**Устойчивость откосов и склонов**

**Общие положения**

Откосом называется искусственно созданная поверхность, ограничивающая природный грунтовый массив, выемку или насыпь. Откосы образуются при возведении различного рода насыпей (дорожное полотно, дамбы, земляные плотины и. т.д.), выемок (котлованы, траншеи, каналы, карьеры и .п.) или при перепрофилировании территорий.

Склоном называется откос, образованный природным путем и ограничивающий массив грунта естественного сложения.

При неблагоприятном сочетании разнообразных факторов массив грунтов, ограниченный откосом или склоном, может перейти в неравновесное состояние и потерять устойчивость.

Основными причинами потери устойчивости откосов и склонов являются:

устройство недопустимо крутого откоса или подрезка склона, находящегося в состоянии, близком к предельному;

увеличение внешней нагрузки (возведение сооружений, складирование материалов на откосе или вблизи его бровки);

изменение внутренних сил (увеличение удельного веса грунта при возрастании его влажности или, напротив, влияние взвешивающего давления воды на грунты);

неправильное назначение расчетных характеристик прочности грунта или снижение его сопротивления сдвигу за счет, например повышения влажности;

проявление гидродинамического давления, сейсмических сил, различного рода динамических воздействий (движение транспорта, забивка свай и. т.п.).

**Инженерные методы расчета устойчивости откосов и склонов**

В проектной практике применяются инженерные методы расчета устойчивости, содержащие различного рода упрощающие предположения. Наиболее распространенный из них – метод круглоцилиндрических поверхностей скольжения, относящий к схеме плоской задачи.

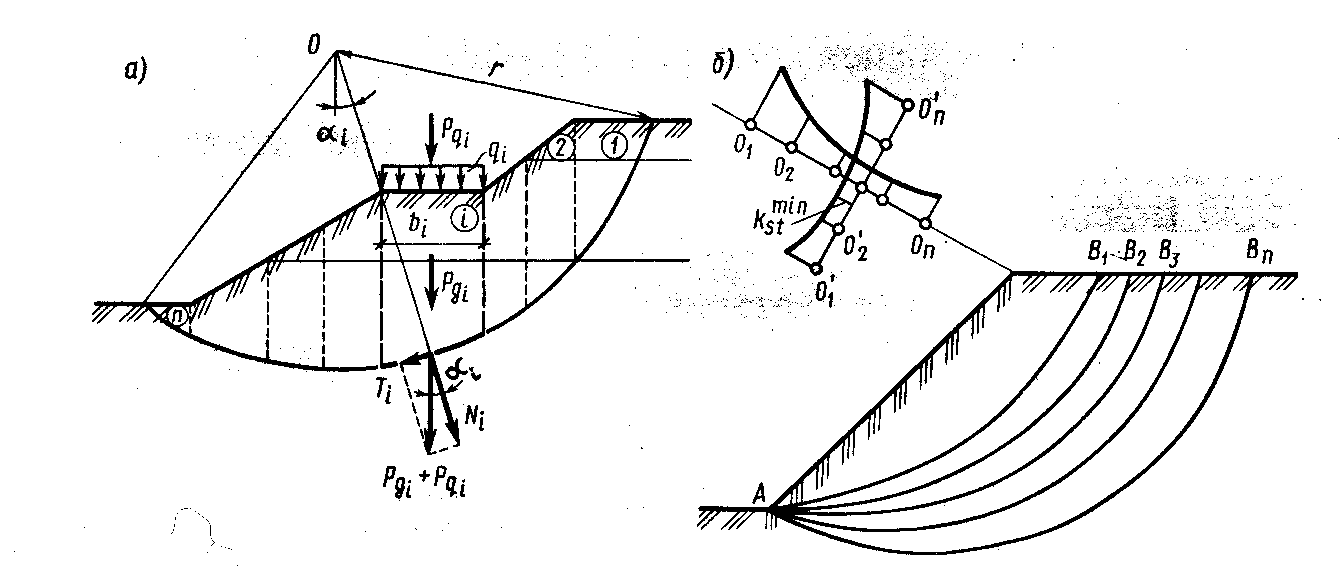


Рис. 1. Схема к расчету устойчивости откосов методом круглоцилиндрических поверхностей скольжения: а) – расчетная схема; б) – определение положения наиболее опасной поверхности скольжения; 1, 2, … - номера элементов.

Этот метод был впервые применен К. Петерсоном в 1916 г. для расчета устойчивости откосов (тогда и долгое время назывался методом шведского геотехнического общества).

