

## **ОТЗЫВ**

**Официального оппонента д.т.н. Сергеева Сергея Валентиновича на диссертацию Созонова Кирилла Владиславовича на тему: «Геомеханическое обоснование параметров выработок полигональной формы при разработке месторождений неустойчивых железных руд», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.20 – Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика**

### **1. Актуальность темы диссертации**

Рецензируемая диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, содержащих 48 рисунков и 12 таблиц, заключения, списка литературы из 100 наименований. Общий объем работы составляет 133 страницы.

Развитие горнодобывающей отрасли приводит к интенсификации добычи полезных ископаемых на месторождениях со сложными горно- и гидрогеологическими условиями, что выражается в необходимости поддерживать высокие темпы проходческих и очистных работ в массивах неустойчивых горных пород. В данных условиях решение задач и обоснование способов ведения горных работ, позволяющих снизить негативные факторы влияния горного давления и повысить эффективность очистной добычи, невозможно без применения современных методов описания геомеханических процессов. В связи с этим рассмотренные в диссертационной работе вопросы обоснования геометрических параметров очистных выработок полигональной формы и оценка формирования и изменения напряженно-деформированного состояния рудного массива вокруг них являются актуальной задачей. Автор диссертационной работы рассматривает и предлагает с целью повышения эффективности и безопасности ведения горных работ способ разработки неустойчивых богатых железных руд очистными выработками полигональной формы, расположенными в шахматном порядке, с креплением неустойчивых рудных обнажений стеклопластиковой анкерной крепью.

### **2. Цель, задачи, научная новизна и результаты работы**

Целью работы является обеспечение устойчивости рудных обнажений подготовительных и очистных выработок с увеличенными геометрическими параметрами. Идея работы заключается в геомеханическом обосновании геометрических параметров очистных выработок полигональной формы при разработке месторождений неустойчивых железных руд.

Основными задачами работы являются:

- исследование проявлений горного давления в подготовительных и очистных выработках, пройденных в массиве богатых железных руд;

*№249-10  
от 13.09.2019*

- установление зависимостей изменения напряженно-деформированного состояния, вмещающего рудного и закладочного массивов при отработке запасов неустойчивых железных руд выработками полигональной формы, расположенными в шахматном порядке.

- расчетное обоснование геометрических параметров очистных выработок полигональной формы и разработка рекомендаций по креплению рудных обнажений.

В работе автором выполнен анализ горно-геологических условий Яковлевского месторождения железных руд и приведены результаты натурных исследований оценки устойчивости рудных обнажений. Рассмотрены вопросы численного моделирования изменения напряженно-деформированного состояния при ведении горных работ и предложена расчетная схема в виде рудного массива, включающего искусственную потолочину мощностью 12,5 м, очистные выработки полигональной формы различной высоты. Расчетная схема решалась в упругопластической постановке модели среды Кулона-Мора с учетом изменения полей вертикальных и горизонтальных напряжений и развития горных работ. На основании математического моделирования и расчетов методом конечных элементов уточнена картина распределения напряжений вокруг очистных выработок полигональной формы сечения и определены зоны предельного равновесия массива. По результатам моделирования разработаны рекомендации по обеспечению устойчивости обнажений подготовительных и очистных выработок полигональной формы сечения при нисходящем порядке отработки.

### **3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Подтверждается большим объемом исследований, проведенных в шахтных условиях в горных выработках и при помощи численного компьютерного моделирования.

В первом научном положении автор утверждает, что напряженно-деформированное состояние рудного массива вокруг подготовительных и очистных выработок описывается моделью упругопластического тела, учитывающей изменение полей вертикальных и горизонтальных напряжений при ведении горных работ. Показано влияние глубины ведения очистных работ и мощности сформированной искусственной потолчины на изменение полей действующих в массиве напряжений.

Во втором научном положении соискатель доказывает, что потеря устойчивости происходит по поверхностям сдвига в боках очистных и подготовительных выработок, параметры которых зависят от геометрических размеров выработок и деформационно-прочностных характеристик рудного массива. Показано, что размеры зон предельного равновесия значительно

зависят от плотности рудного массива, а увеличение площади поперечного сечения очистных полигональных выработок приводит к увеличению зон пластических деформаций на контуре рудных обнажений. В результате на данных участках происходит потеря устойчивости по поверхностям сдвига.

В третьем научном положении автор декларирует, что геомеханически безопасная разработка неустойчивых железных руд обеспечивается полигональной формой сечения очистных выработок и установкой упрочняющей анкерной крепи в зонах предельного равновесия приконтурного массива в боках выработок. Установка упрочняющего стеклопластикового крепления позволяет значительно уменьшить размеры зон неупругих деформаций и обеспечить устойчивость рудных обнажений очистных выработок полигональной формы.

Выводы по отдельным главам и заключение прослеживаются из содержания диссертационной работы.

