

УДК 622.271.451.

Б. А. ХРАМЦОВ, А. А. РОСТОВЦЕВА (Белгородский государственный университет)

## РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ОТКОСОВ В ИЗОТРОПНОМ ГОРНОМ МАССИВЕ



Б. А. ХРАМЦОВ,  
профессор кафедры  
инженерной геологии  
и гидрогеологии,  
канд. техн. наук



А. А. РОСТОВЦЕВА,  
доцент кафедры инженерной  
геологии и гидрогеологии,  
канд. техн. наук

С использованием аналитических методов разработаны компьютерные программы по расчету параметров откосов породных массивов с учетом нормативных значений запаса устойчивости. Программы нашли практическое применение на ряде горных и строительных объектов.

**Ключевые слова:** устойчивость породных массивов, коэффициент запаса устойчивости, высота откоса, угол наклона откоса, поверхность скольжения, программы для ЭВМ.

Эффективность освоения минеральных ресурсов открытым способом определяется не только техникой и технологией горных работ, но и устойчивостью породных массивов.

Вопросы управления устойчивостью уступов и отвалов приобретают все большую значимость с ростом глубины карьеров, так как это приводит к увеличению площади обнажения откосов и вероятности возникновения деформаций и оползневых процессов. Поэтому при решении этих вопросов на передний план выступает необходимость совершенствования методов расчета устойчивости откосов породных массивов.

Одними из основных методов, используемых в геомеханике, являются методы предельного равновесия по наиболее слабым поверхностям скольжения, положения которых устанавливаются путем последовательного приближения, учитывая направление сдвигающих и удерживающих сил. Эти методы, получившие название упрощенные или инженерные, используются для расчета устойчивости откосов в однородных изотропных горных породах.

Первостепенное значение имеет здесь вопрос о форме и положении в откосе наиболее слабой поверхности скольжения, устанавливаемой путем расчета по ряду поверхностей, из которых и выбирается наиболее слабая [1]. При построении наиболее слабой поверхности скольжения исходят из следующих положений теории предельного напряженного состояния «сыпучей» среды: в области призмы оседания, площадки скольжения начинаются с глубины вертикальной трещины отрыва равной  $H_{90}$  и наклонены под углом  $\mu$  к вертикали; поверхность скольжения пересекает откос в ее нижней точке или подошву откоса под углом  $\mu$ ; выпирание основания откоса, т. е. выход поверхности скольжения в подошву откоса происходит, если угол внутреннего трения пород  $\varphi = 13^\circ$ .

На основе изложенных положений институтом ВНИМИ по большому числу расчетов были построены графики [2] для определения угла наклона откоса  $\alpha$ , его условной высоты  $H'$  и условной ширины призмы возможного обрушения  $B'$  по различным физико-механическим свойствам пород. Графики ВНИМИ для определения угла наклона откоса и его условной высоты хорошо согласуются с данными других исследователей [3, 4], а графики ВНИМИ для определения условной ширины призмы возможного обрушения дают заниженные величины в 1,5 и более раз.

В НИУ «БелГУ» разработаны аналитические методы для расчета устойчивости откосов по логарифмической и круглоцилиндрической поверхностям скольжения методом алгебраического сложения сил. Для методов, в основе которых лежит логарифмическая поверхность скольжения, разработаны компьютерные программы Otkos1, Otkos.log.1 [5, 6]. Для аналитических методов расчета устойчивости откосов по круглоцилиндрической поверхности скольжения была разработана программа OtkosKRUG, которая учитывает три схемы оползней — надподошвенный, подошвенный и подподошвенный.

