

6. Smogunov, V.V. and Fylypov, B.L. (2004), *Osnovu mehaniki sploshnych sred, uchebnoe posobie. Chast 1* [Fundamentals of mechanics of continuous media: tutorial. Part 1], Penza. Russia.

7. Luchko, I.A., Plaksiy V.A., Remez N.S. et al. (1989), *Mechanicheskiy efekt vzruva v gruntach* [The mechanical effect of explosion in soils], edited by I.A. Luchko Academician of Science USSR. Institute of Geophysics name S.I. Subbotina, Naykova dumka, Kiev, Ukraine.

8. Grigorian, S.S. (1960), *Ob onovnykh predstavleniyach mehaniki gruntov* [On the basic conceptions of mechanics of soil], Applied Mathematics and Mechanics, ISTINA, Moscow, Russia.

9. The state building codes 360 (1992), *Mistobuduvannya. Planuvannya i zabudova miskuch i silskuch poselen* [The town planning. Planning and development of urban and rural settlements], Minbudarhitektury, Kiev, Ukraine.

Стаття надійшла 19.12.2015.

УДК 624.15.001:624.131.537

ВИЗНАЧЕННЯ КОРИГУЮЧИХ МНОЖНИКІВ ДЛЯ ЗІСТАВЛЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ СТІЙКОСТІ СХИЛІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ РІЗНИХ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ

К. С. Причина

ДВНЗ «Національний гірничий університет»

просп. Карла Маркса, 19, м. Дніпропетровськ, 49000, Україна.

E-mail: kateryna.prychyna@gmail.com

У статті наведені результати дослідження щодо встановлення якісного і кількісного зв'язку між різними методами і підходами до розрахунку стійкості ґрунтових схилів на основі формули Соколовського. Отримані відповідні коригуючі множники, які були введені в розрахунки на основі методів ламаної лінії ковзання і лінії ковзання у вигляді ступеневої функції. На цій основі запропоновано вдосконалену методику розрахунку стійкості, яка була перевірена на точність і адекватність на базі фактичного зсуву. Результати досліджень будуть корисні при проектуванні заходів інженерного захисту та освоєнні схилівих територій.

Ключові слова: схил, укіс, стійкість, коефіцієнт стійкості, зсув, лінія ковзання, коригуючі множники.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОРРЕКТИРУЮЩИХ МНОЖИТЕЛЕЙ ДЛЯ СОПОСТАВЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ УСТОЙЧИВОСТИ СКЛОНОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ РАСЧЕТА

Е. С. Причина

ГВУЗ «Національний горний університет»

просп. Карла Маркса, 19, г. Днепропетровск, 49000, Украина.

E-mail: kateryna.prychyna@gmail.com

В статье приведены результаты исследования по установлению качественной и количественной связи между различными методами и подходами к расче-

ту устойчивости грунтовых склонов на основе формулы Соколовского. Получены соответствующие корректирующие множители, которые были введены в расчеты на основе методов ломаной линии скольжения и линии скольжения в виде степенной функции. На этой основе предложена усовершенствованная методика расчета устойчивости, которая была проверена на точность и адекватность на базе фактического оползня. Результаты исследований будут полезны при проектировании мероприятий инженерной защиты и освоении склоновых территорий.

Ключевые слова: склон, откос, устойчивость, коэффициент устойчивости, оползень, линия скольжения, корректирующие множители.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. На основании данных из информационных источников [1–8] и ранее выполненных исследований было установлено, что рассчитанные с использованием различных методик значения коэффициентов устойчивости могут привести к взаимно исключающим выводам – при прочих равных условиях один и тот же откос может оказаться устойчивым (его коэффициент устойчивости K_y будет больше или равен 1) или абсолютно неустойчивым (его коэффициент устойчивости K_y будет меньше 1). Был сделан вывод о том, что наиболее перспективными являются метод ломаной поверхности скольжения (частный случай ломаной – прямолинейная поверхность) и гипотеза о представлении линии скольжения в виде степенной функции [9].

