

СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ДОРОГ

УДК 625.7

Т. В. Скрыпник, канд. техн. наук, В. Ю. Скрыпник, Р. А. Пилипенко

Автомобильно-дорожный институт

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Горловка

СУЩЕСТВУЮЩИЕ ПОДХОДЫ К УПРОЧНЕНИЮ ГРУНТОВ АКТИВНОЙ ЗОНЫ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕМОНТЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Приведены существующие мировые и отечественные подходы использования геоматериалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог. Рассмотрены сравнительные технико-экономические характеристики георешеток и геотекстилей применительно к повышению прочностных показателей грунтовых конструкций. Показано, что использование геосинтетических материалов позволяет не только повысить прочностные характеристики земляного полотна, но и в значительной мере сократить эксплуатационные расходы дорожных организаций.

***Ключевые слова:** грунт, укрепление, геосинтетические материалы, георешетки, геотекстиль, активная зона, полимер, армирование*

Введение

Мировой и отечественный опыт показывает, что использование привозных грунтов для устройства земляного полотна не всегда эффективно, а устройство грунтовых слоев из местных слабых грунтов, укрепленных минеральными вяжущими, уже не удовлетворяет современным требованиям и имеет ряд существенных недостатков. Кроме этого, приводит к значительному перерасходу ресурсов.

Укрепление слабых грунтовых оснований земляного полотна, возведение насыпей с откосами повышенной крутизны, возведение армогрунтовых подпорных стенок – данные задачи легко решаются, если при проведении строительства применяют современные армирующие материалы.

Наиболее перспективными в этом плане для армирования грунтов являются высокопрочные геосинтетические изделия.

Цель работы

Целью работы является анализ способов упрочнения грунтов активной зоны земляного полотна геосинтетическими материалами (георешетками и геотекстилем).

Основная часть

Основание земляного полотна может быть сформировано слабыми грунтами.

К слабым грунтам по [1] относят грунты, имеющие прочность на сдвиг в условиях природного залегания менее 0,075 МПа (при испытании прибором вращательного среза) или с модулем осадки более 50 мм/м при прикладываемой нагрузке 0,25 МПа (модуль деформации ниже 5,0 МПа).

Кроме указанных грунтов, при отсутствии каких-либо данных испытаний, к слабым грунтам следует относить грунты болотной фракции, такие как торф, заторфованные грунты, сапропели, болотный мергель, иольдиевые глины, грунты мокрых солончаков, а также илы, глинистые грунты различного происхождения, имеющие коэффициент консистенции свыше 0,5.

Если указанные грунты залегают мощностью более 0,5 м и расположены в пределах активной зоны земляного сооружения, то образуется слабое основание, требующее усиления различными способами, в том числе и с применением геосинтетических материалов.

Способы повышения прочности основания земляного полотна

Высокопрочные геосинтетические изделия (геосинтетики) – материалы, контактирующие с грунтами, в которых как минимум одна из составных частей изготовлена из какого-либо полимерного материала, и с самыми разными предназначениями для разных целей (армирование грунтов, создание гидроизоляции или дренажа в грунте, противозерозионная защита склонов).

В транспортном строительстве стоит отметить несколько направлений применения геосинтетических материалов, и в каждом из них возможно использование множества их видов и разновидностей. Например, при укреплении слабых оснований можно использовать георешетку, геотекстиль, и геокомпозит.

Георешетка (geogrid) – плоская полимерная структура в виде регулярной решетки, изготовлена соединениями (экструзией, спаиванием или сплетением) в одно целое устойчивых к растяжению элементов, размер отверстий которой больше размера элементов. Ее используют как армирующий слой в зернистых и монолитных материалах.

Геотекстиль (geotextile) – плоский проницаемый полимерный (синтетический или природный) материал, который может быть тканым, нетканым или трикотажным, который используют в контакте с грунтом и (или) другими материалами в геотехнических и гражданских строительных сооружениях.

