynthetic materials in construction-ve and repair of roads]. Moscow, Federal'noe dorozhnoe agentstvo (ROSAVTO-DOR). 2010. 140 p.
8. SP 34.1330.2012. *Avtomobil'nye dorogi. Aktualizirovannaja redakcija SNIp 2.05.02-85**. (SNIp 2.05.02-85* [JV 34.1330.2012. Road. Revised edition of SNIp 2.05.02-85*. (SNIp 2.05.02-85*. Road. Gosstroy of the USSR.]. *Avtomobil'nye dorogi. Gosstroy SSSR*. Moscow, CITP Gosstroy SSSR, 1986. 56 p.
9. ОДМ 218.2.046-2014. *Rekomendacii po vyboru i kontrolju kachestva geosinteticheskikh materialov, primenjaemyh v dorozhnom stroitel'stve* [EBM 218.2.046-2014. Recommendations on selection and quality control of geosynthetic materials used in road construction]. Moscow, Federal'noe dorozhnoe agentstvo (ROSAVTODOR). 2014. 73 p.
10. ОДМ 218.3.049-2014. *Metodicheskie rekomendacii po primeneniju mnogoslojnyh drenirujushchih materialov (geodren) dlia osushenija i usilenija dorozhnyh konstrukcij pri stroitel'stve i rekonstrukcij pri stroitel'stve i rekonstrukcii avtomobil'nyh dorog* [EBM 218.3.049-2014. Methodical recommendations on the application of multi-layer drainage material (geodren) for dewatering and strengthening of road structures during construction and reconstruction during the construction and reconstruction of roads]. Moscow, Federal'noe dorozhnoe agentstvo (ROSAVTODOR). 2014. 74 p.

11. ODM 218.5.006.2010. *Rekomendacii po metodikam ispytanij geosinteticheskikh materialov v zavisimosti ot oblasti ih primeneniya v dorozhnoj otrasli* [EBM 218.5.006.2010. Recommendations for methods of testing geosynthetic materials depending on their application in the road sector]. Moscow, Federal'noe dorozhnoe agentstvo (ROSAVTODOR). 2014. 84 p.

12. ODM 18.3.032-2013. *Metodicheskie rekomendacii po usileniju konstruktivnykh jelementov avtomobil'nyh dorog prostranstvennymi georeshetkami* [EBM 18.3.032-2013. Guidelines for strengthening of structural elements of roads by a spatial geogrid]. Moscow, Federal'noe dorozhnoe agentstvo (ROSAVTODOR). 2013. 72 p.

13. CHAPTER 18. Geosynthetic design. NYSDOT Geotechnical Design Manual. Page 18-57. October 3, 2013.

14. ISO 13431:199 (ISO 13431:1999). *Geotekstil' i izdelija, podobnye geotekstil'nym. Opredelenie polzuchesti pri rastjazhenii i razryve pri polzuchesti (Geotextiles and geotextile-related products - Determination of tensile creep and creep rupture behavior)* [ISO 13431:199 (ISO 13431:1999). And geotextile products, geotextile such. Determination of tensile creep and rupture during creep (Geotextiles and geotextile-related products)].

15. Materialy firmy Colbond. Available at: http://www.colbondgeosynthetics.ru/cms_rus/generated/pages/functions/erosioncontrol/default.htm.

16. Shnajder V.A., Sirotjuk V.V. Novaja klassifikacija tipov ukreplenija otkosov zemljanogo polotna [New classification of the types of strengthening of slopes of the subgrade.]. *Vestnik SibADI*, 2011, 3 (21). – pp. 24-28.

Шнайдер Виктория Александровна (Россия, г Омск) – аспирантка, старший преподаватель кафедры «Проектирование дорог» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5 e-mail: wihor@mail.ru).

Сиротюк Виктор Владимирович (Россия, г Омск) – доктор технических наук, профессор кафедры «Проектирование дорог» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (646800, г. Омск, пр. Мира, 5 e-mail: sirotuk_vv@sibadi.org).

Левашов Григорий Михайлович (Россия, г Омск) – кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (646800, г. Омск, пр. Мира, 5 e-mail: dic.sibadi@gmail.com).

Shneider Viktoria Alexandrowna (Russian Federation, Omsk) – graduate student, senior teacher of The Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5 e-mails: wihor@mail.ru).

Sirotuk Victor Vladimirovich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor of the department "Road engineering" of The Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5 e-mail: sirotuk_vv@sibadi.org).

Levashov Grigory Mikhaylovich (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, associate professor of The Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI) (646800, Omsk, Mira Ave., 5 e-mails: dic.sibadi@gmail.com).