

УДК 625.711.84

А. И. Драчиловский, аспирант (БГТУ)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ, СОДЕРЖАЩИХ ГЕОТЕКСТИЛЬНЫЕ ПРОСЛОЙКИ

Статья содержит результаты лабораторных исследований применения геотекстильного материала. Приведен порядок изготовления образцов и испытания образцов на сжатие. Указан характер разрушения образцов под воздействием приложенной нагрузки. Проанализированы образцы с различной глубиной закладки геотекстильных прослоек.

This article contains the results of laboratory trials of geotextile. The order of sample preparation and testing of specimens in compression. Set the fracture behavior of the samples under the influence of the applied load. Analyzed samples with different depth layers of geotextile bookmarks.

Введение. В процессе эксплуатации лесных дорог при воздействии нагрузок от тяжелого подвижного состава происходит просадка и перемешивание грунта покрытия с основанием в местах колесопроводов. Это приводит к образованию различного рода криволинейных участков.

Для предотвращения перемешивания материалов конструктивных слоев, перераспределения давления от транспорта и дорожной одежды на большую площадь слабого подстилающего грунта в дорожной конструкции применяется геотекстиль, который имеет высокую прочность и износоустойчивость, не гнивает в грунте, в мокром состоянии не снижает прочность на разрыв, хорошо фильтрует воду.

Также геотекстиль является эффективным решением, позволяющим использовать все положительные свойства местных строительных материалов с целью снижения стоимости строительства [4].

Влияние геотекстильных прослоек на прочность объясняется тем, что при деформировании подстилающего грунта они растягиваются и воспринимают часть нагрузки, перераспределяя ее на значительно большую площадь грунта. При этом грунт с низкой прочностью под прослойкой оказывается менее нагруженным, чем грунт под дорожной одеждой без прослойки.

Основная часть. Целью исследований являлось изучение в лабораторных условиях физико-механических свойств грунтовых покрытий лесных автомобильных дорог и влияние геосинтетических материалов на их прочностные характеристики.

В этой связи нами экспериментально, при помощи рычажного пресса определялся модуль упругости (деформации) испытываемых композиций, состоящих из минеральной грунтовой основы и геосинтетической прослойки. В качестве прослойки использовался геотекстильный материал производства ОАО «Светлогорск-Химволокно». При этом прослойки закладывались в грунт на различную глубину.

Первоначально перед нахождением модуля упругости грунта были определены его основные физико-механические свойства: гранулометрический состав, объемная масса, оптимальная влажность и максимальная плотность.

Гранулометрический анализ грунта определялся ситовым методом без промывки водой (табл. 1), так как выделялись частицы размером 10...0,5 мм.

По результатам определения грунт относится к песчаному мелкому.

Объемная масса песчаных грунтов определялась при естественном сложении и влажности при наиболее рыхлом и наиболее плотном сложении.

Определялась объемная масса песчаного грунта рыхлого сложения по формуле

$$\gamma_{\min} = \frac{q_1 - q_2}{V}, \quad (1)$$

где q_1 – масса мерного цилиндра с грунтом, г; q_2 – масса пустого мерного цилиндра, г; V – объем грунта в цилиндре, см³.

Данные определений представлены в табл. 2.

Таблица 1

Данные гранулометрического анализа грунта

Показатель	Диаметр отверстия сита, мм							Поддон
	7	5	3	2	1	0,5	0,25	
	Размер фракции грунта, мм							
	>7	7...5	5...3	3...2	2...1	1...0,5	0,5...0,25	0,25
Масса грунта, г	–	–	16	22	78	132	450	302
Содержание фракции, %			1,6	2,2	7,8	13,2	45,0	30,2

Таблица 2
**Результаты определения объемной массы
 песчаного грунта рыхлого сложения**

Показатель	Номер опыта			Среднее значение
	1	2	3	
Масса пустого мерного цилиндра q_1 , г	208	208	208	208
Масса мерного цилиндра с грунтом, q_2 , г	1654	1662	1666	1660,67
Объем грунта в цилиндре V , см ³	1016,9	1016,9	1016,9	1016,9
Объемная масса песка рыхлого (плотного) сложения γ_{min} , г/см ³	1,422	1,430	1,434	1,429

Степень уплотнения грунта измеряется его плотностью, максимальное значение которой может быть достигнуто при оптимальной влажности грунта.

