

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

о диссертационной работе Харисова Тимура Фаритовича «Обоснование несущей способности крепи вертикальных стволов при совмещенной схеме проходки», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.20 – Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика

1. Актуальность работы

Интенсивная добыча полезных ископаемых горным способом в Российской Федерации привела к необходимости перехода к разработке более глубоких горизонтов существующих шахт и рудников, а также к освоению новых месторождений. При этом разведанные в настоящее время запасы располагаются на больших глубинах, достигающих 1,5 – 2,0 км, в сложных горно-геологических условиях. Успешное вскрытие таких залежей возможно только на новом этапе развития геотехнологий с использованием новых принципов проектирования вертикальных стволов, базирующихся на современных представлениях геомеханики о взаимодействии подземной конструкции и окружающего массива как элементах единой деформируемой системы. Существующие аналитические методы расчета крепи стволов, в основу которых положены труды проф. Н.С.Булычева, реализуют эти подходы на основе решений плоских контактных задач, в которых массив пород моделируется однородной весомой изотропной линейно-деформируемой бесконечной средой. При этом пространственный характер формирования напряжений и усилий в крепи учитывается с помощью введения так называемого корректирующего множителя, величина которого должна определяться на основе эмпирических данных. Однако, в связи с тем, что натурные исследования в процессе проходки горных выработок являются весьма сложными и требуют больших материальных затрат, имеющиеся эмпирические данные имеют 40 -50 летнюю давность и в значительной степени не соответствуют новым горно - техническим условиям, которые характерны для современного подземного строительства. Образовавшиеся пробелы в необходимых эмпи-

рических данных в настоящее время восполняются компьютерными технологиями, направленными на замену дорогостоящих натуральных исследований численным моделированием напряженно-деформированного состояния подземных сооружений при их расчете и проектировании, в том числе в пространственной постановке. Современные компьютерные программные комплексы реализующие, в основном, метод конечных элементов, открывают новые возможности для использования наиболее адекватных реальному поведению массива физических моделей и пространственных расчетных схем, что является особенно актуальным при рассмотрении таких уникальных сооружений, к которым относятся вертикальные стволы.

Актуальность предпринятого исследования состоит в том, что диссертант не только ставит и решает ряд важных на современном этапе развития геомеханики вопросов, связанных с оценкой влияния параметров совмещенной технологии проходки вертикальных стволов на напряженное состояние и несущую способность крепи, но также выявляет основные закономерности деформирования вмещающего массива в процессе строительства стволов. При этом следует особо отметить большой объем привлеченных результатов натуральных исследований, в том числе – полученных с участием автора, на базе которых строится дальнейшее компьютерное моделирование.

2. Содержание исследований, научная и практическая новизна полученных автором результатов

Представленная на отзыв диссертация изложена на 120 страницах машинописного текста и включает четыре главы, введение, заключение и три приложения. Список использованной литературы состоит из 104 наименований.

Основное внимание в выполненном исследовании автор уделил анализу горно-геологических условий и физико-механических свойств пород горных массивов, характерных для рудных месторождений России и Казахстана,

и изучению формирования напряженно – деформированного состояния крепи ствола, вследствие продвижения забоя при совмещенной технологии проходки. На основе анализа натуральных данных, полученных в Институте горного дела УрО РАН, в том числе – с участием автора, в работе выполнена проверка имеющихся предложений по учету пространственного характера нагружения крепи стволов с помощью соответствующих корректирующих множителей. Основываясь на результатах измерений в работе убедительно показано, что в крепких породах на до запредельной стадии деформирования массива, когда прочность пород обеспечена на всех этапах проходки, зона влияния забоя не превышает 2 – 3 радиусов выработки и смещения породных стенок полностью реализуются при удалении забоя на такое расстояние от рассматриваемого сечения. . При этом зона влияния забоя охватывает также массив впереди ствола на расстоянии до двух радиусов, где наблюдается постепенный рост деформаций при приближении к забою.

В условиях же больших глубин, когда массив переходит в состояние неупругого деформирования, влияние забоя ствола на конвергенцию породных стенок должно описываться экспоненциальной зависимостью, согласно которой 95% конвергенции реализуется при удалении забоя на расстояние не менее 6 радиусов.

Эти данные впоследствии послужили отправной точкой для экспериментальных исследований напряженно-деформированного состояния крепи и окружающего массива в стволе, сооружаемом по совмещенной технологической схеме. В качестве объекта исследования использован ствол «Клетевой» шахты «ДНК» Донского ГОКа. Измерения производились на интервале глубин 800–830 м. В этих условиях, как показали выполненные ранее в ИГД УрО РАН исследования, массив находится в запредельном состоянии неупругого деформирования. С помощью деформационного метода на больших базах, составляющих 3-8 м, автором выполнены измерения смещений контура породных стенок и крепи и изучено изменение напряженно-

деформированного состояния массива во времени при проходке ствола. Обработка полученных результатов позволила получить новую уточненную формулу для определения корректирующего множителя, позволяющего учитывать влияние расстояния до забоя на напряжения в крепи.

Таким образом, в качестве основного научного достижения следует признать предложенную автором концепцию прогноза напряженно-деформированного состояния крепи ствола в процессе проходки по совмещенной технологической схеме в условиях запредельного состояния горных массивов, характерных для Кемпирсайского хромитового месторождения. Это позволило разработать ряд мероприятий по предотвращению разрушений крепи стволов.

