

Оптимизация параметров анкерного крепления горных выработок с учетом факторов условий эксплуатации: анализ шахт Карагандинского угольного бассейна

¹*МУТОВИНА Наталья Викторовна, к.т.н., доцент, mutovina_natalya@mail.ru,

¹СМАГУЛОВА Асемгуль Сериковна, к.т.н., доцент, asemgul_sss@mail.ru,

¹ДЕМИН Владимир Федорович, д.т.н., профессор, vladfdemin@mail.ru,

¹ТОМИЛОВ Александр Николаевич, PhD, старший преподаватель, tom44487@mail.ru,

¹НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Представленная статья рассматривает исследование, посвященное обоснованию параметров крепления горных выработок с использованием технологии анкерного крепления на примере условий эксплуатации угольных шахт Карагандинского угольного бассейна. Авторы анализируют воздействие горно-геологических и горнотехнических факторов на выбор и расчет параметров крепления, представляя структурную схему выбора методов и расчета параметров анкерного крепления, адаптивную к воздействующим условиям. Исследование выявляет закономерности изменения параметров крепления под влиянием условий эксплуатации и предлагает технические решения для обоснования параметров анкерного крепления, способствуя повышению устойчивости горных выработок. Эти результаты являются ценным вкладом как в практическое применение на шахтах, так и в дальнейшее научное развитие в области горного дела.

Ключевые слова: угольный бассейн, угольный пласт, горная выработка, каменный уголь, анкер, деформация, крепление.

Введение

При освоении глубинной разработки Карагандинского угольного бассейна усложняются условия, в которых работают горно-геологические и горнотехнические процессы. Размеры зон опорного давления в окрестностях очистных выработок значительно увеличиваются, а интенсивность проявлений горного давления внутри выемочных полей возрастает. Более 60% окружающих пород непосредственно над угольными пластами, где проходят подземные горные работы на шахтах Карагандинского угольного бассейна, находятся в неустойчивом состоянии, а породы непосредственно над угольными пластами могут подвергаться вздутию.

Из-за этой ситуации введение кратного крепления поддерживаемых выработок на шахтах достигает двух-трехкратного значения в течение их эксплуатации, и более 25% таких выработок требуют ежегодного

ремонта и работ по усилению их устойчивости, что связано с серьезными материальными затратами и большими трудозатратами. В последнее время технологии анкерного крепления горных выработок получают все большее применение по всему миру. Однако практика использования таких технологий на шахтах Карагандинского угольного бассейна выявила ряд серьезных недостатков, которые приводят к деформациям подготовительных горных выработок, таким как смещения породного контура и обвалы из кровли и боков выработки.

Определение и настройка параметров анкерного крепления горных выработок зависят от горно-геологических и горнотехнических условий конкретного месторождения. Это актуальная задача как для шахт Карагандинского угольного бассейна, так и для всего горнодобывающего сектора экономики Республики Казахстан [1].

Значимость этой работы заключается в

нескольких аспектах:

- выборе определенной методологии и подходе для вычисления параметров анкерного крепления горных выработок на шахтах Карагандинского угольного бассейна.

- обосновании выбора конкретной технологии анкерного крепления для различных типов горных выработок, соответствующих конкретным условиям эксплуатации шахт Карагандинского угольного бассейна.

- изучении закономерностей изменения параметров технологии анкерного крепления под влиянием факторов, определяющих условия эксплуатации горных выработок. Эти закономерности позволят техническим службам шахт создавать модели параметров крепления горных выработок и выбирать наиболее обоснованные варианты видов анкерного крепления.

Это исследование имеет практическое значение, так как не только предоставляет методику расчета параметров крепления горных выработок, но и обосновывает выбор технологий для различных условий эксплуатации, позволяя оптимизировать процессы принятия решений и использования анкерного крепления на шахтах. Общие объемы запасов угля достаточны для поддержания текущих темпов его добычи в течение продолжительного периода. В основном запасы угля состоят из суббитуминозного угля, хотя также имеются запасы бурого и коксующегося угля. Доля потребления первичных энергоресурсов в Казахстане была следующей: уголь – 56,5%, нефть – 20,9%, природный газ – 19,1%, гидроэнергетика – 3,3% (см. рисунок 1). Это свидетельствует о том, что угольная промышленность является одной из ключевых отраслей экономики страны. В Казахстане обнаружено более 300 месторождений угольных ископаемых с общими геологическими запасами в размере 170,2 миллиарда тонн (см. рисунок 2). Более 90% этих запасов сконцентрированы в центральной и северной частях страны. Наиболее крупными угольными бассейнами являются Экибастузский (12,5 миллиарда тонн), Карагандинский (9,3 миллиарда тонн) и Тургайский (5,8 миллиарда тонн).