Максимальную плотность и оптимальную влажность грунта устанавливаем по графику зависимости плотности от влажности (рис. 1).

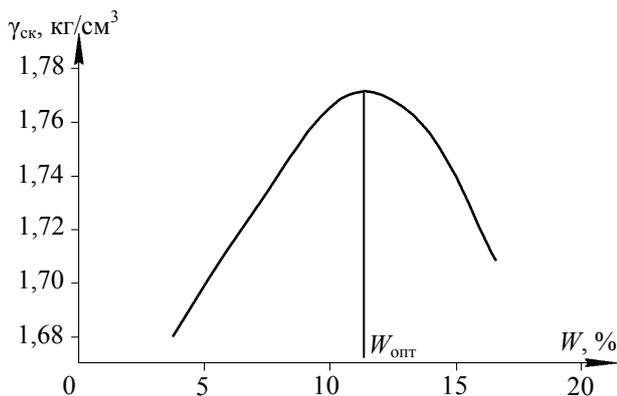


Рис. 1. График зависимости объемной массы скелета грунта от его влажности

Как показано на графике, оптимальная влажность исследуемого грунта составляет 11,5%, а максимальная плотность – 1,772 г/см³.

После определения основных физико-механических свойств грунта мы перешли к определению его прочностных характеристик – модуля деформации и модуля упругости.

Отношение удельного давления к относительной деформации грунта называется модулем деформации. Модуль деформации является показателем жесткости грунта, характеризует сопротивление грунта внешним нагрузкам. Модуль деформации определяется с помощью рычажного пресса (рис. 2) путем вдавливания штампа определенного диаметра в специально

подготовленный образец грунта с одновременным замером величины осадки штампа при данном удельном давлении. Определение производится при отсутствии бокового расширения, оптимальной влажности и максимальной плотности грунта [1].

Модуль деформации учитывает как упругие, так и остаточные деформации, которые возникают в грунте в результате действия нагрузки, а модуль упругости – только упругие деформации. Модуль упругости является более стабильной характеристикой деформационных свойств грунтов, чем модуль деформации. Он сравнительно мало зависит от степени первоначального уплотнения грунта и практически мало меняется с изменением величины действующей нагрузки [2, 3].

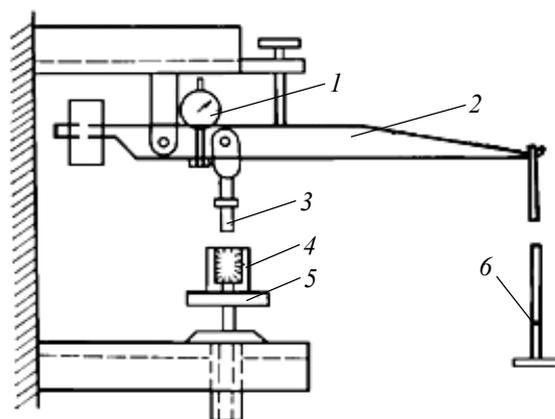


Рис. 2. Рычажный пресс:

- 1 – два индикатора часового типа; 2 – рычаг с соотношением плеч 1 : 10; 3 – штамп; 4 – цилиндр с образцом грунта; 5 – стол; 6 – подвеска

Результаты определения.

1) Для проведения исследований на рычажном прессе использовался песок мелкий. Влажность образца соответствовала оптимальной влажности – 11,5%. Высота грунтового образца в цилиндре составляла 0,11 м, диаметр штампа – 0,04 м, площадь штампа – $1,256 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$, диаметр цилиндра – 0,155 м.

2) Определялась относительная деформация грунта для каждой ступени нагрузки:

$$\lambda = \frac{l}{D}, \quad (2)$$

где l – абсолютная осадка штампа, м; D – диаметр штампа, м.

