

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ СКОЛЬЖЕНИЯ ОПОЛЗНЕОПАСНОГО СКЛОНА

С.Б. Омуралиев

Институт геомеханики и освоения недр НАН КР, г.Бишкек, Кыргызстан

Вариационным методом выявлена наиболее опасная линия поверхности скольжения суглинистых грунтов.

More dangerous line of the slide surface of loamy soil is concerned by the variational method.

При проектировании любых противооползневых мероприятий, при строительстве на неустойчивых склонах или при размещении механизмов на откосах, склонах или бортах оврагов работы следует начинать с оценки степени устойчивости наклонной поверхности земли. Такая оценка производится путем вычисления коэффициента устойчивости, который характеризуется отношением сил, удерживающих массив грунта на наклонной поверхности, к силам, сдвигающим этот массив.

Устойчивость откосов и склонов – это частная задача общей теории предельного напряженного состояния грунтов, но имеет существенные особенности, обусловленные спецификой движения масс при нарушении их устойчивости.

подавляющее большинство оползней на территории Кыргызстана развивается на горных склонах, покрытых с поверхности мощными (до 5 м) лессами и лессовидными суглинками. Одним из ведущих факторов возникновения и периодической массовой активизации таких оползней являются климатические условия, а именно количество атмосферных осадков и режим температуры воздуха в зимне-весенний период (декабрь-май) [1].

При проектировании противооползневых удерживающих конструкций глубоко заложения весьма важным является вопрос расчета величины оползневого давления.

Для установления максимального значения оползневого давления E необходимо сначала найти в оползневом склоне наиболее опасную поверхность скольжения. Разработан

способ отыскания этой поверхности путем построения вариационного функционала E [2].

В отличие от работы [3], оползневое давление E определяется на каждой границе отсека, как разность между сдвигающими и удерживающими силами с учетом линии депрессии потока атмосферных осадков на оползневом склоне.

Будем рассматривать равновесное состояние однородного оползнеопасного склона, профиль которого изменяется лишь в направлении одной горизонтальной оси.

Профиль оползнеопасного склона будем описывать зависимостью $y=H(x)$, линию депрессии потока атмосферных осадков - $y=D(x)$ и линию скольжения - $y=y(x)$.

Для определения линии депрессии, (т.е. $y=D(x)$) склон подразделяется на несколько вертикальных блоков и для каждого блока составляется уравнение баланса дождевой воды [4].

$Q_{сей}$ и $G_{инф}$ - соответственно сейсмическая сила и сила инфильтрационного давления дождевой воды - являются сдвигающими.

Сейсмическая сила - $Q_{сей}$ приближенно определяется, как доля от веса массы грунта, которая претерпевает сейсмическое воздействие:

$$Q_{сей} = \mu P_i \quad (1)$$

где P_i – собственный вес отсека; μ - коэффициент динамической сейсмичности, значения которого при расчете естественных склонов рекомендуется принимать по таблице 1.

Таблица 1- Коэффициент динамической сейсмичности μ

Сейсмическая балльность района	1-6	7	8	9	10	11	12
μ	0,00	0,025	0,050	0,10	0,25	0,50	>0,75

Значение $G_{инф}$ имеет следующий вид:

$$G_{инф} = \gamma_w(H - D)\Delta x \sin\beta_i \quad (2)$$

где γ_w – удельный вес дождевых вод; β_i – угол наклона линии депрессии.

Так как $\cos\alpha_i = \frac{1}{\sqrt{1+y'^2}}$; $\sin\alpha_i = \frac{y'}{\sqrt{1+y'^2}}$; $\sin\beta_i = \frac{D'}{\sqrt{1+D'^2}}$.

После соответствующих подстановок получим зависимость, определяющую приращение E для элементарного отсека при произвольной форме линий скольжения и депрессии:

$$E_i - E_{i-1} = F(x, y, y')\Delta x \quad (3)$$

$$F(x, y, y') = -\gamma_w m(H - D) \left[\frac{y' + tg\varphi}{1 - y'tg\varphi} - \mu - \frac{D'}{\sqrt{1 + D'^2}} \right] - \gamma_{rp}(H - y)(1 - m) \left[\frac{y' + tg\varphi}{1 - y'tg\varphi} - \mu \right] - c \frac{1 + y'^2}{1 - y'tg\varphi}$$

Получаем выражение E в произвольном сечении x склона в виде интеграла:

$$E = \int_{x_0}^x F(x, y, y') dx \quad (4)$$

где x_0 – координата, соответствующая начальной точке оползнеопасного блока.

Искомое значение $y=y(x)$ линии скольжения склона, определяющее экстремум оползневого давления, должно удовлетворять уравнению Эйлера [5].

В результате уравнение для функционала (4) принимает следующий вид:

$$2y''(1 + tg^2\varphi)[\gamma_w m(H - D)tg\varphi + \gamma_{rp}(H - y)(1 - m)tg\varphi + c] + (1 - y'tg\varphi)\{\gamma_{rp}(1 - m)(1 - y'tg\varphi)[y' + tg\varphi - \mu(1 - y'tg\varphi)]\} + (1 + tg^2\varphi)[\gamma_w m(H' - D') + \gamma_{rp}(1 - m)(H' - y')] = 0(5)$$

Так как дифференциальное уравнение (5)- второго порядка, для его решения задаются два условия – положение начальной точки и начальный наклон линии скольжения.