Площадь Карагандинского угольного бассейна охватывает 3,6 тысячи квадратных километров, и его основными промышленными центрами являются города: Караганда, Сарань, Шахтинск и Абай.

Протяженность Карагандинского угольного бассейна равна 120 километрам при ширине от 30 до 60 километров. На юге и западе бассейн ограничен разломными зонами, а на севере и востоке имеет эрозионные срезы продуктивных каменных угольных отложений [2].

Строение бассейна асимметричное: северные и восточные части наклонены под углом 10-20°, тогда как южная часть имеет крутой наклон и подвержена интенсивным нарушениям вследствие движения Жалаирской зоны. На западе продуктивные отложения прерываются крупным Тентекским разломом.

Карагандинский угольный бассейн разделен на несколько площадей – Верхнесокурскую, Карагандинскую, Шерубай (Чурубай)-Нуринскую, которые осложнены вторичной складчатостью (мульды, такие как Тентекская, Дубовская и др.) и множеством разломов, включая поперечные Майкудукские и Алабасские поднятия. В угольном бассейне присутствуют различные угленосные свиты: Ашлярикская, Карагандинская, Долинская, Тентекская, Дубовская и Михайловская.

Особенности Карагандинского бассейна заключаются в разнообразии геологических условий: различной толщины пластов, углов наклона, характеристик вмещающих пород кровли и почвы, содержания газа, глубине залегания, влажности углей и степени их выбросоопасности [3].

Методы исследования

Монтаж анкерных креплений производится после выполнения операций по извлечению и транспортировке горных массивов.

Для поддержания устойчивости выработок, оборудованных анкерной крепью на протяжении всего периода эксплуатации, особенно в областях с воздействием очищенного пространства, геологических нарушений, повышенного давления горных пород, а также при обнаружении критических сдвигов в кровле пород в результате инструментального мониторинга, проводится установка дополнительной крепежной конструкции.

Согласно исследованиям [4], начиная с 2008 года, на нескольких шахтах Карагандинского угольного бассейна (шахты им. Костенко, им. Кузембаева, «Казахстанская» и Саранская) наблюдается переход к использованию чистой анкерной крепи. В то время как на шахтах «Шахтинская», «Абайская», им. Ленина и «Тентекская» преобладает комбинированная крепь. Анализ графика (см. рисунок 3) указывает на тенденцию к использованию самостоятельных одноуровневых анкерных креплений.

Использование прямоугольных выработок с анкерной крепью позволяет установить механизированные крепи лавы прямо в конвейерных и вентиляционных горных выработках [5].