В этой связи **целью работы** являлось установление количественной связи между коэффициентами устойчивости, рассчитанными с использованием метода Соколовского (как эталона) [1-3] и методов прямолинейной (как частный случай ломаной) и степенной поверхностей скольжения.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Исследования выполнялись в такой последовательности:

1. Известная формула Соколовского была приведена к виду:

$$H_{кр} = 2 \cdot h_0 \cdot \frac{\cos \varphi}{1 - \sin \varphi}, \quad (1)$$

где $h_0 = c/\gamma$, $H_{кр}$ – критическая высота откоса, соответствующая единичному значению коэффициента устойчивости, установленного с использованием метода Соколовского; c – удельное сцепление, γ – удельный вес грунта, φ – угол внутреннего трения [1–3].

2. После этого с использованием каждого из перечисленных методов для указанных в п.1 условий определялись коэффициенты устойчивости $K_{y,0}$, $K_{y,x}$, $K_{y,y}$ и $K_{y,m}$, соответствующие рассмотренным условиям для каждого из условий равновесия.

3. Далее по формуле 2 были определены частные значения корректирующего множителя m_k , (т.е. $m_{k,0}$, $m_{k,x}$, $m_{k,y}$ и $m_{k,m}$).

$$m_k = \frac{1}{K_y^*} \quad (2)$$

4. Угол внутреннего трения варьировался в диапазоне от 0 до 45 градусов, а параметр h_0 – на интервале (0,01...100).

ПИТАННЯ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ВІДКРИТІЙ І ПІДЗЕМНІЙ РОЗРОБЦІ КОРИСНИХ КОПАЛИН

5. Результаты этих определений представлены на рисунках 1 и 2. Представленные графические зависимости позволили сделать вывод о том, что:

- корректирующий множитель m_k практически не зависит от параметра h_0 и слабо зависит от угла внутреннего трения φ ;

- расхождение между результатами, полученными с использованием метода Соколовского и прямолинейной поверхности скольжения, ниже, чем между методами Соколовского и степенной поверхности скольжения.

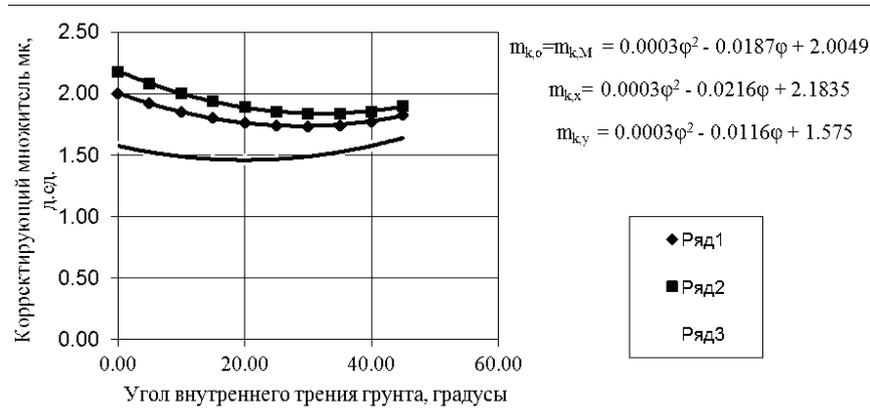


Рисунок 1 – Зависимость корректирующего множителя m_k от угла внутреннего трения грунта φ . Ряд 1 – коэффициент устойчивости определялся как отношение удерживающих сил к сдвигающим (а также как отношение удерживающих моментов к опрокидывающим); Ряд 2 – то же, как отношение проекций на ось OX удерживающих сил к сдвигающим; Ряд 3 – то же, как отношение проекций на ось OY удерживающих сил к сдвигающим.
Примечание. Сравнивались методы Соколовского и прямолинейной поверхности скольжения

