

На правах рукописи

УДК 622.274.1; 273.217

РГБ ОД

МАЛЫШЕВ ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВИЧ

ИЗЫСКАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ СПОСОБОВ ДОБЫЧИ РУД НА ГЛУБОКИХ
ГОРИЗОНТАХ ЖЕЗКАЗГАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Специальность 05.15.02 "Подземная разработка месторождений
полезных ископаемых"

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва 1997

Работа выполнена в АО "Жезказганцветмет" и Московской государственной геологоразведочной академии.

Научный руководитель: докт. техн. наук, профессор Борщ-Компони-
ец В.И.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Куликов В.В.,
канд. техн. наук, доцент Боровков Ю.А.

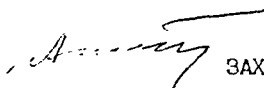
Ведущее предприятие - институт ВЮГЕМ.

Защита состоится *4 марта* 1998 г. в *13* часов на заседании
диссертационного совета Д.053.20.01 при Московском государственном
открытом университете по адресу: 129805, г. Москва, ул. Павла Корча-
гина, 22, в ауд. 408.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Московского Го-
сударственного открытого университета.

Автореферат разослан *15.01* 1998 г.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ ДИССЕРТАЦИОННОГО
СОВЕТА, докт. техн. наук, профессор

 ЗАХАРОВ Ю.Н.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

В последнее время в Жезказгане на одно из первых мест выдвигается проблема отработки запасов в условиях проявления динамических форм горного давления. С наибольшей остротой она проявилась в условиях Акчий-Спасского рудника. Обычно изменение геомеханической обстановки на месторождении (руднике) связывается с понятием глубокие горизонты, под которыми следует понимать не только простое увеличение глубины горных работ, но и резкое осложнение проявлений горного давления, заставляющее искать новые решения в области технологии.

Первые глубокие горизонты в Жезказгане наблюдались на глубинах 150-200 м, когда резко возросло давление на междукammerные целики и для оптимизации потерь полезного ископаемого была использована камерно-столбовая система с барьерными целиками. В настоящее время в Жезказгане наблюдаются признаки вторых глубоких горизонтов, связанных не только с увеличением глубины, но и с синклинальным строением Акчий-Спасского района. Вторые глубокие горизонты характеризуются высокими значениями естественного поля напряжений в массиве и в связи с этим возникновением динамических форм проявления горного давления.

Ведение горных работ в удароопасных условиях вызвало ряд проблем технического, социального и психологического характера. В первую очередь возникли проблемы управления состоянием массива и приведением его в ударобезопасное состояние при очистной выемке. Поэтому одной из актуальных проблем отработки Жезказганского месторождения в настоящее время является изыскание способов ведения камерно-столбовой системой очистных работ в удароопасных условиях на глубоких горизонтах Жезказганского месторождения.

Целью работы является создание способов безопасной разработки Жезказганского месторождения камерно-столбовой системой в условиях проявления динамических форм горного давления.

Идея работы заключается в использовании управления состоянием массива и конструкцией систем для создания безопасных и эффективных способов выемки полезного ископаемого камерно-столбовой системой.

Задача исследований заключается в разработке методики технологических мероприятий для снижения удароопасности очистных работ в условиях Жезказганского месторождения.

Методы исследований включали анализ существующих отечественных и зарубежных способов разработки месторождений камерно-столбовой системой, изучение физико-механических свойств горных пород, натурные наблюдения за деформациями элементов системы разработки, математическое моделирование механических процессов, происходящих при отработке месторождения, промышленные эксперименты, технико-экономический анализ.

Научные положения, защищаемые автором:

- установлено, что характер напряженного состояния нетронутого массива в Акчий-Спаском районе связан с его синклинальным строением;
- установлено, что на формирование возможных очагов проявления динамических форм горного давления в очистных выработках оказывают существенное влияние направление и форма фронта очистных работ;
- установлено, что в настоящее время в Жезказгане при проведении очистных работ удароопасными породами в кровле камер являются красные песчаники, так как уровень напряжений на существующих глубинах недостаточен для динамического разрушения более прочных (серых) песчаников;
- установлены зависимости снижения нагрузок на междукammerные целики от абсолютных величин искусственной податливости;
- установлена связь между прочностью междукammerных целиков, количеством предварительно-напряженных анкеров и их предварительным натяжением.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций обеспечивается представительным объемом инструментальных наблюдений, использованием общепризнанных геомеханических моделей горного массива, применением для расчетов апробированных методик, удовлетворительной сходимостью результатов с данными инструментальных наблюдений, а также широким внедрением результатов исследований.

Научное значение работы заключается в установлении основных закономерностей, происходящих в массивах и конструкциях систем разработки, управляемых инженерными мероприятиями по снижению удароопасности.

Практическое значение работы заключается:

- в определении степени удароопасности серых песчаников Жезказганского месторождения;
- в разработке способов воздействия на междукамерные целики с целью приведения их в неударное состояние;
- в создании схем безопасного извлечения запасов камер при удароопасных кровлях.

