

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ЗЕМЛЯНЫХ ОТКОСОВ, АРМИРОВАННЫХ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИМИ МАТЕРИАЛАМИ

Федорук А.В. (*Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса*)

В статье описана методика проведения экспериментальных исследований влияния технологических факторов на устойчивость земляных откосов, армированных геотекстильными материалами.

Существует технология армирования откосов с углом, превышающим естественный, на основе применения геосинтетических материалов. Эта технология получила широкое распространение. Однако, наиболее существенным недостатком такой технологии является то, что, ее параметры установлены по результатам практического опыта, без проведения системных научных исследований, позволяющих выбрать их оптимальную величину.

Для получения достаточной достоверности результатов экспериментов использована теория экспериментально-статистического моделирования, выбраны наиболее значимые факторы и применена математическая обработка результатов с помощью современного программного обеспечения на ПК.

Выявлено большое количество факторов, которые оказывают влияние на исследуемый параметр (устойчивость откоса). Если исследовать влияние всех этих факторов, то количество экспериментов было бы непреодолимо большим. Поэтому, выявлены три наиболее значимых фактора.

Для проведения экспериментальных исследований была разработана и подготовлена экспериментальная модель откоса, подлежащего укреплению, в масштабе 1:10. Объемная модель представляла собой песчаное основание с размерами 1000х600х210мм., и откос высотой до 350 мм. с углом к горизонту 80°. Одна из боковых граней, для визуального контроля эксперимента, была выполнена из прозрачного материала.

Наименования факторов и уровни их варьирования показаны в табл. 1.

Таблица 1.

Факторы и уровни их варьирования.

№	Факторы	Ед. изм.	Код	Уровни факторов по плану эксперимента		
				-1	0	+1
1	Длина заведения армирующего полотна за кривую скольжения, L	мм.	x_1	0	100	200
2	Величина вертикального шага армирования, h	мм.	x_2	50	60	70
3	Количество армируемых слоев, n	шт.	x_3	1	3	5

В качестве фактора x_1 принята величина длины заведения геотекстиля за кривую скольжения (L). Этот фактор характеризует жесткую фиксацию армирующего материала в устойчивой части грунтового массива. За устойчивую часть принят грунтовый массив, расположенный за призмой обрушения. Величина x_1 изменялась в пределах от 0 до 200мм.

В качестве фактора x_2 принято количество армируемых слоев (n). Пределы изменения этого фактора выбраны от 1 до 5.

Третьим фактором x_3 принята высота слоя армирования (h). Величина варьирования фактора от 50мм. до 70мм.

Для определения характера влияния параметров армирования на показатели устойчивости армированных откосов выполнены две серии экспериментальных исследований на описанных выше моделях с двумя видами геотекстилей. Схема экспериментальной модели представлена на рис 1.

При устройстве откоса грунт укладывался послойно с уплотнением каждого слоя. Уплотнение производилось трамбованием при помощи штампа весом 5 килограммов из условия не менее трех ударов по одному и тому же месту.

Армирующие полотна укладывались после уплотнения каждого слоя с одновременным формированием откоса. При этом на каждый слой грунта использовалось отдельное полотно. В основании каждого армированного слоя грунта полотна армирующего материала заводили за угол естественного откоса на длину, выбранную в соответствии с планом эксперимента и шагом варьирования x_1 .

В качестве армирующего полотна применялись следующие материалы: нетканый термоскрепленный геотекстиль Тураг SF 32 (производство фирмы Du-Pont, Люксембург) и нетканый иглопробивной геотекстиль Руно 80 (производство фирмы Акваизол, Украина, Харьков). Технические характеристики материалов представлены в табл. 2.

