

## АННОТАЦИЯ

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

**Халикова Эльвира Равиловна**

### **«Создание эффективной технологии проведения выработок на базе аналитического моделирования геомеханических процессов»**

**Актуальность работы.** Мировой опыт передовых угледобывающих стран (США, Австралия, Китай и др.) показывает, что эффективное и надежное крепление капитальных и подготовительных выработок может быть обеспечено при использовании сталеполимерных анкеров с несущей способностью не менее 100-130 кН. Мониторинг применения анкерной крепи на угольных шахтах показывает, что она в соответствии с существующими нормативными документами используется как основная, так и вспомогательная в комбинации с металлической рамной податливой крепью. Существующие методики определения параметров анкерной крепи базируются на закреплении выработок путем создания анкерного моста или «подвески» сравнительно слабых слоев к мощной прочной зоне устойчивых пород.

Задача эффективного крепления выработок на шахтах полностью не решена, что связано с тем, что применяемый в настоящее время способ поддержания выемочных выработок рамными металлическими арочными крепями со стойками усиления является весьма трудоемким и металлоемким, и при наличии в непосредственной кровле угольных пластов слоистых трещиноватых пород мощностью более 3-4 м, а в основной кровле – труднообрушаемых пород, не обеспечивается безремонтное состояние выработок в течение срока службы выработки.

Поэтому одним из актуальных направлений в угольной отрасли горнодобывающей промышленности является разработка технологии крепления выемочных выработок с учетом техногенного состояния приконтурного массива в зонах повышенных смещений из-за различного рода нарушений залегания вмещающих пород и изменения элементов залегания угольных пластов.

**Цель** диссертационной работы состоит в разработке технологических схем по упрочнению ослабленной зоны горных пород при пересечении геологического нарушения подготовительной выработкой (в т.ч., до входа и на выходе из него), обеспечивающих повышение устойчивости горных пород, окружающих выработку.

**Для достижения поставленной цели в докторской диссертации решены следующие задачи:**

- оценены горнотехнические условия применения технологических схем крепления выработок при горноподготовительных работах;
- проведены шахтные наблюдения по установлению дефектности

подготовительных выработок в угольных шахтах, пройденных в зоне влияния геологических нарушений;

- установлены зависимости размеров зон разрушения и снижения прочности горных пород по периметру выработки от геолого-технологических параметров в окрестности контуров горных выработок;

- определены закономерности развития процессов деформаций в горных выработках, в т.ч. в ненарушенном и ослабленном нарушениями вмещающих породах;

- установлены закономерности и количественные показатели напряжений разрушения и смещения пород в кровле выработок для разработки способов их эффективного поддержания;

- сформированы системы и средства анкерного крепления при эксплуатации выработок с учетом геомеханического состояния приконтурного горного массива;

- изготовлены опытно-промышленные партии систем многоуровневого и разноцелевого упрочнения горного массива и произведен мониторинг внедряемых технологий крепления контуров выработок; внедрены результаты исследований по совершенствованию и реализации технологических схем проведения выработок;

- проведены промышленные эксперименты на шахте «Абайская» Карагандинского угольного бассейна по упрочнению пород кровли выработок;

- созданы прогрессивные способы крепления при проведении выработок в зонах геологических нарушений;

- разработаны технологические схемы эффективного поддержания при бесцеликовой технологии охраны горных выработок в нарушенном вмещающем массиве.

**Идея работы** заключается в обеспечении устойчивости контура горной выработки при пересечении зоны неустойчивых пород за счет стабилизации несущего слоя пород путем создания опережающего ограждающего контура из наклонно установленного с нахлестом анкерного крепления с системой из металлических стержней с винтообразной поверхностью, установленных в кровлю и бока выработки в пробуренные шпурсы (или скважины) в определенном порядке – по плотности, углам расположения и длине, с химическим закреплением смолой.

**Методология проведения работ.** В работе использована комплексная методика исследований, включающая обобщение, оценку и анализ специализированной информации, содержащейся в производственной практике, литературных и патентных источниках; числовое моделирование; разработку технологических решений, направленных на решение поставленных задач; опытно-промышленные, экспериментальные шахтные исследования.