Реализация работы. Разработанные технические решения использованы в Указаниях по безопасному ведению горных работ на участках Жезказганского месторождения, склонных к горным ударам (Алматы-Жезказган, 1993), в Методических указаниях по наблюдениям за состоянием выработанного пространства (Караганда-Жезказган, 1996) и во Временных правилах охраны сооружений Жезказганского месторождения (Караганда-Жезказган, 1996).

В результате использования мероприятий, разработанных в диссертации, в панели 5 горизонта - 20 м шахты 65 из потерь было возвращено более 5 тыс. т. меди со стоимостью конечного продукта около 10 млн. долл.

Апробация работы. Основные положения и результаты работы обсуждались на научных конференциях Московской государственной геологоразведочной академии (Москва, 1995, 1996, 1997 гг.), на II Всероссийской конференции "Управление деформированным состоянием массива скальных пород при разработке месторождений полезных ископаемых и строительстве подземных сооружений" (Екатеринбург, 1996).

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в 6 научных статьях.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, изложена на 175 страницах машинописного текста, содержит 46 рисунков, 17 таблиц, список литературы - 153 наименования.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Главной тенденцией развития горных предприятий является понижение горных работ, ведущее к резкому ухудшению горно-геологической обстановки. В условиях Жезказганского месторождения ухудшение условий, помимо прочих последствий, привело к проявлению динамических форм горного давления, в том числе и горных ударов. Горные удары, представляя собой неуправляемые процессы мгновенного разрушения пород, приводят к серьезным сбоям в технологическом процессе, зачастую с человеческими жертвами.

Опыт работ отечественных и зарубежных горнорудных предприятий свидетельствует о том, что серьезная опасность проявления горных ударов начинает проявляться, как правило, с глубины 400-500 м.

В изучение проблем проявления динамических форм горного давления большой вклад внесли С.Г. Авершин, Д.М. Бронников, И.М. Петухов, П.В. Егоров, А.Н. Ставрогин, А.А. Козырев, А.М. Линьков, И.Т. Айтматов, И.М. Батучина, В.В. Дьяковский, В.А. Мансуров, С.В. Кузнецов, С.В. Залясов, Т.М. Ермаков и другие.

Освоение Акчий-Спасского района Жезказганского месторождения подтверждает своевременность решения задачи оценки удароопасности руд и вмещающих пород и разработки мер по локализации удароопасных ситуаций. В Жезказгане динамические формы проявления горного давления в одиночных выработках начали проявляться сравнительно давно. Особенности их протекания и методы борьбы с ними достаточно хорошо разработаны сотрудниками Жезказганского горно-металлургического комбината, Института горного дела им. Д.А. Кунаева РК и Институтом физики и механики горных пород Киргизии достаточно хорошо разработаны, то проблемы горных ударов при очистной выемке практически не решались и остро встали в последние годы перед наукой. При этом надо полагать, что основными объектами очистных выработок, в которых могут возникнуть горные удары, являются целики и кровля камер.

На основании опыта работы шахт и рудников Жезказганского месторождения, визуальных обследований мест разрушения и вывалов на контурах выработанного пространства и целиках, статистического анализа геомеханических параметров в качестве рабочей гипотезы были использованы следующие положения:

- локализация динамических форм проявления горного давления в

районе Акчий-Спасского рудника обусловлена особенностями геолого-структурного строения данного участка;

- длительная эксплуатация месторождения камерно-столбовой системой и закладкой выработанного пространства привела к перераспределению горного давления на периферийные части рудного поля;

- высокие хрупкие свойства пород Жезказганского месторождения предопределяют их склонность к проявлению динамических форм горного давления.

На основании проведенного выше анализа применяемых систем разработки, геологического строения месторождения и особенностей протекания геомеханических процессов на больших глубинах Жезказганского месторождения, характеризуемых тем, что основной системой разработки в Жезказгане является камерно-столбовая, геологотектоническое строение обусловило большие значения природного поля напряжений и в ряде районов месторождения начали активно проявляться динамические формы горного давления.

Основные цели диссертационной работы должны явиться следующие:

1) изучение свойств пород на удароопасность и установление показателей удароопасности.

2) изучение природного поля напряжений и влияния на него строения месторождения.

3) изыскание способов отработки камерно-столбовой системой, обеспечивающей безопасность горных работ в условиях проявления динамических форм горного давления.

Удароопасные ситуации возникают лишь при определенном сочетании физико-механических свойств горных пород (их хрупкости) и уровне напряжений, накопленных в массиве или конструкции системы разработки. Оценка хрупкости пород, выполненная совместно с Институтом физики и механики горных пород Киргизии, а также исследования ИГД им. Д.А. Кунаева РК показали высокую склонность пород Жезказганского месторождения к удароопасности. Изучение природного поля напряжений в условиях Акчий-Спасского района Жезказганского месторождения, проведенное ИГД им. Д.А. Кунаева РК показало высокие значения напряжений. Причем вертикальные главные действующие напряжения оказались на 50-65% выше, чем давление вышележащих пород, что вызвало у ряда авторов некоторое сомнение в достоверности выполненных измерений.

