

УДК 27.35.63

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГРУНТА, УЧИТЫВАЮЩАЯ АНИЗОТРОПНОСТЬ ЕГО ПАРАМЕТРОВ В ПРИРОДНОЙ ОБСТАНОВКЕ

Бобрович А.С.

ЗАО «Ульяновск-GSM», Ульяновск

Подробная информация об авторах размещена на сайте
«Учёные России» - <http://www.famous-scientists.ru>

В статье делается предположение о анизотропности параметров глин (угол внутреннего трения и сцепление грунта) слагающих оползневый склон. Приводятся экспериментальные данные, подтверждающие гипотезу. Предлагается математическая модель грунта, учитывающая анизотропность его параметров.

Основным количественным показателем, используемым при локальной оценке и прогнозе устойчивости склонов, является коэффициент устойчивости (коэффициент запаса устойчивости), представляющий собой отношение сумм удерживающих и сдвигающих сил, действующих по поверхности предполагаемого смещения оползневой тела (при круглоцилиндрической поверхности смещения отношение сил заменяется отношением моментов тех же сил)[1,2].

Для определения значений удерживающих и сдвигающих сил используются параметры грунта α и именно α – угол внутреннего трения и C – общее сцепление грунта. Значение параметров α и C определяют в «срезных приборах» для чего берут образец грунта, прикладывают к нему горизонтальную и вертикальную нагрузки, и изменяя ее фиксируют значения нагрузки при которой произошел срез. Причем параметры α и C определяют только для горизонтальной плоскости среза, то есть, считают параметры грунта изотропными [3].

или

$$S_{pw} = P \times \operatorname{tg} \varphi_w + \Sigma_w + C_c \quad (1)$$

$$S_{pw} = P \times \operatorname{tg} \varphi_w + C_w \quad (2)$$

где: S_{pw} – сопротивление глинистого грунта сдвигу при данной нагрузке P и влажности w ; P – действующее нормальное напряжение; φ_w – угол внутреннего трения грунта с влажностью w ; C_w – общее сцеп-

В то же время при исследовании пород г. Ульяновска И.С. Рогозин делает замечание «...в природной обстановке глины сплошь трещиноваты и разбиты на многогранники разных размеров и формы. В шурфах, врезанных в коренные несметенные и невыветрелые глины, можно было видеть, что все трещины обычно плотно сомкнуты и ориентированы различно, преобладающее направление – южное. Горизонтальных трещин нет совершенно, но есть вертикальные ...»[4]. Это в свою очередь подразумевает, что параметры глины в естественных склонах могут являться анизотропными, и соответственно значения α и C различны для разных углов среза грунта.

Проведем синтез математической анизотропной модели грунта для применения ее в расчете устойчивости склона в методе круглоцилиндрической поверхности.

Закон, описывающий сопротивление глинистых грунтов сдвигу можно записать в следующем виде:

где: S_{pw} – сопротивление глинистого грунта сдвигу при данной нагрузке P и влажности w ; P – действующее нормальное напряжение; φ_w – угол внутреннего трения грунта с влажностью w ; C_w – общее сцеп-

ление грунта; C_c – структурное сцепление; Σ_w – сцепление связанности грунта с влажностью w .

На основании вышесказанного формула (2) может быть записана в виде:

$$S_{pwi} = P \times \operatorname{tg} \varphi_{wi} + C_{wi} \quad (3)$$

где: φ_{wi} – общее значение угла внутреннего трения при угле среза (i) равном углу между горизонталью и нормалью к зеркалу среза; C_{wi} – общее сцепление при угле среза (i) равном углу между горизонталью и нормалью к зеркалу среза.

$$X(i) = X_{\perp} \times f(i) + X_{_} f'(i) \quad (4)$$

где: i – угол между горизонталью и нормалью к зеркалу среза; X_{\perp} – значение параметра при $i=90^{\circ}$ (вертикальный срез); $X_{_}$ – значение параметра при $i=0^{\circ}$ (горизонтальный срез); $f(i)$ и $f'(i)$ некоторые неизвестные коэффициенты зависимые от i.

