

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ УВЕЛИЧЕНИЯ ДОПУСТИМЫХ УГЛОВ ОТКОСОВ РАБОЧИХ УСТУПОВ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ ЦЕМЕНТНОГО СЫРЬЯ «КОММУНАРСКОЕ»

Оника С.Г., Стасевич В.И., Халявкин Ф.Г., Семёнова М.В., Ганцовский Е.И.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

В статье рассмотрены результаты исследований допустимых углов откосов рабочих уступов применительно к карьерам, разрабатывающим месторождения цементного сырья «Коммунарское».

Сырьевой базой ПРУП «Белорусский цементный завод» является Коммунарское месторождение цементного сырья (высоко- и низкокарбонатных мергелей), состоящее из детально разведанных участков: «Высокое» площадью 450 га и «Коммунары Западные» площадью 384,8 га и участка «Коммунары Восточные» площадью 225 га, которое в настоящее время не разрабатывается.

Согласно предварительному заключению ВНИМИ «О допустимых углах откосов уступов Коммунарского месторождения мергелей» максимально допустимые углы откосов рабочих уступов при высоте уступа 20 м могут достигать: рабочий угол - 50 градусов, нерабочий -35 градусов. Рекомендации института, выданные для карьеров Белорусского цементного завода, носили предварительный характер и допускали увеличение допустимых углов откосов при выполнении специальных исследований. На возможность увеличения допустимых углов откосов рабочих уступов указывали также данные длительных наблюдений за состоянием откосов маркшейдерской службой предприятия.

Исследование устойчивости откосов уступов позволяет определить условия безопасной эксплуатации и способствует повышению полноты извлечения запасов полезного ископаемого из недр.

Обоснование увеличения допустимых углов откосов рабочих уступов потребовало выполнения комплексных исследований, которые включали:

- графоаналитические исследования устойчивости откосов уступов при различных вариантах вероятной поверхности скольжения с учетом сил фильтрации;
- моделирование устойчивости откосов с использованием программного комплекса GeoStudio;
- исследование устойчивости откосов по методу плоского откоса без учета и с учетом нагрузки от работы оборудования.

Аналитические исследования позволили разработать математические модели оценки устойчивости уступов с учетом сил фильтрации, поз-

воляющие анализировать ситуацию с обеспечением устойчивости при увеличении углов откосов уступов в сравнении с принятыми их значениями, принятыми в проектах на разработку месторождения. В ходе данных исследований разработана методика расчета устойчивости откосов, учитывающая разрушающее воздействие на откос объемных сил гидростатического взвешивания и гидродинамического давления поступающих в карьер через откосы грунтовых вод. Изложены правила построения линий депрессии грунтовой воды и скольжения отсека обрушения, а также определения сил гидростатического взвешивания и гидродинамического давления [4].

Программа GeoStudio, с использованием программного модуля SLOPE/W определяет коэффициент запаса устойчивости и строит критическую поверхность скольжения (призму обрушения) с использованием методов предельного равновесия. Поверхность скольжения рассматривается как круглоцилиндрической формы.

Программный комплекс GeoStudio позволяет оценивать устойчивость откосов уступов по заданному профилю. Необходимыми исходными данными являются характеристика горных пород, слагающих массив (объёмный вес [кН/м³], угол внутреннего трения [град.], сцепление [кПа]), а также геометрические параметры модели. Профили откосов уступов отстраиваются непосредственно в самой программе GeoStudio либо выполняются в среде AutoCad с последующим их экспортом в программу GeoStudio.

Модель уступа в программной среде GeoStudio с учетом дополнительной нагрузки создаваемой массой добывающего оборудования и иллюстрацией коэффициента запаса устойчивости имеет вид, представленный на рис. 1.

Плотностные и горнотехнические свойства исследуемого массива определялись с поправкой на коэффициент структурного ослабления, с учетом категории пород по трещиноватости, который был вычислен по эмпирической формуле ВНИМИ.

$$\lambda = \frac{1}{1 + a \cdot \ln(H \cdot I_{тр})}$$

где a – коэффициент, зависящий от породы и характера ее трещиноватости ($a=0,5$);

H – высота откоса уступа, м;

$I_{тр}$ – интенсивность трещиноватости пород, м⁻¹ (соответствует категории пород по трещиноватости).

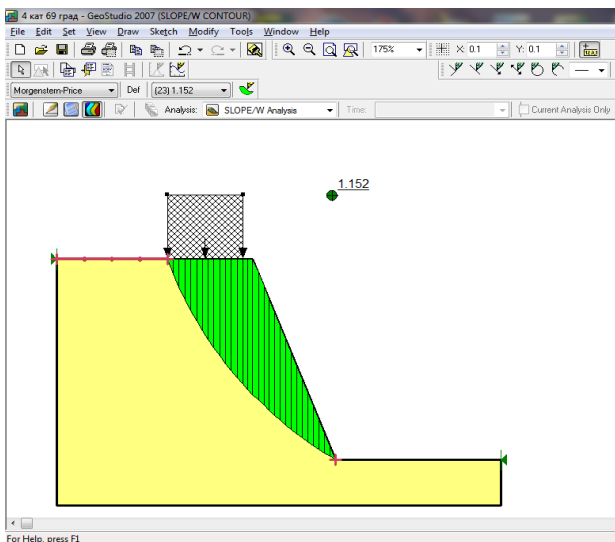


Рис. 1. Модель уступа в программной среде GeoStudio.

Исследование устойчивости с учета статической нагрузки от оборудования

Исследованиями установлены численные значения коэффициента структурного ослабления для уступов, сложенных различными горными породами (низкий и высокий мергель: 1 уступ и 2 уступ соответственно).

