

Производительность вентилятора при активном способе управления потоками воздуха определяется зависимостью вида  $Q_b = v_b \cdot S_b$ , учитывая которую следует выбирать необходимый тип вентилятора.

При установке активного регулятора в опасных по газу шахтах необходимо, чтобы количество поступающего к всасу вентилятора воздуха отвечало требованиям Правил безопасности

$$Q \geq 1.43 Q_c.$$

Таким образом, управляя параметрами  $S$ ,  $S_b$  и  $v_b$ , можно усиливать или ослаблять воздействие активных регуляторов, работающих без перемычки, на распределение расходов воздуха в вентиляционной сети, как в обычных условиях, так и в системе автоматического управления проветриванием шахт и рудников.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Левицкий Ж.Г. Аэромеханика вентиляционных потоков. – Караганда: КарГТУ, 2003. – 228с.
- Левицкий Ж.Г., Нургалиева А.Д. Взаимосвязанность потоков воздуха в вентиляционной сети с активным регулятором // Вестник КузГТУ. – Кемерово, 2009. – № 4. – С. 13 – 16.

□ Авторы статьи:

Левицкий  
Жорж Георгиевич,  
докт.техн.наук, проф. каф. рудничной аэрологии и охраны труда Карагандинского государственного технического университета  
Email: LG\_36@mail.ru

Нургалиева  
Асель Данияловна,  
канд.техн.наук (каф. рудничной аэрологии и охраны труда Карагандинского государственного технического университета)  
Email: m611adn@mail.ru

## УДК 622.

**А. А. Рогачков, Л. М. Коновалов, А. В. Ремезов**

### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КРЕПЛЕНИЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАНАТНЫХ АНКЕРОВ В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ ШАХТ КУЗБАССА

Потеря устойчивости даже небольшого участка подготовительной выработки при существующих способах подготовки (спаренными штреками) и систем разработки (длинными столбами) приводит к значительному экономическому ущербу всей шахте. Практический опыт обеспечения устойчивости подготовительных выработок, расположенных в сложных условиях (участки сопряжений подготовительных выработок, участки выработок с повышенным водопритоком, зоны повышенного горного давления) шахт Кузбасса показал, что поддержание подготовительных выработок с использованием одной штанговой анкерной крепи без дополнительного ее усиления крайне сложно, а в ряде случаев, практически невозможно. Объемы перекрепления таких выработок превышают в 1,5-2 раза по сравнению с подготовительными выработками, поддерживаемыми в массиве. Затраты от невынужденных простоев лав исчисляются десятками миллионов рублей, а подготовительные выработки перекрепляются уже с использованием нетехнологичной стоечной крепи (рис.1).

В последнее время для дополнительного усиления основной крепи подготовительных вырабо-

ток, поддерживаемых в сложных условиях, широко используют канатные анкера, различных конструкций и способов их заделки в массиве. Однако, анализ состояний контура подготовительных выработок и крепи усиления, в ряде случаев, дает основания полагать о существенных недостатках как в технологии крепления, так и в конструктивных особенностях используемых канатных анкеров [2].

Анализ результатов оперативных оценок состояний контура и крепи выработок, не сохранивших устойчивость на проектируемый срок службы, показывает, что элементы анкерной крепи, как основной (анкеры А20В), так и усиливающей (типовые канатные анкеры АК-01) видны в обрушенных породах в деформированном виде (порыв, изгиб, скручивание). Так, на шахте им. 7 Ноября, на типовых канатных анкерах в зоне обрушения пород кровли наблюдались следы застывшего полимерного мягкого состава отдельными участками протяженностью от 25 до 280 мм, а интервалы без состава в пределах 400-900 мм. Химический состав, заполняющий шпуры типового канатного анкера мягкий, пористый и обнаруживался только в шпурах, а также в нижних слоях



*Рис. 1. Состояние контура и крепи подготовительной выработки, расположенной в сложных условиях*

(«ложной») кровли. Эти факты подтверждают гипотезу неравномерного распределения химического состава ампул, приводящую к относительно слабой фактической несущей способности канатных анкеров. Подобный «эффект» наблюдался и с основной анкерной крепью, но для обеспечения качества закрепления в таких случаях, согласно инструкции [1] при расчетах паспортов крепления дополнительно вводился коэффициент полноты заполнения шпуря, равный 1,4 (рис.1).