Геокомпозит (geocomposite) – композитный материал, среди компонентов которого использован по меньшей мере один геосинтетический материал.

Таким образом, многие геосинтетические материалы и изделия взаимозаменяемы между собой, что является немаловажным аспектом преимущества их применения над традиционными технологиями ведения строительства.

Изучение свойств геосинтетических материалов и их взаимодействие с армирующей средой является сегодня актуальной темой, несмотря на большое количество исследований ученых разных стран.

Начиная с А. Видаля и Ф. Шлоссера, исследованиям в данном направлении посвящены работы таких ученых, как Т. Ален, Р. Бассет, М. Бартонз, С. Бойль, Дж. Ву, Дж. Гиро, Р. Джевел, К. Д. Джонс, И. Жюран, Т. С. Ингольд, Р. Коернер, К. Ли, Н. Т. Лонг, Дж. Митчел, Р. Мюррей, Д. Нараяна, И. Рисе, Л. Ричардсон, М. Хаусманн, Ф. Татсуока, Д. Чанг, Н. Шу, С. Янг.

Из ученых бывшего Советского Союза и Украины изучением свойств армогрунтовых конструкций занимались: А. П. Аксенов, Ю. Б. Балашова, Ю. И. Бок, Е. Д. Бондарева, И. П. Гамеляк, В. Ю. Гладков, В. И. Заворицкий, Л. Ф. Златоверховников, В. Д. Казарновский, Е. Я. Лейбман, В. Я. Савенко, Д. Ю. Соболевский, Д. А. Павлюк, В. В. Петрович, А. Г. Полуновский, Ю. В. Пудов, А. А. Рубан, Л. М. Тимофеева, Е. Ю. Усиченко, А. П. Фомин, Ю. Е. Хечинов, А. А. Цернат, К. Ш. Шадунц, В. Р. Шевчук, Ф. М. Шихеев, Д. Ю. Штыкель и др.

Понятие «армированный грунт» рассмотрено у многих авторов [2, 3, 4, 5]. Армированный грунт – это композитный материал, в котором скомбинированы характерные прочности двух различных материалов, таким образом уменьшая недостатки каждого. В данном случае комбинация большого объема грунта, относительно дешевого материала с небольшой прочностью на сжатие, сочетается с относительно меньшим количеством георешеток более дорогого материала со значительной прочностью на растяжение, что приводит к улучшению физико-механических свойств армированного грунта. Следовательно, комбинация прочности на растяжение с прочностью на сжатие двух материалов улучшает общие характеристики композитного материала аналогично свойствам железобетона.

Метод армирования грунта впервые был разработан французским ученым Анри Видалем в 60-х годах прошлого века [4, 6].

В работе К. Д. Джоунса [3, 7] описаны свойства материалов (грунта и геосинтетиков), основные представления и связи, которые возникают в армированном грунте, а также ограничения по применению того или иного материала.

Шлоссер Ф. [3, 8, 9, 10] и Н. Т. Лонг [11] установили требования к материалу засыпки при устройстве дорожных насыпей из армированного грунта. Ими установлены требования к засыпке, необходимые для обеспечения совместной работы грунта и арматуры. Результаты их исследований показали, что если $tg\phi$ для водонасыщенного армированного грунта составляет 0,4 и выше, то грунт можно использовать в качестве засыпки армированного сооружения.

Одной из важнейших характеристик, необходимых для расчета сооружений из армированного грунта, является коэффициент трения арматуры в грунте. В [12] приводятся результаты исследований по изучению коэффициента трения различных материалов. Наибольший коэффициент трения по грунту имеет пластик, армированный стекловолокном (0,53–0,64), наименьший – оцинкованная сталь (0,36–0,38). Данные исследования коэффициента трения по контакту грунт-геотекстиль приводятся также и в [13].