Рассмотрим широко используемую модификацию этого метода. Предположим, что потеря устойчивости откоса или склона, представленного на рис. 1, а, может произойти в результате вращения отсека грунтового массива относительно некоторого центра . Поверхность скольжения в этом случае будет представлена дугой окружности с радиусом r и центром в точке . Смещающийся массив рассматривается как недеформируемый отсек, все точки которого участвуют в общем движении. Коэффициент устойчивости принимается в виде



, (1)



где и - моменты относительно центра вращения всех сил, соответственно удерживающих и смещающих отсек.



Для определения входящих в формулу (1) моментов отсек грунтового массива разбивается вертикальными линиями на отдельные элементы. Характер разбивки назначается с учетом неоднородности грунта отсека и профиля склона так, чтобы в пределах отрезка дуги скольжения основания каждого i-го элемента прочностные характеристики грунта ϕ и с были постоянными. Вычисляются силы, действующие на каждый элемент: вес грунта в объеме элемента и равнодействующая нагрузки на его поверхность . При необходимости могут быть также учтены и другие воздействия (фильтрационные, сейсмические силы и т.д.). Равнодействующие сил считаются приложенными к основанию элемента и раскладываются на нормальную и касательную составляющие к дуге скольжения в точке их приложения. Тогда



; (2)



Соответственно момент сил, вращающих отсек вокруг 0, определился как

(3)



где п – число элементов в отсеке.

Принимается, что удерживающие силы в пределах основания каждого элемента обусловливаются сопротивлением сдвигу за счет внутреннего трения и сцепления грунта. Тогда с учетом выражения для закона кулона можно записать



, (4)



где - длина дуги основания i-го элемента, определяемая как . Здесь - ширина элемента)



Отсюда момент сил, удерживающих отсек, будет иметь вид

. (5)



Учитывая формулу (1), окончательно получим

. (6)



При устойчивость отсека массива грунта относительно выбранного центра вращения 0 считается обеспеченной. Основная сложность при практических расчетах заключается в том, что положение центра вращения 0 и выбор радиуса r, соответствующие наиболее опасному случаю, неизвестны. Поэтому обычно проводится серия таких расчетов при различных положениях центров вращения и значениях r. Чаще всего наиболее опасная поверхность скольжения проходит через нижнюю точку откоса или склона. Однако если в основании залегают слабые грунты с относительно низкими значениями прочностных характеристик ϕ и с, то это условие может не выполняться.



Один из приемов нахождения наиболее опасного положения поверхности скольжения заключается в следующем. Задавясь координатами центров вращения 01, 02, …, 0n на некоторой прямой, определяют коэффициенты устойчивости для соответствующих поверхностей скольжения и строят эпюру значений этих коэффициентов (рис.1,б). Через точку 0min, соответствующую минимальному коэффициенту устойчивости, проводят по нормали второй отрезок прямой и, располагая на нем новые центры вращения , , …, вновь оценивают минимальное значение коэффициента устойчивости. Тогда и определит положение наиболее опасной поверхности скольжения. При устойчивость откоса или склона будет обеспечена.



**Мероприятия по повышению устойчивости откосов и склонов.**

Одним из наиболее эффективных способов повышения устойчивости откосов и склонов является их выполаживание или создание уступчатого профиля с образованием горизонтальных площадок (берм) по высоте откоса. Однако это всегда связано с увеличением объемов земляных работ. При относительно небольшой высоте откосов может оказаться эффективной пригрузка подошвы в его низовой части или устройство подпорной стенки, поддерживающей откос. Положительную роль также играют закрепление поверхности откоса одерновкой, мощением камнем, укладкой бетонных или железобетонных плит.

Важнейшим мероприятием является регулирование гидрогеологического режима откоса или склона. С этой целью сток поверхностных вод перехватывается устройством нагорных канав, отведением воды с берм. Подземные воды, высачивающиеся на поверхности откоса или склона, перехватываются дренажными устройствами с отведением вод в специальную ливнесточную сеть.

При необходимости разрабатываются сложные конструктивные мероприятия типа прорезания потенциально неустойчивого массива грунтов системой забивных или набивных свай, вертикальных шахт и горизонтальных штолен, заполненных бетоном и входящих в подстилающие неподвижные части массива. Используется также анкерное закрепление неустойчивых объемов грунта, часто во взаимодействии с подпорными стенками или свайными конструкциями.