

УДК 581.3.06:624.131

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕРТИКАЛЬНОГО И ПАКЕТНОГО ВЕРТИКАЛЬНОГО АРМИРОВАНИЯ МАЛОПРОЧНЫХ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ ПЛИТНЫХ ФУНДАМЕНТОВ

**Торгонская С.В.**

*Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, г. Гомель*  
*Научный руководитель: Быховец В.Е., д.т.н, профессор*

К одному из способов повышения несущей способности грунтовых оснований фундаментов зданий и сооружений относится армирование грунтов. Технологии армирования могут быть самые разнообразные. В данной работе проводится сравнительный анализ эффективностей вертикального и пакетного вертикального армирования грунта. Рассматривается большеразмерный плитный фундамент на однородном нелинейно-деформируемом грунтовом основании – это будет базовая задача. Исследуется осадка фундаментной плиты на грунтовом основании, армированном методом вертикального и пакетного вертикального армирования. Значения осадок фундамента будут различны, что и определит эффективность указанных способов армирования. Вертикальный армирующий пакет представляет собой подобласть грунтового основания фундамента, содержащую горизонтальные и вертикальные армирующие элементы, а также грунт. При этом грунт внутри вертикального армирующего пакета может быть уплотнен.

В формализованной постановке данная задача является третьей краевой задачей нелинейной математической физики (задача Дирихле-Неймана) [1]. Наиболее эффективным методом решения указанной задачи является метод компьютерного моделирования на основе метода конечных элементов и метода энергетической линейризации [2]. При решении поставленной задачи был использован программный комплекс «Энергия-3D» [2].

Математическая модель сложной нелинейной физической системы «фундамент – грунтовое основание» строится на основе принципа минимума полной энергии системы. Механико-математическая модель элементов указанной системы при нелинейно – упругом деформировании принята в виде степенной функции:

$$\sigma_i = A \varepsilon_i^m, A > 0, 0 < m < 1, \quad (1)$$

где  $\sigma_i$ ,  $\varepsilon_i$  – интенсивности напряжений и деформаций;  $E$  – модуль деформации;  $A$ ,  $m$  – параметры закона нелинейного деформирования.

Исследовано 20 модельных задач в трехмерном пространстве. Размеры расчётной области определены на основании экспериментальных исследований. Приняты следующие физико-механические характеристики элементов рассматриваемой физической системы: плитный фундамент размерами 230×230×20 см с модулем упругости  $E_{пл} = 20000$  МПа и коэффициентом Пуассона  $\mu_{пл} = 0,15$ ; однородный грунт с модулем деформации  $E_{гр} = 36$  МПа и коэффициентом Пуассона  $\mu_{гр} = 0,2$ ; малопрочное включение грунта с модулем деформации  $E_{гр1} = 8$  МПа и коэффициентом Пуассона  $\mu_{гр1} = 0,4$ ; горизонтальные пленки с модулем упругости  $E_{пленок} = 3000$  МПа и коэффициентом Пуассона  $\mu_{пленок} = 0,2$ ; вертикальные сваи с модулем упругости  $E_{свай} = 216-900$  МПа и коэффициентом Пуассона  $\mu_{свай} = 0,3$ .

В результате компьютерного моделирования выявлено, что осадка плиты на однородном грунтовом основании составила 2,95 см и 5,08 см при линейном и нелинейном деформировании грунтового основания соответственно. Наличие малопрочного слоя в грунтовом основании мощностью  $h = 200$  см с заданными физико – механическими характеристиками увеличивает осадку фундамента до 3,54 см при линейном деформировании и 6,40 см и нелинейном деформировании грунта. Следовательно, возникает необходимость повышения несущей способности малопрочного грунтового основания. Результаты исследования эффективности вертикального и пакетного вертикального армирования представлены в таблице 1. Толщина горизонтальной пленки в армирующем пакете принята равной 0,3 см. Глубина заложения пленки принята равной 46 см, что соответствует рекомендуемому значению для данной конкретной задачи. Степень уплотнения грунта внутри армирующего пакета принята равной  $k_{упл} = 3$ .

Таблица 1 – Осадка плитного фундамента на армированном грунтовом основании (см)

Армирование	Вертикальное		Пакетное вертикальное		Пакетное вертикальное уплотненное	
	Лин. решение	Нелин. решение	Лин. решение	Нелин. решение	Лин. решение	Нелин. решение
$E_{свая}$						
2160	3,37	5,90	3,36	5,85	3,03	5,37
5000	3,22	5,53	3,20	5,49	2,93	5,09
6000	3,17	5,44	3,15	5,39	2,89	5,01
8300	3,08	5,27	3,06	5,22	2,83	4,87
9000	3,06	5,22	3,04	5,17	2,81	4,83

Из таблицы 1 видно, что вертикальное армирование грунтового основания позволяет заменить слабый слой грунта слоем армированного грунта, эквивалентным по несущей способности основному грунтовому основанию. Значения осадок плиты на армированном вертикальными сваями и вертикальным пакетом грунте мало отличаются. Следовательно, использование горизонтального армирующего материала в пакете не приведет к значительному повышению несущей способности грунта. Однако уплотнив грунт внутри армирующего вертикального пакета, несущая способность грунтового основания значительно повышается. При этом представляется возможным использовать армирующие сваи из недорогого материала. Таким образом, наиболее эффективными методами повышения несущей способности слабых грунтов являются методы вертикального и пакетного вертикального армирования с уплотненным грунтом внутри пакета.

#### Список цитированных источников

1. Партон, В.З. Методы математической теории упругости / В.З. Партон, П.И. Перлин. – М.: Наука, 1981. – 688 с.
2. Быховцев, В.Е. Компьютерное объектно-ориентированное моделирование нелинейных систем деформируемых твёрдых тел / В.Е. Быховцев. – Гомель: УО «ГГУ им. Ф. Скорины», 2007. – 219 с.