



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

(19) **KZ** (13) **B** (11) **33956**  
(51) *E21C 41/26* (2006.01)

МИНИСТЕРСТВО ЮСТИЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

## ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21) 2017/0991.1

(22) 31.10.2017

(45) 18.10.2019, бюл. №42

(72) Ракишев Баян Ракишевич (KZ); Шашенко Александр Николаевич (UA); Ковров Александр Станиславович (UA); Куттыбаев Айдар Еремеккалиевич (KZ)

(73) Некоммерческое акционерное общество "Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева" (KZ)

(56) RU 2 509 889 C1, 20.03.2014

RU 2 533 996 C1, 27.11.2014

RU 2 052 630 C1, 20.01.1996

RU 2 098 627 C1, 10.12.1997

(54) **СПОСОБ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ УСТУПОВ НА КАРЬЕРАХ В ИЗМЕНЧИВЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

(57) Изобретение относится к горному делу и может быть использовано при разработке месторождений

полезных ископаемых открытым способом. Технический результат изобретения заключается в обеспечении устойчивости откосов уступов и бортов карьеров при заданных геометрических параметрах и физико-механических характеристиках пород.

Способ обеспечения устойчивости откосов уступов и бортов карьеров откосов уступов на карьерах включает изменение угла наклона путем направленной заоткоски драглайном или мехлопатой в соответствии с меняющимися физико-механическими характеристиками горных пород.

Способ позволяет задавать предельные геометрические параметры уступа, оценивать интенсивность оползневых процессов в приоткосном массиве пород по многофакторным расчетным диаграммам предельно устойчивых откосов и управлять долговременной устойчивостью откосов уступов на карьерах путем изменения их геометрических параметров.

(19) KZ (13) B (11) 33956

Изобретение относится к горному делу и может быть использовано при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом.

Известен способ определения деформации горных пород в зонах, недоступных для прямых измерений, который позволяет управлять устойчивостью откосов при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом. Способ включает периодическое определение сдвижения реперов, расположенных на откосе горных пород и прилегающей к нему земной поверхности, в вертикальной и наклонной плоскостях и построение полных векторов смещения поверхности откоса. Реперы размещают в скважинах, пробуренных в откосе горного массива, по сдвигению которых рассчитывают величину относительной деформации горных пород в приоткосной зоне для каждой скважины по математической формуле. [Патент РФ №2509889, кл. E21C 39/00, 2014]. Наблюдения за деформациями массива горных пород предложенным способом позволяют контролировать процесс их развития и своевременно проводить профилактические и или защитные мероприятия для недопущения достижения деформациями своих предельных значений.

Недостаток способа заключается в большом объеме подготовительных работ, связанных с маркшейдерской съемкой и инженерно-геологическими изысканиями.

Известен способ оценки прочностных характеристик породного массива, основанный на использовании зависимостей величины угла внутреннего трения и сцепления пород от безразмерных  $\frac{R_c}{\gamma H}$  показателей разработки месторождения  $\gamma H$  и при различных значениях коэффициента хрупкости  $\psi = \frac{R_p}{R_c}$ , где  $R_c$  – предел прочности на одноосное сжатие;  $\gamma$  - объемный вес пород;  $H$  - глубина разработки месторождения;  $R_p$  - предел прочности на растяжение [Шашенко А.Н. Деформируемость и прочность массивов горных пород: Монография / Шашенко А.Н., Сдвижкова Е.А., Гапеев С.Н. Д.: Национальный горный университет, 2008. - 224 с.].

Способ позволяет определять значения угла внутреннего трения и сцепления пород с последующим их использованием для оценки устойчивости массива пород и горных выработок.

Недостатком способа является применение величин пределов прочности на одноосное сжатие и коэффициента хрупкости, которые редко используются для оценки устойчивости откосов, сложенных мягкими вскрышными породами.

Наиболее близким к предлагаемому изобретению по технической сущности, является способ определения предельно устойчивых геометрических параметров откоса, заключающийся в расчете условной высоты откоса  $H'$  и глубины трещины отрыва  $H_{90}$  с последующим определением действительной высоты и угла откоса (Прототип).

Глубину трещины отрыва  $H_{90}$  определяют по формуле

$$H_{90} = \frac{\sigma_0}{\gamma} = \frac{2C}{\gamma} \operatorname{ctg} \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right),$$

где  $\sigma_0$  - напряжение в массиве,  $\gamma$  - объемный вес пород,  $C$  - удельное сцепление пород,  $\varphi$  - угол внутреннего трения.

При определении высоты борта по заданному углу на графике через точку на оси абсцисс, соответствующую значению заданного угла, проводят ординату до кривой, соответствующей расчетному углу внутреннего трения  $\rho_n$ ; на оси ординат определяют условную высоту откоса  $H'$ . Далее величину  $H'$  умножают на величину  $H_{90}$  и получают высоту откоса.