**Основные научные положения, выносимые на защиту:**

- предлагаемая система из металлических стержней с винтообразной поверхностью, установленных по законтурной схеме длиной 1,8-2,4 м с

плотностью 0,8-1,2 анкер/м<sup>2</sup>, закрепленных химическим способом в кровле и боках выработки, способствует созданию единой монолитной плиты, работающей как единая система «порода-крепь», и обеспечивает безремонтное поддержание подготовительных горных выработок;

– наклонно установленные инъекционные нагнетательные анкера длиной 2,0-2,5 м через 0,8-1,2 м, закрепленные с нагнетанием под давлением 0,6-1,0 МПа, сопровождающаяся при ослабленном массиве принудительным смолоинъектированием в массив с шагом установки 1,0-1,5 м, наряду с основным анкерным креплением, создает несущий слой пород, воспринимающий нагрузки от вышележащих деформированных пород кровли, которые возникают в зоне нарушенных горных пород; несущая способность скрепленных пород зависит от величины коэффициента структурного ослабления массива (0,25-0,37 – коэффициент снижения прочности вмещающих пород) и угла заложения наклонных стержней 55-85°;

– опережающее упрочнение ослабленной зоны несвязанных горных пород с заблаговременным опережающим контурным ограждающим креплением в зоне нарушения, неустойчивых вмещающих пород вокруг выработки позволяет повысить устойчивость горных пород при пересечении тектонических нарушений подготовительными выработками на расстоянии 10 м от входа, на выходе из нарушенной зоны и непосредственно в ней;

– полученные в результате геомеханического моделирования напряжения в массиве для различных условиях устойчивости пород кровли с оценкой степени нарушенности породного массива через модуль Юнга в диапазоне 7 (уголь) – 35 (песчанник) МПа и коэффициент Пуассона 0,2-0,23, близки по характеру и динамике изменения к обратно параболическому закону и благоприятны по напряжениям и технологии установки инъекционной анкерной крепи в нарушенной зоне в диапазоне от 60 до 70° от фронта оси проводимой выработки, устанавливаемой в кровле выработок, пройденных в геологически и техногенно нарушенных породах.

**Основные научные результаты** заключается в следующем:

– ограждающая анкерная крепь, установленная в неустойчивую непосредственную кровлю с наклоном 60-70° к оси забоя проводимой выработки с нахлестом 1,0-1,5 м для обеспечения смещений пород кровли до 150 мм, после установки основной анкерной крепи, создает несущий ограждающий слой закрепленных пород толщиной 1,7-2,0 м, воспринимающий нагрузки от вышележащих деформированных пород кровли, которые возникают в зоне нарушенных приконтурных пород;

– после формирования в окрестности выработки несущей породно-анкерной конструкции шириной 2,4 м, начинается расслоение пород за ее пределами на расстоянии действия неупругих деформаций до 3,6-4,0 м, при которой породно-анкерная система не только воспринимает нагрузку от разрыхления пород в зоне разрушения, но и сдерживает развитие разрушения в сторону выработки, а также препятствует смещению пород в пределах зоны неупругих деформаций, в направлении полости выработки, что создает в

массиве породно-анкерную конструкцию ограждающе – удерживающей крепи выработки с перекрытием объемом зон действия установленных через 1,0-1,5 м инъекционных анкеров;

– разработаны технологические схемы установки разработанной крепи, обеспечивающей снижение затрат на поддержание выработок в нарушенном горном массиве, соизмеримом по амплитуде с вынимаемой мощностью пласта;

– результаты работы нашли применение при разработке паспортов крепления выработок проектными организациями и используются в учебном процессе, что отражено в акте и намерениях по внедрению в учебно-методические разработки по горному профилю.

**Научная новизна** работы заключается в том, что:

– сформировано прогрессивное технологическое решение, обеспечивающее при проходке горных выработок за счет установки анкеров вкрест предполагаемых линий разлома пород непосредственной кровли, «контурную жесткую» монолитную конструкцию (со смещениями до 150 мм), работающую при проведении выработки как единая система «порода-крепь»; причем при угле встречи не более  $90^\circ$ , повышенные напряжения характерны при входе в нарушенную зону, а при углах встречи более  $90^\circ$ , при выходе из геологического нарушения с зоной обработки, превышающей суточное подвигание проходческого забоя на выемочный цикл (закрепление наперед 1,0 м).

