

## РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА ПАРАМЕТРОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ АРМИРОВАНИЯ ГЕОТЕКСТИЛЕМ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

В роботі представлено результати аналізу параметрів експериментальних досліджень армування геотекстилем земляного полотна.

В работе представлены данные анализа параметров экспериментальных исследований армирования геотекстилем земляного полотна.

In the article the results of analysis of parameters of experimental research of the geotextile-reinforced ground bed are presented.

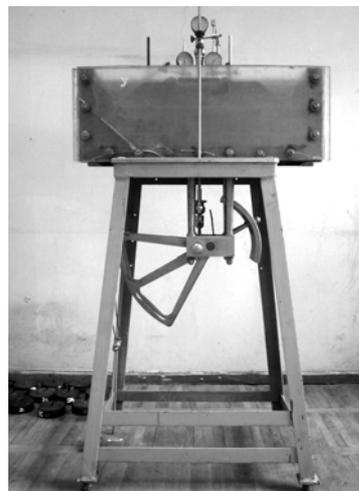
Теоретические исследования параметров армирования земляного полотна геосинтетическими материалами, включая наиболее распространённые геотекстили и геосетки, составляют значительный объем исследований в этой области [1 – 3]. Некоторые из результатов данных исследований уже могут считаться фундаментальными [1, 2], однако появление новых вариантов конструкций усиления земляного полотна геотекстилями и геосетками [4] требует проведения новых исследований, так как принципы создания усиленного земляного полотна несколько изменились.

Многочисленные типы усиливающих элементов земляного полотна, которые базируются не на изменении физико-механических свойств грунта (слои усиления), а на внедрении арматуры в грунтовую матрицу, имеют разработанные конструкции, но не имеют детальных исследований их влияния на напряженно-деформированное состояние (НДС) земляного полотна [4, 5]. Соответственно, эти исследования должны выполняться для того, чтобы выяснить какой вариант усиления является наиболее оптимальным. Эта задача является актуальной с такой позиции еще и потому, что влияние усиливающих элементов не является однозначным и известным.

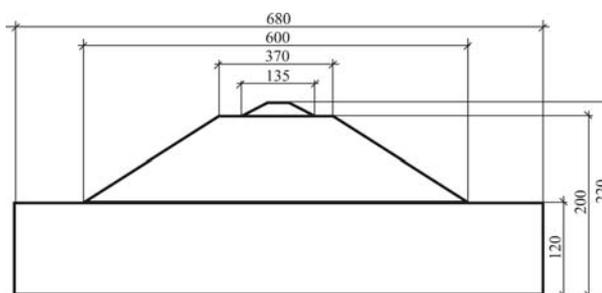
Следует отметить также, что некоторые теоретические положения расчёта оснований и земляного полотна не учитывают специфических эффектов совместного деформирования системы «грунтовая матрица – арматура», таких как расслоение, повышенное трещинообразование и выдёргивание слоя из грунта. Важным является также и то, что большинство теоретических и экспериментальных работ выполнено

для геотекстильных материалов, которые на данный момент не применяются.

Поэтому целью данной работы является проведение экспериментальных исследований и анализ результатов полученных параметров НДС армированной геотекстилем модели земляного полотна. Для этого было проведено несколько серий экспериментальных исследований в плоском лотке (рис. 1, а) модели в масштабе 1:20 (рис. 1, б).



а)



б)

Рис. 1. Общий вид установки (а) и основные размеры модели (б)

Было проведено несколько серий испытаний моделей, с выяснением особенностей их деформирования в зависимости от характера армирования (рис. 2).

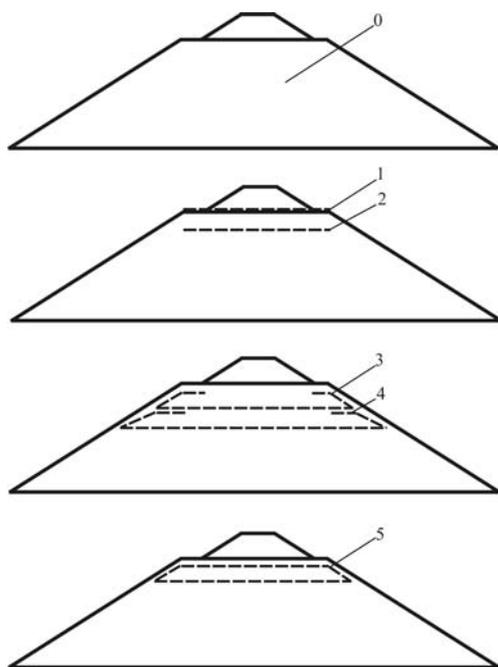


Рис. 2. Варианты армирования модели геотекстильными материалами:

вариант 0 – неармированная модель; варианты 1 и 2 – модели, армированные одним полотном геотекстиля; вариант 3 – модель, армированная одним полотном геотекстиля с загибами; вариант 4 – модель, армированная двумя полотнами геотекстиля с загибами; вариант 5 – модель, армированная оболочкой из геотекстиля

Основная модель земляного полотна была создана из суглинки путём послойного уплотнения с внедрением в грунтовую матрицу армирующих элементов в виде полотен геотекстиля. В верхней части модели формировалась балластная призма из мелкоизмельченного щебня. Плотность, влажность и деформационные характеристики моделей в различных сериях испытаний сохранялись идентичными, что

дало возможность сравнения НДС моделей различных вариантов армирования.

Загружение моделей производилось рычажной системой с плечом рычага 1:10 до тех пор, пока не происходило их разрушение. Нагрузка передавалась на штамп площадью 155,3 см<sup>2</sup>. В процессе загрузки моделей контролировался уровень как абсолютных перемещений с помощью индикаторов часового типа с точностью измерений 0,01 мм, так и относительных деформаций, которые вычислялись путём деления перемещений к первоначальной высоте земляного полотна модели (200 мм).

Характерным деформированием неармированных моделей (Вариант 0) является случай создания под штампом ядра сжатия, что видно по искривлению сетки 2×2 см, начерченной на передней стороне модели (рис. 3).

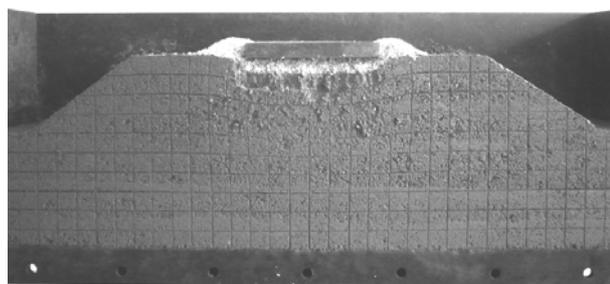


Рис. 3. Вид модели (Вариант 0) после эксперимента

Армирование модели по Варианту 1 несколько улучшило картину деформирования (рис. 4), однако, в процессе сжатия грунтовой матрицы, полотно геотекстиля значительно изменило свою форму, отслоившись от основной площадки и потеряв форму в результате критической деформации, что свидетельствует о неудачном варианте размещения армирующего элемента (см. деталь рис. 4)

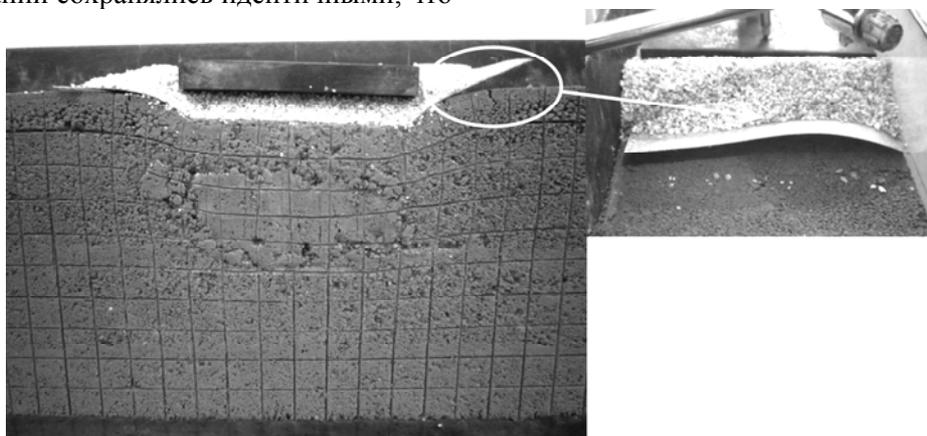


Рис. 4. Вид модели (Вариант 1) после эксперимента (белым эллипсом показана зона расслоения матрицы и арматуры)