Наш анализ данной ситуации показал, что высокие значения при-

родного поля напряжений могут быть объяснены синклиналим строением рассматриваемого района Жезказганского месторождения. В.В. Жуков в своих работах, выполненных при помощи численных методов, показал, что за счет синклиналим строения массива действующие напряжения повышаются в 1,3-1,5 раза по сравнению с горизонтальным залеганием слоев. Таким образом, высокая хрупкость пород и значительные напряжения, действующие в массиве, предупредили удароопасность Акции-Спасского района Жезказганского месторождения. Это положение хорошо иллюстрируется статистическими данными о проявлениях динамических форм горного давления в выработках Акции-Спасского района за 1990-96 гг. (табл. 1).

Таблица 1

Наименование выработок	Формы горного давления			
	шелушение	заколообразование	стрельные	толчки
Горно-капитальные	59	46	41	4
Подготовительные	52	38	28	1
Очистные камеры	4	17	1	-
Стволы шахт	-	6	9	78

Данные этой таблицы показывают не только наличие динамических форм проявления горного давления в Жезказгане, но и преимущественное их проявление в подготовительных и горно-капитальных выработках, в очистных же выработках, во-первых, случилось всего лишь 7% событий, во-вторых, проявление горного давления было только в виде начальных форм: шелушения и заколообразования. Объяснение последнему следует искать в том, что в рассматриваемом районе очистные работы на фоне горно-капитальных и подготовительных только начинают разворачиваться. В дальнейшем же надо полагать, что основной удельный вес случаев проявления динамических форм горного давления будет относиться к очистным выработкам.

В очистных выработках Жезказганского месторождения, с точки зрения удароопасности, наибольший интерес представляют междукammerные и другие целики и кровля камер. Как показали исследования И.М. Пету-

хова, в целике происходит горный удар, если выполняются одновременно следующие три условия:

1) нагрузка на целик достигает предельного значения, равного его максимальной несущей способности;

2) нарушается условие устойчивости, заключающееся в том, что энергия, освобождающаяся из вмещающих пород, больше той, которую надо затратить на разрушение целика;

3) высокий уровень энергии, запасенной в породах и в целике, приходится на максимуме несущей способности.

Невыполнение любого из трех приведенных условий исключает возможность горного удара. Нами предлагается снизить состояние удароопасности в целике использованием следующих условий: нагрузки на целик не доводить до максимума их несущей способности; горными мероприятиями обеспечить целику высокий уровень несущей способности.

Первое условие может быть осуществлено приданием целику дополнительной (искусственной) податливости, при помощи которой на необходимую величину будет снижена нагрузка и вывод таким образом целика из удароопасного состояния.

Осуществление третьего условия возможно при помощи упрочнения целика предварительно напряженными анкерами (ПНА).

Некоторые вопросы придания междукамерным целикам искусственной податливости довольно хорошо разработаны в трудах Г.Е. Гулевича, В.И. Борщ-Компоница, В.И. Кравченко, В.Н. Попова. Ими показана целесообразность искусственной податливости разработаны некоторые технологические, установлены закономерности перенесения нагрузок на смежные целики и т.п. Однако не было получено зависимостей, связывающих величину искусственной податливости с изменением нагрузок на целики. Последний вопрос является основным при разработке методики управления состоянием целиков для снижения их удароопасности. Для определения необходимой величины искусственной податливости, создающей на целик заданной нагрузки, было использовано численное моделирование (метод локальных вариаций), использовался алгоритм А.В. Азарнова. Моделировался симметричный фрагмент стандартной панели между осями симметрии по центру панели и центру барьерного целика. Точность расчетов составила: линейная 1 м, по напряжениям 0,1 МПа.

Относительное влияние изменчивости основных факторов на геометрическую ситуацию в околопанельном пространстве выявлено по ре-

результатам моделирования по плану эксперимента, представленного в табл. 2.

Таблица 2

Номер модели	Переменные плана			Результаты моделирования					
	К6	m	K ₀	Нагрузка на МКЦ, в % к γН		Растяжение в кровле, МПа		Нагрузка на БЦ, % к γР	
				Исходный	Ослабленный	Исх.	Осл.	Исх.	Осл.
1	3	30	80	40	20	2,1	3,5	125	140
2	3	10	0	141	141	1,6	-	145	-
3	1,5	10	80	105	62	1,2	3,8	150	175
4	1,5	30	0	125	125	2,6	-	100	-
5	2,25	20	40	99	93	1,8	2,2	120	130

Данные табл. 2 наряду с разгрузкой междукамерных целиков показали развитие негативных последствий искусственной податливости, проявляющихся в виде повышения опорного давления на барьерные целики и развития растягивающих напряжений в кровле, прилегающей к барьерным целикам. Отмечается весьма значительный эффект снижения нагрузок на податливые целики с небольшой мощностью. Область действительно эффективного использования искусственной податливости с практически незначительными отрицательными последствиями для устойчивости остальных элементов конструкций панели, представляют залежи на участках месторождения с боковым давлением в природном поле напряжений $K_6 > 1,5$ и мощностью залежей 10-20 м.