Работа [14] посвящена определению коэффициента трения между грунтовым массивом и геосинтетической арматурой. В этой работе введен дифференциальный коэффициент трения – коэффициент трения арматурного элемента в виде полотна, пластины, ленты по грунту и интегральный – коэффициент трения арматурного элемента в виде сетки по грунту. Также установлено, что если соотношение длины ячейки сетки в чистоте (без учета ширины ленты сетки) к максимальному диаметру фракции грунта, который содержится в грунтовом массиве, от 30 % до 60 % и отношение расстояния между лентами сетки к ее ширине более 2 %, то интегральный коэффициент трения арматурного элемента по грунту подушки можно принимать равным коэффициенту внутреннего трения грунта подушки.

Однако исследования [14] были выполнены только для песка, а в качестве армирующих материалов были приняты разные виды сеток из алюминия. В качестве геосинтетика принимали геотекстиль фирмы Romex, который не дает полной картины взаимодействия грунта с геосинтетиком и материал этой фирмы почти не применяется в дорожном строительстве.

В работе Л. М. Тимофеевой [15] методы расчета сооружений из армированного грунта развиваются в трех основных направлениях:

1. Армогрунт рассматривают как анизотропную среду с обобщенными деформационными характеристиками. Расчет ведется обычным методом с учетом теории упругости и пластичности.

2. Отдельно учитывается работа армирующих элементов, воспринимающих растягивающие усилия. Грунт работает на сжимающие и сдвигающие нагрузки.

3. Армированный слой грунта представляет собой некоторый несущий элемент, который входит в упругопластическое полупространство, характеристики которого определяются с учетом совместной работы арматуры и присоединенной к ней массы грунта.

На современном этапе проектирования армогрунтовых конструкций все три направления взаимосвязаны, поэтому научные исследования необходимо вести, учитывая каждое из этих направлений.

В [3] расчет армированных сооружений выполнен с использованием метода функции комплексной переменной для анизотропной среды. Расчет базируется на основных формулах анизотропной полуплоскости:

$$\sigma_x = 2R_e \left[s_1^2 \varphi'(z_1) + s_2^2 \Psi'(z_2) \right]; \quad (1)$$

$$\sigma_y = 2R_e \left[\varphi'(z_1) + \Psi'(z_2) \right]; \quad (2)$$

$$\tau_{xy} = -2R_e \left[s_1 \varphi'(z_1) + s_2 \Psi'(z_2) \right], \quad (3)$$

где s_1, s_2 – корни уравнений;

$\varphi'(z_1)$ и $\Psi'(z_2)$ – функции напряжений.

Для определения общего анализа состояния армированного грунта может быть применен метод предельного равновесия.

Джоунс К. Д. [2] в своей работе приводит полуэмпирический метод расчета. При использовании этого метода напряженное состояние засыпки, которая находится между элементами арматуры, определяется путем измерения на фактических сооружениях. Коэффициент связности между грунтом и арматурой устанавливается из эмпирического выражения, полученного из опытов на вырывание ленточной арматуры:

$$T_{\max} = k \sigma_z \left(\frac{\Delta h}{N} \right), \quad (4)$$

где N – количество арматуры на площади, которую принимают к расчету;

Δh – зона действия арматуры.

Максимальная сила связности на элемент арматуры:

$$T = 2b \int_{L-Cr}^L \mu' \sigma_z dL, \quad (5)$$

где $\mu' = \mu_0 \left[1 - (h/h_0) \right] + h/h_0 \operatorname{tg} \varphi$,

где $\mu_0 = 1,2 + l c_u$ – для шероховатой арматуры,

где c_u – коэффициент неоднородности;

$\mu_0 = 0,4$ – для гладкой арматуры.

На основе крупномасштабных испытаний Л. М. Тимофеева [15] получила зависимости анкеров для армирования грунта засыпки ленточной и стержневой арматурой:

$$R_i = s f_i \varpi_i, \quad (6)$$

где ϖ_i – прогиб облицовки по контакту со стержнем арматуры;

$s f_i$ – коэффициент жесткости.