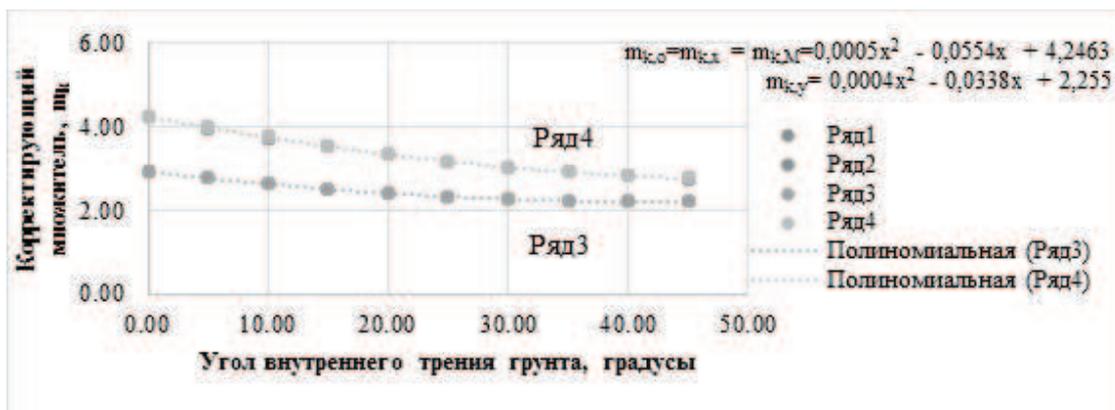


Рисунок 2 – Зависимость корректирующего множителя m_k от угла внутреннего трения грунта. Ряд 1 – коэффициент устойчивости определялся как отношение удерживающих сил к сдвигающим; Ряд 2 – то же, как отношение проекций на ось OX удерживающих сил к сдвигающим; Ряд 3 – то же, как отношение проекций на ось OY удерживающих сил к сдвигающим; Ряд 4 – то же, как отношение удерживающих моментов к опрокидывающим.
Примечание. Сравнивались методы Соколовского и поверхности скольжения в виде степенной функции

Для окончательного определения корректирующих множителей m_k нами были использованы методы математической статистики [2]. Результаты этих исследований можно выразить с использованием формул:

$$\left. \begin{aligned} m_{k,0} &= m_{k,0}^n \cdot (1 \pm \rho_0) \\ m_{k,x} &= m_{k,x}^n \cdot (1 \pm \rho_x) \\ m_{k,y} &= m_{k,y}^n \cdot (1 \pm \rho_y) \\ m_{k,M} &= m_{k,M}^n \cdot (1 \pm \rho_M) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Значения полученных параметров $m_{k,0}$, $m_{k,x}$, $m_{k,y}$, $m_{k,M}$ сведены в табл. 1.

Таблица 1 – Значения корректирующих множителей для разных типов линии скольжения

| № п/п | Способ определения K_u | m_k , обозначения | m_k , значения | ρ , обозначения | ρ , значения |
|-------|---|------------------------|---------------------|-------------------------|----------------------|
| 1 | Прямолинейная (ломаная) линия скольжения | $m_{k,0}$ | 1,82 | ρ_0 | 0,01 |
| | | $m_{k,x}$ | 1,94 | ρ_x | 0,01 |
| | | $m_{k,y}$ | 1,52 | ρ_y | 0,01 |
| | | $m_{k,m}$ | 1,82 | ρ_m | 0,01 |
| 2 | Линия скольжения в виде степенной функции | $m_{k,0}$ | 3,35 | ρ_0 | 0,08 |
| | | $m_{k,x}$ | 3,34 | ρ_x | 0,07 |
| | | $m_{k,y}$ | 2,45 | ρ_y | 0,06 |
| | | $m_{k,m}$ | 3,35 | ρ_m | 0,08 |

Далее было необходимо проверить данные теоретических исследований на адекватность эксперименту и выявить для реального оползня насколько отличаются рассчитанные с использованием такой методики коэффициенты устойчивости от фактических. Для проверки в данном случае был выбран расчет, согласно которому линии скольжения представлена ломаной линией.