Принципиальная схема канатного анкера разработанной конструкции приведена на рис. 2. Канатный анкер 1 выполнен с ограничителем перемещения (втулкой) 2 неотверженной закрепляющей смеси вниз по кольцевому зазору между анкером и стенками шпуря. Максимальная величина зазора (с) между анкером и стенкой шпуря равна разности диаметра шпуря и диаметра канатного анкера.

В шахтных условиях при прижатии канатного анкера к одной из стенок шпуря этот параметр может составлять 5-8 мм и более. Втулку изготавливают из упругого материала, например, из резины.

При внешнем диаметре втулки 2 равном или больше диаметра шпуря исключается перемещение неотверженной закрепляющей смеси по кольцевому зазору между анкером и стенками шпуря в часть шпуря, расположенную ниже втулки.

Втулку 2 устанавливают на канатном анкере, на расстоянии от забоя шпуря, определяемом из выражения

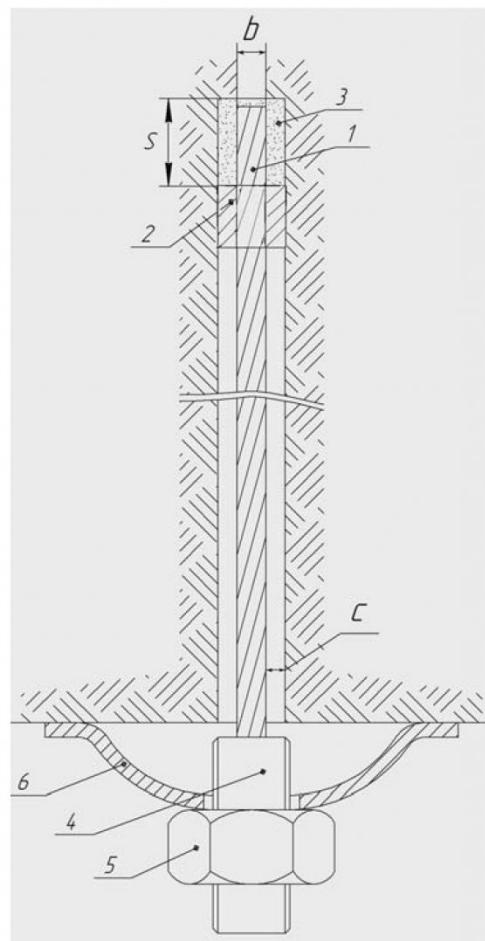
$$S \geq \frac{d^2 \cdot l \cdot n}{a^2 - b^2},$$

где:  $a$  - диаметр шпуря,  $b$  - диаметр канатного анкера,  $d$  - диаметр ампулы,  $l$  - длина ампулы,  $n$  - число ампул с твердеющим материалом.

Как показали результаты экспериментов, проведенных в условиях шахты им. С. М. Кирова, использование канатных анкеров рекомендуемой конструкции позволяет: в 1,5-2 раза и более повысить несущую способность анкера и тем самым существенно снизить затраты на крепление участковых подготовительных выработок; повысить устойчивость подготовительных выработок.