Моделирование дает лишь приближение связей в системе, предназначенное только для выявления относительной степени влияния учтенных факторов на нагрузки на междукамерные целики и другие показатели геомеханической обстановки при создании податливых внутрипанельных опор.

Действительные закономерности в моделируемой механической системе носят более сложный характер. Они восстанавливаются по резуль-

татам моделирования типичных сочетаний значений переменных.

На рис. 1 приведены изменения средней нагрузки на междукамерные целики и коэффициенты концентрации напряжений в барьерных целиках по залежам мощностью 10, 20, 30 м, когда коэффициент бокового давления (K_b) не превышает 1,5. В этих условиях нагрузки на междукамерные целики имеют максимум для залежей мощностью 20 м и понижаются в случае как более, так и менее мощных залежей. На рис. 2 приведены те же закономерности, но для случая более высокого бокового давления в массиве ($K_b = 3,0$). В этой ситуации исходная нагрузка на междукамерные целики практически обратно пропорциональна мощности залежи, а сопровождающий процесс снятия нагрузок на междукамерные целики ведет к росту коэффициента концентрации напряжений в барьерных целиках в более резкой форме, чем при боковом распоре в массиве, равном 1,5.

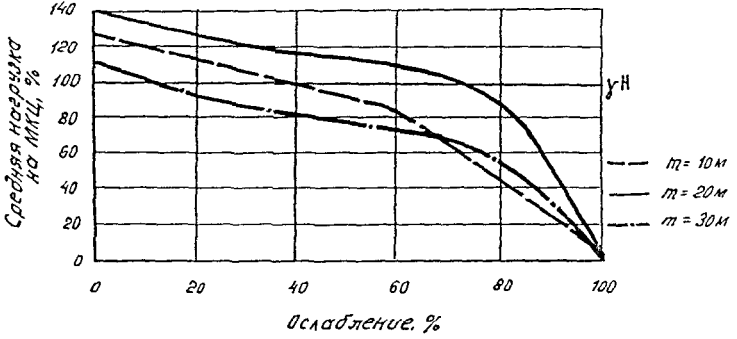
Рассмотрение детального распределения нагрузок на междукамерные целики, представленное на рис.3, показывает, что искусственная податливость междукамерных целиков перераспределяет большую часть нагрузки на барьерные целики и междукамерные целики, расположенные в центре панели.

Приведенные исследования позволяют определить необходимую величину искусственной податливости для заданной величины нагрузки на целик. Для этого (см. рис.1 или 2 по заданной величине разгрузки целика по соответствующей кривой (средняя нагрузка на целик) определяется величина снижения модуля пропорциональности целика (ослабление). В дальнейшем при помощи несложных расчетов вычисляется абсолютная величина искусственной податливости и выбирается способ осуществления искусственной податливости.

Выполнение третьего условия повышения ударобезопасности целиков предлагается осуществить повышением несущей способности установкой предварительно-напряженных анкеров, что должно отождествить условия возникновения горных ударов. Определенный интерес в данной проблеме имеет методика оценки упрочняющего влияния как количества анкеров, так и их предварительного натяжения.

Как показали наши исследования, выполненные численными методами, междукамерные целики, сложенные весьма жесткими и прочными серыми песчаниками в естественных условиях, где природное поле напряжений, обладают резкой асимметрией компонент напряжений и проникающей через целик зон растягивающих напряжений. С течением времени именно

а)



б)

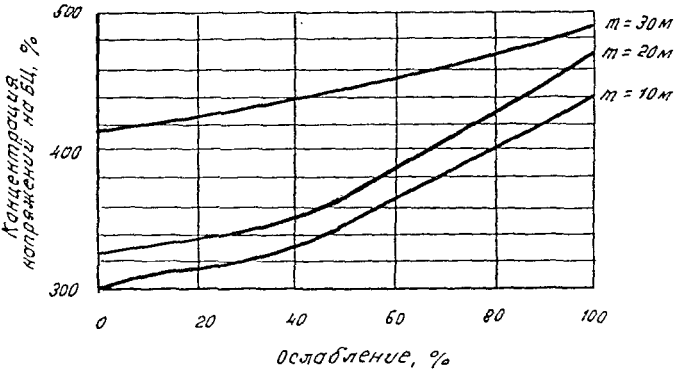


Рис. 1. Зависимости средней нагрузки на МКЦ (а) и концентрации напряжений на БЦ (б) от ослабления МКЦ на залежах различной мощности при коэффициенте бокового давления $K_6 = 1,5$