Для этого был выполнен анализ устойчивости склона балки Встречная на ж/м Тополь, который был разрушен катастрофическим оползнем. Профиль рассматриваемого склона представлен на рис. 3.

В связи с аварией I категории - техногенный оползень, 6 июня 1997 г. в 6 часов 5 минут утра начались оползневые процессы, которые привели к полному разрушению жилого дома № 22, школы № 99 и частичному разрушению двух детских садов № 320 и 356. План данной территории приведен на рис. 4 [10–11].

В ходе расчетов устойчивости оползневого склона, предшествующих аварии, было получено значение коэффициента устойчивости равное приблизительно

ПИТАННЯ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ВІДКРИТІЙ І ПІДЗЕМНІЙ РОЗРОБЦІ КОРИСНИХ КОПАЛИН

$K_{уст}=1,3$. По определению коэффициента данное значение характеризует склон как устойчивый. Однако сошедший оползень засвидетельствовал, что расчет не соответствует действительности, что может быть обусловлено:

- ошибками или погрешностью в ходе самого расчета;
- несовершенством расчетных методов и подходов к анализу устойчивости.

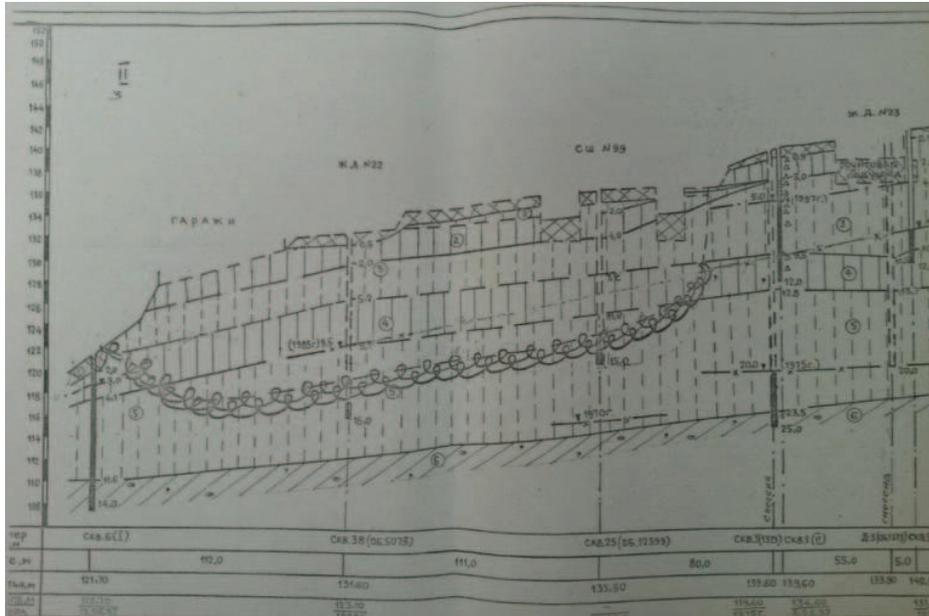


Рисунок – 3 Геологический разрез склона балки Встречной, разрушенного оползнем в 1997 году, г. Днепропетровск



Рисунок – 4 План местности, которую пересекает склон балки Встречной, г. Днепропетровск

Предлагаемая усовершенствованная методика расчета устойчивости, учитывающая корректировочные множители, была проверена на точность и адекватность на базе данного оползня.

Исходные физико-механические свойства грунтов склона до их обработки для формирования максимальных сдвигающих и минимальных удерживающих сил в склоне представлены в табл. 2 на основе отчета об изысканиях «Днепро-ГИИНТИЗ» – ДФ ГП «УкрНИИНТИЗ» [10–11].

