

УДК 627. 23

## ОПИСАНИЕ УПРУГОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА ПРИ АРМИРОВАНИИ ГРУНТА ГЕОМАТЕРИАЛОМ

DESCRIPTION ELASTIC DEFORMATION COMPOSITE  
MATERIAL IN SOIL REINFORCEMENT BY GEOMATERIAL

*Баранова А. А. – аспирант.*

*Одесский национальный морской университет (ОНМУ).*

*Baranova A. -post-graduate student .*

*Odessa National Marine University (ONMU).*

### Аннотация

Армирование грунта геосинтетическими материалами в последнее время стало очень распространено. Но в настоящее время недостаточно методик расчета, которые бы описывали данную анизотропную среду. В данной статье приведена предлагаемая методика расчета грунта армированным геосинтетическим материалом.

**Ключевые слова:** геоматериал, методика расчета композита «грунт-геоматериал».

### Abstract

Soil reinforcement by geosynthetics material in lately become very prevalent. But at the present time not enough methods of calculation, which would describe the same anisotropic medium Wednesday. In dannoy Article aligned method for calculating soil reinforcement by geosynthetic material.

**Key words:** geomaterial, the method for calculating composite "soil-geomaterial."

В современном строительстве широкое применение нашло использование для армирования грунтов геосинтетических материалов. В литературе, посвященной данному вопросу, в основном описываются рекомендации по применению гематериала в тех или иных условиях. При этом применение геосинтетиков в дорожном строительстве наиболее хорошо описано с помощью формальных законов теории упругости.

Применение геоматериалов при использовании в теле сооружений или в основании фундаментов практически не исследован. Данная проблема требует серьезных исследований, а также проведение опытов по определению эффективности использования геосинтетиков в строительстве.

Приведенная далее предлагаемая методика расчета будет сформулирована в упругой постановке, которая в дальнейшем может совершенствоваться.

При проектировании и расчете конструкций с использованием геосинтетиков возникает проблема недостаточности исходных данных для описания материала. Производители геосинтетических материалов не предоставляют такие физико-механические характеристики как Модуль упругости и коэффициент Пуассона.

Армирование грунта геоматериалом приводит к образованию вокруг него слоя анизотропной среды с собственными характеристиками [1].

Любой геоматериал который предоставляется производителем имеет поровую структуру. Размер пор зависит от качества и характеристик самого геоматериала [2]. Принимаем в первом приближении, что пора такого материала имеет вид представленный на рисунке 1:

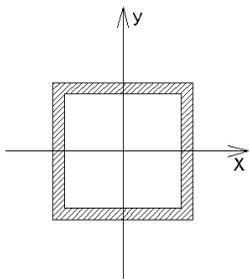


Рисунок 1. Ячейка армирующей среды.

Необходимо решить задачу учета армирующего материала в грунте. Следуя работе [3], рассмотрен подход к определению упругих свойств армированного грунта, как анизотропного материала.

Полагая, что все элементы ячейки находятся в упругом состоянии, выразим закон упругого деформирования эквивалентной композитной анизотропной среды соотношением:

$$\bar{\sigma} = A \bar{\varepsilon} ,$$

где  $\bar{\sigma}, \bar{\varepsilon}$  - векторы- столбцы напряжений и деформаций;

$A$  - матрица упругих постоянных композитной среды.

Используя выражение для потенциальной энергии эквивалентной конструктивно-анизотропной ячейки, можно получить закон упругого деформирования матрицы  $A$ , который определяется из выражения:

$$A = \alpha_0 B_0 + \sum \alpha_k C_k^T B_k C_k \quad (1)$$

где числа  $\alpha_0, \alpha_1, \dots$  -удовлетворяют отношению  $\alpha_0 + \sum \alpha_k = 1$ , а  $B_k, B_0$  - матрицы упругих постоянных грунта и  $k$ -того армирующего элемента,  $k = 1, \dots, K$ , а  $K$  - число элементов армирующей ячейки.

Таким образом необходимо вычислить матрицы преобразования  $C_k$  которые в соответствии с рис. 1 могут быть представлены в виде

$$C_k = \begin{bmatrix} \cos^2 \varphi_k & \sin^2 \varphi_k & 0 & -\sin \varphi_k \cos \varphi_k & 0 & 0 \\ \sin^2 \varphi_k & \cos^2 \varphi_k & 0 & \sin \varphi_k \cos \varphi_k & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ \sin 2\varphi_k & -\sin 2\varphi_k & 0 & \cos 2\varphi_k & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cos \varphi_k & \sin \varphi_k \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -\sin \varphi_k & \cos \varphi_k \end{bmatrix}, \quad (2)$$

где  $\varphi_1 = \pi/2, \varphi_2 = \pi, \varphi_3 = 3\pi/2, \varphi_4 = 0$  и  $k = 1, \dots, 4$ .

