

АННОТАЦИЯ

диссертация на соискание степени доктора философии (PhD)
по специальности 6D070700 – «Горное дело»

БЕКТҰР БАҚЫТБЕК ҚАНЫБЕКҰЛЫ

Разработка и обоснование конструкции крепи вертикального ствола сооружаемого в сложных горно-геологических условиях (на примере шахты ДНК)

Актуальность работы.

Вертикальные стволы шахт являются главными в технологическом комплексе выработок, обеспечивая связь подземной части горного предприятия с поверхностью. Они долговременного назначения и в этой связи, к ним предъявляются повышенные требования: крепь ствола не должна иметь повреждений, что достигается выбором соответствующего материала и конструкции крепи с надлежащим запасом прочности, который определяется исследованиями и расчетом.

Проходка ствола является одним из самых ответственных, дорогостоящих, трудоемких и затратных этапов строительства шахты.

Около 30% стоимости и 50% общей продолжительности строительства шахты приходится на долю вертикальных стволов. При этом до 60% из этих затрат связаны с креплением выработок.

Одной из характерных особенностей современного подземного строительства является увеличение глубины месторождений, и как следствие усложнение горно-геологических условий, что в свою очередь, сопряжено с увеличением глубины вскрытия неустойчивых, обводненных и раздробленных пород. Поэтому особое значение приобретает вопрос надежности и долговечности крепи вертикальных стволов.

Рост уровня напряжений в горном массиве с глубиной обостряет проблему обеспечения устойчивости строящихся и эксплуатируемых капитальных горных выработок. На стадии проектирования выбранная крепь и ее характеристики должны обеспечивать устойчивость выработки в процессе строительства и эксплуатации, но, как показывает практика, этого зачастую не происходит. Исследуемый объект, входящий в состав группы месторождений Донских хромитов по своим природным параметрам, отличается уникальностью не только по объемам и богатому содержанию полезного ископаемого, но и неоднородностью и высокой сложностью горно-геологических условий залегания рудных тел и структурной нарушенности массива.

Характерной особенностью данного месторождения является неравномерной поле напряжений, действующие в массиве. Структурные особенности характеризуются наличием многочисленных тектонических нарушений и сильной раздробленностью массива горных пород. Структурные блоки этой среды находятся в подвижном состоянии, под влиянием современных геодинамических движений. Они вызывают неравномерное сосредоточенное нагружение крепи, что создает серьезные проблемы в обеспечении устойчивости выработки как в стадии строительства, так и последующей эксплуатации.

Нарушение целостности крепи строящихся и эксплуатируемых стволов шахт, влечет за собой множество негативных последствий, связанных с серьезными затратами на ее восстановление, снижением скорости проходки строящегося ствола, нарушением эффективности работы шахты, а иногда и с полной остановкой работы или консервацией выработок.

Например, на шахте «ДНК» Донского горно-обогатительного комбината в пяти стволах начиная с глубины 500 метров уровень напряжений в крепи достигал предела прочности бетона [8]. В клетевом и скипо-клетевом стволах наблюдались нарушения крепи в виде трещин и деформаций. Серьезная авария произошла в клетевом стволе. Двести метров крепи

на интервале глубин 552 – 765 м было полностью разрушено. Для восстановления разрушенного участка ствола потребовалось более двух лет. Основной причиной большого количества аварийных ситуаций, произошедших на стволах шахты «ДНК», является превышение действующих напряжений в массиве его предела прочности на глубине более 500 м, в результате чего массив находится в условиях неупругого деформирования (запредельного напряженно-деформированного состояния), что провоцирует подвижки блоков.

Поэтому, обеспечение устойчивости вертикальных стволов является острой и актуальной проблемой, от результата решения которой во многом зависит эффективность работы горнодобывающих предприятий, а также безопасность при их строительстве и эксплуатации.

Диссертационная работа, посвященная разработке и обоснованию конструкции крепи ствола «Скиповой» в интервале глубины 900÷1200 м, именно на участке пересечения комплекса ультраосновных пород – серпентинитов – обладающие особыми свойствами, является актуальной задачей горного производства.

