

УДК 624.131

## РАСЧЁТ ФУНДАМЕНТОВ РАСПОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ С УЧЁТОМ АНИЗОТРОПИИ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ

**В.В. АРТЕМЁНОК, Д.А. КРАСНОВ**

(Представлено: канд. техн. наук, доц. А.П. КРЕМНЕВ, Н.Н. ВИШНЯКОВ)

Рассматривается влияние анизотропии прочностных свойств грунтов при расчёте устойчивости фундаментов. В статье приведены примеры расчета устойчивости фундаментов с учетом и без учета анизотропии прочностных свойств грунтов. В расчет были приняты прочностные характеристики грунтов, определенных по результатам испытаний в приборе одноплоскостного среза.

Согласно действующим нормативным документам фундаменты распорных сооружений, на которые действуют значительные горизонтальные усилия, обязательно рассчитываются по первой группе предельных состояний.

Данный расчёт возможно производить с помощью программы FSS-PSU, разработанной в Полоцком государственном университете. Программа является объективно-ассоциативной системой, позволяющей организовать хранение и манипулирование сложноструктурированными данными. Позволяет выполнить расчёт устойчивости по методу круглоцилиндрических поверхностей при любых грунтовых основаниях. При этом поиск наиболее опасных поверхностей скольжения выполняется итерационным методом по специальному алгоритму [1, 2].

Метод круглоцилиндрических поверхностей скольжения является наиболее универсальным методом, сочетающим в себе относительно небольшую трудоёмкость расчётов и достаточную точность, а также позволяет учитывать неоднородность основания.

По такому методу определяется коэффициент запаса устойчивости на сдвиг из условия:

$$\eta = \frac{\sum M_{s,p}}{\sum M_{s,h}} \geq 1$$

где  $\sum M_{s,p}$ ,  $\sum M_{s,h}$  – соответственно суммы моментов сдвигающих и удерживающих сил на 1 м длины фундамента относительно центра вращения, кН·м.

Важной особенностью программы является возможность учёта анизотропии прочностных свойств грунта. В данной программе анизотропия учитывается по зависимости, предложенной П.Л. Ивановым [3]:

$$\begin{aligned} \tan \varphi_{\alpha} &= \tan \varphi_1 + (\tan \varphi_2 - \tan \varphi_1) \sin^2 \alpha \\ c_{\alpha} &= c_1 + (c_2 - c_1) \sin^2 \alpha \end{aligned}$$

где  $\alpha$  – угол наклона площадки сдвига к плоскости слоистости;  $\tan \varphi_1, c_1$  – характеристики прочности при сдвиге по направлению слоистости (вдоль плоскости изотропии);  $\tan \varphi_2, c_2$  – то же при сдвиге поперёк слоистости (поперёк плоскости изотропии).

Программа FSS-PSU позволяет производить расчёт устойчивости откосов и расчёт несущей способности фундаментов. При расчете несущей способности (устойчивости) фундаментов в программе задаются размеры фундамента, на который действуют вертикальная и горизонтальная силы. Фундамент рассматривается как твёрдое тело, через которое не могут проходить поверхности скольжения. В уровне обреза фундамента прикладываются силы: вертикальная, по центру тяжести фундамента, и горизонтальная. Все поверхности скольжения проходят через левую точку опирания фундамента (рис. 1).

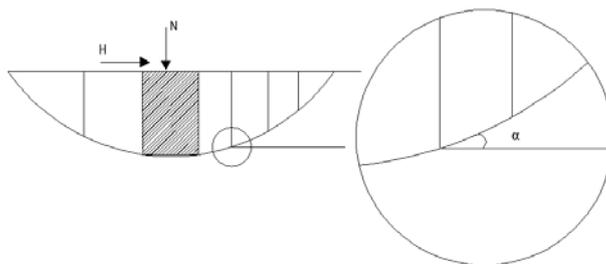


Рисунок 1. – Расчетная схема фундамента с учетом анизотропии прочностных свойств грунта:  
 $\alpha$  – угол наклона площадки сдвига к плоскости слоистости; N – вертикальная сила; H – горизонтальная сила