Матрица  $B_0$ , входящая в соотношение (1) описывает упругие характеристики грунта. Поскольку заполняющий ячейку грунт представляет собой изотропный материал. Матрица упругих характеристик  $B_0$  имеет вид:

$$B_0 = \begin{bmatrix} G(1-\nu_0) & G\nu_0 & G\nu_0 & 0 & 0 & 0 \\ G\nu_0 & G(1-\nu_0) & G\nu_0 & 0 & 0 & 0 \\ G\nu_0 & G\nu_0 & G(1-\nu_0) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \lambda & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \lambda & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \lambda \end{bmatrix}, \quad (3)$$

где  $G = \frac{E_0(1-\nu_0)}{(1+\nu_0)(1-2\nu_0)}$ ,  $\lambda = E_0[2(1+\nu_0)]^{-1}$ , а  $E_0, \nu_0$  - модуль упругости и коэффициент Пуассона грунта.

Для учета упругих свойств армирующего материала в соотношении (1) вводится матрица  $B_k$  равная

$$B_k = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & E_g/(1-\nu_g^2) & \nu_g E_g/(1-\nu_g^2) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \nu_g E_g/(1-\nu_g^2) & E_g/(1-\nu_g^2) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & E_g/(2-2\nu_g) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

где  $E_g, \nu_g$  - модуль упругости и коэффициент Пуассона армирующей среды.

Таким образом используя полученные матрицы (2, 3, 4), матрицу  $A$  можно вычислить по формуле (1). Итоговое выражение для матрицы  $A$  имеет вид:

$$A = \alpha_0 B_0 + (1-\alpha_0) \begin{bmatrix} \frac{1}{2}E_g & 0 & \frac{1}{2}E_g\nu_g & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{2}E_g & \frac{1}{2}E_g\nu_g & 0 & 0 & 0 \\ \frac{1}{2}E_g\nu_g & \frac{1}{2}E_g\nu_g & E_g & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2}G & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2}G \end{bmatrix}, \quad (5)$$

$$\text{где } G = \frac{E_g}{2(1-\nu_g)}.$$

В лаборатории Одесского национального университета были проведены экспериментальные исследования по определению эффективности использования геоматериала при расположении его за вертикальной стенкой в грунте засыпки.

Материал для исследования был выбран фирмы ЕВРОИЗОЛ Турар®SF Это нетканый термоскрепленный геотекстиль, производимый из бесконечных волокон 100%-ного полипропилена, производства концерна Du Pont, Люксембург [2]. Эксперименты показали положительный результат, уменьшив нагрузку на лицевую стенку на 14-16% в зависимости от положения геоматериала. Также исследовалось изменение нагрузки на вертикальную стенку при разном расположении геоматериала в грунте засыпки. Он располагался вертикально, горизонтально и наклонно. По результатам экспериментов можно сказать, что расположение текстиля в грунте горизонтально и вертикально дает эффект 14-16%.

Разница только в том, что в случае горизонтального армирования, нагрузка на стенку первоначально не изменяется по сравнению с грунтом без армирования, но при дальнейшем увеличении нагрузки на поверхности засыпки уменьшение нагрузки на стенку становится более интенсивным.

При армировании вертикально, нагрузка на стенку увеличивается постепенно, но при увеличении нагрузки на поверхности рост нагрузки на стенку уменьшается. Это подтверждает то предположение, что геоматериал начинает работать в теле грунта только по достижению определенных удлинений.

В данной работе была рассмотрена методика расчета упругих характеристик грунта, который армирован геосинтетическим материалом. Она позволяет более точно описать а также получить характеристики среды «грунт- геоматериал».

#### *Список литературы.*

1. Матвеев С. А. «Влияние структуры армирования на физико-механические свойства композита «грунт-решетка» // Весник Югор гос ун-та-2005 г. Вып 1 с 65-73
2. [geo@euroizol.com](mailto:geo@euroizol.com)
3. Андреев А. В., Немировский Ю. В. Многослойные анизотропные оболочки и пластины. Изгиб, устойчивость, колебания. – Новосибирск: Наука, 2001. -288 с.