ПИТАННЯ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ВІДКРИТІЙ І ПІДЗЕМНІЙ РОЗРОБЦІ КОРИСНИХ КОПАЛИН

В ходе расчета по методу ломаной поверхности скольжения были получены коэффициенты устойчивости в зависимости от четырех механизмов разрушения склона [9], а также с учетом и без учета разности между минимальными и максимальными характеристиками грунта [12].

Далее полученные значения были уточнены с помощью корректирующих множителей m_k .

Расчетный профиль склона вместе с нанесенной линией скольжения оползня изображен на рис. 5.

Таблица 2 – Исходные расчетные показатели физико-механических свойств грунтов при доверительной вероятности $\alpha_I / \alpha_{II} = 0,95 / 0,85$

| Но- мер ИГЭ | Удельный вес грунта, кН/ м ³ | | Сдвиг быстрый, неконсолидированный | | | |
|-------------------|---|----------------------------------|---|--|--|--|
| | | | Угол внутреннего трения, φ_I/φ_{II} град | Удельное сцепление, C_I/C_{II} , кПа | Угол внутрен- него трения, φ_I/φ_{II} град | Удельное сцепление, C_I/C_{II} , кПа |
| | γ_I / γ_{II} ест. | γ_I / γ_{II} вод. | G < 0,8 | | G > 0,8 | |
| 2 | 14,94 | 17,51 | 21 | 22 | 16 | 7 |
| 3 | 15,86 | 17,94 | 20 | 12 | 16 | 8 |
| 4 | 18,26 | | - | - | 15 | 35 |
| 5 | 18,38 | | - | - | 17 | 6 |
| 6 | 19,18 | | - | - | 11 | 62 |

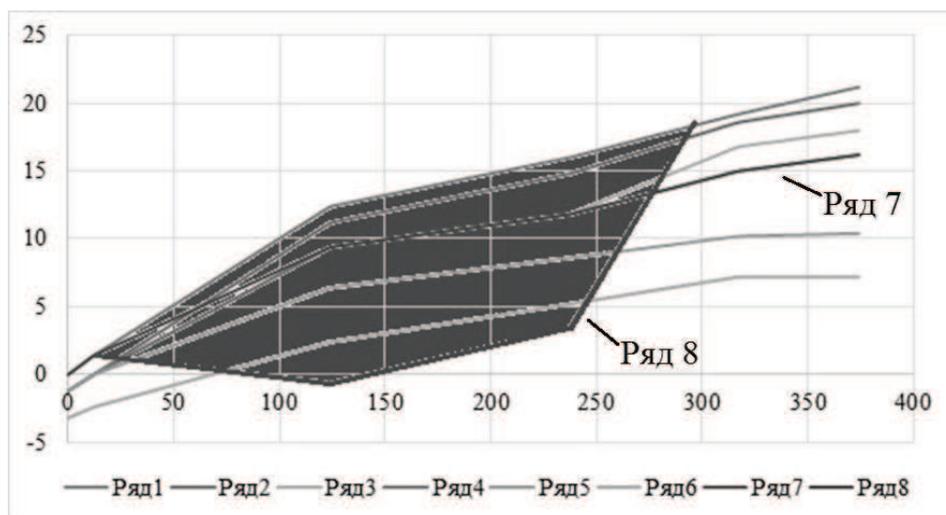


Рисунок – 5 Профиль склона балки Встречная с нанесенной линией скольжения реального оползня 1997 года. Ряд 7 – уровень грунтовых вод на период 1997 года, Ряд 8 – линия скольжения реального оползня

Результаты расчета устойчивости склона сведены и представлены в табл. 3. Как видно наименьшее значение коэффициента устойчивости $K_y=2,05$ вытекает

Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. Випуск 2/2015(16).