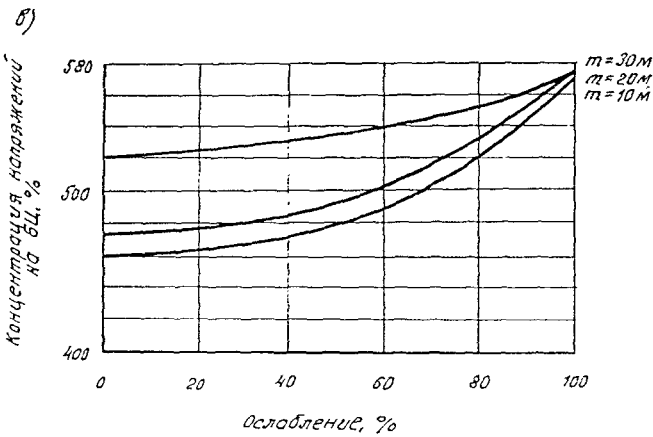
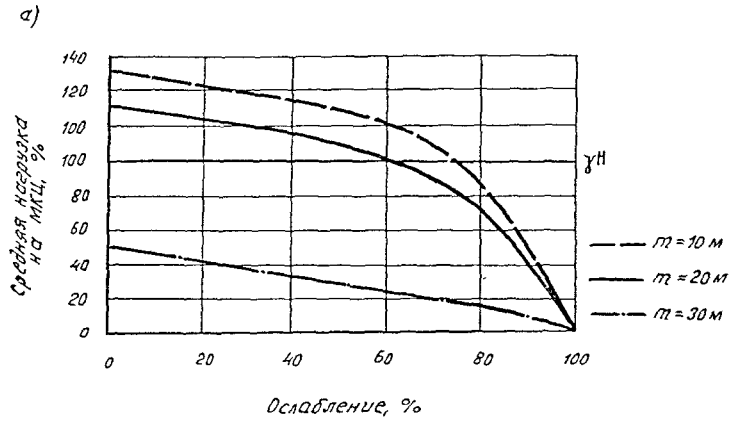
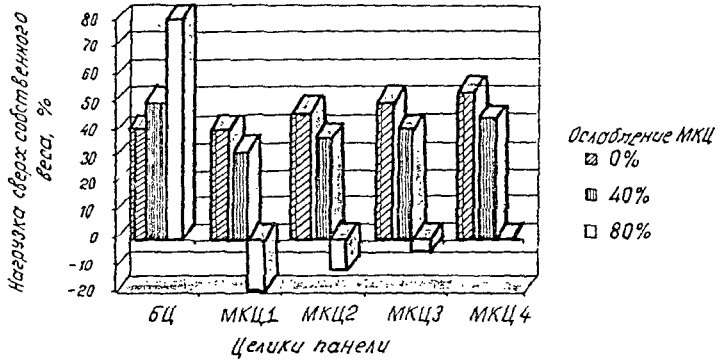


Рис. 2. Зависимости средней нагрузки на МКЦ (а) и концентрации напряжений на БЦ (б) от ослабления МКЦ на залежах различной мощности при коэффициенте бокового давления

$$K_6 = 3$$

а) $t = 10\text{ м}$



б) $t = 20\text{ м}$

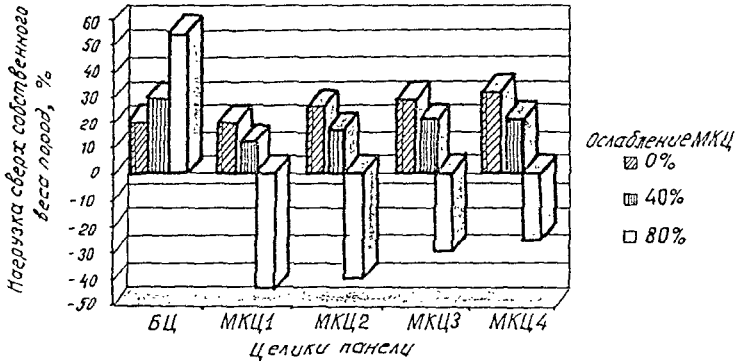


Рис. 3. Изменение нагрузок на целики при увеличении податливости МКЦ панелей на залежах различной мощности

по этим зонам происходят отслоения и постепенное разрушение междукламерных целиков.

Для ликвидации зон растягивающих напряжений и для повышения общей несущей способности междукламерных целиков целесообразно применение предварительно-напряженных анкеров. При моделировании предварительно-напряженных анкера представлялись в целиках узкими зонами материала, имеющего значительно более высокие значения модуля упругости ($E_{\text{пна}} = (2+3)E$), где E - модуль упругости серых рудных песчаников. Точность моделирования составила: по напряжениям 0,05 МПа, по растяжениям - 0,5 м.

Результаты исследований показали, что эффективность предварительно-напряженных анкеров определяется необходимым уровнем их натяжения, количеством и расположением по высоте целика анкеров. Оказалось, что при предварительном натяжении, равном анкеров 30 т, растягивающие напряжения в целике практически не уменьшаются. Этот факт говорит об неэффективности применения анкеров с небольшими величинами предварительного натяжения. Предварительное натяжение более высокое по величине оказывает положительный эффект. При натяжении 100 т наблюдается полная компенсация растягивающих напряжений. Результаты моделирования воздействия на целик от 1 до 5 рядов предварительно-напряженных анкеров изменяют напряженное состояние целиков. Оказывается, что при расстоянии между анкерами 3-5 м и предварительным напряжением 100 т анкерное крепление целиков позволяет создать в целиках объемное напряженное состояние, что значительно повышает их несущую способность.