3) Определялся модуль деформации грунта:

$$E_0 = \frac{p}{\lambda}, \quad (3)$$

где p – удельная нагрузка на штамп, МПа.

Таблица 3

Характеристика геотекстильной прослойки

Наименование (тип) материала	Страна-изготовитель	Характеристика материала	Масса 1 м ² , г	Предел прочности при растяжении кН/м	Относительное удлинение при разрыве, %
Спанбел	Светлогорский химкомбинат, Республика Беларусь	Полимер РР Термоскрепленный	150	14	40–80

4) Модуль упругости грунта:

$$E_y = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{pD(1-\mu^2)}{l_y}, \quad (4)$$

где D – диаметр штампа, м; p – удельная нагрузка на штамп, МПа; μ – коэффициент Пуассона: $\mu = 0,30$; l_y – упругая деформация, м (принимается с первого участка графика осадки штампа (рис. 5) соответственно удельному давлению).

Закладка геотекстильных прослоек производилась в цилиндре с образцом грунта на глубину (от поверхности грунтового образца) 5,5 см, 7,5 см, 9,5 см. Схема закладки представлена на рис. 3.

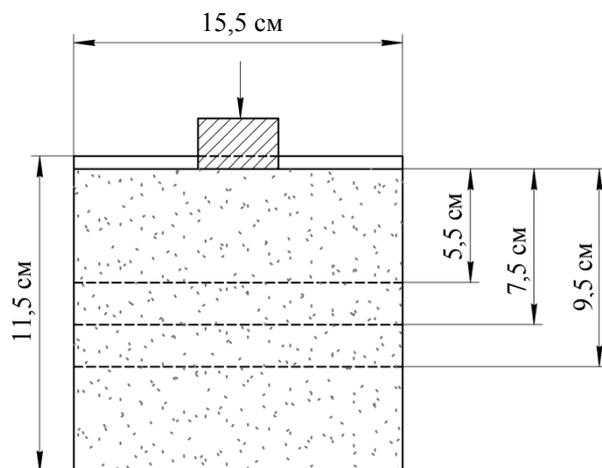


Рис. 3. Схема закладки геотекстильных прослоек в грунтовом образце

Характеристики материала для устройства геотекстильной прослойки представлены в табл. 3.

Процесс определения:

- 1) цилиндр с уплотненным в нем грунтом ставили на столик рычажного пресса;
- 2) устанавливали на середину образца грунта круглый штамп;
- 3) рычаг пресса приводили в горизонтальное положение с помощью противовеса;
- 4) на подвеску рычага давали нагрузку ступенями. Каждую ступень нагрузки выдерживали

ли до полного прекращения осадки штампа. Количество ступеней нагрузки увеличивали до тех пор, пока деформация образца грунта не превышала заданную.

На рис. 4 представлено устройство для определения прочностных характеристик испытуемого образца.



Рис. 4. Устройство для определения прочностных характеристик

Результаты определения прочностных характеристик грунта на рычажном прессе для трех ступеней нагрузки и трех вариантов закладки геотекстильной прослойки отображены в табл. 4.

На кривых осадки штампа, представленных на рис. 5, отмечается три участка: первый – сжатие грунта (уплотнение), второй – местных сдвигов, третий – разрушение и выпирание.

На первом участке кривых грунт работает в стадии упругой деформации, то есть наблюдается пропорциональность между деформацией и нагрузкой, и его можно принять за прямую.