Теоретической и методологической основой научных исследований послужили работы отечественных и зарубежных авторов в области исследования напряженно-деформированного состояния массива горных пород. Обоснованность разработанных автором защищаемых положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечивается применением большого объема фактических материалов и их достоверность не вызывает сомнений.

Полученные зависимости, несомненно имеют практическое и научное значение для горнодобывающих предприятий.

#### **4. Замечания по диссертационной работе**

1. В главе 2 диссертации следовало бы упомянуть методику и некоторые результаты диссертационной работы Зайцева Д.А. на тему: «Геомеханическое обеспечение нисходящей слоевой системы разработки богатых железных руд Яковлевского месторождения» (Тула, 2012 г.);

2. Автором выполнен большой объем работ по оценке устойчивости массива пород по характеру вывалов на стенках и своде выработок. Можно было еще проводить измерение напряжений в массиве, методом разгрузки на больших базах в период проходки выработок;

3. Моделирование напряженно-деформированного состояния пород при геомеханическом обосновании параметров выработок полигональной формы производятся по средним значениям механических характеристик. Не ясно влияние этих характеристик на параметры камер;

4. В тексте диссертации на стр. 80 и в автореферате на стр. 9 автор пишет: «Начальные напряжения учитывались в модели как приложенные к граням модели равно распределённая нагрузка, вертикальная компонента составила  $\sigma_y = 7$  МПа на грани модели, а горизонтальная компонента  $\sigma_x = 4$  МПа». При упрощенном расчете, на глубине 500 м вертикальная нагрузка

будет 10 МПа. Необходимо обосновать вертикальное нормальное напряжение от собственного веса пород  $\sigma_y = 7$  МПа.

5. Необходимо было бы показать на расчетной схеме горизонтальную равномерно-распределенные нагрузку. Прокомментировать целесообразность приложения к граням модели «горизонтальной компоненты  $\sigma_x = 4$  МПа», тогда как вертикальные грани закреплены от перемещения по оси X, а на верхней грани модели достаточно одной вертикальной нагрузки от веса вышележащих пород.

6. В тексте диссертации на стр. 81 указывается, что «Наименьший шестиузловой конечный элемент имел размер 0,25 м», однако не приводится обоснование этой величины. Как известно, оценка сходимости результатов расчета численными методами является одним из наиболее важных и сложных вопросов, определяющих выбор сетки и точность решения. Вопрос – автор сравнивал результаты расчета при последовательном уменьшаемом шаге сетки для одних и тех же исходных условий или нет?

7. В тексте диссертации на стр. 82 из табл. 3.1 неясно, учитывался ли коэффициент структурного ослабления при определении основных физико-механических параметров рудного массива?

8. В тексте диссертации на стр. 94 и в автореферате на стр. 12 из рисунка видно, что горизонтальные напряжения достигают -2 МПа. Необходимо прокомментировать данную величину в сравнении с прочностными свойствами пород.

#### **5. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет»**

Диссертация Созонова Кирилла Владиславовича является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная задача – разработка геомеханического обоснования рациональных геометрических параметров очистных выработок полигональной формы при отработке месторождений неустойчивых железных руд.

Содержание диссертации соответствует теме и паспорту специальности 25.00.20 ВАК РФ. Изложение материала ясное, последовательное, с использованием соответствующей научной терминологии.

Основные результаты диссертации опубликованы в восьми печатных работах, из них три в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России. Считаю, что научная общественность и специалисты производства имели возможность, ознакомиться с научными положениями и результатами диссертации.

Соискатель показал владение современными компьютерными технологиями при реализации разработанных численных методов моделирования напряженно-деформированного состояния горного массива.

Диссертация «Геомеханическое обоснование параметров выработок полигональной формы при разработке месторождений неустойчивых железных руд», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.20 – Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика, полностью соответствует предъявляемым требованиям п 2. «Положения 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 Созонов Кирилл Владиславович достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.20 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Официальный оппонент,  
Заведующий лабораторией  
горного давления и сдвига  
горных пород ОАО «ВАОГЕМ»,  
доктор технических наук  
тел.: 8 (910) 320-57-35  
e-mail: sergey.sergeev.v@mail.ru

Сергеев  
Сергей Валентинович

Подпись Сергеева С.В. заверяю:  
Заместитель генерального директора  
по научной работе и промышленной  
безопасности, ОАО «ВАОГЕМ»,  
кандидат технических наук

Киянец  
Александр Васильевич

02.09.19

308007, Белгородская область,  
г. Белгород, пр. Б.Хмельницкого, д. 86  
Открытое акционерное общество  
"Всероссийский научно-исследовательский  
институт по осушению месторождений  
полезных ископаемых, защите инженерных  
сооружений от обводнения, специальным  
горным работам, геомеханике, геофизике,  
гидротехнике, геологии и маркшейдерскому делу"

