

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Мельникова Никиты Ярославовича «Геомеханическое обоснование параметров бортов карьеров при крутом падении слоев, направленных в массив, в условиях криолитозоны», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.20 – Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика

1. Структура и объем работы

Диссертация включает введение, четыре главы, заключение и список литературы из 93 наименований. Диссертация изложена на 140 страницах машинного текста и содержит 91 рисунок, 13 таблиц и 13 формул.

2. Актуальность темы диссертации

Типовые схемы расчетов бортов на устойчивость основаны на определении той части прибортовых массивов, которые могут сдвигаться в карьер, как правило, по круглоцилиндрической поверхности сдвижения (скольжения). Баланс сил по выбранной расчетчиком поверхности сдвижения определяет запас устойчивости борта. Однако на практике широко представлены массивы с крутопадающей слоистостью / трещиноватостью. В таких ситуациях, как минимум, один борт будет иметь слоистость, падающую в массив. По типовым схемам такое строение массива не является ослабляющим фактором. Однако на практике часто встречаются случаи, когда в таких массивах задолго до предельного состояния происходят деформации, затрудняющие ведение горных работ. Образование крупных трещин и обрушение откосов происходит при параметрах откосов, которые по методу предельного равновесия являются устойчивыми. Механизмы деформирования таких откосов мало изучены. Поэтому оценка устойчивости таких откосов традиционными методами является весьма приближенной. Методика Гудмана и Брея рассматривает только опрокидывание блоков пород, отделенных крутопадающими трещинами, и не учитывает изгибы слоев с подрезкой.

В нормативных документах для оценки предельных параметров бортов карьеров с обратной слоистостью приведена методика определения отрицательной поправки в угол наклона борта, рассчитанный для изотропного откоса. Но при этом данная методика не учитывает прочностные свойства контактов слоев, что особенно актуально в условиях криолитозоны. Также отсутствуют нормативные и методические документы, регламентирующие лабораторные испытания прочностных свойств по контактам горных пород в талом и мерзлом состояниях. Учитывая, что 2/3 территории Российской

*N 515-10
от 16.12. 2019*

Второе защищаемое положение определяет методику прогноза устойчивости откосов с обратной крутопадающей слоистостью, пригодную для использования результатов натурных наблюдений за смещениями карьерных откосов в качестве прогностического признака.

По результатам эквивалентного моделирования соискатель установил, что в процессе деформирования откосов с обратной слоистостью перед полной потерей устойчивости наблюдается резкий спад деформаций. Данный скачок характеризуется спадом величин относительных смещений на фоне общего нарастания деформаций. Превышение параметров откосов, при которых наблюдается скачкообразный спад относительных смещений, приводит к обрушению откосов. Для изучения выявленного явления проведены многовариантные расчеты методом конечных элементов. По их результатам получена зависимость предельных углов откосов с обратным падением слоев от мощности слоев и величины сцепления на их контактах. В отличие от метода предельного равновесия метод конечных элементов позволяет более надежно определить предельные параметры откосов с обратной слоистостью до разрушения. Достоверность данного положения подтверждается сопоставимостью результатов численного моделирования с результатами физического моделирования, полученных автором и другими исследователями.

Новизна данного положения заключается в определении критерия приближения откоса к предельному состоянию по спаду максимальных скоростей смещений в 1,5 раза относительно максимальных скоростей смещений на предыдущем этапе горных работ. Спад смещений, установленный натурными наблюдениями, при общем тренде увеличения скорости деформирования массива является сигналом, который показывает, что при дальнейшем понижении горных работ прибортовой массив перейдет в предельное состояние и произойдет его обрушение.

Третьим защищаемым положением автор обосновывает метод определения параметров бортов карьеров с обратной крутопадающей слоистостью. В нем учитываются как прочностные свойства по контактам горных пород, так и допустимые величины деформаций при различных коэффициентах запаса.

Особенностью деформирования откосов с обратной слоистостью наклоном слоев из-за их изгиба или опрокидывания является образования крупных трещин и обратных уступов на земной поверхности вблизи верхней бровки борта, которые появляются задолго до наступления предельного состояния. Разработанный метод оценки устойчивости позволяет для различных инженерно-геологических и горнотехнических

Федерации покрыты многолетнемерзлыми породами, исследования данных вопросов имеют научную ценность и практическую значимость.

На сегодняшний день не существует надежной модели, которая могла бы достоверно описать процесс деформирования бортов карьеров с обратной слоистостью и прогнозировать их обрушение. Поэтому тема диссертации Мельникова Н.Я., посвященная созданию методов обеспечения устойчивости бортов карьеров с обратной слоистостью, является весьма актуальной научной задачей, имеющей важное практическое значение.

3. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, их достоверность и новизна.

Для изучения закономерностей деформирования бортов с обратной слоистостью в работе использован комплексный подход, сочетающий физическое и численное моделирование с различными прочностными свойствами контактов горных пород, которые характеризуют не только талые породы, но и мерзлые. В работе изучены изменения прочностных свойств по поверхностям ослаблений горных пород в талом и мерзлом состояниях и показано их влияние на предельные параметры бортов карьеров.

В первом защищаемом положении автор рассматривает процесс разрушения откосов с обратной крутопадающей слоистостью. Им установлено, что при увеличении прочностных свойств контактов слоев процесс разрушения откоса опрокидыванием слоев трансформируется в их изгиб с последующим срезом по криволинейной поверхности, аналогичной поверхности сдвижения в изотропном откосе. Данное утверждение основано на результатах физического моделирования. На моделях из эквивалентных материалов экспериментально доказано, что прочностные свойства контактов слоев оказывают значительное влияние на устойчивость откосов с обратным падением слоев. При смерзании трещин повышаются их прочностные свойства. В результате процесс опрокидывания слоев по слоистости затухает. Разрушение массива происходит, преимущественно, сдвигом. Можно сказать, что из-за исчезновения (смерзания) крутопадающих поверхностей ослабления меняется механизм потери устойчивости, поэтому предельные углы откосов в мерзлых породах повышаются.