Коэффициент жесткости $s f_i$:

$$s f_i = s f_0 + \alpha_{hi} h_i, \quad (7)$$

где $s f_0$ – некоторая постоянная величина, которая обусловлена адгезионной составляющей контактного взаимодействия;

h_i – глубина расположения i -того слоя анкеров;

α_{hi} – коэффициент, зависящий от предыдущего смещения анкера Δi .

Полученные в [16] результаты интересны, но касаются стержневой или трубчатой стальной и алюминиевой арматуры, работа которой значительным образом отличается от работы геосинтетической прослойки в теле земляного полотна автомобильной дороги.

Результаты исследований в области армирования грунтовых массивов в 2004 году представлены в диссертациях Е. Ю. Усиченко [5] и Г. К. Ковальского [14], в 2005 году в монографии О. А. Рубана [13], в 2006 году в диссертации А. В. Федорука [16].

Усиченко Е. Ю. [5] разработала метод расчета внутренней устойчивости подпорных конструкций различных типов, которые армированы геосинтетиками. Обосновала и разрабо-

тала методику определения растягивающего усилия в геосинтетическом армировании при двух моделях функционирования армогрунтовой подпорной стенки с учетом дополнительной нагрузки на поверхности грунтовой засыпки и методику определения длины заделки прослойки в неподвижную часть грунтового массива и длины заделки геосинтетических обоев.

На современном этапе одним из перспективных направлений сокращения сроков строительства, обеспечения прочности структур, сокращения площадей под сооружениями является устройство армогрунтовых конструкций с армированием их геосинтетическими материалами. Эффективность их использования обуславливается снижением стоимости строительства благодаря использованию местных материалов, сооружением конструкций в сложных инженерно-геологических условиях, экономией высококондиционных строительных материалов, которые часто отсутствуют в районе строительства, повышением однородности и долговечности конструкции и т. д.

Виды геотекстильных материалов для повышения прочности основания земляного полотна

В строительной практике на основе [15] применяется несколько основных материалов для армирования, выполненных из геосинтетического волокна: геотекстиль, геосетка и георешетка.

По способу изготовления геотекстильных материалов современные производители предлагают несколько основных видов геотекстильного изделия: иглопробивной геотекстиль, который может быть усилен дополнительно геосетками или дублирован геоматом; термоскрепленный геотекстиль; тканый геотекстиль.

В России большинство строительных компаний и обычные потребители предпочитают использовать термоскрепленный геотекстиль, в то время как за рубежом предпочитают чаще применять иглопробивной. Это связано с тем, что термоскрепленный материал хоть и имеет высокие разрывные нагрузки, но на самом деле эта характеристика не гарантирует его долгой эксплуатации.

Геотекстиль, как материал, применяемый для армирования грунтов, изготавливается из полипропилена или полиэфира методом иглопробивания. Данный нетканый материал имеет крайне высокие показатели плотности и прочности. Кроме армирования такой материал выполняет функции разделения грунтов, а также отвода излишней воды. Основные технические характеристики зависят от марки геотекстиля, но находятся в следующих пределах: плотность по поверхности – от 100 до 600 г/м²; толщина – от 1,1 мм до 4,5 мм; прочность на растяжение – до 18 % в продольном и до 20 % – в поперечном направлении; удлинение на разрыв – до 120 %.

Геотекстиль невосприимчив к разным химическим реагентам и практически не подвержен механическому влиянию. С его помощью укрепляются небольшие откосы, либо же он укладывается слоями, создавая своего рода сэндвич-конструкцию с прослойками грунта. При данном использовании материала основные технические характеристики изделия увеличиваются в разы. Закрепляя геотекстильное изделие в подпорных стенах или на краях откоса, можно добиться значительного укрепления грунта.