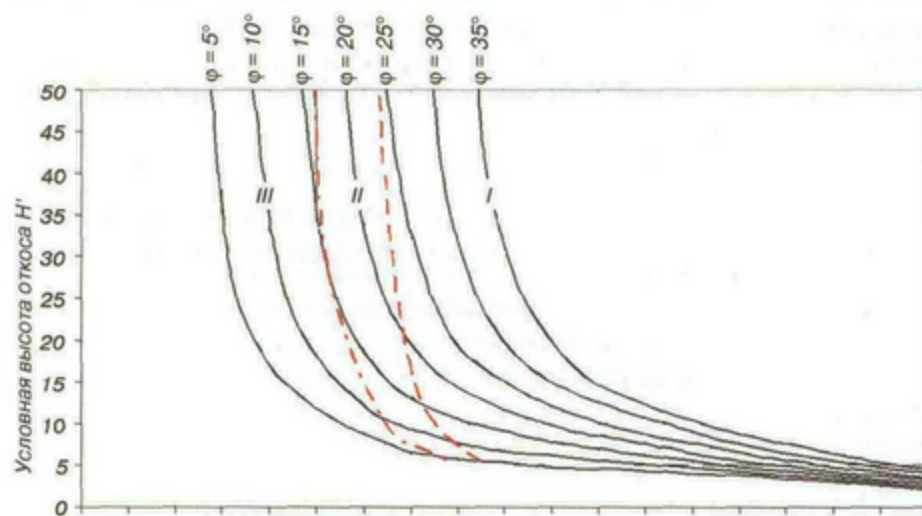


Рис. 1. Зависимости условной высоты откоса от угла наклона откоса



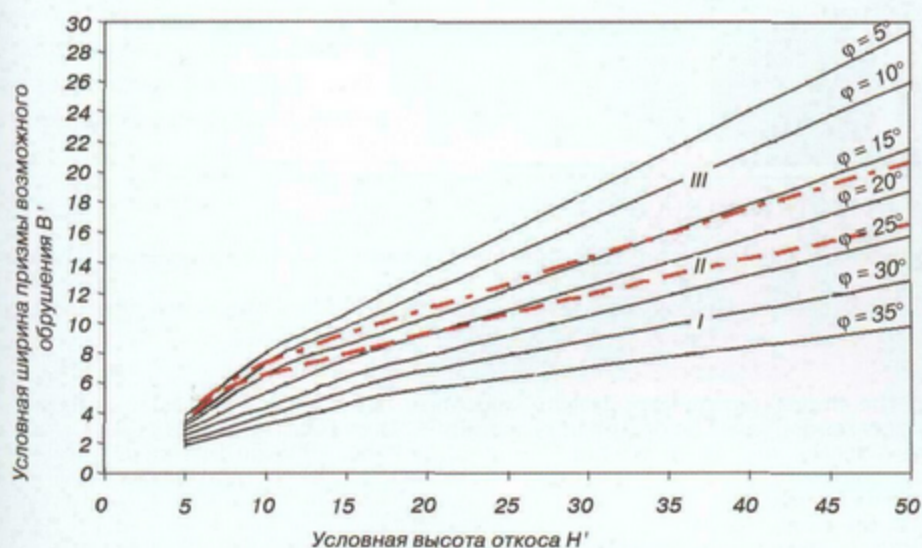


Рис. 2. Зависимости условной ширины призмы возможного обрушения от условной высоты откоса

После интегрирования аналитических выражений было определено значение коэффициента запаса устойчивости откоса, что позволило разработать программу OtkosKRUG на языке Turbo Pascal. С помощью метода последовательных приближений программа позволяет построить множество поверхностей скольжения и определить положение в породном массиве наиболее слабой из них.

Применение программы OtkosKRUG и ранее разработанных программ Otkos1 и Otkos.log.1, позволило построить графики зависимостей условной высоты откоса  $H'$  от угла наклона откоса  $\alpha$  (рис. 1), условной ширины призмы возможного обрушения  $V'$  и условной ширины выпора  $L'$  от условной высоты откоса  $H'$  (рис. 2, 3) для коэффициента запаса устойчивости  $n = 1$  и определить области использования методов расчета для различных геомеханических схем: I — для надподошвенного оползня, II — для подошвенного оползня; III — для подподошвенного оползня (см. рис. 1, 2).