Технология укрепления горных вырабо-

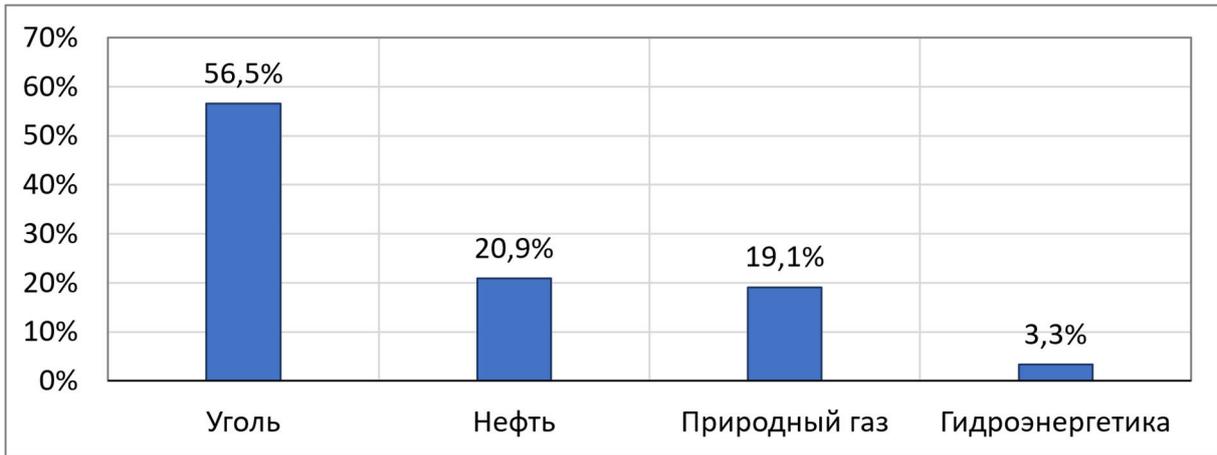


Рисунок 1 – Потребление первичных энергоресурсов в Казахстане

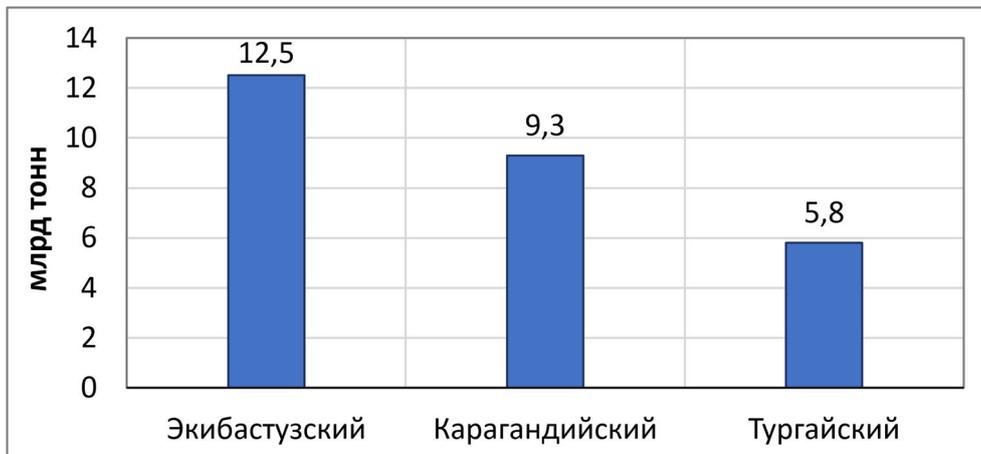


Рисунок 2 – Объемы угольных бассейнов

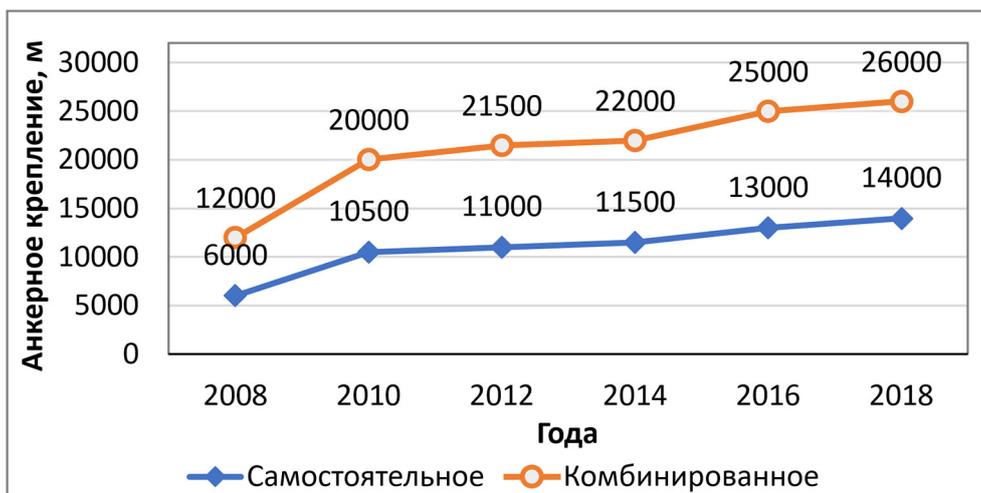


Рисунок 3 – Темпы крепления анкерной крепью на шахтах Карагандинского угольного бассейна

ток с использованием буровых установок «TURBO» и химических ампул внедряется

для реализации анкерного крепления. Анализ последних технологических раз-

работок для поддержания стабильности горных выработок показывает, что анкерное упрочнение массива является наиболее передовым и технически оснащенным методом. Однако этот тип крепления не всегда соответствует повышенным требованиям обеспечения устойчивости горных пород. Несмотря на высокую устойчивость к выдерживанию, анкерная крепь гарантирует надежную поддержку кровли выработок лишь при наличии больших блоков пород и небольшой трещиноватости [6].