Таблица 4

Результаты определения прочностных характеристик

Общая нагрузка на штамп Q , Н	Удельная нагрузка на штамп P , МПа	Осадка штампа l , мм	Модуль деформации E_0 , МПа	Модуль упругости E_y , МПа
Без геотекстильной прослойки				
400	0,318	1,22	10,42	33,86
800	0,636	1,89	13,47	43,77
1200	0,955	2,16	17,68	57,46
$h_3 = 5,5$ см				
400	0,318	0,96	13,25	43,06
800	0,636	1,26	20,19	65,61
1200	0,955	1,55	24,67	80,17
$h_3 = 7,5$ см				
400	0,318	0,99	12,87	41,82
800	0,636	1,36	18,70	60,77
1200	0,955	1,64	23,29	75,69
$h_3 = 9,5$ см				
400	0,318	0,92	13,82	44,91
800	0,636	1,44	17,66	57,39
1200	0,955	1,90	20,10	65,32

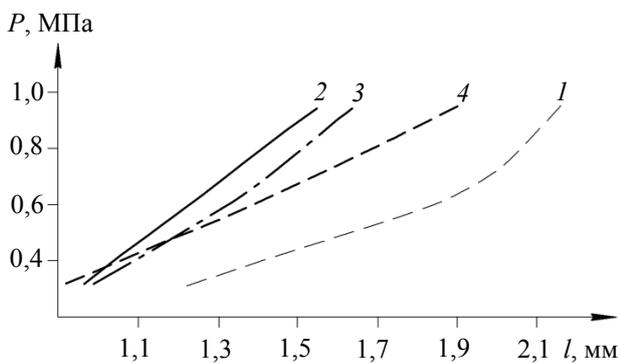


Рис. 5. Изменение осадки штампа от удельной нагрузки:
 1 – без геотекстильной прослойки;
 2 – $h_3 = 5,5$ см; 3 – $h_3 = 7,5$ см; 4 – $h_3 = 9,5$ см

На рис. 6 представлена зависимость модуля деформации от удельного давления.

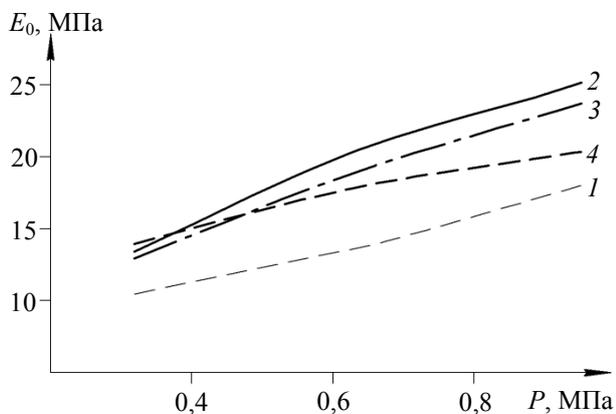


Рис. 6. Изменение модуля деформации от удельной нагрузки:
 1 – без геотекстильной прослойки;
 2 – $h_3 = 5,5$ см; 3 – $h_3 = 7,5$ см; 4 – $h_3 = 9,5$ см

Заключение. В результате проведенных исследований по определению прочностных характеристик грунтового образца можно сделать вывод о том, при увеличении удельной нагрузки на штамп первоначально происходит перераспределение плотности грунта, то есть плотность увеличивается интенсивно, так как осадка грунта максимальная и ее увеличение визуально заметно.

На графиках, представленных на рис. 5, показано, что достижение наибольшей осадки штампа при увеличении нагрузки происходит для грунтового образца без геотекстильной прослойки. При использовании прослойки уменьшается осадка штампа, а значит, увеличиваются модули деформации и упругости (рис. 6). С увеличением глубины закладки геотекстильного материала, имеющего одинаковые характеристики, модуль деформации и модуль упругости незначительно снижаются.

Литература

1. Вырко Н. П., Леонович И. И. Практикум по дорожному грунтоведению. Минск: Выш. шк., 1980. 255 с.
2. Бабаскин Ю. Г. Дорожное грунтоведение и механика земляного полотна дорог. Минск: БГПА, 2001. 223 с.
3. Казарновский В. Д. Основы инженерной геологии, дорожного грунтоведения и механики грунтов. М., 2007. 284 с.
4. Полотно иглопробивное геотекстильное для транспортного строительства. Технические условия: СТБ 1104-98. Введ. 01.01.1999. Минск: Стройтехнорм, 1999. 16 с.

Поступила 27.02.2014