

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ УСТОЙЧИВОСТИ ПРИРОДНЫХ СКЛОНОВ И СКОРОСТЕЙ СМЕЩЕНИЯ ПО НАКЛОННОЙ ПОВЕРХНОСТИ СЛОЯ ГЛИНИСТОГО ГРУНТА С УЧЕТОМ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

© 2007 г. С.Р.Месчян

Институт механики НАН РА
0019, Ереван, пр Маршала Баграмяна, 246, Республика Армения
E-mail: hrshah@sci.am
Поступила в редакцию 14.09.2007 г.

В статье рассмотрен метод определения степени устойчивости природных склонов и скоростей смещения по наклонной поверхности слоя глинистого грунта при сейсмическом (динамическом) воздействии, в котором вместо сейсмической нагрузки учитывается сейсмоостаточная прочность грунта, определенная при заданном значении ускорения колебаний.

Определение степени устойчивости и скоростей деформирования природных склонов и откосов сооружений из глинистых грунтовых материалов при сейсмических воздействиях осуществляется с учетом дополнительной горизонтальной сейсмической нагрузки. По Нормам проектирования сейсмостойкого строительства Армении-СНРА II-6.02-2006 величина сейсмической нагрузки определяется горизонтальным ускорением грунта на поверхности земли с учетом ряда безразмерных коэффициентов. При этом используются прочностные показатели грунтов φ и c , определенные статическим испытанием грунтов на прочность.

Нетрудно заметить, что в указанных выше Нормах не рассматривается влияние сейсмических воздействий на прочностные и деформационные свойства грунта-материала объекта исследования. Поэтому, у нас возникла идея при решении отмеченных выше задач руководствоваться не учетом дополнительной сейсмической нагрузки, а учетом показателей сейсмостойкости глинистого грунта объекта исследования.

Отмеченная выше идея о новом методе определения степени устойчивости грунтовых гидротехнических сооружений нами была высказана на Всесоюзном научно-техническом совещании по проектированию и строительству энергетических

объектов в сейсмических районах (Эстония. Нарва. 16-21 мая 1988г). Она получила одобрение проф. О.А.Савинова, председательствующего на заседании Секции II "Грунтовые плотины и динамика грунтов". К великому сожалению, по ряду объективных и субъективных причин, осуществление проверки применимости предложенного нами метода в решении задач геотехники было отложено на многие годы.

Проверку применимости предложенного нами метода удалось осуществить аспиранту К.А.Таслагяну в 2005г. (2006), под нашим руководством, на примере определения коэффициентов устойчивости Нубарашенского оползнеопасного склона г.Еревана (рис.1) при сейсмическом воздействии.

Буровыми работами, проведенными фирмой GEORISK, выявлено, что плоскость скольжения оползня проходит по контакту светло-коричневых глин шорахпюрской свиты и подстилающих их голубоватых глин, т.е. имеет место скольжение слоя светло-коричневых глин по подстилающему слою. Автор статьи (Таслагян, 2006) приходит к заключению, что при оценке устойчивости рассматриваемого склона представляет интерес слой светло-коричневых глин шорахпюрской свиты.