После изучения конструкции анкерных крепей и их применения на шахтах Карагандинского угольного бассейна были выявлены основные причины ограниченного использования анкерного крепления для выработок на этих шахтах [7]. Эти причины включают в себя следующее:

- усложнение горно-геологических и горнотехнических условий вследствие перехода к более глубокой разработке;

- увеличение площади сечения выработок на 35-40%, особенно у выемочных участков, а также увеличение объемов обработки нефиксированных выработок на

границе с уже обработанными участками;
 - недостаточная разработка методических подходов, определяющих применение передовых технологий крепления [8].

Для решения указанных проблем предлагается использование одно- или двухуровневых анкерных крепей либо их комбинированных видов для подготовительных выработок.

Аналитические расчеты направлены на выявление закономерностей изменения параметров анкерного крепления горных выработок на шахтах Карагандинского угольного бассейна от влияющих факторов условий эксплуатации, таких как глубина заложения выработки (Н), смещение пород кровли (U_m) и сопротивление пород на сжатие (R_c/V_c).

Рекомендации по параметрам анкерного крепления для шахт им. Кузембаева, им. Ленина, им. Костенко в Карагандинском бассейне, учитывающие глубину и ширину выработок в различных геологических и горнотехнических условиях, представлены в таблицах 1, 2, 3.

Рисунки 4-5 демонстрируют закономер-

Таблица 1 – Оценка состояния устойчивости пород

Выработка	Шахта	Глубина заложения, м	Смещение пород кровли, мм	Сопротивление пород кровли на сжатие $0,5 \cdot V_c / 1,5 \cdot V_c$, МПа	Состояние пород вокруг выработки	Схема крепления
Вентиляционный штрек 41 _{к13} -в	им. Кузембаева	492	88	28,8/10,8	Устойчивые	Двухуровневая
Вентиляционный бремсберг 44 _{к3} -в	им. Костенко	641	109,8	31,31/14,22	Среднеустойчивые	Комбинированное
Монтажная камера 51 _{к7} -в	им. Костенко	670	93,02	30,6/38,3	Устойчивые	Двухуровневая
Вентиляционный бремсберг 40 _{к7} -в	им. Костенко	720	323,96	27,3/13,5	Неустойчивые	Комбинированное
Бремсберг 4.04 _{д6} -в	им. Ленина	737	421	15,16/15	Очень неустойчивые	Двухуровневая

Таблица 2 – Состояние прочности пород от глубины заложения выработки

Глубина	Смещение пород кровли, мм	Состояние устойчивости пород
До 500	до 90	Устойчивые
500-700	100-300	Среднеустойчивые
601-700	300-400	Неустойчивые
700-800	более 400	Очень неустойчивые

Таблица 3 – Рекомендуемые параметры анкерного крепления, в зависимости от глубины и ширины горных выработок, для условий эксплуатации шахт Карагандинского угольного бассейна

