

УДК 624.15.001

Причина Е.С., асп., Булич И.Ю., студ. гр. ПБ-08-1м, Государственный ВУЗ "НГУ",  
Шаповал А.В., доц., к.т.н., Приднепровская государственная академия строительства и  
архитектуры, г. Днепропетровск, Украина

## АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ ГРУНТОВЫХ ОТКОСОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЧИСЛЕННЫХ И АНАЛИТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ РАСЧЕТА

На сегодняшний день существует большое количество методов расчета устойчивости откосов и склонов, авторы которых подходят к решению проблемы с разных позиций. В Украине наибольшее применение нашли методы круглоцилиндрической поверхности скольжения, прямолинейной поверхности скольжения, метод горизонтальных сил Маслова-Берера и метод Шахунянца [1, 2].

Анализ устойчивости склонов и откосов в указанных методах сводится к определению коэффициента устойчивости и величины оползневого давления.

Коэффициент устойчивости рассчитывается по формуле:

$$K_y = \frac{\sum M_{y\partial}}{\sum M_{сдв}}, \quad (1)$$

где  $K_y$  – коэффициент устойчивости;  $\sum M_{y\partial}$  – сумма моментов сил, которые удерживают массив грунта;  $\sum M_{сдв}$  – сумма моментов сил, которые сдвигают массив грунта.

Однако практические расчеты откосов и склонов на основе разных методов предлагают различные коэффициенты устойчивости. Таким образом, остается актуальным вопрос о степени достоверности значения коэффициента устойчивости склона, полученного в ходе расчета по выбранному методу.

На данном этапе исследований поставлена цель сравнить значения коэффициентов запаса отвесного грунтового склона, применив различные способы расчета.

В качестве объекта исследований выбран склон Рыбальской балки (г. Днепропетровск, Красногвардейский район), как один из наиболее оползнеопасных участков города. Последний оползень в Днепропетровске произошел именно на территории данной балки в 2011 году (рис. 1).

Грунт рассматриваемого склона имеет характеристики, приведенные в таблице [3].



Рисунок 1 – Оползень в г. Днепропетровске  
Рыбальская балка, ул. Войцеховича, 2 ноября 2011 года

Таблица 1

Характеристики грунта рассматриваемого склона

Параметр	Единицы измерения	Значение
Грунт		Суглинок
Удельный вес грунта, $\gamma$	т/м <sup>3</sup>	1,78
Удельное сцепление грунта, $c$	т/м <sup>2</sup>	0,1
Угол внутреннего трения, $\varphi$	Град.	15
Внешняя нагрузка	-	-

В качестве критерия оценки использовалось значение критической высоты грунтового откоса  $h_{кр}$  при отсутствии внешней нагрузки (2):

$$h_{кр} = \frac{2 \cdot c \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot (1 - \sin \gamma)} \quad (2)$$

Критической высотой откоса следует считать момент, когда значение  $K_y = 1$ , то есть при достижении ситуации предельного равновесия. Устойчивым состоянием откоса будет значение  $K_y > 1$ . Для заданных условий Рыбальской балки было получено значение  $h_{кр} = 1,46$ м.

Сравним величины коэффициентов устойчивости откоса при заданных условиях, используя различные методы оценки исследуемого параметра:

1. Расчет склона на основе гипотезы круглоцилиндрической поверхности скольжения в широко используемом программном продукте «Устойчивость откоса» из пакета прикладных программ «Эспри» (рис. 2);