Прежде чем перейти к анализу числовых результатов, следует отметить качественные особенности деформирования моделей различных вариантов армирования, причём некоторые эти особенности хоть и отмечаются в теоретических работах, однако не имеют ни какой-либо классификации, ни определённых параметров возникновения. Так в модели Варианта 2, который является классическим вариантом распо-

ложения слоя арматуры в виде геотекстиля в результате деформирования при значительных напряжениях, в окончаниях геотекстильного полотна образовались зоны расслоения матрицы и арматуры, обусловленные процессом выдёргивания (рис. 5). Протекание этого процесса отмечалось в процессе загрузки модели после формирования ядра сжатия под штампом и развивалось до разрушения.

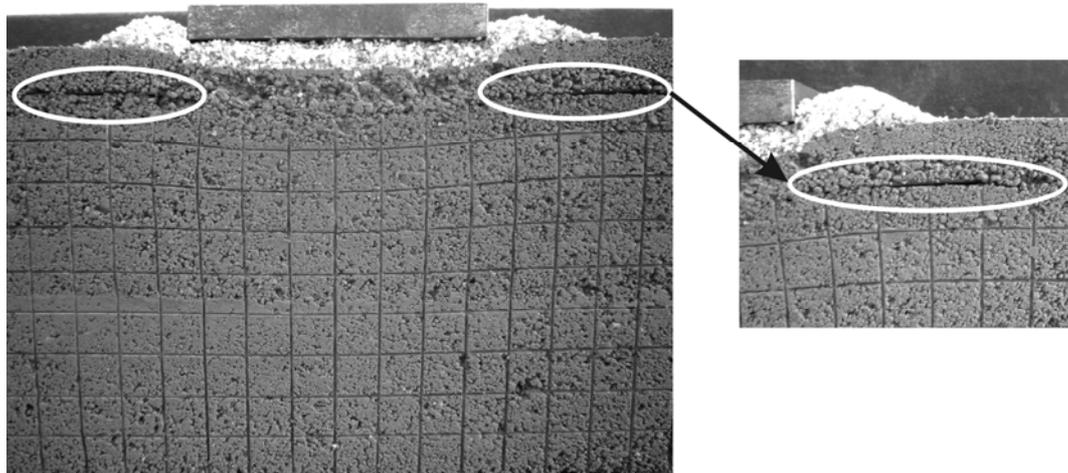


Рис. 5. Вид модели (Вариант 2) после эксперимента (белыми эллипсами показаны зоны расслоения матрицы и арматуры)

Наиболее оптимально с позиции развития деформаций земляного полотна проявили себя Варианты 3 и 4, в которых армирование в виде геотекстильного полотна подкреплялось его анкерровкой в виде загибов его окончаний. Вариант 3 был исследован в двух вариациях – так Вариант 3а представлял собой незамкнутую оболочку толщиной 2 см, которая размещалась на глубине 2 см под основной площадкой земляного полотна модели; в Варианте 3б толщина незамкнутой оболочки составляла 4 см. В случае Варианта 4 (рис. 7) применялось армирование в виде двух незамкнутых оболочек толщиной 2 см, которые размещались под основной площадкой земляного полотна модели на глубине 2 и 4 см соответственно. Таким образом, в ходе экспериментов выяснилось действие геометрических параметров конструкции армирования на общие деформации модели.

ций ядра сжатия, а загибы не позволяют выдёрнуться арматуре (рис. 6, 7).

