

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА УСТОЙЧИВОСТИ ОПОЛЗНЕВОГО СКЛОНА НА ОСНОВЕ УСТАНОВЛЕННЫХ ЛИНИЙ СКОЛЬЖЕНИЯ И ОПОЛЗНЕВОГО ДАВЛЕНИЯ

С.Б. Омуралиев

Институт геомеханики и освоения недр НАН КР

Задача устойчивости массивов грунта имеет весьма существенные особенности, обусловленные спецификой движения масс при нарушении их устойчивости. Причинами нарушения устойчивости земляных масс будут: эрозионные процессы и нарушение равновесия. Эрозионные процессы протекают, как правило, весьма медленно, незаметно. Зависят они от внешних метеорологических и физико-геологических условий, а также от свойств поверхности массива грунта. Нарушение равновесия массивов грунта может происходить внезапно со сползанием значительных масс грунта. Этот процесс происходит в различного рода откосах и природных склонах как при увеличении действующих на массив нагрузок, т.е. при изменении веса слоев грунта при насыщении их водой в условиях продолжительных дождей и паводков, а также вследствие подвешивания капиллярной влаги при понижении уровня грунтовых вод, так и при уменьшении внутренних сопротивлений.

Оползни представляют большую угрозу существованию гражданских и промышленных сооружений, инженерных коммуникаций, железных и автомобильных дорог, линий электропередач и других инженерных сооружений. Они наносят большой материальный ущерб и

требуют огромных экономических затрат на ликвидацию последствий разрушения.

При этом масштабы оползневых явлений, размеры и форма оползней, характер и скорость перемещения оползневых масс, а также факторы, их обусловившие, могут быть разные. Поэтому изучение этих факторов-актуально.

Подавляющее большинство оползней на территории Кыргызстана развивается на горных склонах, покрытых с поверхности мощными 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].

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.

Профиль оползнеопасного склона будем описывать зависимостью $y=H(x)$, линия депрессии потока атмосферных осадков $y=D(x)$ и для линии 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].

$G_{\text{инф.}}$ - сила инфильтрационного давления дождевой воды считается, как сдвигающая сила. Значение $G_{\text{инф}}$ имеет следующий вид:

$$G_{\text{инф.}} = \gamma_w (H - D) \Delta x \sin \beta_i \quad (1)$$

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

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

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

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

Получаем выражение E в произвольном сечении x склона в виде интеграла: $E = \int_{x_0}^x F(x, y, y') dx$ (2)

где x_0 -координата, соответствующая начальной точке оползнеопасного блока.

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

В результате, это уравнение для функционала (2) принимает следующий вид:

$$2y''(1 + tg^2\varphi)[\gamma_w m(H - D)tg\varphi + \gamma_{rp}(H - y)(1 - m)tg\varphi + c] + (1 - y' tg\varphi)\{\gamma_{rp}(1 - m) - \gamma_w m(H' - D') + \gamma_{rp}(1 - m)H' - y' = 0\} (3)$$

Поскольку дифференциальное уравнение (3) второго порядка, для его решения задаются два условия – положение начальной точки и начальный наклон линии скольжения.

Значение E находят вычислением интеграла (2), соответствующего принципу определения максимального E на полученной линии скольжения.

В результате строится эпюра оползневого давления вдоль соответствующей опаснейшей линии сползания неустойчивого грунтового блока.