Рекомендуемая схема крепления	Двухуровневая	Двухуровневая	Анкерная	Анкерная	Комбинированная	Анкерная	Комбинированная	Комбинированная
Горная выработка	Монтажная камера 51 _{к7-в}	Вент. штрек 41 _{к13-в}	Конв. уклон 41 _{к13-к14}	Полевая вент. сбойка 42 _{к13-в}	Вент. сбойка 45 _{к10-в} №3	Вент. бремсберга 44 _{к10-в}	Вент. бремсберга 44 _{к3-в}	Конв. уклон Д6 гор.-340 м
Шахта	им. Костенко	им. Кузенбаева	им. Кузенбаева	им. Кузенбаева	им. Кузенбаева	им. Кузенбаева	им. Костенко	им. Ленина
Глубина заложения выработки, м	670,0	492	526	522	600	639	641	796
Ширина выработки, м	44	5	5	5,5	5,8	5,5	5	5,81
Высота выработки, м	3	3	3,4	3	3,8	3,4	3,3	4,155
Тип кровли по обрушаемости	II тип	I тип	I тип	I тип	II тип	I тип	II тип	III тип
Величина заглубления анкера, м	0,5	0,35	0,5	0,3	0,5	0,5	0,5	0,3
Длина части анкера, выступающей в выработку (ln), м	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Сопротивление пород кровли выработки сжатию (R _c), МПа, МПа на высоте кровли 0,5*В, м	9	28,8	39,6	49,5	24	49,5	31,32	15
Смещение пород в кровле выработки (Um), мм	92	88,07	46,46	30,46	185,1	45,34	109,8	499,42
Сопротивление пород кровли выработки сжатию (R _c), МПа, МПа на высоте кровли 1,5*В м,	38,34	38,18			18,3		33,24	15,0
Плотность установки анкерной крепи в кровле выработки, шт/м ² (P _k)	5,39	3,34	0,56	1,2	1,16	1,2	0,79	2,46
Плотность установки рамной крепи (с учетом анкерной крепи), рам/м					0,57		0,31	1,2
Длина анкера в кровле выработки, м	2,4	2,4	2,4	2,4	2,61	2,4	2,4	3,78
Длина канатного анкера, м	5,03	5,74						
Количество анкеров в ряду в боках выработки, шт,		2	2	2		2		

ности изменения параметров комбинированного и двухуровневого крепления в зависимости от глубины заложения выработки и соотношения сопротивления породы кровли к ширине выработки (R_c/B_c).

В ходе изучения исследований, направленных на определение параметров анкерного крепления в условиях эксплуатации Карагандинского угольного бассейна, были выведены следующие рекомендации для