Результаты моделирования рассматриваемой ситуации крепления предварительно-напряженными анкерами центральных междукламерных целиков и целиков, расположенных возле барьерных, показаны на рис. 4. Зависимости, приведенные на этом рисунке, показали, что увеличение жесткости целиков за счет их крепления предварительно-напряженными анкерами более эффективно для центральных опор панели (максимально повышает несущую способность целика на 20-22% против 12-13% для фланговых опор), что связано с начальным распределением нагрузок на целики панели, рассмотренным выше. Увеличение количества предварительно-напряженных анкеров на целик приносит заметный положительный

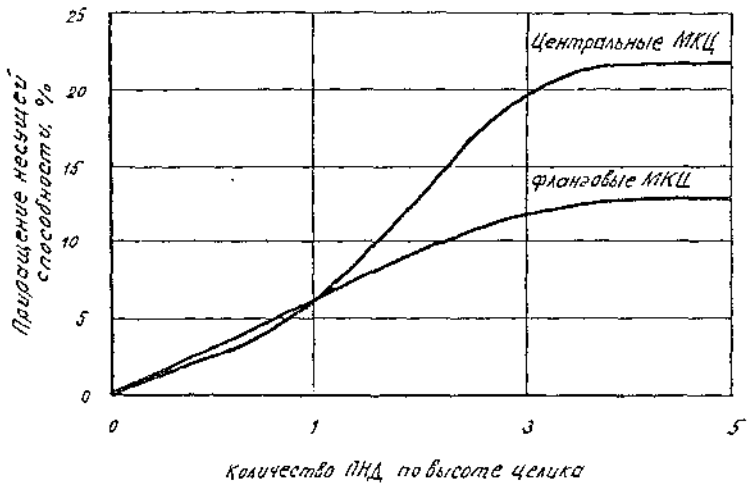


Рис. 4. Прирост несущей способности МКЦ по вертикальной нагрузке при их креплении ПНА

эффект на интервале от 1 до 5 ПНА по высоте опоры, причем применение предварительного нагружения 4-5 рядов анкеров усилиями до 100 т практически полностью компенсирует растягивающие напряжения в теле МКЦ и исключает их разрушение под дополнительной нагрузкой.

Моделирование предварительно-напряженных анкеров на устойчивость внутриванельных целиков показало, что оптимальной конструкцией крепления является расположение 4-5 рядов предварительно-напряженных анкеров с натяжением до 100 т по высоте целика. Наиболее эффективно применение предварительно-напряженных анкеров для крепления центральных междукамерных целиков панели.

Первые серьезные проявления динамических форм горного давления в кровле произошли при отработке панели 5 горизонта (20 м шахты 65 Южного рудника АО "Жезказганцветмет"). В окончательном варианте панель отработывалась камерно-столбовой системой. В кровле панели, за исключением ее восточной части, залегают серые песчаники мощностью до 10 м и крепостью по М.М. Протодеяконову $f = 1:16$. В восточной части панели кровля была представлена красными песчаниками крепостью $f = 8-12$. Таким образом, отмеченная прочность пород кровли в восточной части панели была на одну треть ниже, чем прочность пород кровли в остальной части панели. Налегавшая толща пород сложена чередующимися слоями красных и серых песчаников, доля красноцветных пород составляет 70-75%. С востока и запада панель ограничена флексурами: Второй Петровской и Центральной. Причем, Вторая Петровская флексура, примыкающая к панели 5 с востока, как бы формирует крыло синклинали.

Залегание в кровле панели в ее восточной части красных песчаников с относительно низким пределом прочности и примыкающая к восточному крылу панели флексура, издающая эффект синклинали, должны предопределить в этой части панели более высокую удароопасность пород кровли. Действительно, при отработке западного фланга и центральной части панели в кровле, сложенной серыми песчаниками, динамических форм проявления горного давления не наблюдалось. С переходом же очистных работ на восточный фланг панели стали проявляться стреляния, в результате чего было принято решение об их прекращении очистных работ.

Полное напряжение в кровле при наличии тектонических напряжений

может быть определено по формуле:

$$\sigma_x = \sigma_x^c + \sigma_x^{np} + \sigma_x - \sigma \quad (1)$$

где σ_x^c , σ_x^{np} , σ_x - нормальные напряжения, возникающие при изгибе кровли при воздействии на нее собственного веса пригрузки и тектонических напряжений; σ - тектоническое напряжение.