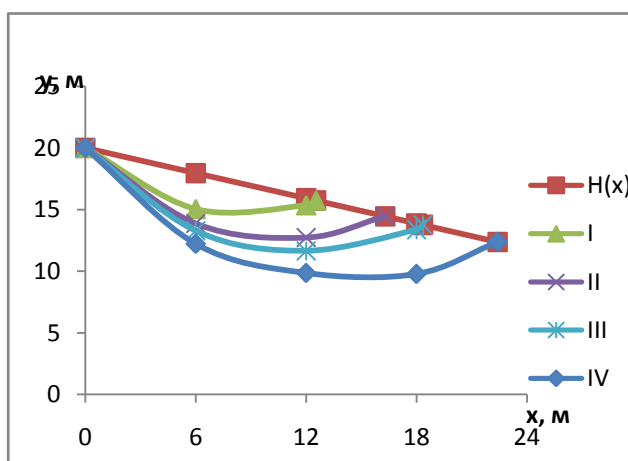
Рассмотрен однородный суглинистый грунт. Водно-физические и физико-механические свойства грунта имеют значения: $K_\phi=0,0036$ м/час., $m=0,35$, $\varphi=10^\circ$, $C=3$ кН/м², $\gamma_{ep}=18$ кН/м³, $\gamma_w=10$ кН/м³.

За 24 часа $D(x)$ имеет следующий вид:

$$D(x) = -0,343x + 18,63$$

Тогда результаты расчета за 24 ч имеют (рисунок и таблица).

А)



Б)

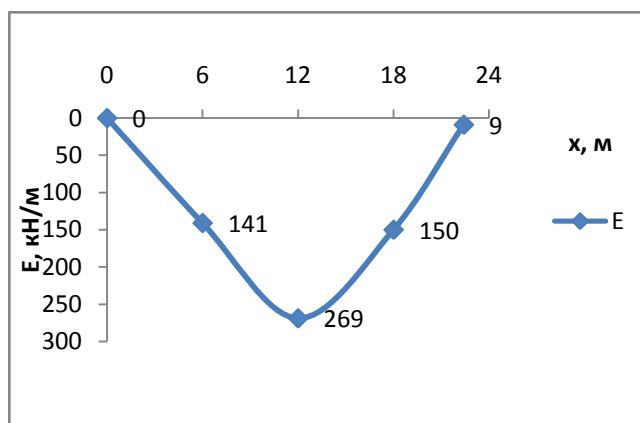


Рис. Определение опасной линии скольжения:
А – линии скольжения I-IV; Б – эпюра оползневого давления вдоль наиболее опасной линии скольжения

Таблица. Результаты расчета

x, м	H, м	$\alpha_0^I = -70^0$			$\alpha_0^{II} = -75^0$			$\alpha_0^{III} = -79^0$			$\alpha_0^{IV} = -80^0$		
		y, м	E, кН/м	K _y	y, м	E, кН/м	K _y	y, м	E, кН/м	K _y	y, м	E, кН/м	K _y
0	20	20	0	-	20	0	-	20	0	-	20	0	-
6	17,96	15,05	43	-	13,86	85	-	12,60	127	-	12,22	141	-
12	15,92	15,36	-18	-	12,72	76	-	10,49	218	-	9,86	269	-
12,54	15,74	15,74	-25	1,31	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16,30	14,46	-	-	-	14,46	-18	1,11	-	-	-	-	-	-
18	13,88	-	-	-	-	-	-	10,88	76	-	9,78	150	-
20,89	12,89	-	-	-	-	-	-	12,89	-1	1,01	-	-	-
22,41	12,38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,38	9	0,97
24	11,84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	9,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
36	7,76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
42	5,72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Из сравнения расчета следует, что наиболее опасной является линия скольжения IV с углом $\alpha_0=80^\circ$. Ей соответствует коэффициент устойчивости $K_y=0,97$, меньший единицы. Следовательно, данный массив является неустойчивым. Для наиболее опасной линии скольжения эпюра оползневого давления представлена на рисунке Б.

В результате применения вариационного метода по изучению устойчивости склонови расчетов оползневого давления, установлено:

1. Для определения коэффициента устойчивости склонов, сложенных однородными грунтами, у которых прочностные характеристики одинаковы по всей длине поверхности скольжения, вариационный метод позволяет получить критическую поверхность скольжения.
2. На основе вариационного метода выявлены наиболее опасные линии поверхности скольжения глинистых грунтов и определены коэффициенты устойчивости склона.

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.mountainthazarad, 2013.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.: Текник, 2012.-№26, -С.214-217.
5. 5.Эльсгольц Л.Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление. –М.:Наука, 1969.