При расчете устойчивости фундаментов необходимо задание прочностных характеристик грунтов. Для определения прочностных характеристик грунтов были проведены испытания в приборе одноплоскостного среза. Испытания проводились по консолидировано-дренированной схеме по ГОСТ 12248 при горизонтальном и вертикальном расположении слоистости. Результаты определения свойств грунтов представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Прочностные характеристики грунта

Прочностные характеристики грунта	Сдвиг при горизонтальном расположении слоистости	Сдвиг при вертикальном расположении слоистости
Удельное сцепление грунта $c$ , кПа	19,12	21,77
Угол внутреннего трения $\varphi$ , %	7,91	10,98

Данные характеристики грунтов и были взяты в расчет устойчивости фундаментов. Глубина заложения фундаментов принималась 1,2, 1,6, 2,0 м, ширина – 0,6 м. Расчеты производились с учётом и без учёта анизотропии прочностных свойств. Расчетная схема определения устойчивости фундамента приведена на рисунке 2.

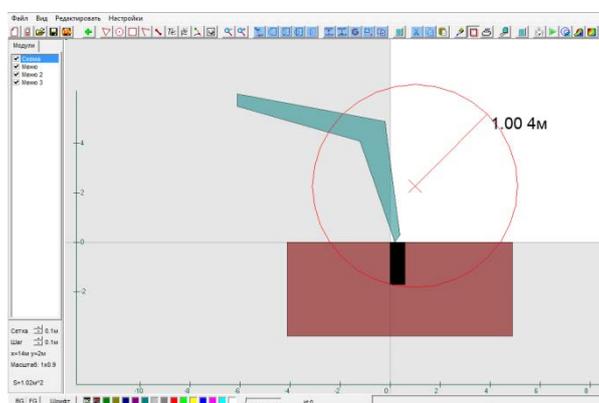


Рисунок 2. – Расчётная схема определения устойчивости фундамента

По результатам расчета определялся коэффициент устойчивости фундаментов. Полученные коэффициенты устойчивости для различных глубин заложения фундаментов с учетом и без учета анизотропии прочностных свойств грунтов представлены в таблице 2.

Таблица 2. – Результаты расчета устойчивости фундаментов

Глубина заложения фундамента, м	Сдвиг при горизонтальном расположении слоистости		Сдвиг при вертикальном расположении слоистости	
	Коэффициент устойчивости	Радиус скольжения, м	Коэффициент устойчивости	Радиус скольжения, м
1,2	1,0	4,1	1,02	3,98
1,6	0,94	4,73	0,98	5,11
2,0	1,02	3,57	1,03	5,17

По результатам расчётов можно сделать вывод, что анизотропия прочностных свойств грунтов существенно влияет на коэффициент устойчивости фундаментов. Так, коэффициент устойчивости фундаментов с учетом анизотропии прочностных свойств грунтов во всех расчетных случаях получился больше, чем без учета анизотропии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Глухов, Д.О. Объектно-ассоциативный подход к построению алгоритмов расчета и визуализации пространства цилиндрических поверхностей скольжения в расчетах устойчивости откосов / Д.О. Глухов, А.П. Кремнев, Т.М. Глухова // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Фундаментальные науки. – 2011. – №4. – С. 43–51.
2. Кремнев, А.П. Определение наиболее опасной поверхности скольжения при расчете устойчивости откосов методом круглоцилиндрических поверхностей скольжения / А.П. Кремнев, Д.О. Глухов, Н.Н. Вишняков / Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Ф. Прикладные науки. Строительство. – 2011. – С. 37–41.
3. Иванов, П.Л. Грунты и основания гидротехнических сооружений / П.Л. Иванов. – М. : Высш. шк., 1991. – 447 с.