Объектом исследования являются крепь вертикального ствола «Скиповой» и окружающий массив горных пород шахты «ДНК», АО ТНК «Казхром».

Предметом исследований являются: напряженно-деформированное состояние приконтурного массива и конструкция крепи ствола «Скиповой» в специфических условиях скальных массивов Донского ГОКа.

Целью работы является: разработка и обоснование инновационных конструкции крепей и эффективных технологии крепления вертикального ствола, на основе комплексного учета геомеханических и горно-технических факторов, обеспечивающей снижение затрат при строительстве и эксплуатации в сложных горно-геологических условиях, расположенного в анизотропном массиве с водоносным горизонтом.

Идея работы заключается в разработке индивидуальных конструкции крепей для каждого интервала пересекаемого выработкой ствола пласта (слоя) массива, с учетом особенностей взаимодействия элементов системы «породный массив-технология-вертикальный ствол» на стадии проходки, обеспечивающие повышения несущей способности и эксплуатационной надежности, а также минимизацию материалоемкости конструкции.

Обоснование необходимости проведения данной научно-исследовательской работы.

Необходимость выполнения научно-исследовательской работы вызвана сложностью геомеханических условий проходки стволов на шахте «Десятилетия независимости Казахстана» (шахта «ДНК»), обусловленной высоким уровнем напряжений нетронутого горного массива (первоначальными напряжениями) при сравнительно низкой его прочности.

Высокие напряжения обусловлены добавочными горизонтальными (тектоническими) напряжениями, что было экспериментально подтверждено натурными исследованиями ИГД УрО РАН при проходке ствола «Вспомогательный» и последующими многочисленными и многолетними инструментальными наблюдениями за напряженно-деформированными состоянием крепи ствола шахты.

Для выполнения поставленной цели в диссертации рассматриваются следующие **задачи исследования:**

- Изучение, обобщение и анализ геомеханических и горно-геологических условия проходки ствола «Скиповой» шахты ДНК.
- Изучение особенностей геолого-структурной модели, физико-механических и гидрогеологических характеристик комплекса ультраосновных пород – серпентинитов в интервале 900÷1200м, на участке пересечения выработкой ствола «Скиповой», с целью установления наиболее характерных особенностей поведения массива и определения оптимальных типов и параметров крепей.
- В целях выбора типа и параметров крепи для протяженной части ствола необходимо определить категорий устойчивости массива, с учетом сложности геомеханических условий проходки ствола, двумя альтернативными методами.

- определение рейтинга массива горных пород по многофункциональной геомеханической классификации Д.Лобшира (MRMR – Mining Rock Mass Rating);
- определение категорий устойчивости массива горных пород по традиционной методике проектирования подземных горных выработок (СНиП II-94-80, СН РК 2.03-04, СП РК 2.03.106-2013).

Определить нагрузку на крепь ствола:

- методом расчета основанные на теории расчета подпорной стены, где величина нагрузки определяются на контактах в вышележащем и нижележащем слоях пласта.

Для этого, естественно, необходимо определить значения коэффициента бокового давления (λ) в природном поле напряжений в массиве вмещающего выработку.

Изучение и подбор новых прогрессивных крепежных материалов с учетом разнообразия горно-геологических и геомеханических условий проходки выработки ствола;

Выбор типа и конструкции крепи на основе физических моделей с учетом взаимодействия крепи совместно деформирующейся с окружающими породным массивом для каждого слоя (пласта) индивидуально;

Анализ материалоемкости конструкции крепей ствола в исследуемом интервале глубины ствола.

Научная новизна работы:

– В процессе изучения структурных особенностей исследуемого интервала массива вокруг строящейся выработки выявлено наличие шести мелкоструктурных породных блоков с различными прочностными и деформационными характеристиками, а также установлены границы тектонических нарушений «зеркала скольжения». Поэтому, этот интервал разбит на слой в соответствии физико-механическим и водным свойствам пород. В четвертом слое отдельно определены пласты, которые отличаются друг от друга физико-механическими характеристиками.