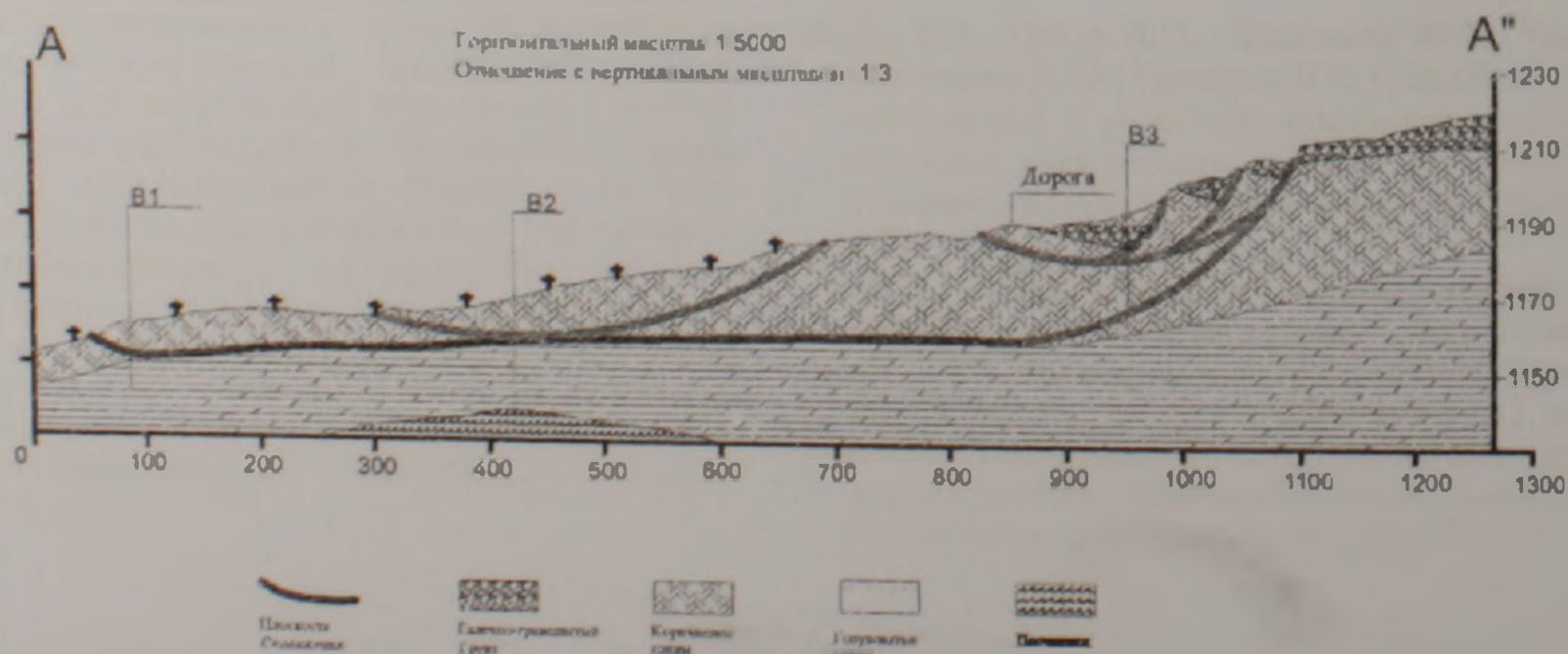


Рис.1 Инженерно-геологический разрез Нубарашенского оползневого участка

Для решения рассматриваемой задачи определены параметры остаточной τ_r ($\varphi = 13,58^\circ$, $\text{tg}\varphi = 0,2415$, $c = 0,0203$ МПа) и виброостаточной τ_{vib} ($\varphi = 6,82^\circ$, $\text{tg}\varphi = 0,1199$, $c = 0,00603$ МПа) прочностей светло-коричневой глины шорахпюрской свиты природного сложения ($\rho = 2750 \text{ кг/м}^3$, $\rho_s = 1850 \text{ кг/м}^3$, $w = 0,303$; $e = 0,92$; $w_L = 0,630$; $w_p = 0,306$; $I_p = 0,324$; $I_L = 0$), отобранной на глубине 2 м исследуемого участка. Диаграмма остаточного сопротивления грунта сдвигу определена испытанием образцов-близнецов диаметром 101 мм, высотой 24 мм методом кручения на приборах М-5, а виброостаточная прочность – на приборах М-11 под действием крутильных колебаний с ускорением $j = 0,325g$ (рис.2).

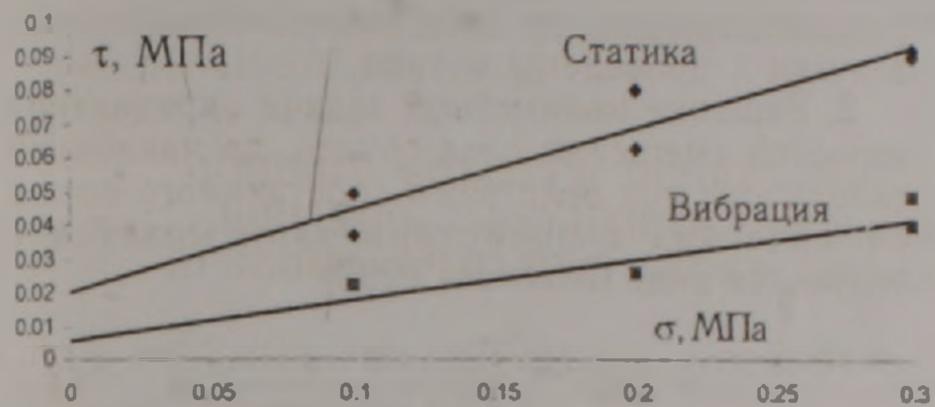


Рис.2. Диаграммы остаточной и виброостаточной прочности грунта Нубарашенского оползневого участка