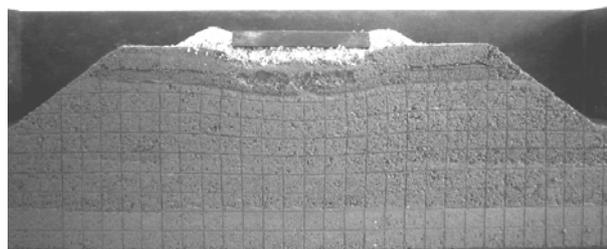


Рис. 6. Вид модели (Вариант 3) после эксперимента

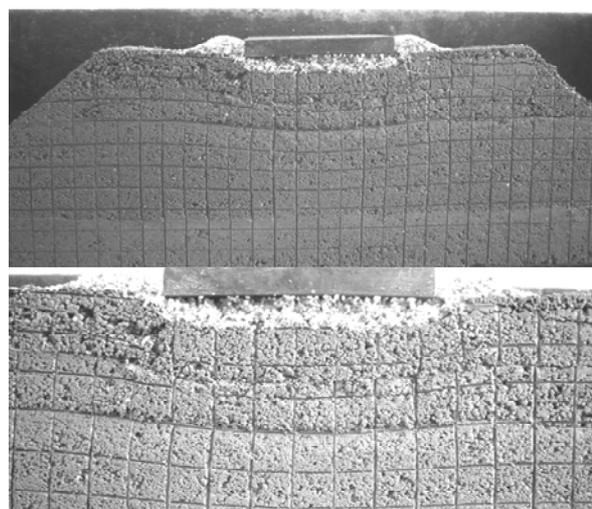


Рис. 7. Вид модели (Вариант 4) после эксперимента

Деформирование моделей Вариантов 3 и 4 можно характеризовать как однородное, так как никаких критических деформаций в виде расслаивания и выдёргивания арматуры не выявлено, поэтому армирование в соответствии с такими вариантами является наиболее оптимальным, т.к. внутри незамкнутой оболочки образуется зона переуплотнённого грунта, которая воспринимает большую часть деформа-

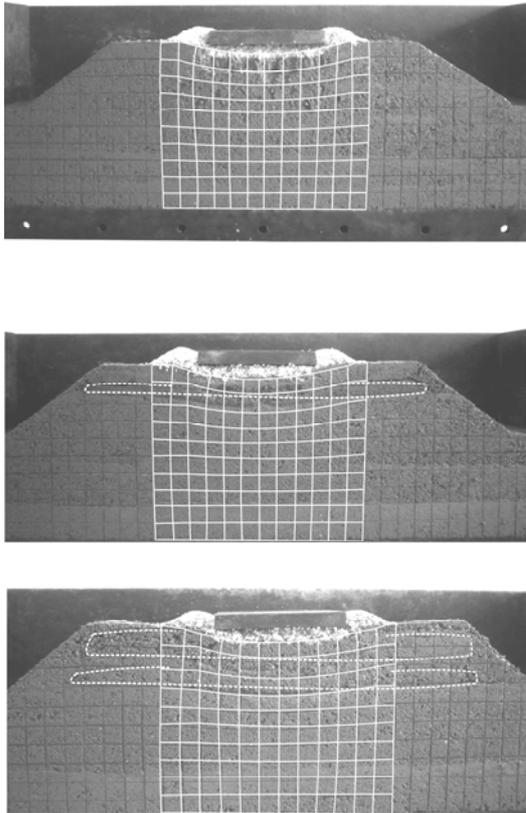


Рис. 8. Характер деформирования Вариантов 1, 3 и 4

Следует отметить, что характер деформирования Вариантов 1, 3 и 4 (рис. 8) подобен, что видно из нанесенной на фотографии масштабной сетки, то есть равномерное деформирование неармированной модели сохраняется в Вариантах 3 и 4 качественно, улучшаясь количественно, что будет показано далее.

Таким образом, такая конструкция является равнонагруженной и равномерно деформируемой. Замыкание оболочки, которое происходит после формирования геотекстильного полотна с нахлестом в верхней части оболочки, характеризуемое в теоретических работах [1, 2], как оптимальное, в ходе экспериментальных исследований таковым не определяется. Определение такого вида армирования (Вариант 5) при теоретических построениях как оптимального базируется на определении характера его деформирования. Так, теоретически, такая оболочка формирует внутри себя зону переуплотнённого грунта, а замкнутость контура является залогом отсутствия выдёргивания геотекстильного полотна из матрицы. Однако, деформирование такой системы при проведении лоткового эксперимента позволило определить некоторые эффекты, которые не учтены в теоретических исследованиях (рис. 9).