– Для оценки категорий устойчивости массива горных пород в районе сооружения ствола «Скиповой», кроме традиционных методов оценки, впервые применена многофункциональная геомеханическая классификация Д.Лобшира (MRMR – Mining Rock Mass Rating).

На основе анализа и обобщения результатов исследования устойчивости массива по Д.Лобширу и СНиП II-94-80 определены границы однотипных породных слоев, что в дальнейшем позволяет определить расчетных параметров горизонтальных (радиальных) давлений пород на крепь послойно.

– Установлена, что неоднородность природного поле напряжений обусловлена наличием тектонических зон. Поэтому значения коэффициента бокового давления (λ) в природном поле напряжений определены альтернативными тремя методами, чтобы в результате их обобщения и анализа наиболее достоверную величину (λ) для определения горного давления пород на уровне кровли и почвы пласта.

– Предложены новые технологические решения по созданию породной водонепроницаемой конструкции на участке ствола с водоносными зонами. Сущность работы породных конструкций, создаваемых вокруг выработок, заключается в максимальном использовании несущей способности массива пород.

– На основе исследований, анализа и обобщения геомеханического состояние массива, вмещающего выработку ствола, и изучения прогрессивных материалов и конструкции современных крепей, предложены и обоснованы расчетами конструкции и параметры крепи для каждого интервала структурного слоя (пласта) индивидуально.

Научные положения и результаты, выносимые на защиту:

1. Исследованиями структурных особенностей массива вокруг строящейся выработки установлены наличие, в исследуемом интервале глубины, шести мелкоструктурных трещиноватых породных блоков с различными прочностными прочностными и

деформационными характеристиками, уточнены границы тектонических нарушений «зеркала скольжения» и изучены физико-механические и гидрогеологические свойства каждого отдельного пласта (слоя), чтобы на основе этих конкретных данных разработать и обосновать индивидуальный тип крепи для каждого слоя (пласта).

2. На основе определений категорий устойчивости массива, в интервале пересечения ствола ($H_c = 900 \div 1200$ м) двумя не зависимыми альтернативными методами (Д.Лобшира и традиционного эмпирического – СНиП II-94-80) установлены четкие границы однотипных породных слоев по своим физико-механическим и водным свойствам, что в дальнейшем позволяло производить расчет значений горизонтальных (радиальных) давлений пород на крепь послойно, индивидуально.

3. Определение значения коэффициента бокового давления на горную крепь, в связи с неоднородностью природного поля напряжений, производилось тремя альтернативными методами: в зависимости от глубины залегания слоя и модуля деформации; только от глубины залегания слоя (пласта); с учетом коэффициента Пуассона и объемного веса горных пород, с учетом глубины залегания слоя (пласта).

Определение горного и гидрогеологического давления на уровне кровли и почвы каждого слоя (пласта) породы на основе теоретических исследований λ – коэффициента бокового давления позволяет принятию технико-технологического решения по определению конструкции и материалов индивидуально.

- В целях минимизации влияния горного и гидростатического давления на конструкцию крепи на участке ствола с водоносными зонами предложено технология предварительного химического уплотнения массива вокруг ствола путем создания защитного слоя из породной конструкции с максимальным использованием несущей способности массива пород.

- На основе исследования геомеханических и горно-геологических условий сооружения ствола разработаны и обоснованы инновационные конструкции крепей с использованием новейших материалов в интервале глубины ствола ($H_c = 900 \div 1200$ м).

- Детально исследованы технико-экономические показатели различных конструкций крепи ствола «Скиповой».

Практическая значимость работы заключается в разработке крепи методом многофакторного обследования подземных сооружений, разработке методики прогноза изменения напряженно-деформированного состояния (НДС) с учетом реального горного давления, применение специализированных адаптированных программ, которые позволят повысить точность результатов многофакторных измерений.

