

УДК 624.137.2:001.8

### РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЗЕМЛЯНЫХ ОТКОСОВ, АРМИРОВАННЫХ ГЕОТЕКСТИЛЕМ TYPAR SF

*А.И. Менейлюк, д.т.н., проф., А.В. Федорук, асп.*

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры*

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

На данном этапе работ была поставлена задача определить влияние наиболее значимых технологических факторов на условия, при которых нагрузка на откос достигает максимального значения при сохранении его устойчивости. Наиболее значимые факторы выбраны в предварительных исследованиях. Задача решалась путем экспериментальных исследований на крупномасштабных моделях

Для проведения исследований разработана и подготовлена экспериментальная модель откоса, подлежащего укреплению, в масштабе 1:10. Объемная модель представляла собой песчаное основание с размерами 1000x600x210мм. и откос высотой до 350 мм. с углом к горизонту 80°. Одна из боковых граней, для визуального контроля эксперимента, была выполнена из прозрачного материала.

Для определения характера влияния параметров армирования на показатели устойчивости армированных откосов выполнены экспериментальные исследования на описанных выше моделях. Схема экспериментальной модели представлена на рис 1.

В качестве армирующего материала применялся нетканый термоскрепленный геотекстиль Тураг SF 32 (производство фирмы Du-Pont, Люксембург).

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. Шаг варьирования фактора – 100мм.

В качестве фактора  $x_2$  принято количество армируемых слоев (n). Пределы изменения этого фактора выбраны от 1 до 5. Шаг варьирования – 2. При изменении количества слоев изменялась высота откоса.

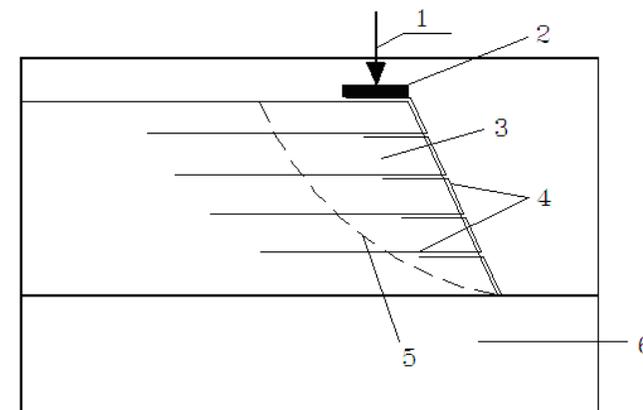


Рис. 1. Схема экспериментальной модели

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

Третьим фактором  $x_3$  принята высота слоя армирования (h). Величина варьирования фактора – от 50мм. до 70мм. Шаг варьирования – 10 мм. Данные о факторах и уровнях их варьирования представлены в табл. 1.

Во время эксперимента определялось влияние исследуемых факторов на условия, при которых нагрузка на откос достигает максимального значения при условии сохранения его устойчивости.

Конечная модель, характеризующая влияние технологических факторов при разном их сочетании на рассматриваемую величину нагрузки (кг) имеет вид:

$$y = 279,7 + 29,46x_1 - 31,27x_2 - 38,38x_3 - 10,22x_1^2 + 10,74x_2^2 - 20,63x_2x_3 + 12,91x_1x_2 + 7,21x_1x_3$$

Она содержит 9 значимых оценок коэффициентов ( $\alpha = 0,2$ ;  $t_{\alpha} = 1,282$ ) при ошибке эксперимента  $S_y = 0,064$ .

Первым этапом обработки полученных результатов являлось определение влияния технологических факторов  $x_i$  на величину нагрузки, соответствующей потере устойчивости откоса (y) при закреплении остальных  $x_j$  на минимальном (-1), среднем (0) и максимальном (+1) уровнях.

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

Из анализа изменения  $y$  при переходе факторов с уровня  $x_i=-1$  на уровни  $x_i=+1$  следует, что количество армируемых слоев ( $x_3$ ) является наиболее сильным фактором, влияющим на уменьшение нагрузки, соответствующей потере устойчивости откоса. Вторым по значению фактором является длина заведения геоматериала за кривую скольжения ( $x_1$ ). Степень влияния фактора  $x_2$  (высоты армируемого слоя) на выходной параметр является наименьшей, однако она незначительно отличается от степени влияния фактора  $x_1$ .

Следующим этапом анализ был анализ по степени влияния факторов на величину нагрузки, соответствующей потере устойчивости откоса ( $y$ ), при их среднем значении ( $x_i = 0$ ).

