

УДК 624.131.7

СОКОЛОВ М.В., аспирант (КузГТУ)
ПРОСТОВ С.М., д.т.н., профессор (КузГТУ)
г. Кемерово, Россия

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗАКРЕПЛЯЕМЫХ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ

Повышение несущей способности грунтовых оснований зданий и сооружений различными методами укрепления грунтов влияет на общее напряженно-деформированное состояние грунтового массива. Подробное изучение данного аспекта, анализ локальных зон концентрации напряжений и распределения деформаций в грунтовом массиве является актуальной задачей в современном строительстве.

Объектом исследования является однородный массив с вертикальным симметричным расположением зон укрепления различной продольной площадью S и расстоянием между их осями r (рис. 1). Данная расчетная схема реализована методом конечных элементов с использованием программного комплекса «Altterra».

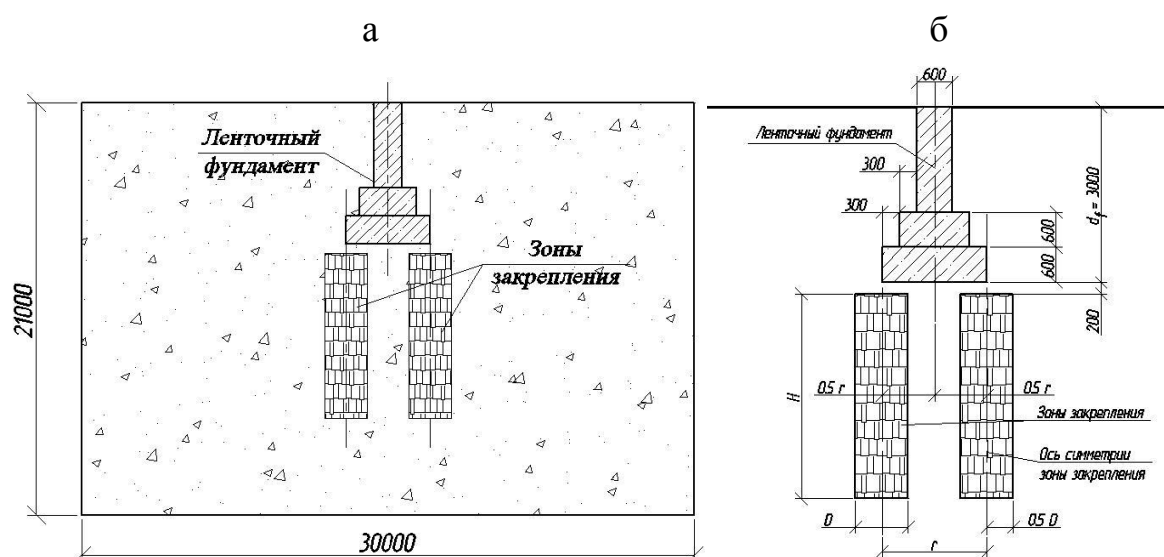


Рис. 1. Схемы модели массива (а) и расположения зон укрепления (б)

Для обобщенного анализа в качестве численного критерия принята величина вертикального смещения (осадки) фундамента, так как данный критерий является основным при расчете фундаментов согласно СП [1] и приводится как эталонное в рекомендациях по применению методов закрепления.

Основные результаты обработки данных компьютерного моделирования приведены на рис. 2, 3.

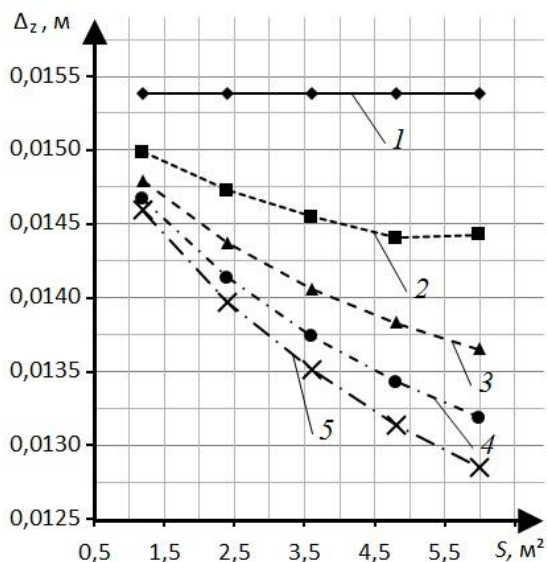


Рис. 2. Зависимость вертикальных смещений Δz от площади зон закрепления S при соотношении модулей упругости укрепленной и неукрепленных зон E_u / E :
 1 – однородный, $E_u / E = 1$;
 2 – $E_u / E = 2$; 3 – $E_u / E = 3$;
 4 – $E_u / E = 4$; 5 – $E_u / E = 5$

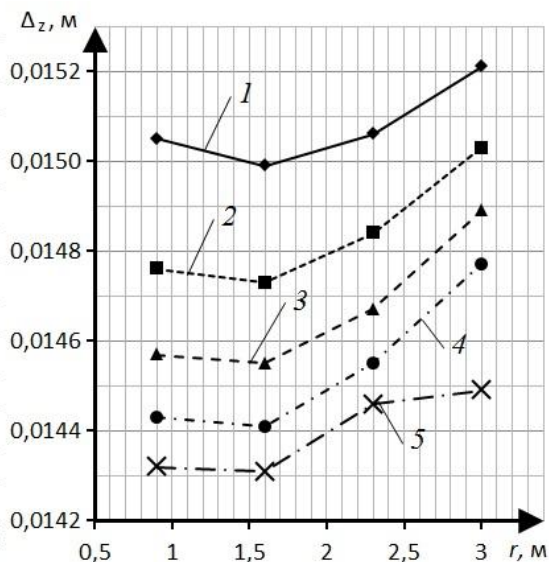


Рис. 3. Зависимость вертикальных смещений Δz от расстояния между зонами закрепления r при площади зон закрепления S :
 1 – $1,2\text{ м}^2$; 2 – $2,4\text{ м}^2$; 3 – $3,6\text{ м}^2$;
 4 – $4,8\text{ м}^2$; 5 – $6,0\text{ м}^2$

