



Общество с ограниченной ответственностью  
«ПОЛИГОР»

199106, Санкт-Петербург, В.О., 22-я линия, д.3, к.1, литера М, помещение 1Н, комната 293 (офис 519)  
(812) 945-08-07, mail@polygor.com, www.polygor.com

От 16.09.2021 № 03-09/21  
На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

## ОТЗЫВ

**официального оппонента на диссертацию Сотникова Р.О.  
на тему: «Разработка методики расчета напряженно-деформированного  
состояния крепи капитальных горных выработок при воздействии  
сейсмических волн от массовых взрывов», представленную на соискание  
ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.20 –  
Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и  
горная теплофизика (технические науки)**

**Актуальность темы диссертации** связана с необходимостью обеспечения безопасных условий труда горняков и безремонтного поддержания подземных горных выработок в процессе их эксплуатации в условиях сейсмического воздействия массовых взрывов, проводимых в рудниках. Отрицательное влияние взрывных работ связано с дополнительным техногенным образованием трещин в законтурном массиве, отрицательно влияющих не только на прочность и устойчивость пород кровли и стенок горных выработок, но и на безопасность работ, особенно в призабойном пространстве. Расследование случаев производственного травматизма и аварийности в выработках показывает, что их основными причинами являются обрушения руды и вмещающих горных пород, а также обрушения, происходящие в местах их сопряжений с очистными при уборке породы, оформлении забоев, а также креплении и перекреплении выработок.

Существующий уровень развития теории и практики применения различных типов крепей в условиях динамического воздействия взрывных работ создает концептуальный базис для формирования новой модели напряженно-деформированного состояния системы «массив-крепь» с учетом дополнительных конструктивных элементов усиления, позволяющих повысить безопасность и эффективность эксплуатации горных выработок.

Указанные обстоятельства актуализируют постановку цели диссертации – разработку мероприятий по снижению негативного воздействия сейсмического эффекта массовых взрывов на устойчивость горных выработок и напряженно-

ВХ. № 338-9 от 16.09.21  
АУ УС

деформированное состояние крепей, обеспечивающих сохранение их технического состояния.

Для достижения цели в диссертации решены следующие задачи:

- выполнен анализ данных натурных наблюдений за формированием нагрузок на крепи действующих горных выработок, расположенных в зоне влияния взрывных работ;
- разработана программа и проведены экспериментальные исследования по установлению зависимостей развития сейсмических процессов в породном массиве при воздействии массовых взрывов;
- разработаны теоретические положения расчета напряженно-деформированного состояния крепей горных выработок при сейсмическом воздействии от массовых взрывов;
- разработаны методические положения по построению численных моделей и проведены расчеты напряженно-деформированное состояние крепи и степень ее повреждения от сейсмического воздействия взрывных работ;
- разработана методика прогноза устойчивости горных выработок, выбора типа крепи и ее рациональных параметров при воздействии массовых взрывов;
- разработаны способы повышения устойчивости горных выработок, расположенных в зонах интенсивного проявления динамических процессов от массовых взрывов.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка из 116 наименований, 1 приложения с актом внедрения результатов диссертации. Работа содержит 178 страниц текста, 98 рисунков, 32 таблицы.

**Основные элементы научной новизны диссертационной работы и приращения научного знания заключаются в следующем:**

1. Разработаны методологические положения по регламенту проведения исследований воздействия массовых взрывов на устойчивость и крепь горных выработок в конкретных условиях Малеевского рудника (2 глава, с. 34-43).
2. Получены зависимости ускорения перемещения частиц породы на контуре выработки во времени в конкретных условиях Малеевского рудника, позволяющие оценить степень влияния взрыва на контур выработки в зависимости от расстояния от источника взрыва до выработки (2 глава, с. 47-49).
3. Выполнена модернизация аналитической зависимости для расчета скорости смещения частиц породного массива для конкретных условий Малеевского рудника, с комплексным учетом коэффициента сейсмичности, зависящего от местонахождения взрывающей секции в пределах отрабатываемого горизонта и расположения охраняемых выработок относительно плоскости отбойки, расстояния от начала взрывающего веера до точки наблюдения, расстояния по горизонтали от взрывающего веера до точки наблюдения, суммарной высоты соосно расположенных вееров, взрывающих на

одну ступень, расстояния от первоначальной границы обрушения до рассматриваемого веера, а также приведенного веса заряда на ступень замедления в зависимости от ориентации выработки по отношению к фронту отбойки (3 глава, с. 57).

