

ОТЗЫВ

официального оппонента, докт. техн. наук Батугина Андриана Сергеевича на диссертацию Розанова Ивана Юрьевича «Исследование кинематических параметров обрушений массивов прочных скальных пород (на примере Ковдорского месторождения апатитовых и магнетитовых руд)», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»

Актуальность работы, цели и задачи исследования

Обеспечение геомеханической безопасности было и остается важнейшей и актуальной задачей при разработке месторождений. При открытой разработке и рудных, и угольных месторождений, потери устойчивости бортов встречаются повсеместно и сопровождаются такими опасными геомеханическими явлениями, как оползни, обвалы, осыпи. Несмотря на то, что на прогноз и предотвращение таких опасных явлений затрачиваются значительные усилия, риск их возникновения постоянно существует, что является актуальной современной мировой проблемой. 22 февраля 2023 года на угольном разрезе на севере Китая в результате схода оползня объемом до 3,5 млн куб метров под завалами оказались десятки шахтеров. По данным автора диссертации, случаи нарушения устойчивости бортов регулярно отмечаются на карьере «Железный» Ковдорского месторождения апатитовых и магнетитовых руд. В ситуации высокого риска возникновения опасных геомеханических явлений важными являются вопросы мониторинга состояния бортов карьеров. В этой связи исследование кинематических параметров обрушений массивов прочных скальных пород в целях прогнозирования момента перехода бортов в предельное состояние является актуальной научной задачей, решаемой в диссертации.

Основная идея диссертации состоит в обосновании кинематических параметров подготовки обрушения элементов конструкции борта карьера на основе исследования особенностей протекания процесса разрушения массива прочных скальных пород по результатам наземного радарного мониторинга. Поставленные автором задачи исследования соответствуют идее и цели диссертации.

Оценка содержания работы и доказательства научных положений.

Диссертация Розанова И. Ю. состоит из введения, 4 глав и заключения, изложенных на 135 страницах машинописного текста, содержит 67 рисунков, 5 таблиц, список литературы из 110 наименований и 1 приложение. Во введении сформулированы цель и задачи исследования, первая глава посвящена аналитическому обзору по теме диссертации, каждая из следующих глав посвящена раскрытию и доказательствам выдвинутых научных положений. Цель и поставленные задачи соответствуют тематике исследований, отраженной в названии диссертации. Заключение диссертации содержит 5 пунктов, выводы по смыслу соответствуют поставленным задачам и тематике исследований.

Первая глава. В первой главе обобщается опыт проведения работ по геомеханическому мониторингу районов ведения горных работ, рассмотрены существующие способы определения критических значений кинематических параметров обрушений массивов горных пород. Дано обоснование использования при данном исследовании метода выявления эмпирических закономерностей, полученных при анализе результатов наблюдений за разрушениями бортов карьера «Железный». В значительной степени такой

выбор оправдан, так как масштабный фактор трудно учесть при моделировании. Также выполнен анализ условий отработки Ковдорского месторождения апатитовых и магнетитовых руд. Глава по охвату проблемы вполне содержательна, однако часть представленного материала (сведения о напряженном состоянии массива, инженерно-геологическом районировании) в дальнейшем мало используется.

Вторая глава. Вторая глава посвящена доказательству первого научного положения. В ней автор приводит результаты исследований и анализа кинематических параметров обрушений на карьере. Автор обосновывает преимущества получения исходных данных с помощью радарных технологий, применяемых на карьере «Железный». Всего при анализе использовано 22 случая потери устойчивости (табл. 2.1), которые задокументированы сотрудниками Геомеханической службы АО «Ковдорский ГОК» и по которым имеются данные радарного мониторинга о смещениях, скоростях и ускорениях. Автор последовательно анализирует изменения значений смещений, скоростей смещений и ускорений за периоды времени, предшествующие обрушениям. Представлены графики смещений (рис. 2.10-2.12), скоростей смещений (рис. 2.15-2.17), ускорений скорости смещений (рис. 2.19-2.21). Автор делает вывод, что для условий Ковдорского месторождения нет выраженной зависимости между объемами обрушающейся горной массы и предельными значениями смещений и что данный параметр не подходит для оценки состояния массива. Информативность параметра «ускорение скорости смещения» низкая, так как наблюдаются резкие перепады его значений во время подготовки события. Автор приходит к выводу, что наиболее информативным для оценки состояния массива горных пород и прогноза вероятного обрушения является кинематический параметр «скорость смещения», поскольку «графики зависимости скорости смещения от времени склонны к достаточно плавному нарастанию и падению, а обрушения происходят при её ярко выраженном максимальном значении». Таким образом, доказательство первого научного положения базируется на анализе исходной информации о характере поведения массива в период времени перед обрушением. Можно согласиться с автором, что кинематический параметр «скорость смещения» является наиболее информативным для оценки состояния массива горных пород и прогноза вероятного обрушения несмотря на то, что представлен анализ только части имеющегося материала. Считаю, что доказательства первого научного положения представлены достаточные.