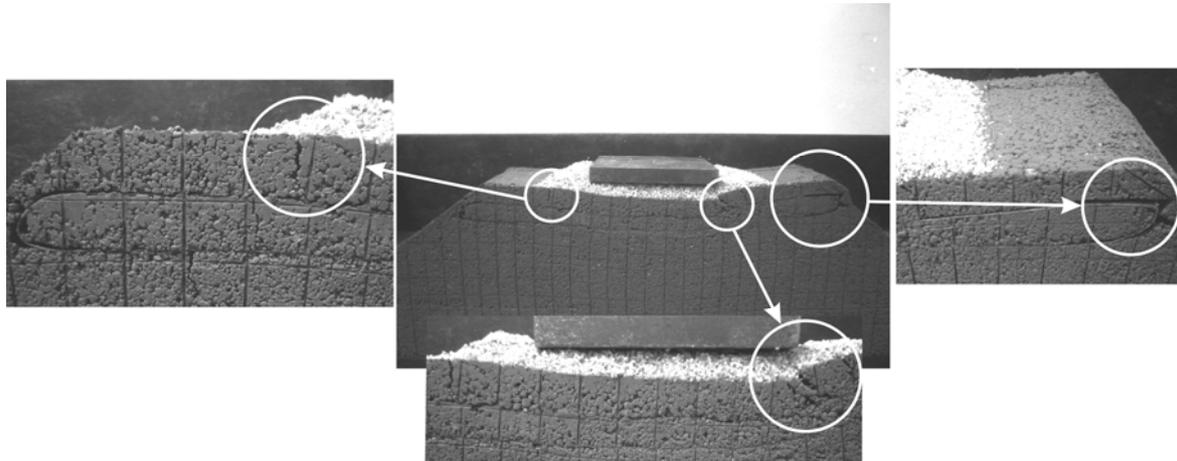


Рис. 9. Вид модели (Вариант 5) после эксперимента (в кружках показаны характерные деформации модели)

На окончаниях замкнутой оболочки, вследствие того, что податливость верхней её части весьма ограничена образованным нахлестом, образовались расслоения (см. правую деталь рис. 9). Ситуация ухудшается ещё и оттого, что образованный краями геотекстильного полотна нахлест находится в ядре сжатия, в самой его активной зоне, и, таким образом, увеличившееся трение позволяет верхней части оболочки сокращаться значительно, чем нижней и деформации, вызванные поворотом окончания замкнутой оболочки приводят к расслоению арматуры и матрицы. Ещё одним отрицатель-

ным эффектом является наличие трещин в местах перенапряжения – на краю балластного слоя (см. левую деталь рис. 9) и под краем штампа (см. центральную деталь рис. 9). Появление таких трещин объясняется тем, что замкнутая оболочка, в отличие от разомкнутой, значительно переуплотняет зону активного деформирования и в ходе образовавшегося перенапряжения образуются трещины матрицы.

Как следует из анализа графической информации (рис. 10), количественно варианты армирования отличаются друг от друга значительно.