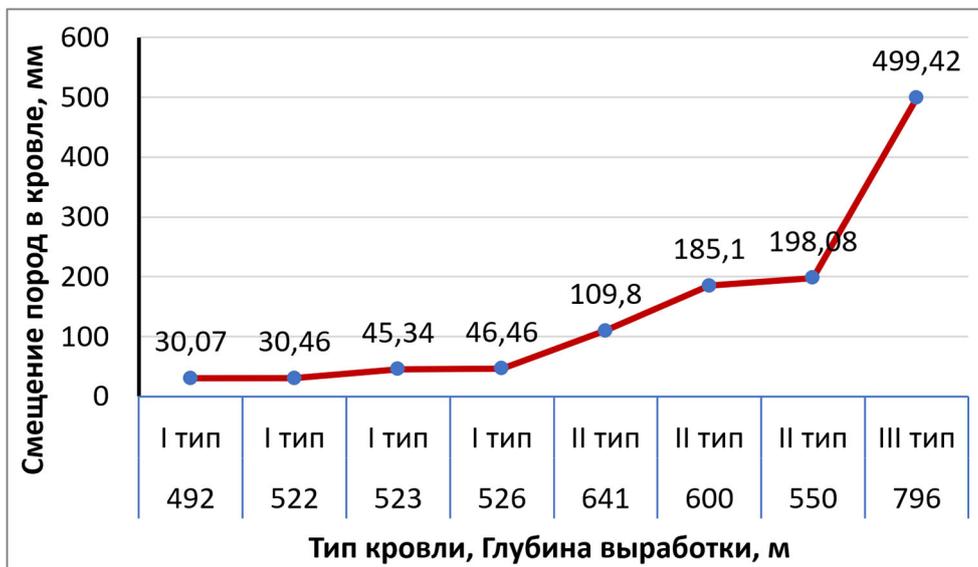


Рисунок 4 – Зависимость смещения пород кровли от глубины выработки

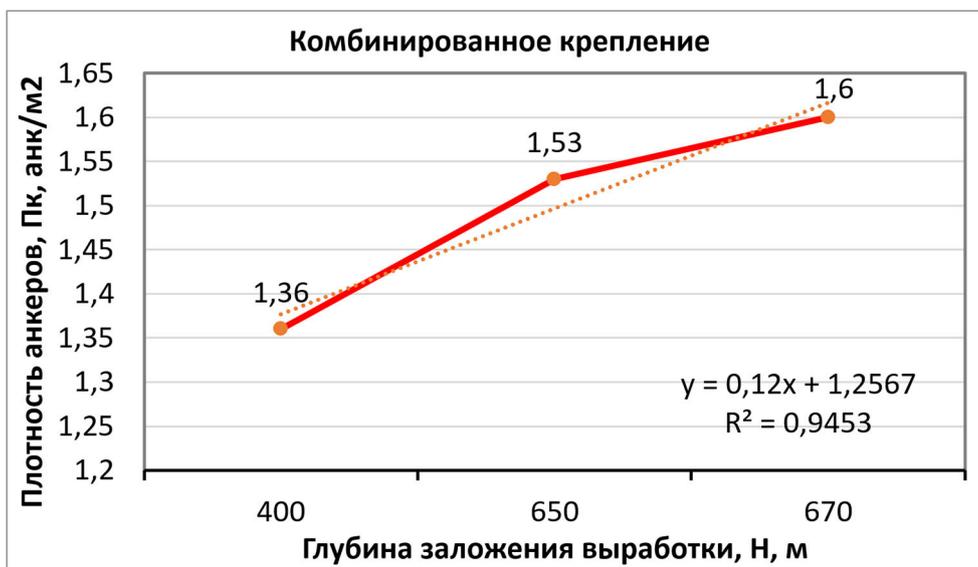


Рисунок 5 – Зависимость плотность установки анкеров в кровле выработки, при комбинированной схеме крепления

расчета и выбора параметров анкерного крепления выработок:

- при расчетном сопротивлении пород кровли на сжатие $R_c \geq 24$ МПа и смещении пород кровли $U_m \leq 50$ мм и поддержании выработок в течение всего срока их службы рекомендуется применять одноуровневое анкерное крепление;

- при расчетном сопротивлении пород кровли на сжатие $R'_c \leq 28$ МПа (R'_c , сопротивление пород кровли на сжатие на высоте свода $1,5 \cdot B_c$) рекомендуется применять комбинированное крепление;

- при расчетном сопротивлении пород кровли на сжатие $R'_c \geq 28$ МПа рекомендуется применять двухуровневое крепление.

Научные результаты

Научные результаты, представленные в статье, относятся к области обоснования оптимальных параметров крепления горных выработок при использовании технологии анкерного крепления. Эти параметры учитывают влияние горно-геологических и горнотехнических факторов, характерных для условий эксплуатации угольных шахт.

При расчете параметров анкерного крепления для подготовительных горных выработок были учтены поправочные коэффициенты, отражающие условия эксплуатации шахт Карагандинского угольного бассейна. Регулировка значений этих коэффициентов и характеристик, влияющих на горно-геологические и горнотехнические факторы, составляет 20% для параметров анкерного крепления и 15% для условий эксплуатации.

Разработана структурная схема выбора методов и расчета параметров технологии анкерного крепления для различных видов горных выработок, адаптивная к воздействию факторам условий эксплуатации. Эта методология позволит расширить применение анкерного крепления на шахтах Карагандинского угольного бассейна более чем на 20%.

Получены закономерности изменения параметров анкерного крепления в зависимости от воздействующих факторов условий эксплуатации, таких как глубина залегания выработки, смещение пород кровли и сопротивление пород сжатию. Эти закономерности позволят технологическим службам шахт моделировать параметры крепления горных выработок и выбирать оптимальные виды анкерного крепления.

Выводы

Данное исследование охватывает важные аспекты разработки и обоснования параметров крепления горных выработок при использовании технологии анкерного крепления. Анализ исследованных факторов горно-геологического и горнотехнического характера, специфичных для условий эксплуатации угольных шахт, позволил сформулировать следующие ключевые выводы.

Расчеты параметров анкерного крепления, учитывающие поправочные коэффициенты для условий эксплуатации шахт Карагандинского угольного бассейна, демонстрируют важность корректировки значений параметров крепления и условий экс-

плуатации

Структурная схема выбора методов и расчета параметров анкерного крепления, адаптивная к воздействующим факторам условий эксплуатации, открывает перспективы для расширения применения данной технологии на шахтах Карагандинского угольного бассейна на более чем 20%.