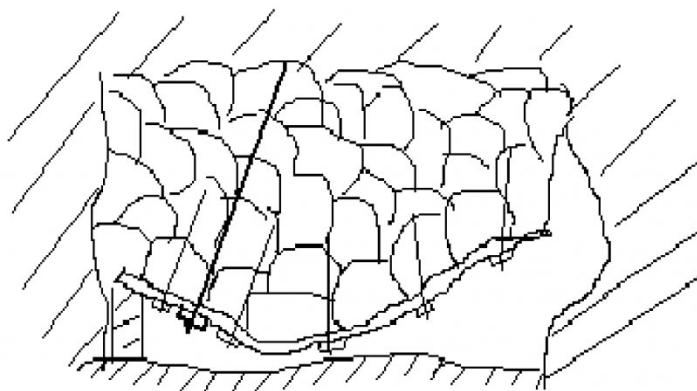
Обратная картина наблюдалась на участках выработок с анкерами при большей величине напорного давления и инъекции химического состава в шпуры на стадии установки канатных анкеров, что подтверждалось их высокой несущей способностью при инструментальной проверке.

Для обеспечения паспортной несущей спо-



*Рис.2. Рекомендуемый канатный анкер: 1 - канатный анкер; 2 - втулка из упругого материала; 3 - скрепляющий состав; 4 - муфта; 5 - гайка; 6 - опорный элемент;  $b$  - диаметр канатного анкера,  $c$  - величина зазора между анкером и стенкой шпуря  $S$  - расстояние от втулки 2 до забоя шпуря*

собности типовых канатных анкеров авторами были разработаны втулки-ограничители, которые на сегодняшний день еще не получили широкого распространения.



*Рис. 3. Характер обрушения пород кровли с использованием типовых канатных анкеров для усиления конвейерного штрека № 35 шахты Первомайская*

*Соответствие областей рационального использования канатных анкеров с конкретными горно-геологическими и горнотехническими условиями*

Практически на каждой шахте существуют участки сопряжений подготовительных выработок, подготовительные выработки, расположенные в зонах ПГД, а также в других специфических условиях поддержания с использованием основной анкерной крепи в сочетании с канатными анкерами. Однако, как показали многократные наблюдения, дополнительное усиление крепи не всегда работоспособно. Анализ результатов инструментальных наблюдений показал, что типовые канатные анкера не выполняют возложенных на них функций, в силу своих конструктивных ограничений и особенностей горно-геологических условий поддержания подготовительных выработок.

Так, из материалов экспертного заключения «ЦАК» следует, что обрушение кровли выработки конвейерного штрека №35 шахты Первомайская произошло на участке МТ 4590+9 опорных элементов [3]. Протяженность обрушения составляет 25-30 метров. В момент обрушения выработка находилась в затопленном состоянии, что подтверждается следами на деревянных стойках, которые были установлены с низкого бока выработки.

Крепление выработки осуществлялось сталеполимерной анкерной крепью с опорным элементом - швеллер № 10-12 с 5 анкерами по ширине выработки типа А20В (АКС) длиной 2,4 м с усилением основной крепи канатными анкерами АК-01 длиной 3,5 м.

Характер обрушения в виде опускания кровли вместе с элементами ее крепления до соприкосновения ее с почвой выработки со стороны «лежачего» бока. Во многих случаях опорные элементы крепи в местах крепления анкеров, в том числе и канатных, были порваны. Бока выработки имеют такие же деформации, как и при экспертной оценке, специалистами «ЦАК» три месяца назад. Замерные станции типа РГ (СКЦ), установленные по конвейерному штреку №35, смещения приконтур-

ных слоев кровли не регистрировали.

На основании выводов экспертных заключений, оперативных оценок состояний контура и крепи горных выработок в сложных условиях можно отметить следующее: активное обрушение пород кровли горных выработок, расположенных в сложных условиях связано, как с конструктивными недостатками канатных усиливающих анкеров, так и с технологией их установки.

Основными причинами потери устойчивости выработок могут быть:

- несоответствие паспортной с фактической несущей способностью канатных анкеров;
- повышенный водоприток с вышележащих пород кровли.