Использовать георешетки, как изделия, в строительной практике начали довольно давно, кроме России и стран СНГ. Сегодня ассортиментный ряд как зарубежных, так и отечественных производителей насчитывает десятки наименований различных видов георешеток, различающихся, в зависимости от предназначения, технологиями изготовления и используемыми материалами, формой и размерами ячеек, другими эксплуатационными характеристиками.

Георешетка представляет собой модуль, находящийся для удобства перевозки в сложенном компактном состоянии. Георешетка обладает следующими свойствами: не гниет; не выделяет вредных веществ; не изменяет формы и не разрушается; устойчива к ультрафиоле-

товому излучению; стенки георешетки могут иметь перфорацию для увеличения дренирующих характеристик конструкции; температура укладки – от -40°C до $+60^{\circ}\text{C}$.

При применении в дорожной конструкции георешетка обеспечивает долговечность сооружения; снижение его материалоемкости; снижение транспортных расходов (уменьшение доли привозных грунтов). Отсутствует необходимость в применении сложной строительной техники.

Предлагаемые размеры модулей различаются: длиной от 2,43 м до 2,45 м; шириной от 5,96 м до 8,23 м; высотой от 0,05 м до 0,2 м. Номинальная толщина ленты – 1,5 мм ($\pm 0,1$ мм).

Экономическая эффективность применения армированного грунта активной зоны земляного полотна

Согласно [16], при сравнении проектных вариантов армированной и неармированной активной зоны насыпи автомобильной дороги, на основе критерия «эффективность – стоимость», принимается в расчет: объем земляных работ, площадь поверхности армирования, средняя высота слоя армирования и схема его закладки, стоимость техногенного грунта для армированного слоя, возможность и стоимость землеотвода, стоимость конструкций безопасности (ограждения и т. д.), необходимость применения временной опалубки, необходимость перенаправления движения транспорта во время строительства, эстетичность конструкции в целом.

Использование в качестве армирующего материала георешетки и геотекстиля приводит к увеличению стоимости строительства. Снижение сметной стоимости строительства достигается за счет увеличения прочности сооружения, уменьшения ширины полосы отвода, увеличения угла заложения откосов, уменьшения длины откосов.

Выводы

Упрочнение слабых грунтов активной зоны земляного полотна, укрепление слабых грунтовых оснований земляного полотна, возведение насыпей с откосами повышенной крутизны, возведение армогрунтовых подпорных стенок требует применения новых материалов для упрочнения создаваемых сооружений.

Устройство армогрунтовых конструкций с различными схемами армирования геосинтетическими материалами – одно из перспективных направлений сокращения сроков строительства, обеспечения прочности получаемых структур, сокращения площадей под сооружениями.

Методы расчета сооружений из армированного грунта развиваются в трех основных направлениях:

- армогрунт рассматривают как анизотропную среду с обобщенными деформационными характеристиками;
- отдельно учитывается работа армирующих элементов, воспринимающих растягивающие усилия; грунт работает на сжимающие и сдвигающие загрузки;
- характеристики армогрунта определяются с учетом совместной работы геосинтетиков и присоединенной к ним массы грунта.

Укрепление слабых грунтов возможно различными геосинтетиками: геотекстилем, георешеткой или геокомпозитами на их основе.

Список литературы

1. Пособие по проектированию методов регулирования водно-теплового режима верхней части земляного полотна (к СНиП 2.05.02-85). – М. : Стройиздат, 1989. – 96 с.
2. Джоунс, К. Д. Сооружения из армированного грунта / К. Д. Джоунс ; пер. с англ. В. С. Забавина ; под ред. В. Г. Мельника. – М. : Стройиздат, 1989. – 280 с.
3. Schlosser, F. Recent Results in French Research on Reinforced Earth / F. Schlosser, N. T. Long // Journ. of Constr. Div. – 1974. – № 9. – P. 223–227.