ПИТАННЯ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ВІДКРИТІЙ І ПІДЗЕМНІЙ РОЗРОБЦІ
КОРИСНИХ КОПАЛИН

при несоблюдении равенства сдвигающих и удерживающих сил по оси ОУ. Данное условие разрушения подтверждено реальным физическим процессом вертикальной просадки грунтовой толщи из-за формирования чаши просадки, вследствие чего произошло разрушение первого участка склона, пригруженного гаражами.

После учета корректирующих множителей m_k было получено значение $K_y=1,35$, которое в свою очередь соответствует значению, полученному в 1997 году для данного склона. Согласно определению коэффициента устойчивости таким количественным значением обеспечивается устойчивость грунтового склона, что противоречит реальному факту схода оползня.

Таблица 3 – Результаты проведенного эксперимента по расчету устойчивости реального оползня в балке Встречной на ж/м Тополь в 1997 году

| № п/п | Коэффициент устойчивости в зависимости от механизма разрушения | Значение K_u без учета минимальных и максимальных характеристик грунта | Значение K_u без учета минимальных и максимальных характеристик грунта с учетом m_k | Значение K_u с учетом минимальных и максимальных характеристик грунта | Значение K_u с учетом минимальных и максимальных характеристик грунта с учетом m_k |
|-------|---|--|---|---|--|
| 1 | $K_{уст}$ как отношение удерживающих сил к сдвигающим | 4,44 | 2,44 | 2,65 | 1,45 |
| 3 | $K_{уст}$ как отношение удерживающих сил к сдвигающим по оси ОХ | 4,49 | 2,313 | 2,67 | 1,38 |
| 4 | $K_{уст}$ как отношение удерживающих сил к сдвигающим по оси ОУ | 2,052 | 1,350 | 1,38 | 0,91 |
| 5 | $K_{уст}$ как отношение удерживающих моментов к опрокидывающим | 3,62 | 1,991 | 2,16 | 1,19 |

После был выполнен аналогичный расчет устойчивости, но с учетом минимальных и максимальных характеристик грунта, формирующих наиболее опасное состояние загрузки склона.

Окончательный результат после учета корректирующих множителей равен $K_y=0,91$.

Полученный с помощью предлагаемой усовершенствованной методики расчета коэффициент устойчивости свидетельствует от потери склоном состояния равновесия и сходе оползня, что и было зафиксировано в натуральных условиях. Разница в численных значениях между коэффициентом, соответствующим стандартной методике ломаной поверхности, но с учетом корректирующих множителей $K_{уст}=1,35$, и коэффициентом, соответствующим усовершенствованной методике с учетом корректирующих множителей $K_{уст}=0,91$, составляет 0,44. Такая разница для условий рассмотренного склона является принципиальной, т.к. результаты расчетов свидетельствуют о различных состояниях устойчивости. Учитывая факт обрушения склона, очевидно, что предоставляющим наиболее достоверные результаты является усовершенствованный вариант метода ломаной линии скольжения для анализа устойчивости склона с учетом минимальных и максимальных характеристик грунта и корректирующих множителей.

ВЫВОДЫ. В результате приведенного исследования была установлена качественная и количественная связь между различными методами и подходами к расчету устойчивости грунтовых склонов на основе формулы Соколовского.

Получены соответствующие корректирующие множители, которые были введены в расчеты на основе методов ломаной линии скольжения и линии скольжения в виде степенной функции. На этой основе предложена усовершенствованная методика расчета устойчивости, проверенная на точность и адекватность на базе произошедшего оползня в балке Встречная на ж/м Тополь.