Достоверность данного положения опирается на теорию подобия, которая положена в основу физического моделирования. Новизна данного положения заключается в установлении факта, что величина сцепления на контактах слоев, зависящая от состояния массива (мерзлое или талое), меняет механизм деформирования откосов с обратной слоистостью.

условий определять параметры бортов карьеров, обеспечивающих устойчивость откосов, как с точки зрения несущей способности, так и допустимых деформаций.

Данное научное положение основано на результатах физического моделирования, а также расчетах устойчивости откосов на разных этапах деформирования методами предельного равновесия и конечных элементов. Достоверность данного положения подтверждена сходимостью результатов физического моделирования и расчетов устойчивости откосов на каждом этапе деформирования методом предельного равновесия и конечных элементов.

Научная новизна данного положения заключается в оценке устойчивости откосов с обратной слоистостью не только путем нахождения коэффициента запаса устойчивости, но и в ограничении проявляемых деформаций.

4. Значимость научных положений и выводов для науки и практики.

Научная значимость работы заключается в установлении закономерностей деформирования бортов карьеров при обратном падении слоев в зависимости от прочностных свойств по контактам слоев горных пород. Установлено, что чем выше прочностные свойства по контактам горных пород, тем ближе поведение массива к изотропному. Кроме того, выявлен критерий, позволяющий прогнозировать обрушение откоса.

Практическим результатом работы является предложенная автором методика определения параметров бортов карьеров с обратной слоистостью, учитывающая прочностные свойства по контактам слоев горных пород и величины допустимых деформаций, наблюдаемых в массиве.

5. Оценка содержания диссертации

Диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне. Изложение и стиль отвечает общепринятым требованиям и стандартам. Результаты экспериментальных исследований носят завершённый характер и естественно вытекают из содержания.

Основные результаты диссертационных исследований прошли качественную апробацию через публикации и выступления на различных научно-технических мероприятиях. Всего опубликовано всего 5 работ, из них 2 в ведущих рецензируемых изданиях, включенных в перечень ВАК РФ, 1 – включенных в международную базу цитирования Scopus.

Полученные в диссертации результаты соответствуют поставленным целям и задачам. Содержание автореферата полностью соответствует диссертации. Структура

диссертации и автореферата имеет логическую последовательность, ясность и полноту изложения.

6. Замечания и вопросы по диссертации.

1. В ходе физического моделирования, автор использовал геометрическое и динамическое подобие. Однако в работе не отображено, как учитывался временной фактор.

2. При физическом и численном моделировании учитывались лишь протяженные поверхности ослабления. Однако фактически они имеют конечную величину. Не учет длины поверхностей ослабления приводит к получению консервативных параметров бортов карьеров.

3. В диссертации на эквивалентных материалах и численно моделировались крутопадающие слои пород мощностью десятки метров. В природе мощности слоев, как правило, составляют первые метры или даже доли метров. Было бы целесообразно изучить влияние мощности слоев с более реальными параметрами.

4. Не изучено влияние угла падения слоев в массив, которое может иметь весьма существенное значение.

5. Переход от мерзлого состояния массивов к талому в работе учитывалось снижением сцепления по слоям. Осталась без внимания вторая компонента сопротивления сдвигу - угол трения.

6. Исходя из проведенных исследований, можно было построить зависимость ширины призмы возможного обрушения от геометрических параметров откосов и прочностных свойств по контактам слоев горных пород, как это сделано в нормативных документах.

7. При разработке методики определения параметров откосов с обратной слоистостью в работе представлена зависимость коэффициента запаса устойчивости от величин относительных смещений. Однако стоило бы представить смещения в абсолютных значениях.

Отмеченные замечания к диссертации в целом не снижают ценности полученных научных результатов и носят характер рекомендаций для дальнейшей работы.

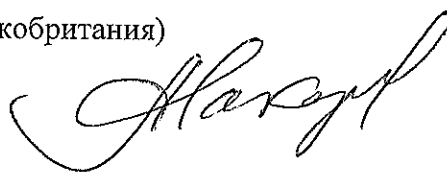
7. Заключение о соответствии диссертации критериям Положения о присуждении ученых степеней.

Диссертация Мельникова Никиты Ярославовича является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной задачи по

определению параметров бортов карьеров при крутом падении слоев, направленных в массив, в условиях криолитозоны.

Диссертация соответствует предъявляемым требованиям раздела 2 «Положение о присуждении ученых степеней федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Горного университета от 26.06.2019 № 839адм, а ее автор - Мельников Никита Ярославович достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.20 - Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика.

Официальный оппонент, доктор технических наук, профессор,
главный консультант по геомеханике SRK Consulting (Russia) Ltd,
филиала частной компании с ограниченной ответственностью
«Эсаркей Консалтинг (Россия) Лимитед» (Великобритания)



Макаров
Александр Борисович

125009, Москва, Кузнецкий мост ул., д.4/3, стр.1.
тел. (495) 545 44 17; факс (495) 545 44 18
info@srk.ru.com; www.srk.com
Тел: 8 (916) 612 44 93. e-mail: abm51@mail.ru

04.12.2019

Я, Макаров А.Б., согласен на обработку персональных данных.

Подпись главного консультанта по геомеханике, проф. Макарова А.Б. УДОСТОВЕРЯЮ:

Менеджер по персоналу
SRK Consulting



А.Н. Кувшинова