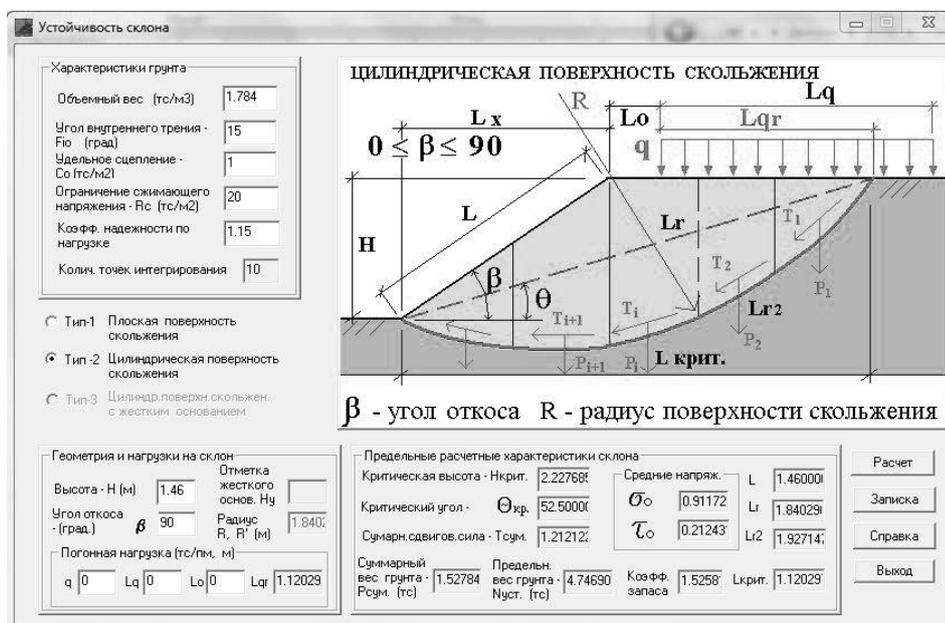


Рисунок 2 – Интерфейс программы для расчета устойчивости склона из пакета прикладных программ «Эспри»

2. Программа расчета устойчивости склона, реализованная на языке «Фортран», в основе которой лежит гипотеза о прямолинейной поверхности скольжения (рис. 3);

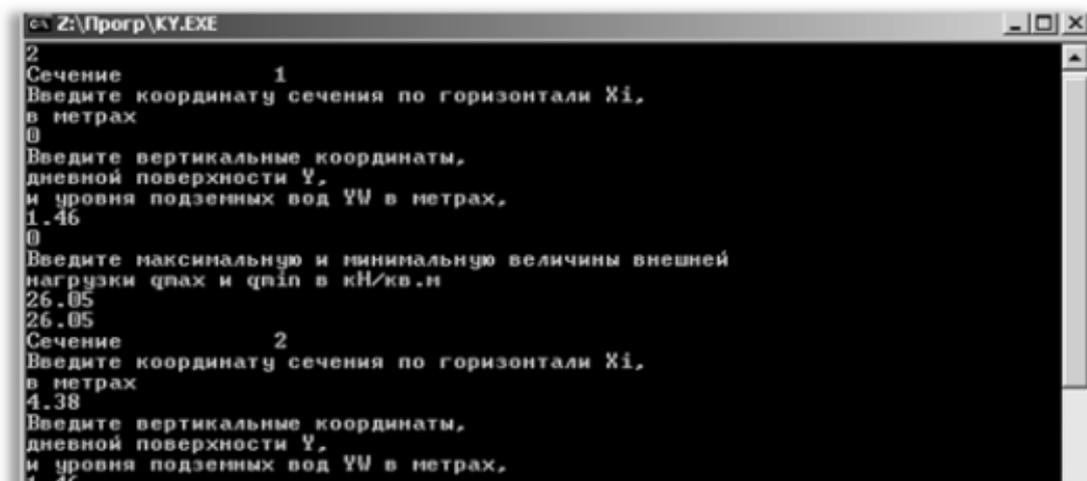


Рисунок 3 – Фрагмент интерфейса программы для расчета устойчивости откоса, реализованной на языке "Фортран"

3. Расчет устойчивости склона по критерию Кулона-Мора в программном комплексе «Phase2» (рис. 4);

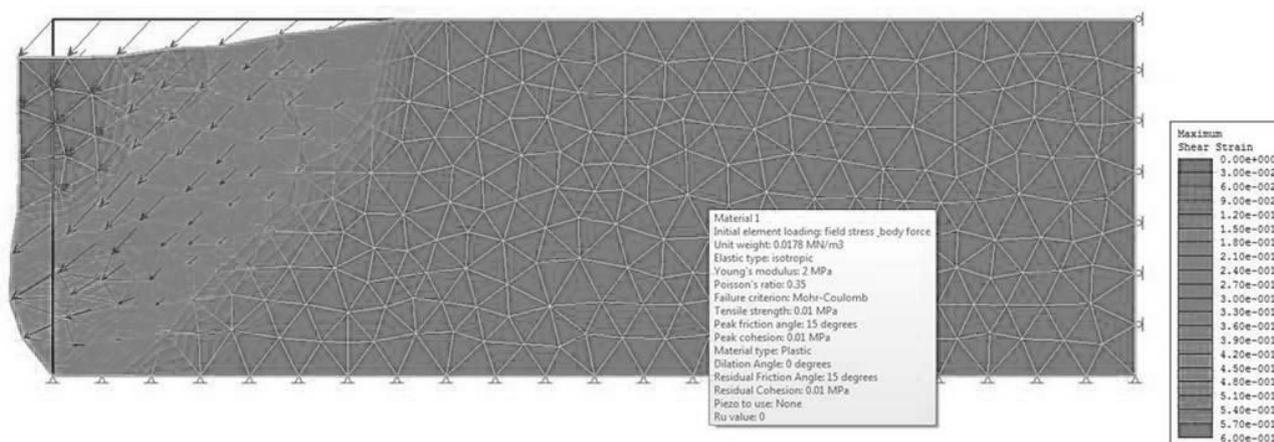


Рисунок 4 – Деформированная схема откоса в программном комплексе «Phase2»

4. Анализ устойчивости согласно теории предельного равновесия на методах Федоровского-Курилло в программе «Откос» комплекса «SCAD Office» (аналогичные результаты дает анализ по теориям Бишопа, Янбу, Спенсора и др.) (рис. 5) [4].