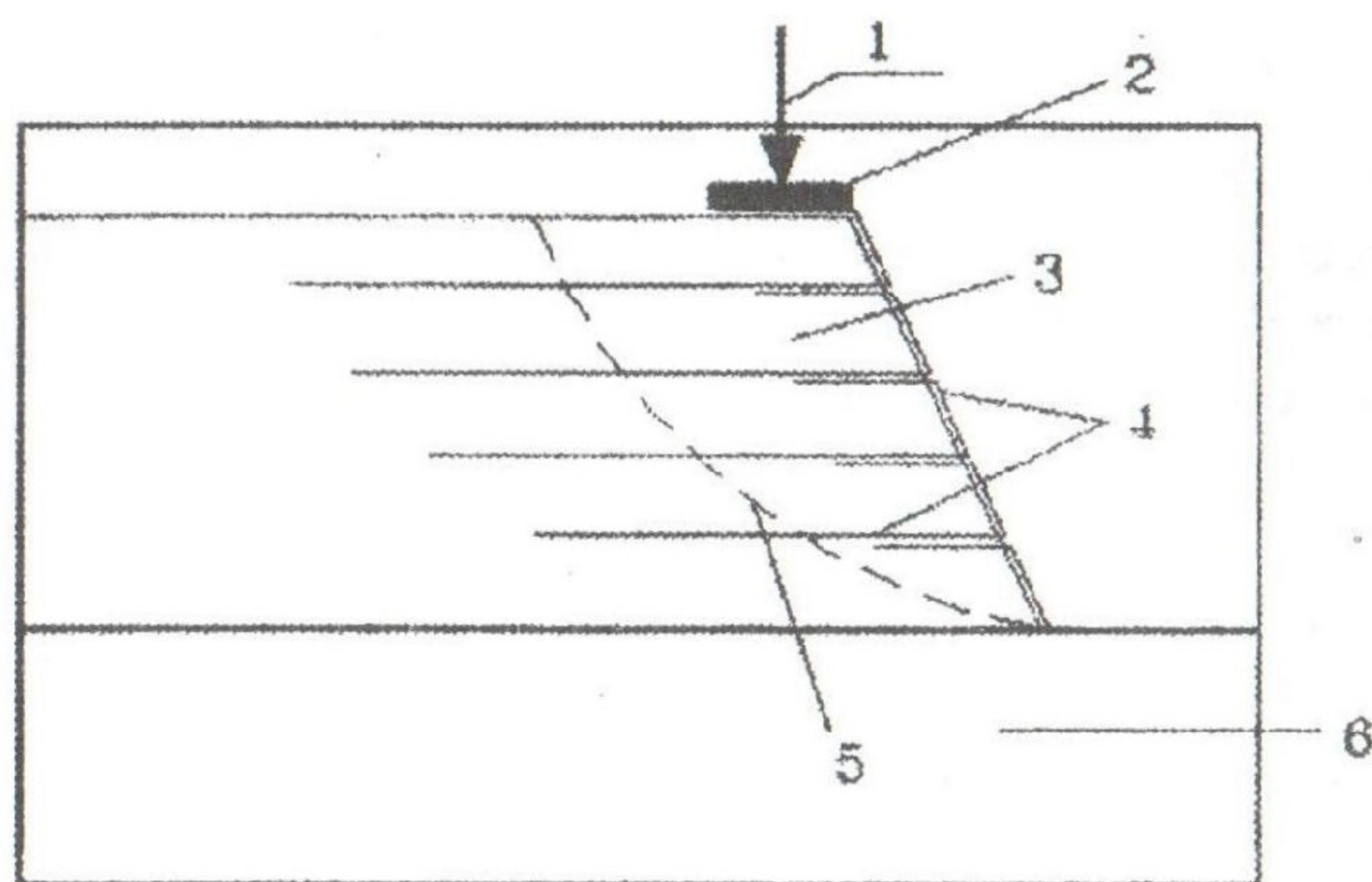


Рис. 1. Схема экспериментальной модели

- 1- прилагаема нагрузка;
- 2- жесткий прямоугольный штамп;
- 3- призма обрушения;
- 4- армирующие полотна;
- 5- угол естественного откоса;
- 6- толща грунта ниже армированного откоса.

Во время эксперимента определяли три показателя.

Первый – количественное значение влияния исследуемых факторов на изменение величины нагрузки $y_1(y'_1)$, при воздействии которой начинают развиваться осадочные деформации.

Второй – количественное значение влияния исследуемых факторов на изменение величины нагрузки $y_2(y'_2)$, при которой осадки достигают предельно допустимого значения. За величину предельно допустимой осадки принята осадка, при которой не допускается нормальная эксплуатация зданий и сооружений. В масштабе 1:10 она составила 5 мм.

Третий – количественное значение влияния исследуемых факторов на изменение величины нагрузки $y_3(y'_3)$, при воздействии которой откос теряет устойчивость и происходит его обрушение.

Нагрузка создавалась насосной станцией через гидроцилиндр, прикладывалась через жесткий прямоугольный штамп и фиксировалась по манометру. Результаты испытания оценивались по измерению осадки

штампа с помощью прогибомера ПМ-3, либо по факту потери устойчивости откоса (его обрушения).