Осуществлено определение коэффициента устойчивости склона с применением модуля SLOPENN компьютерной программы GEO-SLOPE в двух случаях: 1) при сейсмическом воздействии $j = 0,325g$ с учетом остаточной прочности грунта и 2) при отсутствии сейсмического воздействия с учетом виброостаточной прочности

грунта (рис.3). В первом случае коэффициент устойчивости Нубарашенского склона равен $K_1 = 0,565$, а во втором случае – $K_2 = 0,695$.

Таким образом установлено, что расхождение между коэффициентами устойчивости Нубарашенского склона, определенными двумя различными методами, примерно равно 20%, что находится в пределах разброса данных испытаний глинистых грунтов на прочность.

Рассмотрим еще один пример проверки применимости предложенного нами метода при решении линейной задачи определения скоростей смещения по наклонной плоскости слоя глинистого грунта ($\rho_s = 2730 \text{ кг/м}^3$, $\rho = 1860 \text{ кг/м}^3$, $w_0 = 0,303$; $e = 0,922$; $w_L = 0,630$; $w_p = 0,306$; $I_p = 0,324$) под сейсмическим воздействием как с учетом виброостаточной, так и остаточной прочности грунта (рис.3).

Параметры остаточной и виброостаточной прочности рассматриваемого глинистого грунта определены в кинематическом режиме – в режиме контроля крутящих моментов на устройстве М-11 по ветви разгрузки компрессионной кривой. Виброостаточная прочность грунта определена под действием крутильных колебаний с ускорением $j = 4 \text{ м/с}^2$ (Месчян, Таслаганян, 2007).

В рассматриваемом примере принято, что мощность наклонного слоя грунта $H = 10 \text{ м}$, угол его наклона к горизонту $\alpha = 30^\circ$, горизонтальное ускорение грунта $j = 4 \text{ м/с}^2$. Мера сдвиговой ползучести грунта определена методом кручения образцов и при ее степенном законе определена скорость относительной деформации сдвига при единичном уровне касательного напряжения $K_s(t)$ в виде:

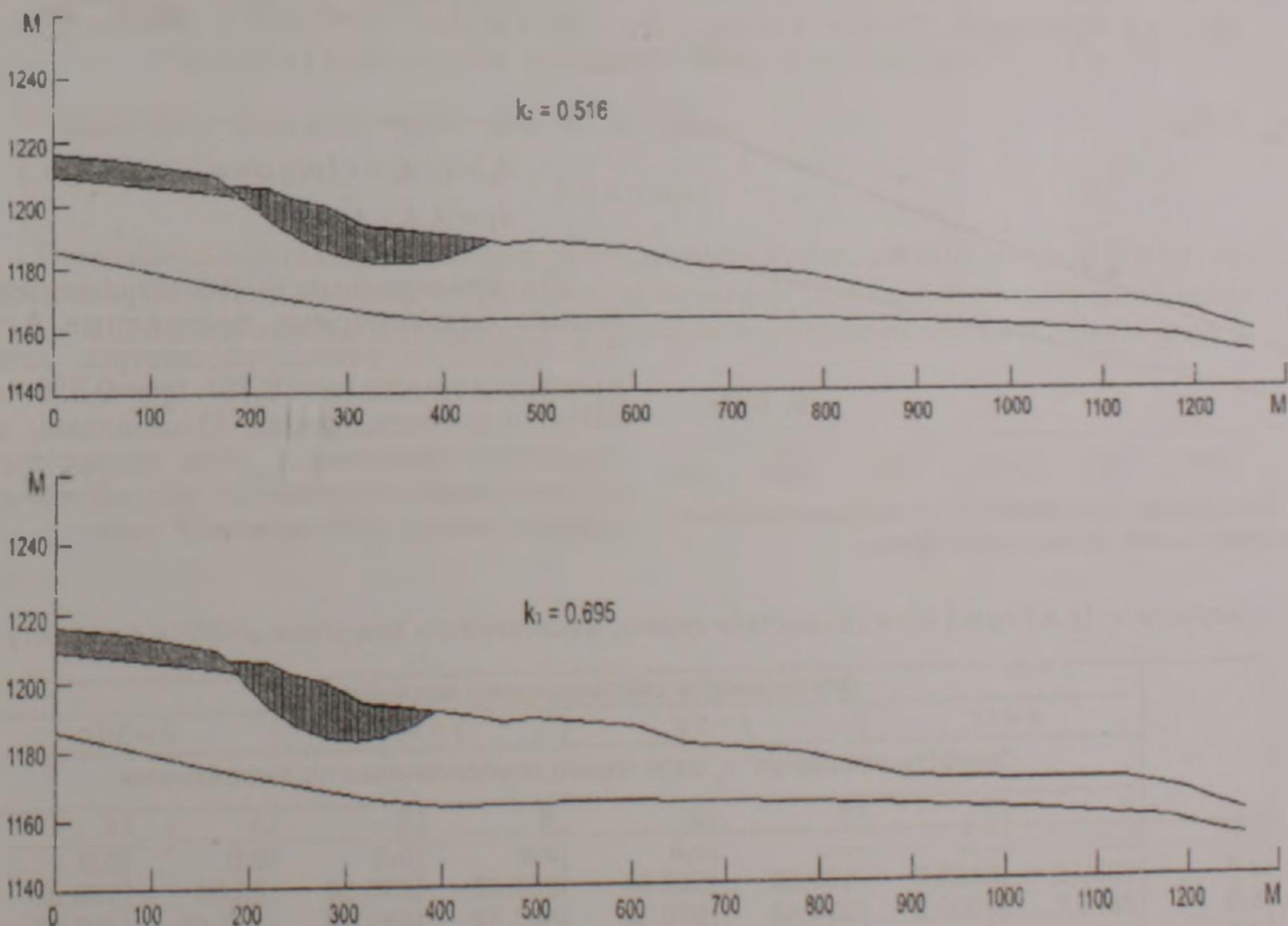


Рис.3. Поперечные разрезы плоскости обрушения Нубарашенского склона, определенные: а) по SLOPENN компьютерной программы GEO-SLOPE при $j = 0,325g$; б) по данным виброостаточной прочности грунта, без учета сейсмического воздействия.

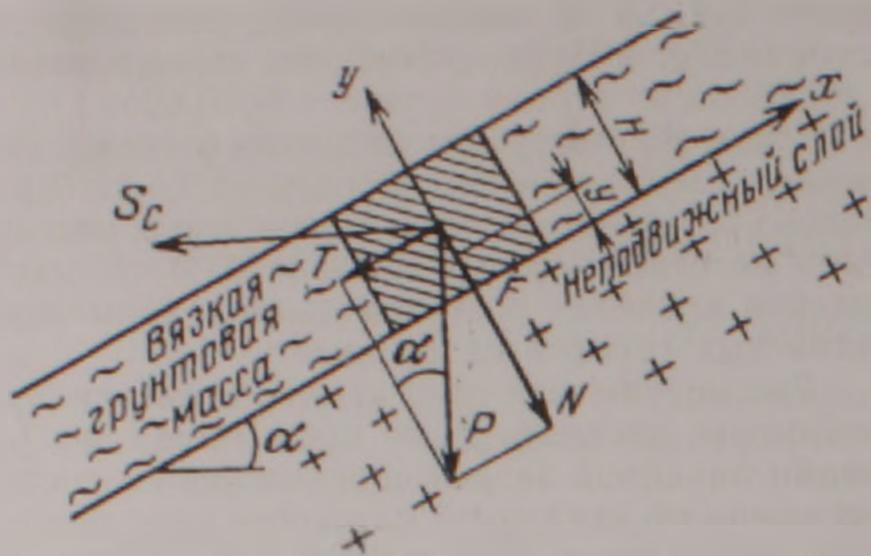


Рис 4. Схема к решению задачи скорости смещения слоя грунта по наклонному напластованию при сейсмическом воздействии.

$$K(t) = A_1 t^{-m_1} \quad (1)$$

где: $A_1 = 0,00505$; $m = 0,89$.