Сразу можно определить некоторые характерные значения $f(i)$ и $f'(i)$:

1. при $i=90^{\circ}$, $X = X_{\perp}$, то есть $f(90^{\circ}) = 1$ а $f'(90^{\circ}) = 0$;

2. при $i=0^{\circ}$, $X = X_{_}$, то есть $f(0^{\circ}) = 0$ а $f'(0^{\circ}) = 1$;

Будем искать значения параметров φ_w и C_w для произвольной плоскости среза как функцию от значений в горизонтальной и вертикальной плоскости в виде

3. при $i=45^{\circ}$, $X_{\perp} = X_{_}$ то есть $f(45^{\circ}) = 0,5$ а $f'(45^{\circ}) = 0,5$;

4. физический смысл имеют коэффициенты $f(i)$ и $f'(i)$, при которых значение параметров X_i при любом i лежит в границах значений X_{\perp} и $X_{_}$;

5. значения коэффициентов должны быть зеркально симметричными относительно значений при 45° .

Для определения коэффициентов $f(i)$ и $f'(i)$ проведем серию сдвиговых испытаний. На рис. 1 ... 6 представлены полученные данные.

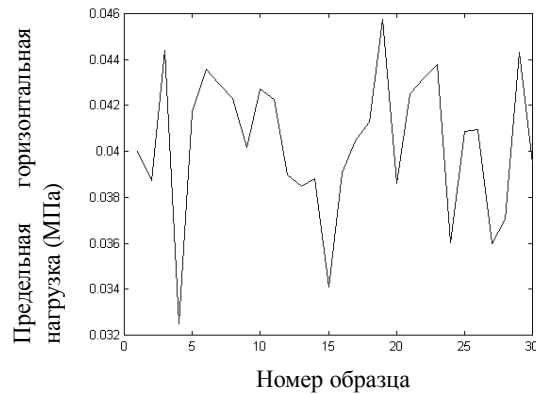


Рис. 1. График значений предельной горизонтальной нагрузки для вертикальной плоскости среза при вертикальной нагрузке 0,1 МПа. Мат. ожидание 0,0404 МПа, среднеквадратичное отклонение 9% относительно мат. ожидания

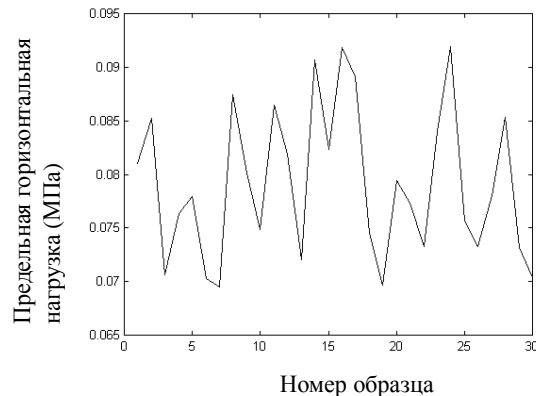


Рис. 2. График значений предельной горизонтальной нагрузки для вертикальной плоскости среза при вертикальной нагрузке 0,2 МПа. Мат. ожидание 0,0791 МПа, среднеквадратичное отклонение 8,7% относительно мат. ожидания

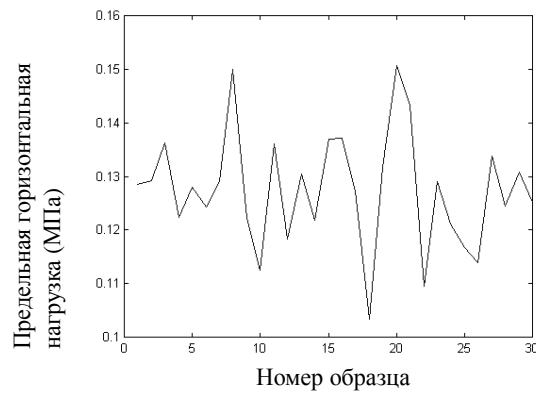


Рис. 3. График значений предельной горизонтальной нагрузки для вертикальной плоскости среза при вертикальной нагрузке 0,3 МПа. Мат. ожидание 0,1275 МПа, среднеквадратичное отклонение 8,4% относительно мат. ожидания