4. Vidal, H. The Development and Future of Reinforced Earth / H. Vidal // Keynote address, Symp. Earth Reinforcement. – Pittsburgh : ASCE, 1989. – P. 1–61.
5. Усиченко, О. Ю. Моделі та метод розрахунку армованих геосинтетиками підпірних конструкцій автомобільних доріг : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.11 / О. Ю. Усиченко. – К., 2004. – 175 с.
6. Исторический очерк применения армированного грунта в строительстве ; пер. А. Vidal // Revue general des routes, ponts et aerodromes. – 1986. – № 635. – P. 65–72.
7. Jones, C. J. F. P. Earth Pressures against the Abutments and Wingwalls of Standard Motorway Bridges / C. J. F. P. Jones, F. A. Sims // Geotechnique. – 1975. – Vol. 25, № 4. – P. 731–732.
8. Schlosser, F. Reinforced Earth. Research and Realization / F. Schlosser // Laboratoire des Ponts et Chaussees. Bull. Liaison L. P. C. – 1972, Dec. – № 62. – P. 79–92.
9. Schlosser, F. Parametres de Soils artificielement ameliores / F. Schlosser, I. Juran // Proc. of the 7th Eur. Conf. on Soil Mech. and Found. Eng. – 1979. – Vol. 5. – P. 227–252.
10. Schlosser, F. Reinforced Earth / F. Schlosser, H. Vidal // Bull. de LLRPC. – 1969. – № 41.
11. Long, N. T. Etude de la terre armee appereit triaxial / N. T. Long, Y. Guegan, G. Legeay // Rap. de Recher. du Labor. Central des ponts et Chaussees. – 1980. – № 17. – P. 6–11.
12. Евгеньев, И. Е. Земляное полотно автомобильных дорог на слабых грунтах / И. Е. Евгеньев, В. Д. Казарновский. – М. : Транспорт, 1976. – 271 с.
13. Рубан, О. А. Устойчивость слоистых грунтовых сооружений на деформируемом основании : моногр. / О. А. Рубан. – Днепропетровск : ПГАСиА, 2005. – 182 с.
14. Ковальський, Р. К. Зміцнення ґрунтових основ будівель та споруд методом армування : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.02 / Р. К. Ковальський. – К., 2004.
15. Тимофеева, Л. М. Армирование грунтов. Теория и практика применения. Ч. 1. Армированные основания и подпорные стены / Л. М. Тимофеева. – Пермь, 1992. – 478 с.
16. Федорук, А. В. Вдосконалення технології армування укосів геосинтетичними матеріалами : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.08 / А. В. Федорук. – Одеса, 2006. – 144 с.
17. Споруди транспорту. Матеріали геосинтетичні в дорожньому будівництві : ВБН В.2.3-218-544:2008. – К. : Укравтодор, 2008. – 126 с.

Т. В. Скрыпник, В. Ю. Скрыпник, Р. А. Пилипенко
Автомобильно-дорожный институт

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет» г. Горловка
Существующие подходы к упрочнению грунтов активной зоны земляного полотна
при строительстве и ремонте автомобильных дорог

Приведены существующие мировые и отечественные подходы использования геоматериалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог. Основные задачи строительства грунтовых сооружений при наличии слабых грунтов (укрепление слабых грунтовых оснований земляного полотна, возведение насыпей с откосами повышенной крутизны, возведение армогрунтовых подпорных стенок) успешно решаются посредством применения современных армирующих материалов.

Слабые грунты имеют прочность на сдвиг в условиях природного залегания менее 0,075 МПа (при испытании прибором вращательного среза) или с модулем осадки более 50 мм/м при прикладываемой нагрузке 0,25 МПа (модуль деформации ниже 5,0 МПа).

При залегании грунтов мощностью более 0,5 м и расположенных в пределах активной зоны земляного сооружения образуется слабое основание.