**Научное значение** работы состоит в установлении параметров и создании технологии крепления горных выработок в ослабленных массивах вмещающих пород на основе численных экспериментальных исследований деформаций горных пород вокруг контура выработок.

**Практическая ценность** работы состоит в возможности эффективного применения технологии упрочняющего крепления вокруг выработки, разработке технологических схем проведения выработок и крепления окружающих её неустойчивых пород.

**Личный вклад** диссертанта состоит в научном обосновании создания эффективной конструкции ограждающих систем для крепления в зонах с неустойчивыми (нарушенными) горными породами при горно-проходческих работах.

**Практическое значение** работы состоит в том, что горная выработка, проводимая по нарушенному пласту, крепится впереди забоя выработки контурными ограждающими инъекционными анкерами, устанавливаемыми в кровлю и бока выработки на входе, по всей длине зоны и на выходе из нарушения, что создает зоны усиленного крепления, и придает выработке необходимую устойчивость. Производится опережающее упрочнение ослабленной зоны горных пород при пересечении зоны тектонического нарушения подготовительной выработкой, для создания устойчивого слоя горных пород и анкерной крепи в пределах поддерживаемого контура.

**Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций** подтверждаются использованием апробированных

аналитических и экспериментальных методов, представительным объемом данных, полученных в натуральных условиях), хорошей сходимостью расчетных и фактических параметров работы анкерной крепи выработок.

**Предмет исследований.** Проводимые горные выработки в зонах, ослабленных геологическими нарушениями, и с отклонениями от элементов залегания (по мощности, строению угле-породного массива, углу падения и гипсометрии) угольных пластов на предприятиях горной промышленности.

**Теоретическая и практическая значимость работы** заключается в обосновании и определении на основе оценки напряженно-деформированного состояния вмещающего горного массива параметров формирования эффективного и малозатратного способа ограждающего контурного упрочнения при неустойчивых породах впереди забоя проводимой выработки.

Экономический эффект от превентивного двухуровневого крепления впереди зоны опорного давления составляет:  $5\ 527\ 200$  тенге -  $2\ 535\ 700 = 2\ 991\ 500$  тенге в месяц или  $35\ 898\ 000$  тенге в год без учета потери добычи в очистном забое (если выработка проводится в неустойчивых породах).

**Реализация работы.** Основные выводы и рекомендации, полученные в докторской диссертации, рекомендованы при проведении горных выработок на шахтах Карагандинского угольного бассейна в зонах с неустойчивыми вмещающими породами – в 1 монографии, в 7 научных статьях, в 8 тезисах научных конференций и 1 изобретении.

#### **Апробация работы.**

Основные положения работы докладывались и получили одобрение: на научном семинаре кафедры РМПИ КарГТУ в мае 2020 г.; научно-техническом совете КарГТУ (июнь 2020 г.). Результаты научных исследований, полученных в диссертации, внедрены в учебный процесс по профильным дисциплинам специальностей бакалавриата 6В07202 и магистратуры 6М07202 «Горное дело».

#### **Участие в НИР, грантовом финансировании в качестве исполнителя:**

1. НИР по теме: №АР05135535 «Разработка контурной технологии крепления выработок с управлением техногенным состоянием угле-породного горного массива вмещающих пород», грантовое финансирование научных исследований МОН РК на 2018-2020 гг.

2. НИР по теме: «№АР05135203 «Разработка интеллектуальных информационных систем для расчета технологических параметров процессов горного производства», грантовое финансирование научных исследований МОН РК на 2018-2020 гг.

3. НИР и ОКР по теме: «Разработка и внедрение технологии, систем и средств активного крепления горных выработок с учетом напряженно-деформированного состояния массива приконтурных пород», программно-целевое финансирование научных исследований на 2018-2020 гг. с КазНИТУ им. К. Сатпаева.

В рамках выполнения проектов по грантовому финансированию с КН МОН были получены Акт внедрения в учебный процесс (Приложение А) и Протокол о намерениях внедрения в производство (Приложение Б).

**Структура работы.** Диссертация состоит из введения, 5-и разделов, заключения и содержит 110 страниц текста, 62 рисунка, 13 таблиц, список используемых источников из 101 наименования.

Докторант благодарит казахстанского и зарубежного научных консультантов за рекомендации и помощь проведение экспериментов и выполнении отдельных этапов диссертационной работы.