1. С рассматриваемой целью вначале рассмотрим решение линейной статической задачи определения скоростей смещения по наклонной поверхности слоя глинистого грунта, рассмотренное в работах С.Р. Месчяна (1985, 2005).

$$v_y = \frac{A_1 t g \alpha}{t g \varphi} t^{-m_1} \left[y + \frac{c}{\rho g t g \varphi + \cos \alpha} \times \ln \frac{H - y + c / \rho g t g \varphi + \cos \alpha}{H + c / \rho g t g \varphi + \cos \alpha} \right] \quad (2)$$

Для упрощения вычислений выражение (2) представим в следующем виде:

$$v_y = A_2 t^{-m_1} \left[y + A_3 \ln \frac{H - y + A_3}{H + A_3} \right] \quad (3)$$

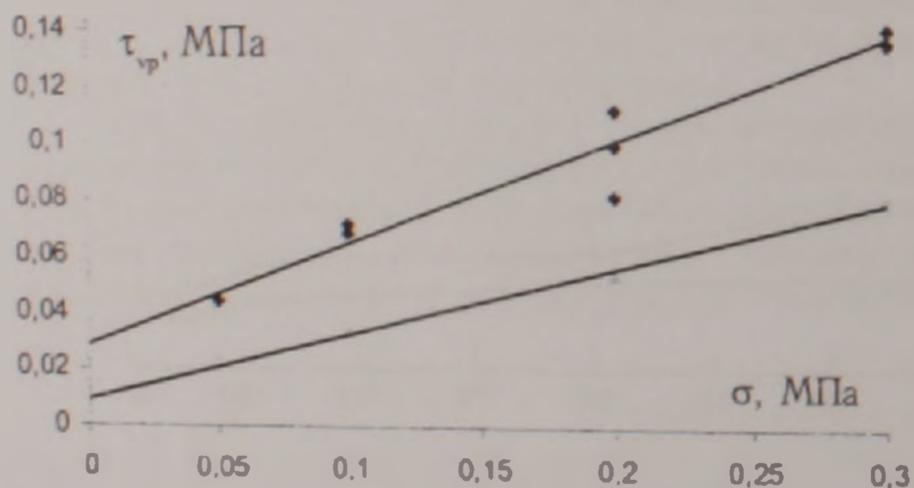


Рис 5. Диаграммы остаточного и виброостаточного сопротивления сдвигу испытанного грунта

где

$$A_2 = \frac{A_1 t g \alpha}{t g \varphi}, \quad A_3 = \frac{c}{\rho g t g \varphi + \cos \alpha} \quad (4)$$

g – ускорение силы тяжести ($м/с^2$), ρ – плотность грунта ($кг/м^3$).

Определены значения $A_2 = 0,0124$ и $A_3 = 2,724$ выражения (2) с учетом параметров виброостаточной прочности глинистого грунта ($\varphi = 13,16^\circ$, $t g \varphi = 0,234$, $c = 0,0095$ МПа). Диаграмма виброостаточного сопротивления сдвигу грунта, определенного испытанием образцов-близнецов под действием крутильных колебаний с ускорением $j = 4 м/с^2$ представлена на рис.5.

Вычисленные по выражению (2) значения v_y для различных глубин сползающего слоя y и продолжительности действия сейсмической нагрузки t приведены в табл.1.

2. Решение нелинейной задачи определения скоростей смещения слоя грунта, по наклонной поверхности под действием собственного веса и сейсмических воздействий записывается в следующем виде (Месчян, 1999):

$$v_y = A_1 A_3^n t^{-m_1} \int_0^{y_{max}} \left[\frac{H - y}{A_4 (H - y) + c} \right]^n dy \quad (5)$$

где:

$$A_3 = \rho (g \sin \alpha + j \cos \alpha), \quad (6)$$

$$A_4 = \rho (g \cos \alpha - j \sin \alpha) t g \varphi. \quad (7)$$

Если принять $n = 1$ и осуществить несложные преобразования, получим решение линейной задачи в следующем виде:

$$v_y = A_7 t^{-m_1} \left[y + A_6 \ln \frac{H - y + A_6}{H + A_6} \right], \quad (8)$$

где:

$$\left. \begin{aligned} A_5 &= A_3 t g \varphi = \rho (g \cos \alpha - j \sin \alpha) t g \varphi, \\ A_6 &= c / A_4 = c / \rho (g \cos \alpha - j \sin \alpha) t g \varphi, \\ A_7 &= A_1 A_2 / A_4. \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