4. Получены зависимости скоростей перемещения частиц породы в зависимости от расстояния от участка инициации ВВ и массы одновременно взрывающегося ВВ (3 глава, с. 60).

5. Разработаны методологические положения построения численных моделей прогноза развития геомеханических процессов в окрестности горных выработок, располагаемых в зоне влияния массовых взрывов (3 глава, с. 76-83).

6. Установлена нелинейная взаимосвязь между скоростью перемещения частиц породы на контуре выработки и повреждением крепи, зависящих от формы выработки и от расположения выработки относительно места ведения взрывных работ (3 глава, с. 76-83, с. 92-112).

7. Получены новые закономерности, определяющие взаимосвязь между пиковыми скоростями частиц породного массива на контуре горной выработки, количеством циклов сейсмического воздействия и степени повреждения набрызгбетонной крепи (3 глава, с. 84).

**Практическая значимость диссертации включает:** методическое обеспечение выбора типа и обоснования параметров крепей горных выработок, а также рекомендации по обеспечению устойчивости горных выработок и сохранности технического состояния крепей горных выработок, располагаемых в зоне влияния массовых взрывов на Малеевском руднике. Подтверждается актом внедрения (приложение 1 к диссертации).

Диссертационная работа отличается логикой построения и последовательностью изложения, соответствием современному уровню развития теории и практики крепления горных выработок в условиях влияния динамических пригрузок от взрывных работ, систематизированным представлением аналитической информации. Все вышеизложенное свидетельствует о высоком научном и методическом уровнях диссертационного исследования.

**Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность.** Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, изложенных в диссертации, подтверждается анализом представительного количества отечественной и зарубежной научной литературы по теме диссертации, современной нормативно-методической базы, данных геомеханического мониторинга напряженно-деформированного состояния массива на Малеевском месторождении, теоретическими исследованиями, проведенными с применением современных программных комплексов, позволяющих прогнозировать развитие пиковых скоростей перемещения частиц пород по мере удаления от источника взрыва и показатели повреждения

набрызгбетонной крепи, в том числе из неармированный и дисперсно-армированного набрызгбетона.

В диссертации автором использовались общенаучные и специальные методы исследования, включая шахтные эксперименты и математическое моделирование динамических пригрузок от взрывных работ. Новизна решений диссертации подтверждена патентом РФ № 2743161 на изобретение «Способ крепления горных выработок анкерами с армированными поясами» в соавторстве с А.Г. Протосеней, Н.А. Беляковым и В.Ю. Синегубовым.

Первое защищаемое положение подтверждается данными шахтных экспериментов и результатами математического моделирования напряженно-деформированного состояния набрызгбетонной крепи горной выработки, расположенной в зоне влияния взрывных работ с учетом многократного сейсмического воздействия и накоплением повреждений в результате развития микротрещин, и обосновано в главах 2-4 диссертации, а также в работах автора «Природа возникновения сейсмической волны и особенность ее формирования от массового взрыва», «Прогноз воздействия динамических проявлений горного давления на устойчивость породных обнажений» и «Проявление влияния сейсмических волн от массовых взрывов на крепь выработок Малеевского рудника ЗГОК, Республика Казахстан».

Второе защищаемое положение подтверждается результатами математического моделирования положения и размеров зоны повреждения набрызгбетонной крепи при различных расстояниях и ориентации выработки относительно источника сейсмического события, и обосновано в главе 3 диссертации, а также в работах «Компьютерное моделирование геомеханических процессов для прогноза напряженно-деформированного состояния при проведении выработок через целик равный трем пролетам выработки» в соавторстве с А.И. Тхориковым и В.В. Глинским и «Development of a model for predicting the dynamic effect on the stability of rock excavation» в соавторстве с М.А. Карасевым, В.Ю. Синегубовым и Н.А. Егоровой.