Если задана высота откоса, а необходимо определить его угол наклона, то сначала определяют величину  $H' = H/H_{90}$ , а затем по расчетному значению угла внутреннего трения  $\rho_n$  на оси абсцисс находят угол откоса. [Методические указания по определению углов наклона бортов, откосов уступов и отвалов строящихся и эксплуатируемых карьеров. -Л: ВНИМИ, 1972 г. - 162 с.].

Недостатком прототипа является идеализированное представление о предельно устойчивых геометрических параметрах откоса. При этом график зависимости между высотой плоского откоса и его углом косвенно учитывает такие прочностные характеристики, как удельный вес пород и их сцепление в массиве, а также неоднородность откоса и влажность пород, что существенно влияет на точность расчета коэффициента запаса устойчивости.

Технический результат изобретения заключается в обеспечении устойчивости откосов уступов и бортов карьеров при заданных геометрических параметрах и физико-механических характеристиках пород.

Технический результат достигается тем, что в способе управления устойчивостью откосов уступов и бортов карьеров используются многофакторные диаграммы предельно устойчивых откосов, рассчитанные по результатам численного моделирования, что позволяет определять значения смещений пород  $U_{x-y}$  в приоткосном массиве.

При этом, интенсивность оползневых процессов в откосе уступа классифицируются по следующей оценочной шкале максимальных смещений пород:  $U_{x-y} < 0,05$  м - незначительные, с образованием заколов и трещин на верхней бровке;  $U_{x-y} = 0,05-0,10$  м - средние, с возникновением трещины отрыва в приоткосном массиве и инициацией оползневых процессов;  $U_{x-y} = 0,11-1,50$  м - значительные, с развитием поверхности скольжения в приоткосном массиве;  $U_{x-y} > 1,50$  м - катастрофические, с полным обрушением откосов и смещением значительных масс пород.

Управление напряженно-деформированным состоянием уступа предполагается осуществлять путем управляемого изменения предельного угла откоса, который определяется по следующей формуле:

$$\alpha_{\text{пред}} = \frac{\pi}{2} \left( \frac{C}{H} \right)^n \left( \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\alpha \gamma} \right),$$

где  $C$  - сцепление;  $\varphi$  - угол внутреннего трения;  $\alpha=0,05$  - поправочный коэффициент;  $n=0,83$  - эмпирический коэффициент;  $\gamma$  - удельный вес пород;  $H$  - высота откоса уступа.

Способ управления предельным напряженно-деформированным состоянием откосов уступов на карьерах поясняется фиг. 1, на которой изображена многофакторная диаграмма предельно устойчивых откосов с интегрированными значениями коэффициента запаса устойчивости (КЗУ), геометрическими параметрами откоса уступа (высота  $H$  и угол наклона  $\alpha$ ), физико-механическими характеристиками горных пород (удельный вес  $\gamma$ , сцепление  $C$ , и угол внутреннего трения  $\varphi$ ) и расчетными максимальными смещениями пород  $U_{x-y}$  в приоткосном массиве.

Предлагаемый способ управления предельным напряженно-деформированным состоянием откосов уступов на карьерах реализуется следующим образом.

На первом этапе осуществляется отбор проб горных пород из откосов уступов конкретного карьера для определения физико-механических характеристик (сцепления и угла внутреннего трения) в изменчивых горно-геологических и природно-климатических условиях с периодичностью не реже одного раза в неделю.

На втором этапе, используя данные физико-механических характеристик горных пород, слагающих откос, задают геометрический профиль откоса уступа. При этом, угол предельного откоса определяется по вышеприведенной формуле.

На третьем этапе производится направленная заоткоска вдоль фронта горных работ драглайном или мехлопатой с соблюдением предельного угла откоса.

По известным зависимостям устойчивости откосов от геометрических параметров и физико-механических характеристик определяют значения интегральных безразмерных величин  $C/\gamma \cdot H \cdot KЗУ$  на оси абсцисс и  $\text{tg}\varphi/KЗУ$  на оси ординат. Из полученной точки  $A$  на оси абсцисс проводится вертикальный отрезок до пересечения с кривой в точке  $B$ , соответствующей заданному углу наклона откоса  $\alpha$ . Из точки  $B$  проводится горизонтальный отрезок, пересекающий в точке  $C$  кривую максимальных смещений массива, которая соответствует заданному углу наклона откоса  $\alpha$  на зеркальной стороне оси ординат. Из точки  $C$  опускается перпендикуляр на ось абсцисс, где точка пересечения  $D$  соответствует максимальным

смещениям в приоткосном массиве пород, выраженным в виде безразмерной величины  $U_{x-y}/H \cdot \text{tg}\varphi$ .