Третья глава. Глава посвящена доказательству второго научного положения о классификации зафиксированных обрушений в карьере «Железный» по характеру развития процесса разрушения (оползни-обрушения, обрушения в скальных сильно трещиноватых массивах и обрушения в скальных мало трещиноватых массивах). В главе подробно описаны виды обрушений, зафиксированные в карьере «Железный» и выполнен анализ соответствующих графиков скоростей смещений для них. Выделены три группы видов обрушений. Каждая выделенная группа характеризуется типичными графиками нарастания скорости смещения массива, а также временем реализации обрушения. К первой группе автор относит оползни-обрушения. События зафиксированы в верхних горизонтах карьера и развивались в два этапа общей продолжительностью от 7 до 59 часов. Перед событием отмечается «резкое нарастание скорости смещения», что сопровождается осыпанием горной массы средней и высокой интенсивности. После основного обрушения наступает второй период, когда скорости смещения либо вновь возрастают, либо остаются высокими после основного обрушения и могут быть такими на протяжении нескольких дней. Во вторую группу автором выделены обрушения, которые происходили в

сильнотрещиноватом (дезинтегрированном) массиве скальных пород. Они характеризуются «плавным нарастанием скорости», которое может продолжаться от нескольких часов до нескольких дней, в среднем, 103 часа (больше 4 суток). Третья группа обрушений фиксируется в мало трещиноватом массиве. Скорость смещения, в данном случае, «увеличивается достаточно быстро», а в некоторых случаях - мгновенно, при этом перед обрушением либо не наблюдается осыпание горной массы, либо фиксируется осыпание кусков породы малых размеров с низкой интенсивностью. Минимальное время реализации подобных обрушений 2 часа, максимальное зафиксированное время 18 (в среднем 8 часов). Таким образом, в предлагаемой классификации обрушений автор использует три признака: инженерно-геологическая характеристика массива, изменение скорости смещений, время реализации обрушения. Возможно, в дальнейшем автору удастся, опираясь на первые два признака, прогнозировать ожидаемое время обрушения и планировать мероприятия по безопасности.

Четвертая глава. Глава посвящена доказательству третьего научного положения - обоснованию критического значения скорости смещения массива, под которым автор понимает скорость смещения, «при превышении которой обрушение неизбежно произойдет». Согласно «Руководству по оценке рисков развития деформаций, мониторингу и управлению устойчивостью бортов и уступов карьеров, разрезов и откосов отвалов» (Приложение 3 ФНП «Правила обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и отвалов») сигнал тревоги «опасно» и «стоп» подается при скоростях смещения (ориентировочные значения при автоматизированном мониторинге) соответственно 5-10 и > 10 мм/час. Исследования автора позволили уточнить значение критической скорости и принять его для условий карьера «Железный» 2 мм/сут.