По Н.Г. Ядымову для условий заземленной кровли приведенные выше составляющие ее напряженного состояния могут быть представлены следующим образом:

$$\sigma_x = \gamma l^2 / 4h^2; \quad \sigma_x^{np} = g l^2 / 4h^2; \quad \sigma_x = \sigma \Delta / h_1 \quad (2)$$

где: $\gamma = 2,6 \text{ т/м}^3$ - объемный вес пород; l - пролет кровли; h_1 - мощность потолочины; g - величина пригрузки потолочины от веса вышележащих пород; Δ - максимальный прогиб потолочины от воздействия тектонической составляющей.

Величина пригрузки и максимальный прогиб могут быть определены из выражений:

$$g = K_n h_2 \gamma H / l; \quad \Delta = 3(\sigma_p + \sigma) l^2 / 16 E h_1 \quad (3)$$

где $K_n = 0,24$; $\lambda = \sigma_1 = 112 \text{ МПа}$; σ_p - предел прочности пород на растяжение; h_2 - высота пригружающего слоя.

Согласно (1) условия устойчивости кровли можно записать так:

$$\text{при } \sigma > (\sigma_x^c + \sigma_x^{np} + \sigma_x) \quad (4) \\ \sigma_x < [\sigma_{сж}]$$

$$\text{при } \sigma < (\sigma_x^c + \sigma_x^{np} + \sigma_x) \quad (5) \\ \sigma_x < [\sigma_p]$$

Из (4) и (5) с точки зрения горных ударов интерес представляет (4), так как в этом случае в кровле проявляются сжимающие напряжения. Если величина напряжения больше определенного предела прочности на сжатие, возможно проявление динамических форм горного давления. Во втором случае в массиве преобладают растягивающие напряжения, но, очевидно, что в их зонах невозможно проявление динамических форм го-

рного давления.

После рассмотрения двух вариантов ориентирования камер в субширотном и субмеридиональном направлениях было установлено, что при ориентировке камер по широте результирующая горизонтальная составляющая напряжений (сжимающих) в кровле 55,9 МПа, что существенно ниже предела прочности серых песчаников на сжатие 86,4 МПа и практически совпадает с аналогичным показателем для красных песчаников (57,6 МПа). Таким образом, при данной ориентировке камер, кровля, представленная серыми песчаниками, должна находиться в устойчивом состоянии, наоборот, кровля, представленная красными породами, находится в предельном состоянии, что должно вести к ее хрупкому разрушению. Этот факт отмечался при проведении очистных работ.

При ориентировке камер по меридиану аналогичные показатели выглядят следующим образом: результирующая составляющая горизонтальных напряжений (растягивающих) в кровле составляет около 6 МПа, что в два раза меньше прочности пород на растяжение серых песчаников и практически совпадает с прочностью на растяжение красных песчаников. В данном случае, при растягивающих напряжениях в кровле не создается условий для возникновения динамических форм проявления горного давления. Действительно, после нашей рекомендации об ориентировке камер по меридиану очистными работами в восточной части панели 5 были отработаны законсервированные запасы объемом около 5 тыс. т. меди, что составило реальный экономический эффект около 10 млн долларов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации дано новое решение актуальной задачи выбора способов безопасной очистной выемки полезных ископаемых на глубоких горизонтах Жезказганского месторождения, подвергнутых влиянию динамических форм горного давления и основанных на установленных закономерностях изменения состояния конструкции системы разработки под техногенным воздействием.

Основные научные результаты, практические выводы и рекомендации диссертации сводятся к следующему:

1. Синклинальное строение Акчий-Спасского района Жезказганского месторождения определило с одной стороны, значения вертикальной сос-

ставляющей, значительно превосходящие γH , с другой стороны, высокие значения тектонической составляющей общего тензора напряжений, причем главное действующее напряжение (σ_1) совпадает с осью синклинали, ориентированной субмеридионально.

2. Величина главного действующего напряжения (σ_1) по своей величине превосходит половину прочности на одноосное сжатие наиболее слабых хрупких пород Акчий-Спасского района, что предопределило отнесение района к удароопасному.

3. Песчаники Жезказганского месторождения по оценкам коэффициента хрупкости K_1 являются хрупкой породой при любой схеме испытаний, причем для "мягкого" нагружения средние значения $K_1=0,86$ несколько выше, чем средние значения $K_1=0,79$, полученные при "жестком" нагружении. Таким образом при мягком нагружении песчаник более склонен к хрупкому разрушению, чем при жестком нагружении.

4. По коэффициенту хрупкости K_2 порода также является хрупкой. При среднем значении прочности породы на растяжении $\sigma_p=13,0$ МПа среднее значение коэффициента хрупкости по всем испытаниям составляет $K_2=26,2$.

5. Испытания образцов с постоянной производительностью насоса пресса также показали повышенную склонность породы к хрупкому разрушению, причем в этом случае коэффициенты хрупкости при двух схемах испытаний имеют примерно одинаковое значение.

6. Прочность песчаника Жезказганского месторождения при испытаниях на одноосное сжатие на "жесткой" установке больше, чем при испытаниях на "мягкой" установке в среднем на 20%.