Таблица 2.
Технические характеристики геотекстилей

Параметры	Тураг SF 32	Руно 80
Плотность, г/м ²	200	180
Предел прочности на растяжение, прод/попер. кН/м	6,2/6,2	5,0/5,4
Конусное погружение, мм.	37	33,2
Ширина полотна, м	5,2	3,2
Длина полотна в рулоне, м	150	182
Предельное удлинение, прод/попер. %	52/52	98/102
Прочность на разрыв, Н	335	90
Размер пор, мкм.	160	92

Для проведения эксперимента с тремя факторами ($K=3$) был выбран сокращенный трехфакторный план, число опытов в котором - 18. Как и все композиционные планы, он состоит из ядра, звездных точек и опытов в центре. Целью выполнения опытов ядра является определение всех независимых друг от друга коэффициентов при линейных членах и парных взаимодействиях.

Спланированный эксперимент предполагал реализацию серии опытов, составленных по определенной схеме. Каждый из опытов отличался сочетанием независимых переменных, которые и определяли условия его проведения при сокращении объема опытных работ по сравнению с полным многофакторным экспериментом. Поэтому, вместо 27 опытов (3^3), для адекватной оценки результатов достаточно было провести 18.

В табл. 3. показан план эксперимента.

Таблица 3

Сокращенный трехфакторный план экспериментальных исследований устойчивости армированных откосов

№ оп.	Кодированные значения факторов			Натуральные значения факторов			$y_1(y_1)$	$y_2(y_2)$	$y_2(y_2)$
	x_1	x_2	x_3	L, мм	h, мм	п, шт	N, кг	N, кг	N, кг
1	0	0	0	1000	600	3			
2	1	1	1	2000	700	5			
3	1	-1	-1	2000	500	1			
4	-1	1	-1	0	700	1			
5	-1	-1	1	0	500	5			
6	-1	-1	-1	0	500	1			
7	0	-1	1	1000	500	5			
8	0	1	-1	1000	700	1			
9	0	1	1	1000	700	5			
10	-1	0	1	0	600	5			
11	1	0	-1	2000	600	1			
12	1	0	1	2000	600	5			
13	-1	1	0	0	700	3			
14	1	-1	0	2000	500	3			
15	1	1	0	2000	700	3			
16	-1	1	1	0	700	5			
17	1	-1	1	2000	500	5			
18	1	1	-1	2000	700	1			

При этом выполнены два наиболее существенных требования:

Факторы коррелировались, т.е. каждому из рассматриваемых факторов можно было задать любое возможное значение, независимо от значений других переменных.

Факторы совместимы, т.е. среди возможных колебаний значений факторов, определяющих условия каждого опыта в плане, исключены такие, которые нельзя было бы осуществить.

Выбор области изменения факторов определен следующим. Прежде всего, это – теоретические границы существования переменных. Учтены также технические возможности и области изменения переменных, представляющих практический интерес с точки зрения поставленной задачи повышения устойчивости откосов, армированных геосинтетическими материалами.

Выводы

1. Методика проведения экспериментальных исследований, изложенных в данной статье, может использоваться для изучения влияния параметров армирования на устойчивость откосов.

2. Использование теории сокращенного планирования позволило сократить количество опытов с 27 до 18 и получить при этом адекватную оценку результатов.

3. Разработанная методика проведения экспериментальных исследований устойчивости откосов, армированных геосинтетическими материалами, позволяет провести системные научные исследования.

4. Для минимизации материалоемкости и трудоемкости технологических процессов по устройству откосов необходимо определить оптимальные соотношения выявленных наиболее значимых факторов, при которых возможно достижение максимального увеличения показателя полезной нагрузки на откос.

Литература

1. Тимофеева Л.М. Армирование грунтов, теория и практика применения. Пермь.: Перм. политехн. инст, 1991. – 478с.
2. Geotextiles and Geomembranes in Civil Engineering. Ed. By G.P.T.M. van Santvoort. - A.A. Balkema, Rotterdam, 1994.
3. Пат. 5187 Украина, МКИ Е 02 D 17/20. Способ возведения насыпи. / Федорук А.В.; Заявл. 22.07.04; Оpubл. 15.02.05, № 2. –2с.
4. Балашова Ю.Б. Несуча здатність армованих слабких водонасичених глинистих основ з урахуванням реологічних властивостей ґрунту. Автореф. дис. канд. техн. наук. Дніпропетровськ, 1999. – 16с.