Третье защищаемое положение подтверждается данными шахтных наблюдений и результатами расчетов параметров набрызгбетонной крепи с учетом изменения ее эффективной толщины в результате многократного сейсмического воздействия от взрывных работ, и обосновано в главах 3-4 диссертации, а также в работах «Методика определения свойств дисперсно-армированного бетона» в соавторстве с П.К. Тулиным, В.И. Очкуровым и А.А. Шубиным и «Development of a model for predicting the dynamic effect on the stability of rock excavation» в соавторстве с М.А. Карасевым, В.Ю. Синегубовым и Н.А. Егоровой.

Основные положения и результаты исследования были представлены и получили положительную оценку на научных конференциях. Результаты диссертации в достаточной степени освещены в 6 печатных работах в научных изданиях, в том числе в 2 публикациях рекомендованных ВАК, и в 1

публикации в издании, входящем в международные базы данных и системы цитирования Scopus, а также в патенте РФ № 2743161 на изобретение.

Автореферат диссертации и публикации отражают основное содержание исследования.

**Замечания по диссертации.** По нашему мнению, в диссертации следует отметить некоторые недостатки.

1. Автором достаточно детально проанализированы современное состояние и нормативно-методическая база отражающие вопросы сейсмического воздействия взрывных работ на крепь горных выработок, включая Малеевский рудник (1 глава), при этом опыт других рудников в части прогноза и борьбы с сейсмическим воздействием технологических взрывов на крепь, не исследовался.

2. В качестве объекта исследований принят Малеевский рудник, разрабатывающий месторождение склонных к горным ударам полиметаллических руд в условиях преобладания максимальных тектонических горизонтальных напряжений над вертикальными в 2 раза, при этом влияние неравнокомпонентного природного напряженного состояния в диссертации не исследовалось.

3. В диссертации (3 глава) и публикациях автором при оценке устойчивости породных обнажений и напряженного состояния набрызгбетонной крепи при многократном сейсмическом воздействии решалась задача в плоской постановке, при этом не учитывалась влияние пространственной криволинейности фронта очистных работ, формирующей техногенные концентраторы напряжений.

4. В диссертации (3 глава) при определении размера зоны разрушения пород в окрестности участка инициации ВВ принят эмпирический коэффициент 0,846, а при определении максимальной скорости перемещения частиц породы – 700. Требуется пояснения область применения формул (3.7) и (3.8) в зависимости от физико-механических свойств горных пород.

5. В тесте диссертации замечено отсутствие поясняющей технической информации к некоторым рисункам и схемам.

Замечания по существу имеют в значительной мере дискуссионный характер, представляя направление для дальнейшей работы, и не снижают высокого качества выполненных в диссертации исследований и полученных результатов.

### **Заключение по диссертации.**

Диссертация Сотникова Р.О. является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены научно обоснованные технические решения по выбору параметров комбинированного крепления горных выработок анкерами и набрызгбетоном с усилением армированными

поясами, обеспечивающих снижение негативного воздействия массовых взрывов на техническое состояние горных выработок и затраты горных компаний на их поддержание в процессе эксплуатации.

Диссертация «Разработка методики расчета напряженно-деформированного состояния крепи капитальных горных выработок при воздействии сейсмических волн от массовых взрывов», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.20 – Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика (технические науки), соответствует требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Горного университета от 19.12.2019 № 1755адм, а ее автор Сотников Роман Олегович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.20 – Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика (технические науки).

#### **Официальный оппонент:**

доктор технических наук,

заместитель генерального директора по научной работе,

Общество с ограниченной ответственностью «Полигор» (ООО «Полигор»)

Тел.: (812) 945-08-07

E-mail: mail@polygor.com

Дата: 07.09.2021 г.

Адрес: 199106, Санкт-Петербург, 22-я линия, д. 3, к. 1, литера М, ком. № 293 (офис № 519), пом. 1Н



Сидоров Дмитрий Владимирович