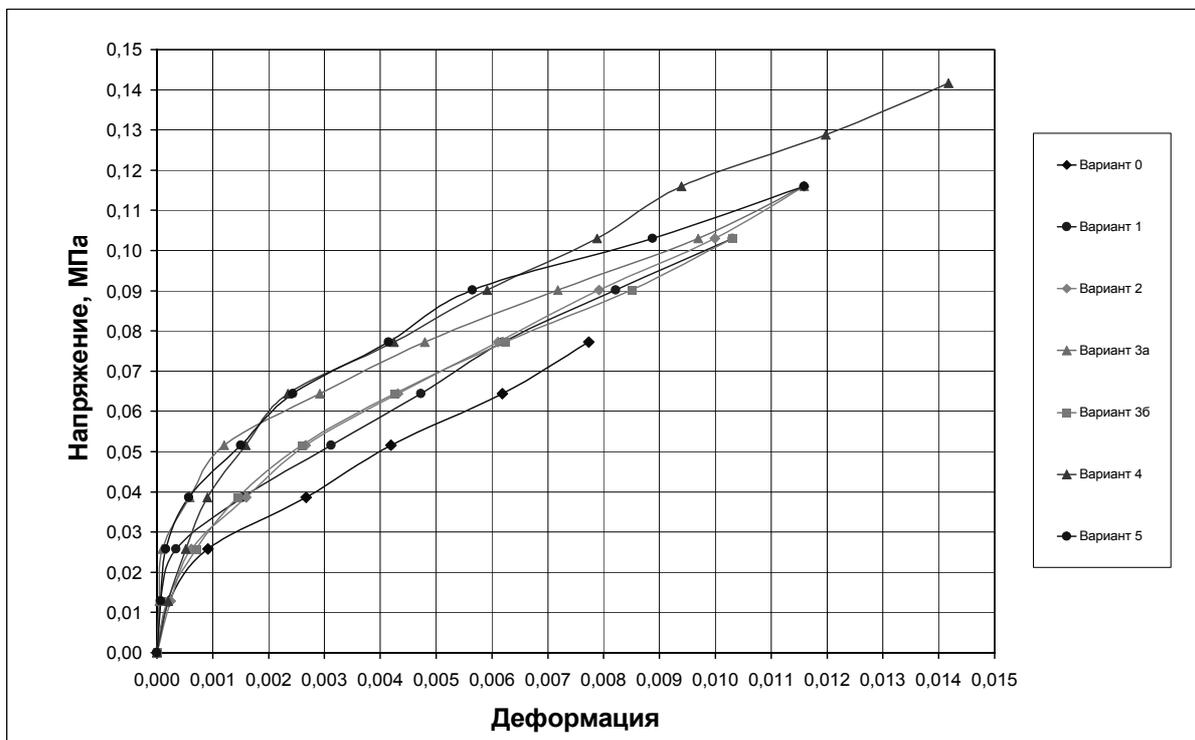


Рис. 10. График зависимости напряжений и деформаций для различных вариантов армирования

Несомненно, анализ графика напряжений и деформаций (рис. 10) свидетельствует о том, что все варианты армирования значительно (до 2 раз) увеличивают прочность модели (Вариант 0 – 0,076 МПа, Вариант 5 – 0,14 МПа), однако определённые в ходе экспериментальных исследований эффекты позволяют скорректировать полученную картину и сделать следующие выводы.

1. Армирование земляного полотна в виде отдельных полотнищ геотекстильных материалов увеличивают прочность матрицы до 1,5...1,6 раза, но возникновение зон расслоения на концах полотнища свидетельствуют о неоптимальности данных вариантов вне зависимости от их размещения по высоте матрицы.

2. Армирование замкнутой оболочкой также не может считаться оптимальным (увеличение прочности до 1,6 раза), так как деформирование земляного полотна при таком варианте армирования связано со значительным трещинообразованием.

3. Наиболее оптимальными вариантами армирования являются Варианты 3а и 4 (увеличение прочности от 1,6 до 2 раз), а наличие анкеровки геотекстильных полотнищ убирает нежелательные эффекты деформирования в виде активного трещинообразования и расслоения матрицы и арматуры.

4. Характер деформирования Вариантов 3а, 3б и 4 качественно совпадает с характером де-

формирования неармированной модели (Вариант 0), значительно уменьшаясь количественно.

Проведя данные экспериментальные исследования и получив важную информацию о НДС моделей с различными вариантами армирования, возможно её развитие, которое заключается в экспериментальном исследовании моделей с армированием слоями усиления.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Джоунс, К. Д. Сооружения из армированного грунта [Текст] / К. Д. Джоунс. – М.: Стройиздат, 1989. – 280 с.
2. Тимофеева, Л. М. Армирование грунтов [Текст] / Л. М. Тимофеева. – Пермь: Изд-во Пермского политехн. ин-та, 1991. – 478 с.
3. Рубцов, И. В. Закрепление грунтов земляного полотна автомобильных и железных дорог [Текст] / И. В. Рубцов, В. И. Митраков, О. И. Рубцов. – М.: АСВ, 2007. – 184 с.
4. ЦП-0204 Правила улаштування основної площадки земляного полотна при виконанні капітального ремонту та модернізації колії (ЦП 25.12.2008 р., реєстр. номер ЦП-0204) [Текст] / В. Д. Петренко [та ін.] – К.: Укрзалізниця. Головне управління колійного господарства, 2009. – 44 с.
5. Правила і технологія виконання робіт при поточному утриманні залізничної колії. ЦП/0084. [Текст]. – К., 2002. – 156 с.

Поступила в редколлегию 11.05.2010.  
Принята к печати 26.05.2010.