Оценка научной новизны и практической значимости. К научным достижениям автора можно отнести: установление закономерности изменения кинематического параметра «скорость смещения» в период перед обрушением для условий карьера «Железный»; разработку и обоснование классификации обрушений в карьере «Железный» по кинематическому параметру «скорость смещения»; установление критической скорости смещения массива в карьере «Железный» для обрушений в скальных массивах горных пород (2 мм/ч). Исследования автора использованы документах: «Временная инструкция по наблюдению за деформациями бортов и откосов уступов карьера с помощью радара IBIS FM»; «Инструкция по выявлению неустойчивых участков борта карьера с помощью наземных радаров для работников диспетчерской службы карьера «Железный» Акционерного общества (АО) «Ковдорский ГОК». Результаты исследований могут быть использованы в дальнейшем для совершенствования практических рекомендаций по обеспечению геомеханической безопасности при отработке карьеров.

Достоверность результатов исследований подтверждена опытом безопасного ведения горных работ, результатами многолетних натурных измерений, проводимых в карьере «Железный», сходимостью результатов прогноза состояния массива по данным наземного радарного сканирования с зафиксированными фактами потери устойчивости участков борта.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались на научных конференциях различного уровня в период с 2015 по 2023 г, достаточно полно опубликованы.

Замечания по диссертации

По диссертации имеются следующие замечания:

- 1) В главе 1 автор приводит данные о напряженном состоянии и инженерно-геологическом районировании карьерного поля, однако далее при анализе случаев обрушений не использует эту информацию.
- 2) В главе 2 при обосновании выбора информативного кинематического параметра для оценки состояния массива автор анализирует несколько случаев обрушений из таблицы 2.1, но разных на рисунках 2.15-2.17 и рисунках 2.19-2.21 и), что затрудняет восприятие информации.
- 3) В главе 3 на рисунках 3.8-3.18 не показан момент обрушения, что затрудняет восприятие информации.
- 4) При обосновании классификации обрушений в карьере «Железный» по кинематическому параметру «скорость смещения» автор использует не определенные термины «резкое нарастание скорости смещения», «плавное нарастание скорости», скорость «увеличивается достаточно быстро». Можно было бы дать количественные оценки, что повысило бы восприятие выводов.
- 5) В предлагаемой классификации обрушений автор использует три признака: инженерно-геологическая характеристика массива, изменение скорости смещений, время реализации обрушения. Возможно, в дальнейшем автору удастся, опираясь на первые два признака, прогнозировать ожидаемое время обрушения и планировать мероприятия по безопасности.
- 6) Во введении сформулирована задача исследования «Выявить закономерности развития процесса разрушения массива прочных скальных пород по кинематическим характеристикам», но в заключении выявленная закономерность не сформулирована, хотя в тексте диссертации она рассмотрена.
- 7) По оформлению. В целом диссертация написана хорошим техническим языком, но имеются некоторые неточности. Например, ссылка 63. Правильно: «...на различных стадиях геологоразведочного процесса».

Заключение

В целом диссертация написана хорошим литературным языком, автореферат по содержанию соответствует диссертации. Основное содержание работы отражено в публикациях. Автором решена актуальная научная задача по исследованию кинематических параметров обрушений массивов прочных скальных пород в целях прогнозирования момента перехода бортов в предельное состояние. Обозначенная в работе цель исследования достигнута, научные положения, выносимые на защиту, достаточно обоснованы.

Несмотря на сделанные замечания, считаю, что диссертационная работа Розанова Ивана Юрьевича «Исследование кинематических параметров обрушений массивов прочных скальных пород (на примере Ковдорского месторождения апатитовых и магнетитовых руд)», выполнена на актуальную тему, обладает новизной, является завершенной научно-квалификационной работой и соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям, представляемым на соискание ученой степени кандидата технических наук

по специальности 2.8.6 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика», а ее автор заслуживает присуждения искомой научной степени.

Профессор кафедры «Экология и безопасность
горного производства» Федерального государственного
автономного образовательного учреждения
высшего образования «Национальный
исследовательский технологический университет
«МИСиС», докт. техн. наук
119049, г. Москва, Ленинский пр., д. 4.
batugin.as@misis.ru



А.С. Батугин

10.11.2023

Я, Батугин Андриан Сергеевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Подпись Батугина Андриана Сергеевича заверяю:

ПОДПИСЬ _____ ЗАВЕРЯЮ
Проректор по безопасности образования
и общим вопросам
НИТУ МИСИС _____ М. Исаев