Так, на основе компьютерного моделирования в работе обосновывается метод опережающей разгрузки горных пород, сущность которого заключается в том, что при проходке ствола буровзрывным способом длина центральных шпуров забоя увеличивается. Таким образом, в центре ствола впереди основного проходческого забоя образуется опережающая разгрузочная выработка, которая инициирует реализацию конвергенций породных стенок ствола в призабойной зоне. В результате, как показали расчеты, существенно снижаются нагрузки на крепь ствола.

Другим методом повышения несущей способности крепи ствола является применение новых современных материалов. В частности автор указывает, что в качестве крепи и тампонажного раствора подходит керамзитобетон, обладающий высокими прочностными свойствами и более низким модулем деформации. Таким образом, применение более податливой крепи в затюбинговом пространстве позволяет уменьшить влияние смещений породных стенок выработки, вызванных продвижением забоя ствола, а также геодинамическими процессами в массиве горных пород.

3. Научная новизна и практическая ценность диссертации

В целом, научная новизна полученных в диссертации Харисова Т.Ф. результатов заключается в следующем:

– на основе теоретических и экспериментальных исследований выявлена и математически описана закономерность деформирования крепи в призабойной зоне в условиях запредельного (неупругого) деформирования массивов, характерных для Кемпирсайского хромитового месторождения, в процессе сооружения стволов с применением совмещенной технологической схемы;

- предложены и теоретически обоснованы методы повышения несущей способности крепи стволов, сооружаемых на больших глубинах, за счет опережающей разгрузочной выработки и применения податливых материалов на основе керамзитобетона, обладающих высокой прочностью.

Практическая ценность работы состоит:

- в разработке методики обоснования несущей способности крепи вертикальных стволов при совмещенной схеме проходки;

- в получении эмпирической формулы для определения корректирующего множителя, позволяющего учитывать влияние забоя на напряженное состояние крепи в процессе проходки ствола

- в обосновании параметров разгрузочной выработки, позволяющей уменьшить напряжения в крепи ствола;

- в разработке рекомендаций по использованию керамзитобетона в качестве тампонажного раствора и заполнения затюбингового пространства.

4. Степень обоснованности и достоверность полученных результатов

Достоверность и обоснованность результатов научных исследований автора не вызывает сомнений, поскольку их основу составляют данные

натурных измерений, а для их обработки использованы строгие методы математики и геомеханики.

5. Замечания и рекомендации по работе

1. Сравнение, а тем более противопоставление полученных в работе результатов, связанных с оценкой влияния забоя ствола, сооружаемого по совмещенной технологии, на напряженное состояние крепи с известными данными, полученными проф. Н.С.Бульчевым, проф. Б.З.Амусиным и др. представляется не совсем корректным, поскольку формулы для корректирующего множителя α^* этих авторов, введены для учета отставания возведения крепи от забоя, то есть той части смещений, которые реализовались в массиве до установки крепи, в то время как при совмещенном проходки ствола крепь устанавливается в забой.

2. Предложенный автором способ повышения несущей способности крепи путем создания разгрузочной выработки в условиях, когда массив находится в запредельном состоянии, требует дополнительного более детального обоснования, поскольку рассмотренная автором конечноэлементная модель, в которой горный массив представлен однородной упругой средой, строго говоря, не совсем отражает поведение реального массива, описанного в главе 2. Кроме этого, предварительное разрушение пород в результате взрывания удлиненных центральных шпуров вряд ли можно рассматривать как передовую выработку, а технология сооружения ствола с передовой выработки – это не совсем совмещенная технология.

3. Сведения об используемом при конечно-элементном моделировании программном пакете изложены весьма скупо; остается неясным, можно ли реализовать различные физические модели массива при использовании применяемого программного обеспечения. Следовало бы также уточнить, какие

ограничения накладываются на применяемую конечноэлементную модель (на количество рассматриваемых элементов, на размеры рассматриваемых областей и т.д.).

4. Идея использования новых материалов для крепления, обладающих высокой податливостью, но обеспечивающих высокую прочность на сжатие не является новой. В связи с этим диссертационное исследование существенно бы выиграло, если бы автор показал расчетом насколько повысилась несущая способность крепи конкретного ствола при использовании в качестве материала крепления керамзитобетона и как бы это повлияло на экономические показатели.

Сделанные замечания не относятся к научному содержанию работы и, в значительной степени, носят характер рекомендаций.

6. Заключение

В целом, наряду с научной новизной и практической значимостью работы, следует особо отметить, что в ней содержится решение актуальной научной задачи повышения несущей способности крепи стволов, сооружаемых по совмещенной технологии на больших глубинах, имеющей важное значения для горного дела и подземного строительства.

Диссертация оформлена должным образом. Основные результаты диссертации опубликованы в 11 научных статьях автора, 5 из которых – в изданиях, соответствующих перечню ВАК.

Содержание автореферата полностью раскрывает основные положения диссертационного исследования. Язык и стиль диссертации и автореферата соответствуют нормам научных публикаций.

Изложенное позволяет констатировать, что диссертация Т.Ф. Харисова является законченной научно-квалификационной работой, полностью соот-

ветствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» п.9, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.20 – Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика

Доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры механики материалов
Института горного дела и строительства
ФГБОУ ВО «Тульский государственный
университет»

Андрей Сергеевич
Саммал

Подпись А.С. Саммалю заверяю:

Начальник УАК



М.В.Метелищенкова

30 мая 2017 г.

300012, г. Тула, пр. Ленина, д. 92

телефон (4872) 33-24-10, e-mail: sammal@mm.tsu.tula.ru

Институт горного дела и строительства

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»