Наиболее существенное влияние оказывает количество армируемых слоев ( $x_3$ ) - эффект его действия принят за 100%. Вторым по значению является высота армируемого слоя ( $x_2$ ) – эффект его действия – 81%. И наименьшее, но также значительное воздействие на выходной параметр ( $y$ ) оказывает длина заведения геоматериала за кривую скольжения ( $x_1$ ) - эффект его воздействия равен 75%.

Следующим этапом анализа являлось ранжирование факторов в подобластях максимума и минимума  $y$ .

Такой анализ показывает, что в этих подобластях на  $y$  наиболее существенно влияет количество армируемых слоев ( $x_3$ ).

В подобласти максимума вторым по значению фактором является длина заведения геоматериала за кривую скольжения ( $x_1$ ). В подобласти минимума вторым по значению фактором является величина вертикального шага армирования ( $x_2$ ).

Наименьшее влияние на  $y$  при минимальных значениях функции оказывает длина заведения армирующего полотна за кривую скольжения ( $x_1$ ). Наименьшее влияние на  $y$  при максимальных значениях функции оказывает величина вертикального шага армирования ( $x_2$ ).

Приведенный выше анализ справедлив только в рассматриваемых диапазонах изменения факторов.

Наиболее известным графическим отображением моделей в трехфакторном (кубическом) пространстве является  $(-1 \leq x_i \leq +1)$  - функция  $y=f(x_1; x_2; x_3)$ , которая отображается с помощью нескольких поверхностей равного уровня ( $y=const$ ) – изоповерхностей.

На нижней стороне куба для заданных планом значений величины вертикального шага армирования,  $h=500$  ( $x_2=-1$ ), показано изменение нагрузки, соответствующей потере устойчивости откоса в зависимости от количества армируемых слоев ( $x_3$ ) и длины заведения армирующего полотна за кривую скольжения ( $x_1$ ).

Левая задняя сторона куба отображает изменение  $y$  при изменении вертикального шага армирования ( $x_2$ ) и количества армируемых слоев ( $x_3$ ).

Левая передняя сторона куба отображает изменение  $y$  при изменении вертикального шага армирования ( $x_2$ ) и длины заведения армирующего полотна за кривую скольжения ( $x_1$ ).

Изоповерхности  $y=const$  показаны на рис. 2.

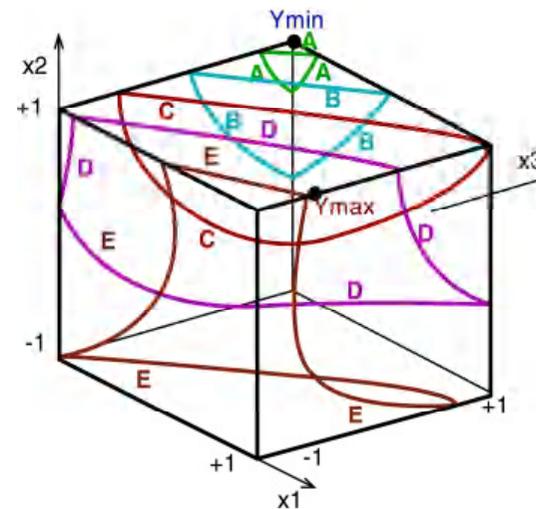


Рис. 2. Изоповерхности моделей характеристики нагрузки, соответствующей потере устойчивости откоса при взаимном воздействии факторов ( $x_1, x_2, x_3$ ).

A – уровень 160кг., B – уровень 200кг., C – уровень 240кг., D – уровень 280кг., E – уровень 320кг.

$y_{min}=140.3$  кг., при  $x_1=-1.00$   $x_2=1.00$   $x_3=1.00$

$y_{max}=341.6$  кг., при  $x_1=0.46$   $x_2=-1.00$   $x_3=1.00$

При построении графических изображений и решений по моделям инженерных задач использовалась система обработки информации “СОМРЕХ”, разработанная на кафедре ПАТСМ ОГАСА под руководством д.т.н., профессора Вознесенского В.А.

Диаграммы наглядно показывают изменение величины нагрузки, соответствующей потере устойчивости откоса, в зависимости от изменения уровней факторов при взаимном их влиянии на него.

Анализ изменения  $y$  в координатах  $x_1 - x_3$  отображает тот факт, при увеличении количества армируемых слоев ( $x_3 \rightarrow \max$ ) и уменьшении длины заведения армирующего полотна за кривую скольжения ( $x_1 \rightarrow \min$ ) величина нагрузки ( $y$ ) уменьшается в 2,44 раза.