Для дальнейшего анализа использована величина отрицательного приращения Δ , характеризующего изменение деформаций грунтового основания:

$$\Delta = \Delta z - \Delta z_y,$$

где Δz – вертикальное смещение при отсутствии зон закрепления;

Δz_y – вертикальное смещение при закреплении.

Соответствующие графики зависимостей приведены на рис. 4, 5.

Из полученных зависимостей следует, что уменьшение деформаций основания происходит нелинейно с возрастанием S . В частности, наибольший эффект наблюдается при наибольшей относительной прочности зоны укрепления $E_u / E = 5$. При $E_u / E = 2$ наблюдается стабилизация перемещений при $S = 5,1 \text{ м}^2$, таким образом, увеличение площади зоны закрепления $S > 5,1 \text{ м}^2$ экономически не целесообразно.

На зависимостях $\Delta(r)$ наблюдаются определённые экстремальные значения Δ в районе $r = 1,6 \text{ м}$, поэтому зоны укрепления рационально располагать именно на расстояния $1,6 \text{ м}$ между их осями симметрии, что соответствует $2,67D$, где D – диаметр зон укрепления.

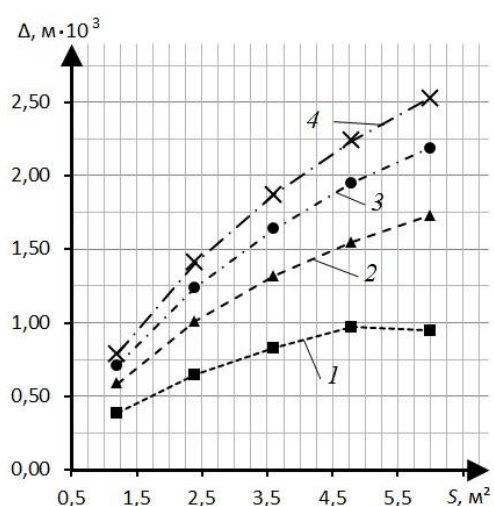


Рис. 4. Зависимость Δ от площади зон закрепления S при величине соотношения E_u/E :
1 – $E_u/E = 2$; 2 – $E_u/E = 3$;
3 – $E_u/E = 4$; 4 – $E_u/E = 5$

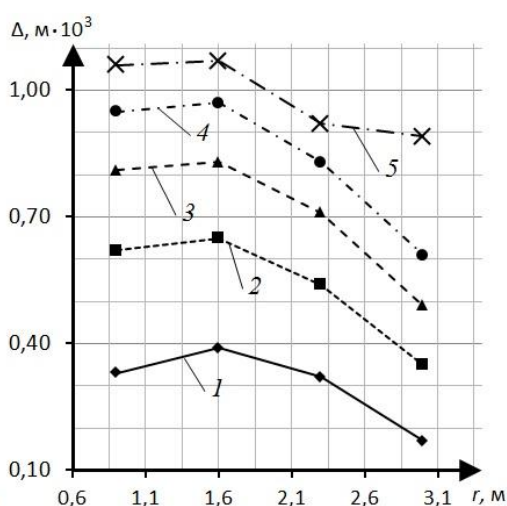


Рис. 5. Зависимость Δ от расстояния между зонами закрепления r при площади зон закрепления S :
1 – $1,2\text{ м}^2$; 2 – $2,4\text{ м}^2$; 3 – $3,6\text{ м}^2$;
4 – $4,8\text{ м}^2$; 5 – $6,0\text{ м}^2$

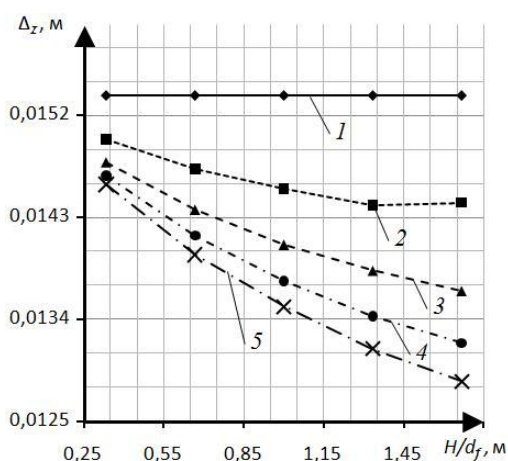


Рис. 6. Зависимость вертикальных смещений Δ_z от отношения высоты зон закрепления H к глубине заложения d_f при соотношении модулей упругости укрепленной и неукрепленных зон E_u/E :
1 – однородный, $E_u/E = 1$;
2 – $E_u/E = 2$; 3 – $E_u/E = 3$;
4 – $E_u/E = 4$; 5 – $E_u/E = 5$

Для расширения области применения приведенных зависимостей можно использовать относительные параметры зон укрепления. Примером такой зависимости является приведенный на рис. 6 график $\Delta(H/d_f)$.

Приведенные зависимости следует учитывать при проведении работ по усилению оснований сооружений цементными и химическими растворами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 23.13330.2011. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. – Москва: Минрегион., России, 2011. – 162с.