Универсальность разработанной конструкции комбинированной крепи вертикального шахтного ствола позволит предотвратить аварийные ситуации, которые могут проявиться во время сооружения и эксплуатации, увеличит несущую способность и срок службы выработки, управлять гидростатическим давлением подземных вод, при возведении постоянной крепи с помощью инновационных строительных геоматериалов.

Результаты исследований автора диссертации будут использованы при разработке рекомендаций по эффективному усилению конструкций вертикального шахтного ствола сооружаемого в сложных горно-геологических условиях, водоносных горизонтов и при расчетах строительства ствола «Скиповой» АО ТНК «Казхром», что подтверждено в акте внедрения.

Методика проведения расчета может так же, использоваться в учебном процессе, в образовательных целях при моделировании динамических процессов для подземных сооружений разного назначения.

Личный вклад автора состоит в постановке задач исследования, непосредственное выполнение обобщения полученных результатов по всем разделам диссертации, а именно в подборе материалов для разработки комбинированной крепи, проведении комплексного многофакторного аналитического обследования скипового ствола, моделирование

сооружаемого ствола с применением современных ПО и проведение расчетов по определению НДС сложной системы подземных сооружений и анализе их результатов, составлению рекомендаций по технологии возведения разработанной крепи и предварительное решения грядущих ремонтов.

Обоснованность и достоверность научных результатов и выводов работы основываются в использовании специальных методов расчета и данных, для сравнения с ранее полученными результатами.

Методы исследования: аналитическо-геомеханический и механико-математическое моделирование процессов изменения НДС на основе теории упругости анизотропных сред и процессов определения начал разрушения на основе законов сохранения.

Экономическая значимость полученных результатов. Разработанная конструкция крепи вертикального шахтного ствола и установленные закономерности образования области пластических предразрушений в конструкции постоянной крепи ствола «Скиповой» позволяют заранее разработать рекомендации по дополнительному укреплению, что даёт возможность своевременно предотвратить разрушения и остановку производственного процесса. Так же позволит обеспечить бесперебойную работу производственно-промышленных объектов народного хозяйства и сохранение изначально заданных проектом параметров на весь срок эксплуатации.

Предлагаемая нами эффективная комбинированная крепь в 1,5 – 3 раза уменьшает расход материалов и является экономически выгодным, при проведении капитальных горных выработок.

Апробация работы.

Результаты исследований доложены на международных научных симпозиумах и конференциях: IX Международная конференция «Эффективное использование ресурсов и охрана окружающей среды – ключевые вопросы развития горно-металлургического комплекса» (20 – 22 май 2015 г., Усть-Каменогорск, РК); Science and technologies in geology, exploration and mining conference proceedings (30 June – 6 July, 2016 Albena, Bulgaria), «Проблемы недропользования» (19 – 21 апрель 2017 г., СПбГУ, Санкт-Петербург, РФ).

Публикации. Основные результаты диссертации отражены в 12 научных статьях. Из них 6 рекомендованных Комитетом по контролю в области образования МОН РК, 4 Международных конференции; 3 в рейтинговых международных журналах.

Реализация результатов работы. Результаты исследований будут рекомендованы при разработке рекомендаций по проходке и креплению вертикальных шахтных стволов, сооружаемых в сложных горно-геологических условиях, проектирований вертикальных стволов шахт, с предварительным тампонированием горных пород и гидроизоляции возводимой постоянной крепи ствола, получен акт внедрения результатов НИР от ТОО «ГСК Шахтпроект», а также использование отдельных результатов диссертационного исследования будут использованы для подготовки обучающихся в виде материалов лекционных курсов и практических работ по дисциплинам: MIN4691 «Технология строительства вертикальных горных выработок» и MIN4721 «Расчет конструкции подземных сооружений» для бакалавров специальности 6B07205 – «Горная инженерия», имеется акт внедрения результатов в учебный процесс.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 4 разделов, основных результатов и выводов, содержит 180 страниц машинописного текста, 30 таблиц, 36 рисунка, а также список использованных источников из 86 наименований и 8 приложений.