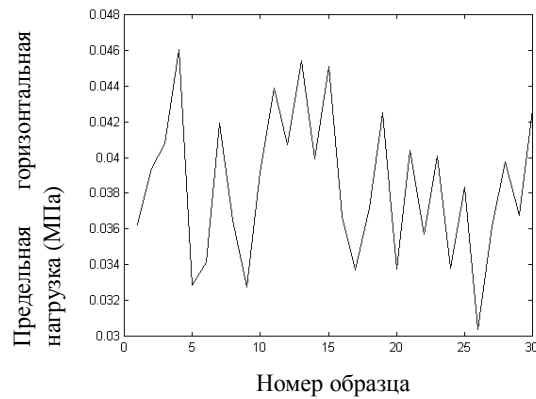


Рис. 4. График значений предельной горизонтальной нагрузки для горизонтальной плоскости среза при вертикальной нагрузке 0,1 МПа. Мат. ожидание 0,0384 МПа, среднеквадратичное отклонение 10,7% относительно мат. ожидания

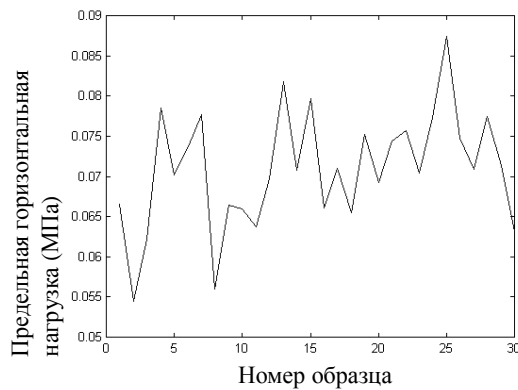


Рис. 5. График значений предельной горизонтальной нагрузки для горизонтальной плоскости среза при вертикальной нагрузке 0,2 МПа. Мат. ожидание 0,0709 МПа, среднеквадратичное отклонение 10% относительно мат. ожидания

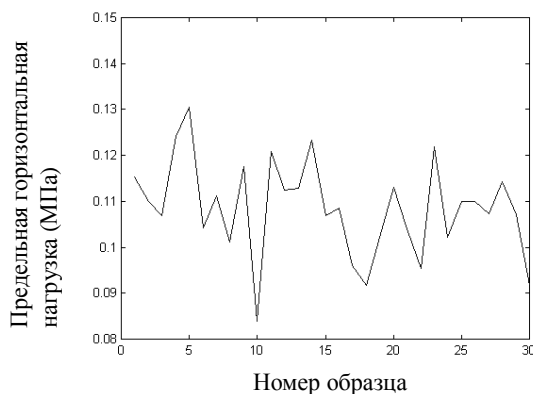


Рис. 6. График значений предельной горизонтальной нагрузки для горизонтальной плоскости среза при вертикальной нагрузке 0,3 МПа. Мат. ожидание 0,1086, среднеквадратичное отклонение 9,45% относительно мат. ожидания

На рис. 7 показан график зависимости предельной горизонтальной нагрузки от вертикальной нагрузки для горизонтальной и вертикальной ориентации плоскости среза (среднее значение).

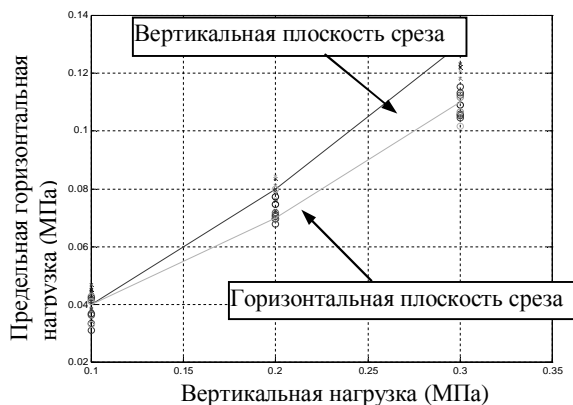


Рис. 7. График зависимости значений предельной горизонтальной нагрузки от вертикальной нагрузки для горизонтальной и вертикальной ориентации плоскости среза (среднее значение)

По графику получаем, что при вертикальной ориентации плоскости среза угол внутреннего трения равен 27° , сцепление грунта 0,1 кПа; при горизонтальной ориентации плоскости среза угол внутреннего трения равен 21° , сцепление грунта 4,8 кПа – параметры грунта анизотропные.