При уменьшении количества армируемых слоев ( $x_3 \rightarrow \min$ ) и вертикального шага армирования ( $x_2 \rightarrow \min$ ) величина нагрузки возрастает в 1,71 раза. Такая зависимость обусловлена тем, что количество слоев определяет высоту откоса.

Анализ изменения  $y$  в координатах  $x_1 - x_2$  показывает, что при увеличении длины заведения армирующего полотна за кривую скольжения ( $x_1 \rightarrow \max$ ) и уменьшении величины вертикального шага армирования ( $x_2 \rightarrow \min$ ) величина нагрузки ( $y$ ) увеличивается в 2,26 раза.

Анализ полученных экспериментально-статистических моделей позволил выявить зависимости величины полезной нагрузки на откос от технологических факторов: длины заведения армирующего полотна за кривую скольжения, величины вертикального шага армирования, количество армируемых слоев.

Установлена закономерность увеличения значений полезной нагрузки на откос для различных условий эксперимента при:

- увеличении длины заведения армирующего полотна за кривую скольжения от 0 до 200мм. – в 1,08–1,94 раза;
- уменьшении вертикального шага армирования от 70мм. до 50мм. – в 1,12–1,86 раза;

Максимальное увеличение показателя полезной нагрузки при оптимальных соотношениях технологических факторов возможно в 2,49 раза (по сравнению с минимальным значением).

Установленные закономерности имеют место в рассматриваемых диапазонах изменения факторов.

## ВЫВОДЫ

1. При изменении исследуемых факторов в рассматриваемых пределах, максимальная нагрузка, при которой откос сохраняет устойчивость, отличается от минимальной в 2,49 раза.

2. При проектировании армированных откосов необходимо выбирать оптимальное соотношение технологических факторов, используя для этого полученные результаты.

3. Анализ результатов исследований на экспериментальных моделях показал их новизну и эффективность, что подтверждено выдачей патента Украины [1].

4. Для принятия окончательных решений при реализации проектов по укреплению откосов необходимо проверить результаты исследований в натурных условиях.

## ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Пат. 5187 Украина, МКИ Е 02 D 17/20. Способ возведения насыпи. / Федорук А.В.; Заявл. 22.07.04; Опубл. 15.02.05, № 2. –2с.

УДК 624.012.45.046

### О НЕКОТОРЫХ ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗВИТИЯ ТЕОРИИ РАСЧЁТА БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ИХ ЭЛЕМЕНТОВ

*В.П.Митрофанов, канд.техн.наук*

*Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, Полтава*

**Постановка проблемы.** Иногда приходится слышать мнение о том, что уже сейчас достигнут столь высокий уровень точности моделей для расчёта бетонных и железобетонных конструкций (Б и ЖБК) и их элементов, что дальнейшее совершенствование их стало неактуальным. При этом оказывается, что высказывающие отмеченное мнение не принимают во внимание уровень развития расчётов прочности железобетонных элементов (ЖБЭ) по наклонному сечению, при совместном действии поперечного изгиба, сжатия – растяжения и кручения, а также фундаментальную проблему прочности и деформативности разнообразных конструкций и их элементов, испытывающих неоднородные (неравномерные) напряжённо-деформированные состояния (НДС). Отмеченных проблем уже достаточно, чтобы увидеть сомнительность мнения о неактуальности совершенствования расчётов Б и ЖБК и можно было бы ограничиться этим. Однако, затронутый вопрос имеет определённые истоки, которые следовало бы прояснить, поскольку отмеченное мнение, хотя в целом и дезориентирует научную общественность и особенно молодёжь, всё же имеет положительную сторону, так как напоминает о необходимости повышения научно-практической ценности исследований в названной области.

**Целью настоящей работы** является анализ причин негативного отношения к совершенствованию расчётов Б и ЖБК и обоснование с иллюстрацией примеров некоторых перспективных направлений в развитии теории расчёта их, ограничиваясь проблемой прочности при статическом кратковременном силовом воздействии и детерминированном подходе.

**Изложение основного материала.** В истории науки известны как времена подъёма и быстрого развития, так и времена упадка и застоя [1]. Эти взлёты и падения в развитии науки часто сочетались с подобными явлениями в материальной и духовной жизни людей. Поэтому негативное отношение к совершенствованию расчётов Б и ЖБК в странах СНГ, вероятно, вполне закономерно, поскольку здесь, вследствие большой ограниченности ресурсов для проведения научных исследований, приходится всё отдавать проблемам материалов и технологий, в решении которых мы катастрофически отстали от