7. Прочность песчаника при скорости деформирования образца 10^{-4} 1/с выше прочности при скоростях 10^{-5} и 10^{-6} 1/с. Причем при деформировании образца со скоростью 10^{-6} 1/с прочность породы независимо от жесткости испытательной установки незначительно выше прочности песчаника при деформировании со скоростью 10^{-5} 1/с.

8. Модуль упругости по испытаниям породы на жесткой установке не зависит от скорости деформирования, а на мягкой установке при уменьшении скорости деформирования наблюдается тенденция к его увеличению. При этом средние значения модулей упругости на жесткой установке выше, чем на мягкой в среднем на 15-20% в зависимости от скорости деформирования образца.

9. При мягком нагружении незначительное количество акустических

сигналов появляется при ранней стадии деформирования образца. Интенсивное выделение сигналов акустической эмиссии начинается при напряжении, близком к пределу прочности образца и протекает до полного разрушения.

10. При жестком нагружении наблюдается относительное затишье акустических сигналов почти до напряжений, близких к пределу прочности породы, после чего происходит интенсивное выделение сигналов АЭ.

11. Управление давлением на междукамерные целики возможно путем придания им искусственной податливости разбуриванием или разбуриванием и взрыванием перемычек между скважинами или шпурами нижней части или почвы целика.

12. Искусственная податливость междукамерных целиков более эффективно снижает нагрузки на внутрипанельные целики в массивах с меньшим боковым давлением. Для их снижения требуется снизить модуль пропорциональности целика в среднем на 40% при $K=1,5$ и не менее, чем на 60% при $K_6=3$.

13. При мощности залежей 30 м и боковом давлении в массиве $K_6=3$ междукамерные целики малочувствительны к искусственной податливости.

14. Основная часть нагрузки при создании податливых междукамерных целиков переносится на барьерные целики и, в меньшей степени, на центральные. Рост нагрузки на барьерные целики особенно значителен при снижении модуля пропорциональности целиков на 60% и более, когда эта нагрузка достигает 1,5-2,0 μH (в зависимости от мощности залежи и коэффициента бокового давления в массиве).

15. Практически линейный характер зависимости нагрузки на целики от их ослабления и устойчивость конструкции панели поддерживаются при снижении модуля упругости не более 60-70%.

16. Повышенной удароопасностью обладают породы кровли, сложенные чередующимися слоями с более высоким и низким значениями прочности на сжатие.

17. При отработке камерно-столбовой системой в условиях удароопасных кровель и высоких значений естественного поля напряжений, ориентировка камер (их подвигание) должна быть по наибольшему горизонтальному действующему напряжению.

18. Применение предварительно напряженных анкеров позволяет повысить несущую способность междукамерных целиков не менее, чем в

1,5 раза. При этом применение анкеров позволяет компенсировать развитие растягивающих напряжений и перевести состояние целиков в более устойчивое (всестороннего сжатия).

19. Предварительное натяжение анкеров должно быть высоким 100 и более т. При незначительной величине предварительного натяжения (30т и менее) не возникает обширной зоны компенсации растягивающих напряжений. Размер зоны компенсации по высоте целика изменяется от 1 м при усилии натяжения 30 т до 3 м при усилии 100 т.

20. Увеличение жесткости междукламерных целиков за счет их крепления предварительно напряженными анкерами более эффективно для центральных опор в панели (максимально повышают несущую способность целиков на 20-25% против 12-13% для фланговых целиков), что связано с начальным распределением нагрузок на целики панели.

21. Увеличение количества предварительно напряженных анкеров на целик приносит заметный положительный эффект на интервале от 1 до 5 анкеров по высоте целика, причем применение 4-5 рядов анкеров усилиями до 100 т практически полностью компенсирует растягивающие напряжения в теле целика и исключает их разрушение под дополнительной нагрузкой.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. О динамических формах проявления горного давления на Жезказганском месторождении. //Горный журнал, 1997, 1997, N3 (соавторы Юн Р.Б., Герасименко В.И.).

2. Управление состоянием междукламерных целиков искусственной податливостью. //Маркшейдерский вестник, 1997, N2).

3. Характер обрушений налегающей толщи при повторной разработке Жезказганского месторождения. //Горный журнал, 1996, N11-12 (соавторы Юн Р.Б., Макаров А.Б., Зайцев О.Н. и другие).

4. Выбор способа управления горным давлением при подготовке флексурных зон. //Сб. Совершенствование технологии горных работ на рудниках Жезказгана, 1995, Жезказган (соавторы Юн Р.Б., Алипбертевов М.К.).

5. Оценка геомеханических последствий извлечения запасов междукламерных целиков. //Сб. Совершенствование технологии горных работ на рудниках Жезказгана, 1995, Жезказган (соавторы Юн Р.Б., Герасименко В.И.).

6. Геомеханические процессы при повторной разработке рудных целиков в зонах обрушений. //Сб. Управление напряженно-деформированным состоянием массива скальных пород при разработке месторождений полезных ископаемых и строительстве подземных сооружений, 1996, Екатеринбург (соавтор Макаров А.Б.).

В.И.Сидя