

7. Жемочкин Б.Н., Сеницын А.П. Практические методы расчета фундаментных балок и плит на упругом основании.– М., Стройиздат, 1962.239с.

8. Горбунов -Посадов М.И., Маликова Т.А., Соломин В.И. Расчет конструкций на упругом основании.– М., Стройиздат, 1984. 679с.

УДК 624.131

## **НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ФУНДАМЕНТОВ РАСПОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ С УЧЕТОМ АНИЗОТРОПИИ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ**

**Вишняков Н.Н., Кремнев А.П.**, канд. техн. наук, доцент  
(Полоцкий государственный университет, г.Новополоцк,  
Республика Беларусь)

Проверка требований первой группы предельных состояний (по несущей способности грунтов оснований) в обязательном порядке выполняется для фундаментов, на которые действуют значительные горизонтальные усилия. Значительные горизонтальные нагрузки возникают при возведении различного рода распорных сооружений, подпорных стен, заглубленных сооружений и т.п. Если на грунтовое основание передается значительная горизонтальная нагрузка, то вероятность его потери устойчивости и поверхностного выпора существенно увеличивается.

Существуют различные методы определения предельной критической нагрузки при которой происходит потеря устойчивости основания. При сложном напластовании грунтов и выраженной неоднородности наиболее точные значения предельной нагрузки определяют, как правило, с использованием графоаналитических методов расчета. Наиболее известным является метод круглоцилиндрических поверхностей скольжения [1].

Важной особенностью метода круглоцилиндрических поверхностей скольжения является возможность учета анизотропии прочностных свойств грунтов [2].

Данный метод особенно широко используется при определении устойчивости грунтовых откосов и склонов. При расчете устойчи-

восте грунтовых оснований фундаментов данный метод применяется значительно реже. Связано это с тем, что данный метод включает в себя трудоемкий процесс поиска наиболее опасных поверхностей скольжения, который выполнить вручную практически не возможно. Проектировщику проще принять решение о применении более дорогого конструктивного решения фундамента с применением свай или глубоких опор, чем выполнять трудоемкий расчет устойчивости грунтового основания распорного фундамента.

Программа FSS-PSU, разработанная в Полоцком государственном университете, позволяет не только выполнять расчет устойчивости грунтового основания по методу круглоцилиндрических поверхностей, но и учесть анизотропию прочностных свойств грунтов [3].

При этом изменение прочностных свойств грунта в зависимости от ориентации поверхности сдвига к плоскости анизотропии учитывается по следующим зависимостям [4]:

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

где  $\alpha$  – угол наклона площадки сдвига к плоскости слоистости;

$\operatorname{tg} \varphi_1$ ,  $c_1$  – характеристики прочности при сдвиге по направлению слоистости (вдоль плоскости изотропии);

$\operatorname{tg} \varphi_2$ ,  $c_2$  – то же при сдвиге поперек слоистости (поперек плоскости изотропии).

Из представленных зависимостей видно, что на результат расчета будет влиять точность определения характеристик грунта с учетом анизотропии.

В качестве примера анизотропного грунта в данной статье рассматривается ленточная глина, широко распространенная на севере Беларуси.

Для определения прочностных характеристик ленточной глины с учетом анизотропии, образцы отбирались в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Далее проводились испытания образцов на одноплоскостной срез.

Для решения поставленной задачи использовался автоматизированный испытательный комплекс АСИС. Комплекс представляет собой совокупность устройств силового нагружения и управления

давлением, приспособлений для испытаний образцов при различных видах напряжённого состояния, измерительной системы АСИС, а также программного обеспечения на базе ПЭВМ.

Размер образцов составлял: 71 мм – диаметр, 35 мм – высота. Испытания проводились по консолидировано-дренированной схеме по ГОСТ 12248.

В результате испытаний срез нескольких образцов при горизонтальном направлении слоистости произошёл по песчаной прослойке, вследствие чего сопротивление сдвигу оказалось значительно ниже, чем для образцов, в которых срез произошёл не по прослойке.

После обработки результатов испытаний, были получены прочностные характеристики образцов ленточной глины. Результаты испытаний представлены в таблице 1.

Таблица 1

Прочностные характеристики грунта

Прочностные характеристики грунта	Сдвиг при горизонтальном расположении слоистости	Сдвиг при вертикальном расположении слоистости	Сдвиг по песчаной прослойке
Удельное сцепление грунта, с, кПа	19,12	21,77	5
Угол внутреннего трения, $\alpha$ , град.	7,91	10,98	5

По представленным данным можно сделать вывод, что полученные значения удельного сцепления и угла внутреннего трения при сдвиге при вертикальном расположении слоистости на 12 % и 28 % соответственно больше, чем при сдвиге при горизонтальном расположении слоистости. При срезе образцов по песчаной прослойке характеристики грунта в 2 и более раза оказались меньше, чем при срезе не по прослойке.

Такое расхождение в определении механических характеристик грунта, несомненно, будет влиять на результаты расчета фундаментов. В частности, на определение несущей способности (устойчивости) фундаментов.

Для подтверждения данного предположения были проведены расчеты устойчивости фундамента распорного сооружения с учетом и без учета анизотропии прочностных свойств в программе FSS-PSU.