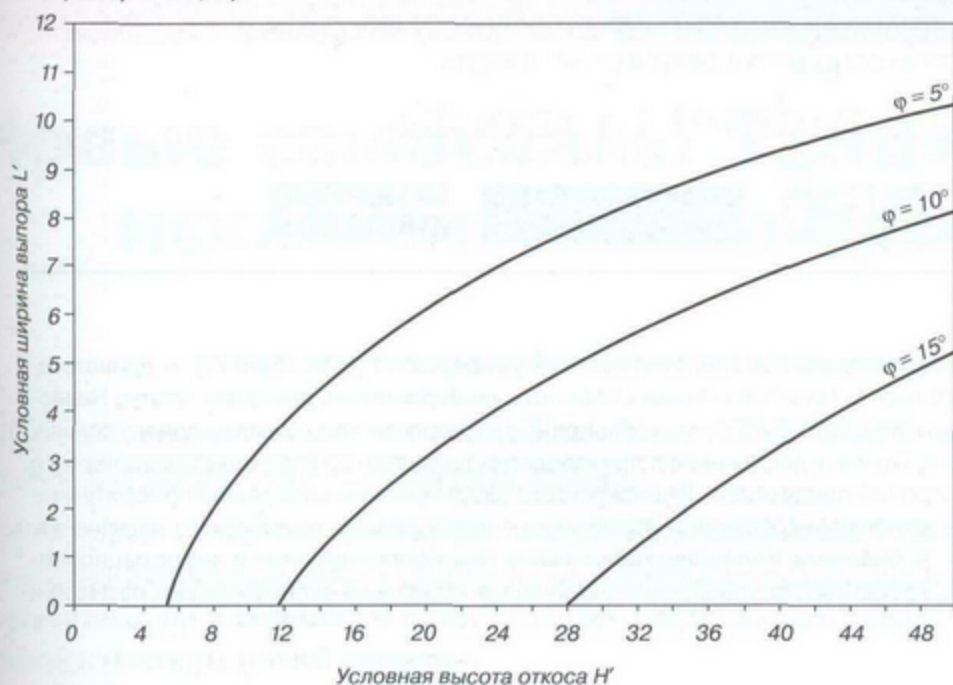


Рис. 3. Зависимости условной ширины выпора от условной высоты откоса

Использование приведенных графиков позволит выбирать параметры откосов, уступов, бортов карьеров и ярусов отвалов при проектировании карьеров и отвалов, разрабатывать мероприятия, направленные на обеспечение устойчивости породных массивов.

Фактически высота откоса  $H$ , ширина призмы обрушения  $V$  и ширина выпора  $L$  определяются умножением условных значений этих параметров на дробь  $c/\rho$ , где  $c$  и  $\rho$  — соответственно сцепление и плотность пород, слагающих откос.

Применение программ OtkosKRUG, Otkos1 и Otkos.log.1 позволило построить графические зависимости для коэффициентов запаса устойчивости: 1; 1,15; 1,2; 1,3; 1,5; 2, что позволяет оперативно определять параметры откосов с учетом нормативных значений этих коэффициентов [2].

Разработанные программы использовались для выбора параметров откосов на железорудных карьерах КМА и карьерах строительной индустрии Белгородской области, при проведении экспертизы промышленной безопасности карьеров ОАО «Стойленский ГОК», ОАО «Лебединский ГОК», ОАО «Михайловский ГОК», карьеров мела «Зеленая поляна», ОАО «Белгородстройматериалы» и ЗАО «Белгородский цемент», при проектировании дамб пригрузки на полигонах твердых бытовых отходов в г. Строитель и г. Алексеевка. Разработаны рекомендации по безопасной эксплуатации выездной траншеи № 2 Южно-Лебединского карьера. Результаты расчета параметров откосов уступов и бортов на карьере мела ЗАО «Шебекино-Мел» были использованы проектным институтом «Центрогипроруда» при составлении проекта отработки нижележащих горизонтов.

В мае 2008 г. с использованием данных программ были разработаны противодеформационные мероприятия на оползневом участке склона, прилегающего к жилому дому по ул. Дзержинского в г. Короча, внедрение которых позволило предотвратить развитие чрезвычайной ситуации техногенного характера и обеспечить безопасную эксплуатацию четырехэтажного жилого дома.

Библиографический список

1. Фисенко Г. Л. Расчеты устойчивости откосов горных пород // Труды ВНИМИ. — Л. : ВНИМИ, 1965. № 59. С. 249–267.
2. Методические указания по определению углов наклона бортов, откосов уступов и отвалов строящихся и эксплуатируемых карьеров. — Л. : ВНИМИ, 1972. — 164 с.
3. Попов В. Н., Шпаков П. С., Юнаков Ю. Л. Управление устойчивостью карьерных откосов : учебник для вузов. — М. : Горная книга, 2008. — 683 с.
4. Гордеев В. А. Оценка устойчивости карьерных откосов по методу предельного равновесия. Криволинейные поверхности скольжения // Изв. вузов. Горный журнал. 2008. № 2. С. 54–64.



