О геомеханических параметрах оценки устойчивости выработок с анкерной крепью, охраняемых податливыми целиками на пластах опасных по горным ударам

Данилов Александр Геннадьевич - эксперт Единой системы оценки соответствия в угольной промышленности. Соавторы: Грачев Эдуард Александрович – эксперт Единой системы оценки соответствия в угольной промышленности; Выгривач Алексей Николаевич – эксперт Единой системы оценки соответствия в угольной промышленности; Галиев Марат Гаптуллович – эксперт Единой системы оценки соответствия в угольной промышленности; Третьяк Дмитрий Викторович – эксперт Единой системы оценки соответствия в угольной промышленности.
E-mail: dagvor1973@mail.ru
Россия, г. Воркута

Бесцеликовая отработка удароопасных пластов Воркутского месторождения на достигнутых глубинах 800-1140 м при возросшей газообильности шахт ограничивает применение высокопроизводительной очистной и проходческой техники по фактору проветривания особенно при длине выемочных столбов, превышающих 1400-1600 м. На основании выполненных горно-экспериментальных исследований в качестве основного направления совершенствования отработки запасов присевого участка Воркутской мульды объединенной шахты приняты технологические схемы подготовки и отработки выемочных участков парными и многоштрековыми выработками с оставлением между ними податливых целиков. Надежность и безопасность технологических схем с парными и многоштрековыми выработками определяется видом крепления выработок и размерами податливого целика между выработками.

Условиями применения податливой анкерной крепи в парных выработках с податливыми межштрековыми целиками на удароопасных пластах нормативными документами [1] не регламентируется. Поэтому определение величины податливого целика, обеспечивающей длительное поддержание парных выработок, закрепленных анкерной податливой крепью, без профилактической обработки их стенок и целика разгрузочными скважинами для условий шахт Воркутского месторождения может определяться только экспериментальным путем.

В качестве геомеханических параметров оценки устойчивости выработок с анкерной крепью, охраняемых податливыми целиками на пласте опасном по горным ударами, принят комплекс показателей и их изменение в течение времени проведения и поддержания выработок. Исследуемый комплекс геомеханических параметров включает: смещения кровли, анкерной крепи, рдсслаиваемость кровли, деформацию пород и угольного массива в боках на различных расстояниях от контура выработки, а также показатели удароопасности пласта в краевых частях и межштрековом целике вне и в зоне опорного давления.

Исследования устойчивости выработок, закрепленных сталеполимерной анкерной крепью, при проведении, поддержании в массиве и при охране их податливыми целиками при отработке выемочных столбов проводились при промышленных испытаниях анкерной крепи на удароопасных, в том числе на подрабатываемых пластах, Мощном, Тройном, Пятом, Четвертом. Мощность угольных пластов составляет Мощного - 4,2 м; Тройного 2,4-2,8м; Пятого -1,0м и Четвертого -1,5м. Вмещающие угольные пласты породы представлены аргиллитами, алевролитами и песчаниками. Прочность одинаковых литологических разностей изменяется в больших пределах. Сопротивление

одноосному сжатию для аргиллитов составляет 20-65, алевролитов 31-92 и песчаников 54-140 МПа.

Основным мероприятием по предотвращению газодинамических явлений является первоочередная отработкам защитных пластов Четвертого и Пятого. На подработанных участках изменяется структурное строение и прочность пород массива, соответственно, в образцах керна на 20-30%. Расчетное сопротивление пород кровли на сжатие Rc [2] на подрабатывающих пластах 57-79МПа, на подработанных 23-37МПа.

Инструментальные наблюдения за смещением кровли и сдвижению породоугольного массива, выполненные при проведении промышленных испытаний в 14 выработках, закрепленных сталеполимерной крепью, на общей протяженности 16,7 км в различных условиях шахт ОАО «Воркутауголь» позволили определить высоту зоны расслоения пород кровли, параметры устойчивости парных выработок вне зоны и в зонах влияния очистных работ при различных величинах межштрековых податливых целиков.