Результаты данных исследований будут полезны при проектировании мероприятий инженерной защиты и освоении склоновых территорий г. Днепропетровска.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шашенко А.Н., Пустовойтенко В.П. Механика горных пород: учебник для вузов. – К.: Новий друк, 2003. – 400 с.
2. Шаповал В.Г., Седин В.Л., Шаповал А.В. и др. Механика грунтов: учебник. – Днепропетровск: Пороги, 2010. – 168 с.
3. Гинзбург Л.К. Противооползневые сооружения. – Днепропетровск: ЧП "Лири ЛТД", 2007. – 188 с.
4. Turner, A.K., Schuster, R.L. Landslide Risk Assessment. – Washington, D.C.: Transportation Research Board, National Research Council, National Academy Press, 1996.
5. Lee, E.M., Jones, D.K.C. Landslide Risk Assessment. – London.: Thomas Telford, 2004.
6. Simons, N., Menzies, B. A Short Course in Soil and Rock Slope Engineering. – London.: Thomas Telford, 2001.
7. Duncan, J.M., Wright S.G. The accuracy of equilibrium methods of slope stability analysis: Proceedings of the fifth international symposium on landslides, 10-15, July, 1988, Lausanne, Switzerland / Landslides. – Rotterdam: A.A. Balkema, 1988. – P. 247–254.

8. Rico, A. Some remarks on the stability analysis methods: Proceedings of the fifth international symposium on landslides, 10-15, July, 1988, Lausanne, Switzerland / Landslides. – Rotterdam: A.A. Balkema, 1988. – P. 277–280.

9. Шаповал В.Г., Шаповал А.В., Причина Е.С. Определение коэффициента устойчивости откосов и склонов в рамках гипотезы о поверхности скольжения в виде степенной функции // Світ геотехніки. – Запоріжжя: 2014. – Вип. 4(44). – С. 22–26.

10. Отчет об инженерно-геологических изысканиях склона Встречной балки. - «Укрвосток-ГИИНТИЗ», Днепропетровский филиал, г. Днепропетровск, 1997.

11. Науково-технічний звіт по об'єкту: "Інженерний захист правого схилу балки Тунельна в районі залізничного тунелю в м.Дніпропетровську, вишукувальні роботи". (в трьох книгах) Книга 2 – інженерно-геологічні роботи (текст звіту з табличними, текстовими і графічними додатками). - «Укрвосток-ГИИНТИЗ», Днепропетровский филиал, г. Днепропетровск, 2010г.

12. Шаповал А.В., Шокарев Е.А., Слободянюк, Нестерова Е.В., Шокарев А.В., Шаповал В.Г., Титякова Е.С., Причина Е.С., Легенченко В.А. К вопросу адекватного использования расчетных характеристик грунтовых оснований при определении устойчивости откосов и склонов // Науковий вісник будівництва – Харків: ХНУБА, 2013. – Вип. 71. – С. 487–493.

THE DETERMINATION OF CORRECTIVE RATIOS FOR COMPARISON OF SLOPE FACTORS OF SAFETY AT USING VARIOUS CALCULATION METHODS

E. Prichina

State Higher Educational Establishment «National Mining University»

prosp. Karl Marx, 19, Dnipropetrovsk, 49000, Ukraine.

E-mail: katernyna.prychyna@gmail.com

Purpose. To establish a quantitative relationship between the factors of safety, calculated using the Sokolovsky's method (as standard) and methods of a straight-line (as a special case of the broken line) and exponential sliding surfaces. **Methodology.** The methodological basis of the investigation is a comprehensive approach that includes analysis and synthesis of information sources, statistics and experimental data concerning slope stability, theoretical studies using the theses of continuum mechanics (in particular rock mechanics and soil mechanics), deformable body mechanics, the theories of critical equilibrium, probability and mathematical statistics. **Results.** We have established quantitative relationship between the factors of safety, calculated using the Sokolovsky's method (as standard) and methods of a straight-line (as a special case of the broken line) and exponential sliding surfaces. The proposed improved stability calculation approach, taking into account the corrective ratios, have been verified for accuracy and adequacy on the basis of the landslide. Obtained factor of safety has indicated the slope instability and the landslide, which was recorded in natural conditions. **Originality.** For the first time, we have established a quantitative relationship between different slope stability calculation methods in the form of corrective ratios using Sokolovsky's formula for critical slope height. **Practical value.** Obtained corrective ratios allow to compare results of the different methods calculations for adequate slope stability analysis. So we performed calculations of the gully slope stability, catastrophic

landslide destroyed, using the advanced techniques. The obtained theoretical results can be used for future slope design works. References 10, tables 3, figures 5.