Созданная программа для компьютеров, автоматизирующая расчет параметров анкерного крепления горных выработок, позволяет увеличить производительность труда технологической службы на 90% и повысить эффективность работы на 50%.

Изучены закономерности изменения параметров анкерного крепления под воздействием факторов условий эксплуатации, что позволит более точно моделировать параметры крепления и выбирать оптимальные виды анкерного крепления для различных типов горных выработок.

Разработанные технические решения для обоснования параметров анкерного крепления, учитывающие влияющие факторы, обладают достоверностью на уровне 90% для плотности установки анкерных крепей и 0,1 м для абсолютной длины анкеров.

Обобщенные результаты исследования указывают на значимость представленных методик, программ и технических решений для повышения эффективности и безопасности горнодобывающих работ на угольных шахтах, а также для обогащения научных знаний в области крепления горных выработок. Эти выводы могут быть полезны как для практического применения на шахтах, так и для дальнейших научных исследований в области горного дела.

Данное исследование проводилось в рамках грантового финансирования научных и научно-технических проектов Республики Казахстан на 2023-2025 годы № AP19680292 «Разработка экспертной системы принятия решений по вопросам крепления и поддержания горных выработок».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахунбаев А. Состояние и перспективы угольной промышленности Казахстана // Отраслевой журнал «Горно-металлургическая промышленность» / ТОО «Горнорудная компания Казахстана». 2017. – № 8 (110).
2. Практическое применение геомеханики для решения задач горного производства: учеб. пособие / В.Ф. Демин, Ю.Н. Шапошник; Карагандинский государственный технический университет. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2016. – 90 с.

3. Ольховатенко В.Е., Трофимова Г.И. Характеристика физико-механических свойств горных пород Ерунаковского южного месторождения // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2013. – С. 95-105.
4. Прокопьев А.В., Фридовский В.Ю., Гайдук В.В. Горная энциклопедия: учебное пособие / Под ред. Л.М. Парфенова. – Якутск: ЯФ Изд-ва СО РАН, 2004. – С. 121-140.
5. Корбашов М.А. Геомеханическое обоснование способов и средств повышения устойчивости слоевых выработок мощных пологих слоев: Дис. ... кандидата технических наук. – Новокузнецк: СГИУ, 1999. – 137 с.
6. Каретников В.Н., Клейменов В.Б., Нүждихин А.Г. Крепление капитальных и подготовительных горных выработок: Справочник. – М., 2013. – 235с.
7. Стефлюк Ю.Ю. Разработка технологии управления устойчивостью контуров горных выработок в сложных горнотехнических условиях эксплуатации: Дис. ... PhD. КарГТУ, 2017. – 127 с.
8. Технология крепления горных выработок полимерными анкерами. – М.: НПЦ «Технология и оборудование», 2005. – 3 с.

Пайдалану жағдайларының факторларын ескере отырып, тау-кен қазбаларын анкерлік бекіту параметрлерін оңтайландыру: Қарағанды көмір бассейнінің шахталарын талдау

^{1*}**МУТОВИНА Наталья Викторовна**, т.ғ.к., доцент, mutovina_natalya@mail.ru,

¹**СМАГУЛОВА Асемгуль Сериковна**, т.ғ.к., доцент, asemgul_sss@mail.ru,

¹**ДЕМИН Владимир Федорович**, т.ғ.д., профессор, vladfdemin@mail.ru,

¹**ТОМИЛОВ Александр Николаевич**, PhD, аға оқытушы, tom44487@mail.ru,

¹«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Н. Назарбаев даңғылы, 56, Қарағанды, Қазақстан,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Ұсынылған мақалада Қарағанды көмір бассейнінің көмір шахталарын пайдалану жағдайлары мысалында анкерлік бекіту технологиясын пайдалана отырып, тау-кен қазбаларын бекіту параметрлерін негіздеуге арналған зерттеу қарастырылады. Авторлар әсер ету жағдайларына бейімделген анкерлік бекіту әдістерін таңдау мен параметрлерін есептеудің құрылымдық сұлбасын ұсына отырып, тау-кен геологиялық және тау-кен техникалық факторларының бекіту параметрлерін таңдау мен есептеуге әсерін талдайды. Зерттеу жұмыс жағдайларының әсерінен бекіту параметрлерінің өзгеру заңдылықтарын анықтайды және тау-кен жұмыстарының тұрақтылығын арттыруға ықпал ететін анкерлік бекіту параметрлерін негіздеу үшін техникалық шешімдерді ұсынады. Бұл нәтижелер шахталарда практикалық қолдануға да, тау-кен саласындағы ғылыми дамуға да құнды үлес болып табылады.