На основании обработки полученных материалов исследований по сдвижению породоугольного массива получено выражение (1).

Выражение (1) предназначено для оценки устойчивости кровли и расчета основных параметров анкерной крепи по прогнозной оценке высоты зоны разрушения пород над выработкой в зависимости от напряженно-деформированного состояния горного массива: (1)

$$h = \frac{1{,}5B\sqrt[3]{m}}{\sigma_p} e^{\frac{0{,}1K\gamma H}{\sigma сж}}, \text{м.} \qquad (1)$$

где: - высота расслоения пород над выработкой, м;
B - ширина выработки, м;
m - мощность, пласта, м.
σр - прочность пород на разрыв, МПа
e - основание натуральных логарифмов;
γ - объемный вес пород, равный 0,025 МПа/м;
H - глубина ведения работ, м;
σсж - прочность пород на сжатие, МПа;
K- коэффициент концентрации напряжений в массиве до проведения выработки.

Высота расслоения пород в момент проведения выработки, определенная по вышеприведенному выражению для глубины 930-1000м вне зоны опорного давления и аномальных естественных напряжений, при прочности пород на растяжение 3 МПа и 4 МПа и, соответственно, при прочности на сжатие 30 и 40 МПа и при ширине выработки 4,5-5м для пластов Пятого, Четвертого, Тройного, составит, соответственно, 2,4/1,8; 2,6/2,0; 3,0/2,4 м. Следовательно, применяемая длина анкеров 2,2 м при прочности пород кровли на сжатие 40 МПа может обеспечить устойчивое состояние кровли лишь при ширине выработки до 4,5-5 м. При меньшей прочности пород следует рассматривать вопрос о переходе на двух уровневое анкерное крепление.

В зоне опорного давления высота расслоения пород увеличивается на 20-30% за счет сдвижения пород при перераспределении напряжений в массиве, а также за счет деформации податливых целиков и разрушения краевых частей и достигают (0,5-0,7)B, поэтому эффективность использования анкерной крепи с высотой анкерования 2,1 м в выработках шириной свыше 4,5 м значительно снижается ввиду необходимости установки крепи усиления.

Ведением наблюдений за устойчивостью выработок, закрепленных сталеполимерными анкерами от момента их проведения до погашения установлено:

- смещения кровли практически на расстоянии от забоя 30-40 м или в течение 40-60 суток

стабилизируются в зависимости от прочности пород от 10-20 до 40 мм;

- согласно замерам в выработках, расположенных вне зон опорного давления в различных горно-геологических условиях, при конвергенции почвы-кровли, достигающей 150-250 мм, смещения кровли не превышают 35-50 мм; смещений боков выработок по пласту Пятому, Четвертому за счет отслоения пород (песчаники, алевролиты) составили 70-150 мм; сдвижения боков - угольных пачек по пластам Тройному и Мощному достигают 20-150 мм, и при влиянии створа в выработок до 0,5-1.2 м;
- впереди очистного забоя в 15-25 м приросты смещений кровли в погашаемой выработке составляют 15-20 мм, на сопряжении с очистным забоем общие смещения непревышали 60-70 мм; при сохранении устойчивого состояния максимальные смещения кровли в парной выработке после прохода забоя без использования крепи усиления достигают 300мм, пучение почвы по пласту Тройному 1800 мм, по Четвертому до 800 мм.

Горно-экспериментальные работы по определению оптимальной величины межштрековых податливых целиков и влияния их на устойчивость выработок проводились при подготовке и отработке выемочных столбов парными выработками с различной величиной межштрековых целиков по пластам Четвертому и Тройному и при проведении выработки параллельно поддерживаемой на границе с отработанным пространством по пластам Пятому, Четвертому, Тройному.

Замерами напряженного состояния угольного массива установлено, что при формировании целика размерами В 0,1L при проведении выработок, параллельно поддерживаемым на границе с отработанным пространством, возможно их удароопасное состояние при В=7м на неподработанных участках и при В > 12м на подработанных со сроком подработки больше 4-5лет.

