

УДК 624.1

**ВЛИЯНИЕ АНИЗОТРОПИИ
ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ
НА УСТОЙЧИВОСТЬ ОТКОСОВ**

Кремнев А.П., Вишняков Н.Н, Седун Е.А.

Полоцкий государственный университет, г. Новополоцк, Беларусь

В статье рассматривается влияние анизотропии прочностных свойств грунтов на устойчивость откосов. Приводятся результаты расчета коэффициента устойчивости откосов с учетом анизотропии прочностных свойств грунтов.

The article discusses the effect of anisotropy of strength properties of soils in the slope stability. The results of the calculation of the stability of slopes in view of the anisotropy of mechanical properties of soils.

При проектировании зданий и сооружений вблизи откосов оценка их устойчивости является обязательным условием выполнения требований первой группы предельных состояний. Необходимость строительства вблизи откосов особенно возникает в городах, расположенных в пойме рек, а также на холмистой местности. В Витебской области к ним можно отнести г. Витебск, Оршу, Полоцк и др.

Для расчета устойчивости наиболее универсальным методом является метод круглоцилиндрических поверхностей скольжения. Как известно, данный метод позволяет определить коэффициент устойчивости откоса любого очертания и литологического строения с учетом поверхностных и объемных сил, в том числе и фильтрационных. Однако, как показывает практика [1], результаты расчета

не всегда соответствуют реальным очертаниям поверхности склона откоса. Зачастую откосы природного и искусственного происхождения имеют уклон значительно превышающий расчетный.

На наш взгляд, одной из причин такого несоответствия является недостаточно полная оценка особенностей прочностных свойств грунтов и, в частности, их анизотропии.

На сегодняшний день доказано, что большинство грунтовых отложений по своей природе анизотропны [1]. Практически все грунты осадочного происхождения в той или иной мере обладают деформационной, фильтрационной или прочностной анизотропией. Без ее учета невозможно представить дальнейшее совершенствование методов расчета грунтовых оснований и грунтовых массивов.

Испытания грунтов в приборе одноплоскостного среза показали, что сопротивление грунта сдвигу в двух взаимно перпендикулярных плоскостях может отличаться почти в 2 раза. При этом большее сопротивление сдвигу достигнуто на образцах, сдвиг которых происходил в направлении перпендикулярном плоскости изотропии.

Существующие методы расчета устойчивости откосов и программные комплексы не учитывают влияние ориентации расчетной поверхности скольжения по отношению к плоскости изотропии. И это, на наш взгляд, вполне объясняет тот факт, что фактическое очертание откосов характеризуется большим углом заложения, чем получаемое по расчету.

Для изучения влияния анизотропии прочностных свойств грунтов на коэффициент устойчивости откоса нами был проведен математический эксперимент с применением объекто-ассоциативного программного комплекса, разработанного в Полоцком государственном университете [2,3].

Расчет выполнен на примере очертания реального откоса, расположенного в карьере «Боровое» Витебской области. Коэффициента устойчивости откоса определялся для различных вариантов соотношений угла внутреннего трения и удельного сцепления при срезе вдоль и поперек плоскости изотропии.

Зависимость изменения прочностных характеристик грунтов от угла наклона поверхности сдвига к плоскости изотропии была принята по формулам 1 и 2, как наиболее распространенная [4]:

$$\operatorname{tg} \varphi_{\alpha} = \operatorname{tg} \varphi_1 + (\operatorname{tg} \varphi_2 - \operatorname{tg} \varphi_1) \sin^2 \alpha \quad (1)$$

$$c_{\alpha} = c_1 + (c_2 - c_1) \sin^2 \alpha \quad (2)$$

где $\operatorname{tg}\varphi_1$ и c_1 – прочностные характеристики при сдвиге параллельно плоскости изотропии; $\operatorname{tg}\varphi_2$ и c_2 – то же, при сдвиге поперек плоскости анизотропии; α – угол наклона поверхности сдвига к плоскости анизотропии.

Для сравнения первоначально был выполнен расчет коэффициента устойчивости фактического очертания откоса без учета анизотропии прочностных свойств грунтов. Коэффициент устойчивости в этом случае оказался равным 0.28, хотя признаков обрушения не было обнаружено по всему периметру карьера.

Далее расчет был выполнен при различных соотношениях прочностных свойств, определяемых параллельно и перпендикулярно плоскости изотропии. На первом этапе расчета учитывалось только увеличение угла внутреннего трения грунта, а удельное сцепление принималось постоянным и равным 0. Результаты расчета этого этапа приведены в табл. 1.

Таблица 1

Угол внутреннего трения вдоль плоскости изотропии, φ_1 , градус	Угол внутреннего трения поперек плоскости изотропии, φ_2 , градус	Соотношение φ_2/φ_1	Коэффициент устойчивости, η
30	33	1.1	0.29
30	36	1.2	0.36
30	39	1.3	0.39
30	42	1.4	0.53
30	45	1.5	0.58

На втором этапе расчета учитывалось только увеличение удельного сцепления грунта, а угол внутреннего трения принимался постоянным и равным 30° . Результаты расчета приведены в табл. 2.

Из проведенного математического эксперимента можно сделать вывод, что учет анизотропии прочностных свойств грунтов оказывает существенное влияние на коэффициент устойчивости откоса. При учете изменения прочностных свойств грунтов в зависимости

от угла наклона плоскости сдвига к плоскости изотропии коэффициент устойчивости откоса возрастает и приближается к практическим данным.

Таблица 2

Удельное сцепление вдоль плоскости изотропии, c_1 , кПа	Удельное сцепление поперек плоскости изотропии, c_2 , кПа	Соотношение c_2/c_1	Коэффициент устойчивости, η
1	2	2	0.59
1	3	3	0.71
1	4	4	0.81
1	5	5	0.86
1	10	10	1.09

Литература

1. Кремнев, А.П. Анизотропия прочностных свойств песчаных грунтов. Сборник статей международной научно-технической конференции / А.П. Кремнев, Н.Н. Вишняков. – Минск : БНТУ, 2008.

2. 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 // Вестник Полоцкого государственного университета. Фундаментальные науки. – № 4. – Новополоцк: РИО ПГУ, 2011. – С. 43–51.

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 серия Ф. Прикладные науки. Строительство. – Новополоцк: ПГУ, 2011. – С. 37–41.

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