Кілт сөздер: көмір бассейні, көмір қабаты, тау-кен өндірісі, көмір, анкер, деформация, бекіту.

Optimization of Anchorage Parameters for Mine Workings Considering Factors of Operating Conditions: Analysis of Mines in the Karaganda Coal Basin

^{1*}**MUTOVINA Natalia**, Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, mutovina_natalya@mail.ru,

¹**SMAGULOVA Assemgul**, Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, asemgul_sss@mail.ru,

¹**DEMIN Vladimir**, Dr. of Tech. Sci., Professor, vladfdemin@mail.ru,

¹**TOMILOV Alexandr**, PhD, Senior Lecturer, tom44487@mail.ru,

¹NPJSC «Abylqas Saginov Karaganda Technical University», N. Nazarbayev Avenue, 56, Karaganda, Kazakhstan,

*corresponding author.

Abstract. *The presented article considers a study devoted to the substantiation of the parameters of fastening of mine workings using anchor fastening technology on the example of the operating conditions of coal mines of the Karaganda coal basin. The authors analyze the impact of mining and geological and mining engineering factors on the selection and calculation of fastening parameters, presenting a structural scheme for the selection of methods and calculation of anchor fastening parameters, adaptive to the influencing conditions. The study reveals patterns of changes in fastening parameters under the influence of operating conditions and offers technical solutions to substantiate the parameters of anchorage, contributing to increasing the stability of mine workings. These results are a valuable contribution both to practical applications in mines and to further scientific development in the field of mining.*

Keywords: *coal basin, coal seam, mining, coal, anchor, deformation, fastening.*

REFERENCES

1. Ahunbaev A. Sostoyanie i perspektivy ugol'noj promyshlennosti Kazahstana // Otrasleyvoj zhurnal «Gornometallurgicheskaya promyshlennost'» / TOO «Gornorudnaya kompaniya Kazahstana», 2017. – No. 8 (110).
2. Prakticheskoe primenenie geomekhaniki dlya resheniya zadach gornogo proizvodstva: ucheb. posobie / V.F. Demin, YU.N. SHaposhnik; Karagandinskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet. – Karaganda: Izd-vo KarGTU, 2016. – 90 p.
3. Ol'hovatenko V.E., Trofimova G.I. Harakteristika fiziko-mekhanicheskikh svojstv gornyh porod Erunakovskogo yuzhnogo mestorozhdeniya // Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten' (nauchno-tekhnicheskij zhurnal). – 2013. – Pp. 95-105.
4. Prokop'ev A.V., Fridovskij V.YU., Gajduk V.V. Gornaya enciklopediya: uchebnoe posobie / Pod red. L.M. Parfenova. – YAkutsk: YAF Izd-va SO RAN, 2004. – Pp. 121-140.
5. Korbashov M.A. Geomekhanicheskoe obosnovanie sposobov i sredstv povysheniya ustojchivosti sloevyh vyrabotok moshchnyh pologih sloev: Dis. ... kandidata tekhnicheskikh nauk. – Novokuzneck: SGIU, 1999. – 137 p.
6. Karetnikov V.N., Klejmenov V.B., Nuzhdihin A.G. Kreplenie kapital'nyh i podgotovitel'nyh gornyh vyrabotok: Spravochnik. – Moscow, 2013. – 235 p.
7. Steflyuk YU.YU. Razrabotka tekhnologii upravleniya ustojchivost'yu konturov gornyh vyrabotok v slozhnyh gornotekhnicheskikh usloviyah ekspluatatsii: Dis. ... PhD. KarGTU, 2017. – 127 p.
8. Tekhnologiya krepleniya gornyh vyrabotok polimernymi ankerami. – Moscow: NPC «Tekhnologiya i oborudovanie», 2005. – 3 p.