Выполненные исследования показали, что исходное условие рассмотренной задачи:  $K_y = 1$  при  $h = h_{кр}$  не соблюдается или соблюдается с наличием определенной погрешности (все значения  $K_y$  превышают 1), а все рассмотренные методы имеют существенную разницу в показаниях.

Наибольшее отклонение имеет значение, полученное программой «Откос» (комплекс «SCAD Office»). Предполагается, что она не оптимизирует положение линии скольжения. Фактически размеры оползневого участка склона задаются пользователем.

Остальные методы также предлагают результаты, не соответствующие натурным наблюдениям. Наиболее близкие результаты получены на основе решения по методам круглоцилиндрической поверхности скольжения («Эспри») и прямолинейной поверхности скольжения. Именно последний имеет практически идеальный результат для данного случая.

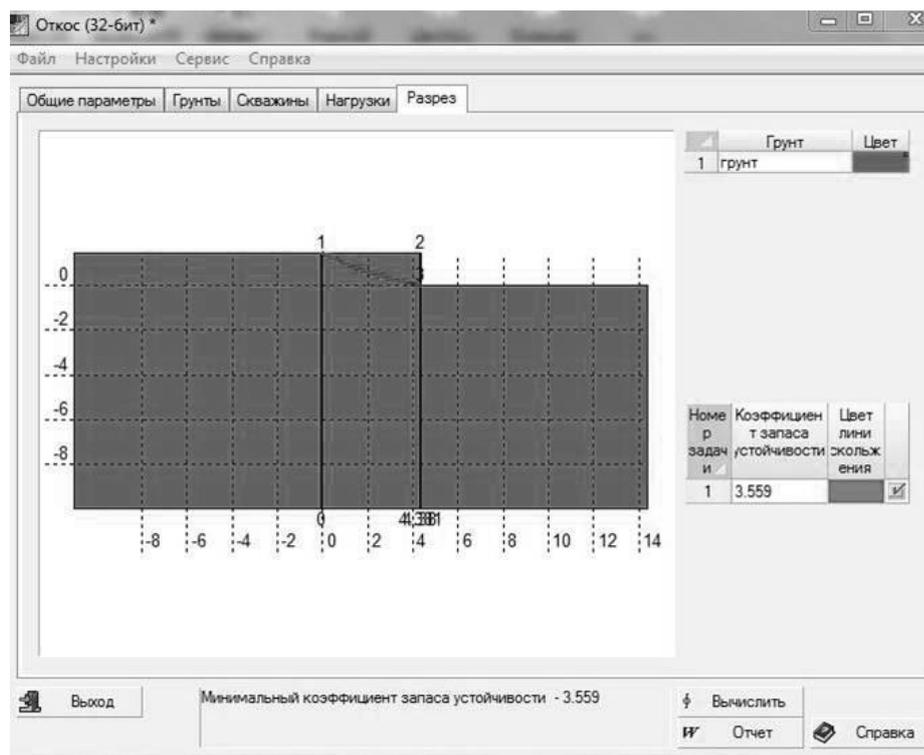


Рисунок 5 – Результаты расчета откоса в программном комплексе «Откос» комплекса «SCAD Office»

В ходе исследования были сделаны следующие выводы:

- проанализированы 4 метода расчета склона на основе характеристик грунта склона Рыбальской балки;
- в качестве критерия достоверности использовалось значение коэффициента устойчивости для критической высоты данного грунтового откоса;
- получены результаты расчетов, которые будут использованы для последующих исследований в области устойчивости грунтовых откосов и склонов.

Дальнейшие исследования в данной области позволят скорректировать исходные данные и выбрать наиболее подходящий метод оценки устойчивости грунтовых откосов и склонов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гинзбург Л.К. Противооползневые сооружения. – Днепропетровск: ЧП "Лири ЛТД", 2007.- 188 с.
2. Гинзбург Л.К. Противооползневые удерживающие конструкции. - М.: Стройиздат, 1979. - 80 с.
3. Отчет об инженерно-геологических изысканиях для выяснения причин подтопления жилого дома №102д по пр. Кирова в г. Днепропетровске и расчета устойчивости склона Рыбальской балки в районе дома (в 2-х книгах). - «Укрвосток-ГИИТИЗ», Днепропетровский филиал, г. Днепропетровск, 2005г.
4. Карпиловский В.С., Криксунов Э.З., Маляренко А.А., Перельмутер А.В., Вычислительный комплекс SCAD – М. Издательство СКАД СОФТ. – 609 с.