При расчете устойчивости фундаментов в программе вначале задаются размеры фундамента, а затем в уровне обреза прикладываются силы: вертикальная, по центру тяжести фундамента, и горизонтальная. Фундамент рассматривается как твёрдое тело, через которое не могут проходить поверхности скольжения. Все поверхности скольжения проходят через левую точку опирания фундамента. На рисунке 1 для примера приведена одна из расчетных поверхностей скольжения.

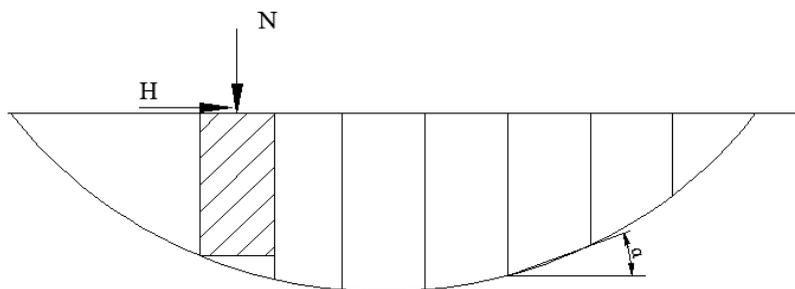


Рис.1. Расчетная схема определения устойчивости фундамента:  
 $\beta$  – угол наклона площадки сдвига к плоскости слоистости;  $N$  – вертикальная сила,  
 $H$  – горизонтальная сила.

Как пример фундамента для расчета, был принят фундамент типового сельскохозяйственного сооружения в виде рамы из двух «Г» образных железобетонных балок с шарнирным сопряжением. Глубина заложения фундаментов для расчёта принимались 1.2, 1.6, 2.0 м и расчет проводился с учётом и без учёта анизотропии прочностных свойств. Нагрузки на фундамент принимались во всех случаях одинаковыми. Пример расчета фундамента в программе FSS-PSU приведен на рис.2.

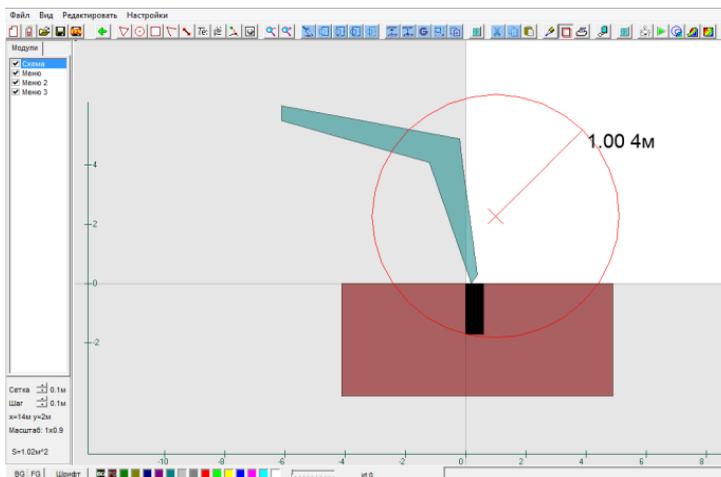


Рис. 2. Пример определения устойчивости фундамента (полурама показана условно)

По результатам расчета была составлена сравнительная таблица 2.

Таблица 2

Результаты расчета устойчивости фундаментов

Глубина заложения фундамента, м	Без учёта анизотропии		С учётом анизотропии	
	Коэффициент устойчивости	Радиус скольжения, м	Коэффициент устойчивости	Радиус скольжения, м
1,2	0,94	4,73	0,98	5,11
1,6	1,0	4,1	1,02	3,98
2,0	1,02	3,57	1,03	5,17

При использовании характеристик грунта, полученных при срезе по песчаной прослойке, коэффициент устойчивости оказался равен 0,21-0,23.

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что с учётом анизотропии прочностных свойств грунта коэффициент устойчивости фундамента больше, чем без учёта анизотропии. Нужно отметить, что на величину различия коэффициентов устой-

чивости будет, несомненно, влиять процент различия прочностных характеристик грунта, а также, возможно, величины действующих нагрузок.

При использовании прочностных характеристик грунта, полученных при срезе по песчаной прослойке, коэффициент устойчивости с учетом анизотропии получается больше в 4 и более раза.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Е.А. Сорочан, Ю.Г. Трофименков Основания, фундаменты и подземные сооружения. Справочник проектировщика / М.И. Гобунов-Посадов, В.А. Ильичев, В.И. Крутов и др.; под общ.ред. Е.А. Сорочана и Ю.Г. Трофименкова. – Москва : Стройиздат, 1985. – 480 с. с ил.

2. Кремнев А.П. Учет влияния анизотропии прочностных свойств грунтов на несущую способность фундаментов распорных сооружений / Кремнев А.П., Вишняков Н.Н. // Инженерно-геологические изыскания, проектирование и строительство оснований, фундаментов и подземных сооружений. – Сборник трудов Всероссийской научно-технической конференции. – Санкт-Петербург, 2017.

3. 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 // Вестник Полоцкого государственного университета. Прикладные науки. Серия Ф. Строительство. – 2011. – С.37-41. – Библиогр.: с. 41.

4. Иванов, П.Л. Грунты и основания гидротехнических сооружений / П.Л. Иванов – М.: Высш. шк., 1991. – 447с.