Key words: slope, stability, factor of safety, landslide, sliding line, corrective ratios.

REFERENCES

1. Shashenko, A.N. and Pustovoytenko, V.P. (2003) *Mehanika gorniyh porod [Rock mechanics]*, Noviy druk, Kyiv, 400 p.
2. Shapoval, V.G. (2010), *Mehanika gruntov [Soil mechanics]*, Porogi, Dnepropetrovsk, Ukraine.
3. Ginzburg, L.K. (2007), *Protivoopolznevyye sooruzheniya [Landslide structures]*, ChP "Lira LTD", Dnepropetrovsk, Ukraine.
4. Turner, A.K., and Schuster, R.L. (editors) (1996), *Landslides. Investigation and Mitigation*, Transportation Research Board, National Research Council, National Academy Press, Washington, D.C., USA.
5. Lee, E.M. and Jones, D.K.C. (2004), *Landslide Risk Assessment*, Thomas Telford, London, Great Britain, UK.
6. Simons, N. and Menzies, B. (2001), *A Short Course in Soil and Rock Slope Engineering*, Thomas Telford, London, Great Britain, UK.
7. Duncan, J.M., Wright, S.G. (1988), «The accuracy of equilibrium methods of slope stability analysis», *Landslides. Proceedings of the fifth international symposium on landslides, 10-15, July, 1988, Lausanne, Switzerland*, A.A. Balkema, Rotterdam, pp. 247–254.
8. Rico, A. (1988), «Some remarks on the stability analysis methods», *Landslides. Proceedings of the fifth international symposium on landslides, 10-15, July, 1988, Lausanne, Switzerland*, A.A. Balkema, Rotterdam, pp. 277–280.
9. Shapoval, V.G., Shapoval, A.V. and Prichina, E.S. (2014), «Determination of the slopes stability ratio based on the hypothesis of the exponential sliding surface», *Svit heotekhniky, Zaporizhzhya*, iss. 4(44), pp. 22–26.
10. (1997) *Otchet ob inzhenerno-geologicheskikh izyiskaniyah sklona Vstrechnoy balki [Report on geotechnical investigations of Vstrechnaya gully slope]*, Ukrvostok-GIINTIZ, Dnepropetrovskiy filial, Dnepropetrovsk, Ukraine.
11. (2010) *Naukovo-tekhnichnyy zvit po ob'yektu: "Inzhenernyy zakhyst pravoho skhylu balky Tunel'na v rayoni zaliznychnoho tunelyu v m.Dnipropetrovs'ku, vyshukuval'ni roboty" (v tr'okh knyakh). Knyha 2 – Inzhenerno-heolohichni roboty (tekst zvituz tablychnymy, tekstovymy i hrafichnymy dodatkamy)* [Engineering protection of the Tunnel gully right slope near the railway tunnel in Dnepropetrovsk, survey work], Ukrvostok-GIINTIZ, Dnepropetrovskiy filial, Dnepropetrovsk, Ukraine.
12. Shapoval, A.V., Shokarev, E.A., Slobodyanyuk, A., Nesterova, E.V., Shokarev, A.V., Shapoval, V.G., Tityakova, E.S., Prichina, E.S. and Legenchenko, V.A. (2013), «Regarding the problem of correct using design soil characteristics for the stability slopes determination», *Naukovyy visnyk budivnytstva, KhNUBA, Kharkiv*, iss.71, pp. 487–493.

Стаття надійшла 28.12.2015.