Таким образом, межштрековый целик является одним из основных элементов, определяющих эффективность поддержания выработок при парной подготовке выемочных столбов, поэтому он должен удовлетворять следующим требованиям.

Межштрековый целик при парной подготовке должен обеспечивать устойчивое состояние поддерживаемых выработок, сохранять достаточную несущую способность при податливой деформации, исключающей создание в нем удароопасного состояния в зоне опорного давления впереди и после прохода очистного забоя.

Известно, что несущая способность целика в значительной степени определяется отношением величины целика к высоте В/m. При величине отношения В/m > 2 наблюдается резкое увеличение жесткости целика за счет формирования на удалении от краев целика трехосного напряженно-деформированного состояния угля. Область предельного равновесия по всей ширине, обычно не превышает 3-4 m. Поэтому максимальная опасность разрушения целика при проявлении горного удара возникает, когда величина целика В = 10m. Эта закономерность подтверждается опытом ведения горных работ на Воркутском месторождении: максимальная "рабочая" величина целика при длительном поддержании выработки не должна превышать 2,3-2,7m или нормативной величины защитной зоны - n [1]. При расчете ширины податливого целика следует учитывать ожидаемую величину отжатого от кромки целика угля при проведении и поддержании выработок. На основании выполненных исследований разработана схема распределений напряжений в межштековом целики с учетом зоны дезинтеграции, защитной зоны и формирования зоны расслоения пород.

Расчетное значение ожидаемой величины отжатого от кромки части угольного массива определяется как расположение ближней зоны дезинтеграции углепородного массива от контура выработки [3] из зависимости, полученной для условий Воркутского месторождения:

$$l = r[\, B \ln (A \sigma / R) + 1 \,], \text{ м}$$

где l - расстояние от контура выработки до зоны дезинтеграции, м;
σ-действующие напряжения в нетронутом массиве, МПа;
R- прочность углепородного массива в боках выработки на сжатие, МПа;
г- приведенный радиус выработки, м;
А и В -экспериментальные константы , А= 2,1; В= 0,5 .

Величина податливого межштрекового целика В для рассматриваемых условий определяется как сумма расстояния от контура выработки до зоны дезинтеграции - l и величины защитной зоны - n:

$$B = l + n \text{ , м. } (3)$$

Отсюда предельное значения величины межштрековых целиков на глубине ведения работ 930-1000 м при последовательном проведении парных выработок вне зоны опорного давления и зон повышенных естественных напряжения должно приниматься по пласту Четвертому не более 6,9м, Тройному 10,3м, Мощному 12,3м и Пятому 5,7 м.

Таким образом, на основании исследований геомеханических процессов в массиве и устойчивости горных выработок, закрепленных сталеполимерной анкерной крепью в условиях парной подготовки выемочных столбов с податливыми межштрековыми целиками:

- разработаны основные положения, требования по выбору податливых межштрековых целиков на удароопасных пластах, порядок проведения парных выработок и требования по их поддержанию с учетом перераспределения напряжений;
- установлено, что удароопасность податливого целика определяется не только его величиной, но и условиями его формирования и напряженным состоянием вмещающих его пород;
- установлена эффективность применение анкерной сталеполимерной крепи при парной подготовке выемочных столбов;
- выполнена оценка влияния параметров анкерной крепи на устойчивость выработок в зависимости от прочности пород кровли, от величины зоны дезинтеграции в боках выработки (угольном и породном массиве).

Список использованной литературы:

1. Предупреждение газодинамических явлений в угольных шахтах: Сборник документов-М: Государственное предприятие НТЦ по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России, 2000. -320 с.
2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах», утв. приказом Ростехнадзора от 17.12.2013г №610.
3. Шемякин Е.И., Курленя М.В., Опарин В.Н. и др. Зональная дезинтеграция горных пород вокруг подземных выработок. Часть IV: практические приложения // ФТПРПИ. - 1989.-N4.-С.3-9.
4. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах, утв. приказом Ростехнадзора от 19.11.2013г №550.