В качестве примера выбран однородный суглинистый грунт. Водно-физические и физико-механические свойства его имеют значения: $K_\phi=0,0036$ м/час., $m=0,35$, $\varphi = 10^\circ$, $C=3$ кН/м², $\gamma_{sp}=18$ кН/м³, $\gamma_w=10$ кН/м³, $\mu=0,05$.

За 48 часов $D(x)$ имеет следующий вид:

$$D(x) = -0,347x + 17,30$$

В результате получим семейство линий скольжения, соответствующих ряду значений угла наклона α_0 в начальной точке.

Затем находим коэффициент устойчивости оползнеопасного склона.

Тогда результаты расчета за 48 ч представлены на рисунке 1 и в таблице 2.

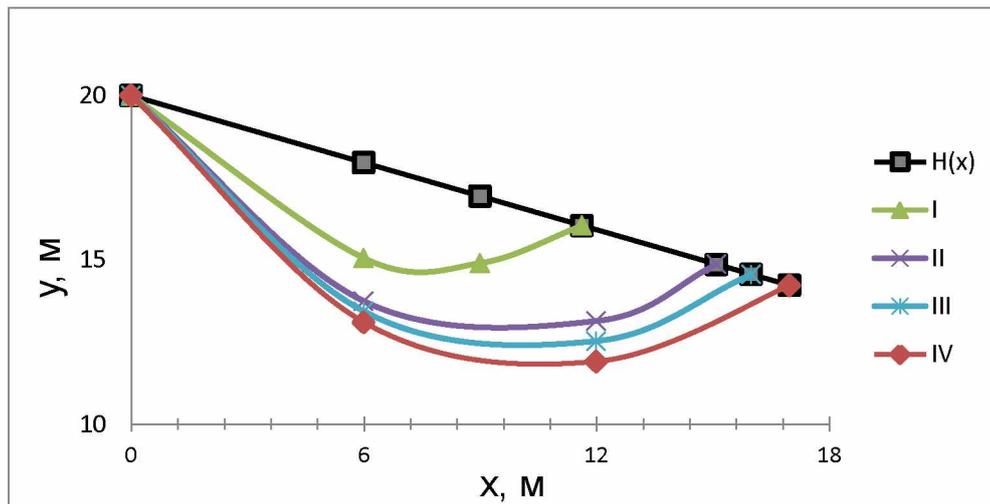


Рисунок 1. Определение опасной линии скольжения при $\mu=0,05$: линии скольжения I-IV

Из сравнения результатов расчета следует, что наиболее опасной является линия скольжения IV с углом $\alpha_0=77^\circ$ (рисунок 2). Ей соответствует коэффициент устойчивости $K_u=0,98$, меньший единицы. Следовательно, данный массив является неустойчивым.

Таблица 2-Результаты расчета

x, м	H, м	$\alpha_0^I = -70^\circ$		$\alpha_0^{II} = -75^\circ$		$\alpha_0^{III} = -76^\circ$		$\alpha_0^{IV} = -77^\circ$	
		y, м	K_y	y, м	K_y	y, м	K_y	y, м	K_y
0	20	20	-	20	-	20	-	20	-
6	17,96	15,05	-	13,74	-	13,43	-	13,10	-

11,64	16,04	16,04	1,24	-	-		-	-	-
12	15,92	-	-	13,14	-	12,53	-	11,91	-
15,1	14,87	-	-	14,87	1,05		-	-	-
15,99	14,56	-	-	-	-	14,56	1,01	-	-
16,98	14,22	-	-	-	-	-	-	14,22	0,98
18	13,88	-	-	-	-	-	-	-	-
24	11,84	-	-	-	-	-	-	-	-
30	9,8	-	-	-	-	-	-	-	-
36	7,76	-	-	-	-	-	-	-	-
42	5,72	-	-	-	-	-	-	-	-

В результате на основе вариационного метода выявлена наиболее опасная линия поверхности скольжения суглинистых грунтов и определены коэффициенты устойчивости склона.

Следовательно, усовершенствованным вариационным методом можно определить устойчивость оползнеопасных склонов и откосов.

Литература

1.Торгоев И.А, Алешин Ю.Г., Аширов Г.Э. Влияние климата на возникновение оползней в Кыргызстане. Научно-инженерный центр “ГЕОПРИБОР” НАН Кыргызской Республики, г. Бишкек (www.mountainthazarad2013.com)

2.Гинзбург Л.К. Противооползневые удерживающие конструкции. –М.: Стройиздат, 1979. -80 с.

3. Гинзбург Л.К., Раздольский А.Г. Определение максимального оползневого давления.// Основания, фундаменты и механика грунтов. 1992. №5. –С.11-14.

4.Джаманбаев М.Дж., Душенова У.Дж., Омуралиев С.Б.

Инфильтрация атмосферных осадков по наклонному склону. //Известия КГТУ им. И. Раззакова, -Б.: Техник, 2012.-№26, -С.214-217.

5.Эльсгольц Л.Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление. –М.:Наука, 1969

6.Рекомендации по выбору методов расчета коэффициента устойчивости склона и оползневое давление. Москва-1986.