Таблица 1. - Коэффициент структурного ослабления

I уступ:

Категория пород по трещиноватости	Гтр, м ⁻¹	λ_{7M}	λ_{8M}	λ_{9M}	λ_{10M}
I	>10	0,32	0,31	0,31	0,3
II	2-10	0,43-0,32	0,42-0,31	0,41-0,31	0,4-0,3
III	1-2	0,51-0,43	0,49-0,42	0,48-0,41	0,46-0,4
IV	0,65-1	0,57-0,51	0,55-0,49	0,53-0,48	0,52-0,46
V	<0,65	0,57	0,55	0,53	0,52

II уступ:

Категория пород по трещиноватости	Гтр, м ⁻¹	λ
I	>10	0,27
II	2-10	0,35-0,27
III	1-2	0,39-0,35
IV	0,65-1	0,43-0,39
V	<0,65	0,43

Для учета всей совокупности факторов, влияющих на состояние устойчивости откосов уступов эксплуатируемых карьеров выполнены исследования с применением, так называемого метода плоского откоса, рекомендуемого Методическими указаниями ВНИМИ, являющихся нормативным документом по определению оптимальных углов откосов уступов, отвалов и бортов строящихся и эксплуатируемых карьеров.

Схема к расчету устойчивости уступа, нагруженного массой экскаватора, принята в соответствии с указанной выше методикой. В ходе исследований и выполненных вычислительных экспериментов использованы расчетные схемы, рекомендуемые методическими указаниями. В частности, схема к расчету устойчивости уступа, нагруженного массой экскаватора, имеет вид, представленный на рис. 2.

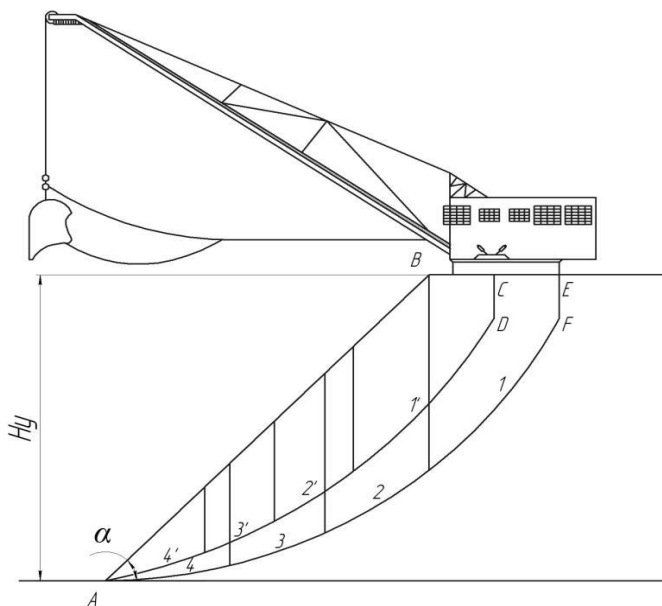


Рис. 2. Схема расчета устойчивости уступа, нагруженного массой ЭШ-6,5/45 (α - угол откоса, определенный по графику плоского откоса)

По результатам исследований предлагаются рекомендации допустимых углов откосов рабочих уступов для условий эксплуатации действующих карьеров месторождения цементного сырья «Коммунарское», с учетом совокупного влияния горнотехнических и гидрогеологических факторов, имеющих место в настоящее время. В частности, для уступов высотой до 22 м, при разработке его драглайном ЭШ-6,5/45 (МЗШ -6,5/45),

нижним черпанием допустимые углы откосов достигают значений, представленных в нижеследующей табл. 2.

Таблица 2. Допустимые углы откосов рабочих уступов

Категория пород по трещиноватости	Гтр, м ⁻¹	Допустимый угол откоса уступа
I	>10	50 ⁰
II	2-10	50 ⁰ -58 ⁰
III	1-2	58 ⁰ -63 ⁰
IV	0,65-1	63 ⁰ -68 ⁰
V	<0,65	68 ⁰

Рекомендациями учитываются плотностные свойства пород, слагающих уступы, их трещиноватость, статические и динамические нагрузки на откос от работы оборудования, применяемого при разработке месторождения, высота уступа.

Литература

1. Заключение о допустимых углах откосов Коммунарского карьера мергелей. - ВНИМИ. - 1978 г.
2. Методические указания по определению углов наклона бортов, откосов уступов и отвалов строящихся и эксплуатируемых карьеров. - ВНИМИ. - Ленинград, 1972.
3. Фисенко Г.Л. Устойчивость бортов карьеров и отвалов. - Недра. - Москва, 1965.
4. Халявкин Ф.Г., Оника С.Г., Марцинкевич В.С. Графоаналитический метод расчета устойчивости откосов с учетом сил фильтрации. – Горная механика №4, 2010 г.
5. GeoStudioTutorials.Includes student edition lessons. First edition. - May 2004, - 485с.

УДК 622.235

ВЛИЯНИЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ИНИЦИАТОРОВ В СКВАЖИНЕ НА ПРОРАБОТКУ ПОДОШВЫ УСТУПА И ДРОБЛЕНИЕ ГОРНОГО МАССИВА

Пеев А.М., Воробьев А.В.

Кременчугский национальный университет им. Михаила Остроградского, Украина

Приведены результаты экспериментальных исследований рационального расположения инициаторов в скважинах в условиях ПАО «Полтавский ГОК»

Выполненные ранее теоретические и экспериментальные исследования [1, 2], позволили установить, что при смещении боевиков относительно оси в ближней зоне нормальные напряжения, действующие в тангенциальном направлении от оси заряда превышают аналогичные значения напряжений по сравнению с обычным инициированием. Проверка результатов данных исследований была проведена в условиях ПАО «Полтавский