*Предварительное натяжение канатных анкеров, как способ активного воздействия на приконтурные слои пород кровли*

Практический опыт специалистов «ЦАК» показывает, что эффективность упрочнения пород кровли сталеполимерной анкерной крепью во многом зависит от реализации первоначального распора (натяжения) анкерных стержней за счет закручивания гаек с определенным крутящим моментом на уровне до 25 кг·м. Осевое усилие натяжения анкерного стержня даже на уровне 10 кН позволяет уплотнить расслаивающиеся породы кровли до 1,0 м, а при натяжении анкера на уровне до 30 кН упрочнить породы на глубину анкерования. Использование канатного анкера, без предварительного натяжения приводит к снижению эффекта упрочнения вышележащих пород кровли, что не позволяет крепи активно воздействовать на смещения пород, сближения кровли и почвы. Один из примеров: обрушение пород кровли конвейерного штрека 4-В шахты «Южная» [2]. Конструкции применяемых канатных анкеров, как и основных штанговых не позволяют достичь минимального первоначального распора, необходимого для обеспечения устойчивости выработки.

Установлено, что одной из основных причин, слабого осевого усилия при установке типового канатного анкера является большой шаг резьбы на



*Рис. 4. Канатный анкер ГАГЗ*

винтовой паре (гайка и стержень анкера).

Тем не менее, на сегодняшний день, на шахтах Кузбасса широко применяются типовые канатные анкера – производители: АМК, РАНК-2, АМК-ШСУ г. Кемерово, ЗАО «Кузбасспромсервис-М» г. Новокузнецк, КузНИИ - ООО «ЦАКк». Типы канатных анкеров: АК-01; АК-02; КАГ-20; зарубежные. Длина анкеров может изменяться от 3,0 до 12м (3-5м в основном), разрывное усилие от 12 до 30т (120-300кН) в зависимости от диаметра каната равного 15-18мм.

Таблица 1. Параметры канатных анкеров, применяемых на шахтах Кузбасса

Тип анкера	Длина резьбовой части, мм	Разрывная нагрузка, кН
АК-01	120	197
АК-02	до 270 (120)	200
КАГ-20	300 (до 1000)	120
ГАГЗ	300-900	270-300

Следует отметить, что усовершенствованный канатный анкер ГАГЗ (рис. 4) имеет ряд преимуществ по сравнению с другими конструкциями

типовых канатных анкеров. Применение канатного анкера ГАГЗ с метрической резьбой винтовой пары позволяет задавать минимальный первоначальный распор на уровне не менее 3 тс, а увеличенный диаметр используемого каната - повысить несущую способность анкера до 300 кН.

#### Выводы

1. Для обеспечения безремонтного поддержания подготовительных выработок, расположенных в сложных условиях необходимо повысить устойчивость приконтурных слоев пород кровли выработок, которые можно повысить путем использования канатных анкеров, длиной превышающую глубину распространения в массив зон неупругих деформаций.

2. Применение канатных анкеров должно осуществляться с учетом их конструктивных особенностей, соответствия областей рационального их использования для конкретных условий.

3. Эффект упрочнения приконтурных слоев выработок может быть достигнут при предварительном натяжении канатных анкеров – перспективного направления в технологии крепления подготовительных выработок, расположенных в сложных условиях шахт Кузбасса.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Инструкция по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах России. ВНИМИ. Санкт-Петербург, 2000 г.
- Заключение по результатам анализа причин обрушения заанкерованной кровли в конвейерном штреке 4в шахты «Южная» / «ЦАКк» от 15.06.2010 г.
- Результаты обследования конвейерного штрека №35 пласта XXVII шахты «Первомайская» в районе обрушения кровли/ «ЦАКк» от 05.07.2006 г.

□ Авторы статьи:

Рогачков  
Антон Александрович,  
канд.техн.наук, ведущий инженер  
ООО «ЦАКк-Кузбасс»  
Тел. 89055101908

Коновалов  
Леонид Михайлович,  
канд.техн.наук, директор ООО  
«ЦАКк-Кузбасс»  
Тел. 89234990308

Ремезов  
Анатолий Владимирович,  
докт.техн.наук, проф. каф. разработки  
месторождений полезных ископаемых подземным способом  
КузГТУ, тел. 89039461810.