Чтобы определить зависимость значений параметр ϕ и C от угла среза нормируем их, и построим график зависимости

параметров от угла среза для серии измерений рис. 8. Для нормировки будем делить значение параметра при данном угле на значение параметра при угле среза 0° при нормировании угла внутреннего трения и на значение параметра при угле среза 180° при нормировании сцепления грунта (максимальные значения параметров).

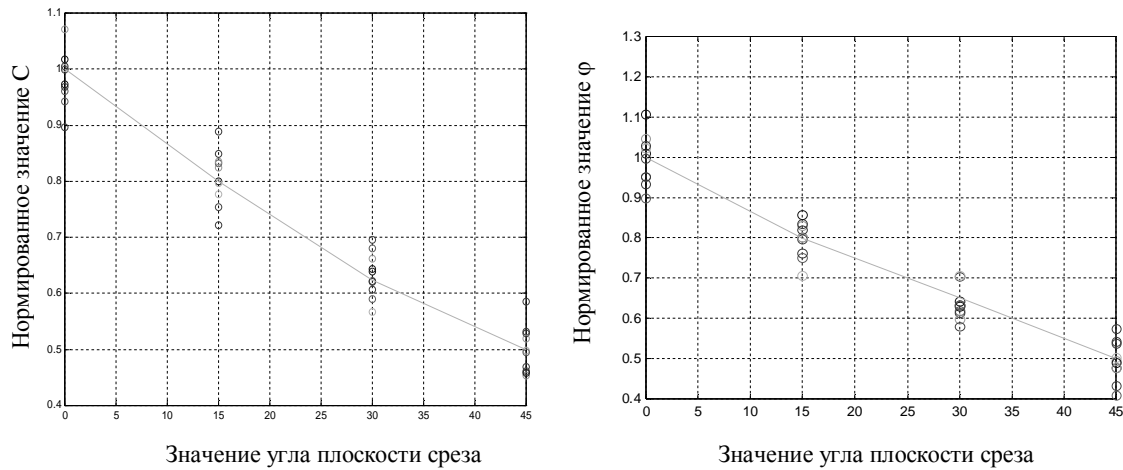


Рис. 8. График значений параметров C и φ при плоскостях среза равных 15°, 30°, 45° к горизонтали.

Из графика видно, что зависимость является линейной и значения $f(i)$ и $f'(i)$ можно представить в виде: $f(i) = i/90$, $f'(i) = (90^\circ - i)/90$. Для углов среза i больше

90° необходимо рассчитывать $f(i)$ и $f'(i)$ как для угла $180^\circ - i$.

Зависимость параметров грунта срезанного по произвольной плоскости можно записать следующим образом:

$$S_{pmi} = P \times \left(\operatorname{tg}(\varphi_{\perp} \times \frac{i}{90} + \varphi_{-} \times \frac{90^\circ - i}{90}) \right) + C_{\perp} \times \frac{i}{90} + C_{-} \times \frac{90^\circ - i}{90} \quad (5)$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Теоретические основы инженерной геологии /под ред. Сергеева Е.М. М.: Недра, 1986.- 250 с.
2. Тер-Степанян Г.И. и др. Ползучесть грунтов и склонов //Проблемы геомеханики. - Ереван: Изд-во АН Арм. ССР, 1985.-67с.

3. Современные методы прогноза оползневого процесса / Под ред. М.В. Чуринова, Е.П. Емельяновой и Г.Р. Хоситашвили. - М.: Наука, 1981. 120 с.

4. И.С. Рогозин «Оползни Ульяновска и опыт борьбы с ними» М. Издательство «Академии наука» СССР 1961г. – 75 с.

MATHEMATICAL MODEL OF A GROUND IN VIEW OF ITS ANISOTROPIES IN NATURAL CONDITIONS

Bobrovich A.S.

Joint-stock company «Ulyanovsk-GSM», Ulyanovsk

There is an assumption about anisotropy of the forming landslide slope clay parameters (angle of internal friction and soil adhesion) in the article. Experimental data and mathematical models of the soil, confirming this hypothesis, are described. In clause the model considering anisotropism of a ground in not broken natural condition is offered.