При этом, интенсивность оползневых процессов в откосе уступа классифицируются по следующей оценочной шкале максимальных смещений пород:  $U_{x-y} < 0,05$  м - незначительные с образованием заколов и трещин на верхней бровке;  $U_{x-y} = 0,05-0,10$  м - средние с возникновением трещины отрыва в приоткосном массиве и инициацией оползневых процессов;  $U_{x-y} = 0,11-1,50$  - значительные с развитием поверхности скольжения в приоткосном массиве;  $U_{x-y} > 1,50$  м - катастрофические с полным обрушением откосов и смещением значительных масс пород.

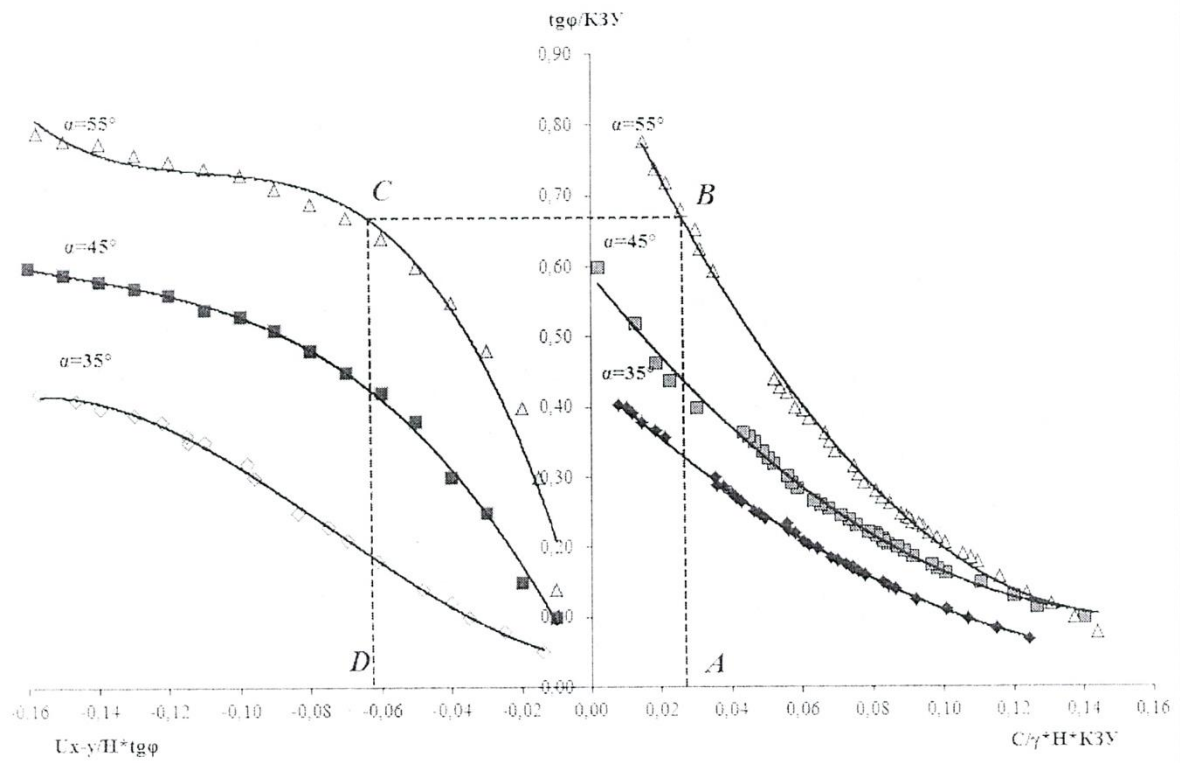
Таким образом, способ позволяет задавать предельные геометрические параметры уступа, оценивать интенсивность оползневых процессов в приоткосном массиве пород по многофакторным расчетным диаграммам предельно устойчивых откосов и управлять долговременной устойчивостью откосов уступов на карьерах путем изменения их геометрических параметров.

### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Способ обеспечения устойчивости откосов уступов на карьерах в изменчивых горно-геологических условиях, включающий определение максимального угла откоса уступа при заданной его высоте и физико-механических характеристиках вмещающих пород путем направленной заоткоски драглайном или мехлопатой, *отличающийся* тем, что задают предельные геометрические параметры уступа, оценивают интенсивность оползневых процессов в приоткосном массиве пород по многофакторным расчетным диаграммам предельно устойчивых откосов и управляют долговременной устойчивостью откосов уступов на карьерах путем изменения их геометрических параметров, при этом максимальный угол наклона направленной заоткоски драглайном или мехлопатой рассчитывают по следующей формуле:

$$\alpha_{\text{пред}} = \frac{1}{2} \left( \frac{C}{H} \right) \left( \frac{\text{tg}\varphi}{\alpha\gamma} \right),$$

где  $C$  - сцепление;  $\varphi$  - угол внутреннего трения;  $\alpha=0,05$  - поправочный коэффициент;  $n=0,83$  - эмпирический коэффициент;  $\gamma$  - удельный вес пород;  $H$  - высота откоса уступа.



Фиг.1. Многофакторная расчетная диаграмма предельно устойчивых откосов