По приведенным в (9) выражениям определены безразмерные постоянные $A_6 = 7,09$ и $A_7 = 0,0182$, с учетом параметров остаточной прочности грунта ($\varphi = 19,76^\circ$, $t g \varphi = 0,359$, $c = 0,0287$ МПа), и по соотношению (8) вычислены значения скоростей смещения v_y слоя глинистого грунта по наклонной поверхности под действием собственного веса и сейсмической силы:

Таблица 1

Скорости v_y (в $м/сут.$) слоя глинистого грунта, наклоненного под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту

	Длительность сейсмического воздействия:							
	$t = 1с$		$t = 5с$		$t = 10с$		$t = 30с$	
	Скорости смещения v_y слоя грунта, определенные по выражениям:							
	3	8	3	8	3	8	3	8
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2,5	1900,8	2168,6	468,29	527,04	250,56	290,30	95,04	108,86
5,0	3870,7	4000,3	924,48	976,32	501,12	535,68	187,49	199,58
7,5	5400,0	5346,2	1287,36	1313,28	696,38	708,48	260,93	276,48
10,0	6160,3	5924,1	1468,80	1468,8	794,88	803,52	298,08	298,94

Скорости смещения по наклонной плоскости рассматриваемого слоя глинистого грунта, вычисленные по выражению (8), приведены в табл.1.

Данные скоростей смещения по наклонной поверхности слоя глинистого грунта, определенные как по общепринятому, так и по предложенному нами методам, полностью совпадают. Это значит, что предлагаемый нами метод также может быть использован для решения рассмотренных в статье задач.

Статью рецензировал и рекомендовал опубликовать зав. кафедрой гидрогеологии и инженерной геологии ЕГУ, к.г.-м.н. С. Айроян.

ЛИТЕРАТУРА

Сейсмическое строительство. Нормы проектирования. СНРА II-6.02-206, 52 с.

Месчян С.Р., Таслагян К.А. Метод определения остаточной и виброостаточной прочности глинистых грунтов при заданных значениях постоянных ускорений колебаний. Актуальные проблемы механики сплошной среды. Ереван., 2007. с.280-283.

Месчян С.Р. Экспериментальная реология глинистых грунтов. М.: Недра, 1985, 342 с (Издание первое); Ереван: Гитутюн, 2005. 498 с (Издание 3-е).

Месчян С.Р. Скорости и деформации смещения по наклоненному напластованию слоя вязкого глинистого грунта при сейсмическом воздействии. Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. геокриология, 1999, №1, с.58-61.

Таслагян К.А. Влияние динамического воздействия и динамических свойств глинистых грунтов на устойчивость склона на примере Нубарашенского оползня. Изв. НАН РА. Науки о Земле, 2006, LIX, №3, с.45-48.

ԲՆԱԿԱՆ ԼԱՆՁԵՐԻ ԿԱՅՈՒՆՈՒԹՅԱՆ ԱՍՏԻՃԱՆԻ ԵՎ ԹԵՔ ՀԱՐԹԱԿՈՎ ԿԱՎԱՅԻՆ ՓԵՏՆԱՀՈՂԻ ՇԵՐՏԻ ՏԵՂԱՇԱՐԺՄԱՆ ԱՐԱԳՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՈՐՈՇՄԱՆ ԵՂԱՆԱԿԸ ՀԱՇՎԻ ԱՌՆԵԼՈՎ ՍԵՅՍՄԻԿ ԱՉԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Ս. Ռ. Մեսչյան

Ա մ փ ո փ ո մ

Հոդվածում բերված է բնական լանջերի կայունության աստիճանի և թեք հարթակով տեղաշարժվող կավային գետնահողի շերտի արագությունների որոշման եղանակը սեյսմիկ (դինամիկ) ազդեցությունների դեպքում, երբ սեյսմիկ բեռնվածքի փոխարեն հաշվի է առնվում գետնահողի սեյսմամնացորդային ամրությունը, որը որոշվում է փորձանմուշի տարածման արագացմանի տվյալ մեծության ազդեցության դեպքում:

A METHOD OF DETERMINATION OF NATURAL SLOPE STABILITY LEVEL AND DISPLACEMENT VELOCITIES BY CLAYEY SOIL SURFACE LAYER INCLINATION WITH REGARD FOR SEISMIC IMPACTS

S. R. Meschian

Abstract

The article considers a method of determination of natural slope stability level and displacement velocities by clayey soil surface layer inclination under seismic (dynamic) impact, for which seismo-residual soil stability at specified mode acceleration value is considered instead of seismic pressure.