5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2008615512 Otkos1.  
6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2009616344 Otkos.log.1. **ПК**

Храмцов Борис Александрович,  
e-mail: khramtsov@bsu.edu.ru  
Ростовцева Анна Александровна,  
e-mail: rostovtseva@bsu.edu.ru

#### CALCULATION OF THE SLOPES' PARAMETERS IN ISOTROPIC ROCK MASSIF

**Khramtsov B. A.**<sup>1</sup>, Professor of a Chair of Engineering Geology and Hydrogeology, Candidate of Engineering Sciences, e-mail: khramtsov@bsu.edu.ru  
**Rostovtseva A. A.**<sup>1</sup>, Associate Professor of a Chair of Engineering Geology and Hydrogeology, Candidate of Engineering Sciences

<sup>1</sup> Belgorod State University (Belgorod, Russia)

This article considers the analytical methods of the slopes' parameters determination in isotropic rock massif, using three design models for overbottom, bottom and underbottom landslides. The definition formula is given for the stability coefficient at the underbottom landslide, considering the operative direction of the shearing and restraining forces. The definition of the slopes' stability coefficient is carried out by means of the computer programs, such as: OtkosKRUG, Otkos1 and Otkos.log.1. The following dependence diagrams are given for three design models:

the dependance of a conditional slope height from the slope angle;  
the dependance of a conditional width of a possible sliding wedge from the conditional slope height;  
the dependance of a conditional rebound width from the conditional height of the slope (this diagram was constructed, using the developed program OtkosKRUG).

The presented diagrams make possible the efficient choice of the bank slopes' parameters of pit edges and dumps' layers without using the computer.

**Key words:** width of a possible sliding wedge, slope height, slope angle, rebound width, shearing and restraining forces, sliding surface, underbottom landslide, conditional width, conditional height, conditional rebound width.

#### REFERENCES

1. Fisenko G. L. Raschety ustoychivosti otkosov gornykh porod (Calculations of a slope stability of rocks). *Trudy VNIMI* (Proceedings of the Research Institute of Mining Geographics and Mine Surveying). Leningrad : VNIMI, 1965, No. 59, pp. 249–267.
2. *Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu uglov naklona bortov, otkosov ustupov i otvalov stroyashchikhsya i ekspluatiruemyykh karerov* (Guidances on the determination of the slope angles of the edges, bank slopes and dumps of the built and exploited open pits). Leningrad : VNIMI, 1972, 164 p.
3. Popov V. N., Shpakov P. S., Yunakov Yu. L. *Upravlenie ustoychivostyu karernykh otkosov : uchebnyy dlya vuzov* (Control of the pit slopes stability : tutorial for universities). Moscow : Gornaya kniga, 2008, 683 p.
4. Gordeev V. A. *Izvestiya Vuzov. Gornyy Zhurnal — Proceedings of Universities. Mining Journal*, 2008, No. 2, pp. 54–64.
5. *Svidetelstvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM No. 2008615512 Otkos1* (Certificate of the state registration of the computer program No. 2008615512 Otkos1).
6. *Svidetelstvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM No. 2009616344 Otkos.log1* (Certificate of the state registration of the computer program No. 2009616344 Otkos.log.1).

# РАБОТА



ПРОЕКТ ИЗДАТЕЛЬСКОГО ДОМА «РУДА И МЕТАЛЛЫ»

НОВЫЙ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ, БЕСПЛАТНЫЙ ИНТЕРНЕТ-СЕРВИС ПО ПОИСКУ ПЕРСОНАЛА И ТРУДОУСТРОЙСТВУ В ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

<http://www.rudmet.ru/rabota>



«Руда и Металлы»  
Издательский дом

ГОРНЫЙ  
ЖУРНАЛ

ЦВЕТНЫЕ  
МЕТАЛЛЫ

ОБОГАЩЕНИЕ РУД

СТАЛЬ  
ОБЕДИ  
ЧЕРНЫЕ  
МЕТАЛЛЫ

#### ПАРТНЕР СЕРВИСА



**Белгородский государственный национальный исследовательский университет (НИУ «БелГУ»)** — единственный вуз Центрального федерального округа (за исключением столичных университетов), имеющий статус Национального исследовательского университета. НИУ «БелГУ» - инновационно-технологический комплекс нового поколения, университет, способный внедрять научные достижения в производство, создавать собственные предприятия и выходить на рынок с конкурентоспособной продукцией. В университете сформированы следующие приоритетные направления развития: наукоёмкие технологии создания и обработки наноматериалов технического назначения; нанотехнологии и наноматериалы в биологии, медицине; космические, геоинформационные и информационно-телекоммуникационные технологии эффективного управления устойчивым социально-экономическим развитием территорий.

#### Реквизиты:

308015, г. Белгород, ул. Победы, 85.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» (НИУ «БелГУ»)

Тел: (4722) 30-12-11

Факс: (4722) 30-10-12, (4722) 30-12-13