Рассмотрены сравнительные технико-экономические характеристики георешеток и геотекстилей применительно к повышению прочностных показателей грунтовых конструкций на слабых основаниях.

Высокопрочные геосинтетические изделия (геосинтетики) – это материалы, контактирующие с грунтами, в которых как минимум одна из составных частей изготовлена из какого-либо полимерного материала, и с самыми разными предназначениями для разных целей (армирование грунтов, создания гидроизоляции или дренажа в грунте, противозерозионная защита склонов).

В свою очередь, армированный грунт – это композитный материал, в котором скомбинированы характерные прочности двух различных материалов, уменьшая недостатки каждого. В данном случае комбинация большого объема грунта относительно дешевого материала с небольшой прочностью на сжатие, сочетается с относительно меньшим количеством более дорогого материала со значительной прочностью на растяжение – георешеткой, что приводит к улучшению физико-механических свойств армированного грунта.

Показано, что использование геосинтетических материалов позволяет не только повысить прочностные характеристики земляного полотна, но и в значительной мере сократить эксплуатационные расходы дорожных организаций.

ГРУНТ, УКРЕПЛЕНИЕ, ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ГЕОРЕШЕТКИ, ГЕОТЕКСТИЛИ, АКТИВНАЯ ЗОНА, ПОЛИМЕР, АРМИРОВАНИЕ

T. V. Skrypnik, V. Yu. Skrypnik, R. A. Pilipenko
Automobile and Highway Institute of Donetsk National Technical University, Gorlovka
Existing Approaches to Soil Hardening of the Roadbed Active Zone

Existing world and domestic approaches to the application of geo materials at construction and repair of highways are given. Main tasks of soil structures construction at soft soils (soft soils hardening of the roadbed, construction of embankments with steep slopes, construction of reinforced soil back walls) are solved successfully by application of modern reinforcing agents.

Soft soils have shearing strength in conditions of natural bedding less than 0,075 MPa (at testing by the device of rotary shearing) or set modulus more than 50 mm/m at the applied load of 0,25 MPa (deformation modulus less than 5,0 MPa).

At soil bedding with thickness more than 0,5 m located within the active zone of soil structures, soft bed is formed.

Comparative technical and economic characteristics of geo screens and geo textiles as applied to the strength properties of soil structures on soft beds are considered.

High-strength of geo synthetic products (geo synthetic materials) are materials contacted with soils where one of constituents are made of some polymeric materials and designed for various purposes (soil hardening, waterproofing or drainage formation, anti-erosion protection of slopes).

In its turn, reinforced soil is a composite material in which characteristic strengths of two different materials are combined reducing shortcomings of each. In this case, combination of large volume of soil relative to the cheap material with low compressive strength matches a relatively smaller volume of more expensive material with significant tensile strength – a geo screen. It leads to the improvement of physical and mechanical properties of the reinforced soil.

It is shown that application of geo synthetic materials allow not only to increase strength characteristics of the roadbed but also to reduce significantly operating costs of road organizations.

SOIL, HARDENING, GEO SYNTHETIC MATERIALS, GEO SCREENS, GEO TEXTILES, ACTIVE ZONE, POLYMER, REINFORCING

Сведения об авторах:

Т. В. Скрыпник

SPIN-код 2966-5060
 ResearcherID G -5121-2016
 Телефон: +38 (06242) 4-40-39
 Эл. почта: kf_adis@adidonntu.ru

Р. А. Пилипенко

Телефон: +38 (06242) 4-40-39
 Эл. почта: kf_adis@adidonntu.ru

В. Ю. Скрыпник

Телефон: +38 (06242) 4-40-39
 Эл. почта: kf_adis@adidonntu.ru

Статья поступила 14.02.2018

© Т. В. Скрыпник, В. Ю. Скрыпник, Р. А. Пилипенко, 2018

Рецензент: И. В. Шилин, канд. тех. наук, доц., АДИ ГОУВПО «ДонНТУ»