

2. Курнос А.Т. Опыт применения анкерных систем из композитных материалов для повышения устойчивости почвы подготовительных выработок /А.Т. Курнос, С.А. Курнос, И.Н. Слащев [и др.] // Деформ. и разруш. матер. с дефектами и динам. явления в горных породах и выработках : Матер. XX Межд. науч. школы, Алушта, 20-26 сент. 2010 г. – Симферополь : Таврич. нац. ун-т, 2010. – С. 200-203.

3. Курнос С.А. Оптимизация состава стеклопластиковых материалов для изготовления затяжек горных выработок / С.А. Курнос, И.Н. Слащев // Сб. науч. трудов НГУ. – Днепропетровск : РИК НГУ, 2009. – № 33. – С. 103-110.

4. ТУ У 10.1-05411 357-004-2000. Анкер стеклопластиковый армированный трубчатый: Введ. 07.05.2001. – Госстандарт Украины, 2001, – 19 с.

5. Решение проблемы поддержания горных выработок, расположенных в слабых вмещающих породах / А.Т. Курнос, С.А. Курнос, И.Н. Слащев [и др.] // Деформ. и разруш. матер. с дефектами и динам. явления в горных породах и выработках : Матер. XIX Межд. науч. школы, Алушта, 21-27 сент. 2009 г. – Симферополь : Таврич. нац. ун-т, 2009. – С. 187-190.

6. Методическое пособие по комплексной геофизической диагностике породного массива и подземных геотехнических систем / А. Ф. Булат, Б. М. Усаченко, А. А. Яланский [и др.]. – Днепропетровск: ИГТМ НАНУ, 2004. – 75с.

7. Слащев И.Н. Оценка техногенной трещиноватости методами математического моделирования / И.Н. Слащев // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. / Ин-т геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины. – Днепропетровск : ИГТМ НАНУ, 2010. – Вып. 85. – С. 239-250.

8. Слащева Е.А. Особенности ввода и обработки исходной информации при решении геомеханических задач с помощью персональных ЭВМ / Е.А. Слащева // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. / Ин-т геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины. – Днепропетровск, 2004. – Вып. 51. – С. 296-304.

УДК 622.281.742

Д-р техн. наук В.В. Виноградов
канд. техн. наук А.П. Круковский
(ИГТМ НАН Украины)

ПРОВЕДЕНИЕ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК С АНКЕРНОЙ КРЕПЬЮ

В цій статті вперше визначені головні чинники та умови застосування конструкцій анкерного кріплення для виробок, що проводяться для експлуатації в зоні та поза зоною впливу очисних робіт. Наведено типові схеми розташування анкерів у цих конструкціях для виробок, що зберігаються для повторного застосування, та порядок їх вибору.

BUILDING OF MINE WORKINGS WITH THE ROOF BOLTING

This article was first identified key factors and conditions of using of roof bolting construction for mine working carried out for using in the zone and outside the zone of impact of treatment works. The typical schemes of anchors location in these constructions for the mine workings, saving for reuse, and the order of their choice were shown.

Одой из самых сложных проблем, на решение которых направлены усилия ученых из разных стран мира, является проблема устойчивости горных выработок. От их состояния зависит безопасность труда шахтеров, обеспечение рабочих мест свежим воздухом, материалами и оборудованием, а также надежность и эффективность работы шахты.

За последние 15 лет Украина прошла значительный путь от опробования британской технологии анкерного крепления до разработки основ, нормативного и материального обеспечения, масштабного внедрения уникальной технологии опорно-анкерного крепления выработок. Действующими нормативными документами определены общие технические требования к базовым параметрам конструкций анкерного крепи в целом и к каждому из ее функциональных составляющих элементов в зависимости от условий их применения.

В ИГТМ НАН Украины впервые разработан «Альбом типовых схем анкерной крепи выемочных горных выработок», для самых разных горно-геологических условий, который не имеет аналогов в мировой практике. С его помощью могут быть разработаны Паспорта проведения, крепления и эксплуатации горных выработок, которые подготавливают к отработке высоконагруженные лавы.

Схемы разработаны для анкерной крепи со следующими параметрами:

- диаметр анкера – 22 мм;
- высота выступов на анкерной штанге – 1,5 мм;
- шаг винтовой навивки – 11 мм;
- длина штанги – 2400 мм;
- предел прочности на сжатие затвердевшего закрепителя – 85-100 МПа;
- предел прочности на растяжение затвердевшего закрепителя – 20-35 МПа;
- диаметр шнура – 27,5-28,5 мм;
- длина шнура – 2250 мм;
- заполнение шнура затвердевшим закрепителем на длину – 2220-2250 мм;
- прочность закрепления анкерной штанги в шнуре – 17,5-22,5 кН/см;
- предел текучести винтового проката – 430-460 МПа;
- предел прочности винтового проката – 540-650 МПа;
- несущая способность полусферической шайбы – 60-80 кН;
- несущая способность пары гайка-нарезка – 185-215 кН.

Регулирование уровня сохранения монолитности вмещающего массива при проведении выработки с анкерной крепью можно осуществлять посредством применения различных типов конструкций АК: простых, усиленных или мощных.

Применение простых конструкций АК. Зачастую на шахтах Украины применяется простой тип конструкций АК – АКпр, в которой силовая часть перекрытия сформирована системой анкеров, установленных в плоскости поперечного сечения выработки. Такая конструкция блокирует развитие трещин только в одном направлении, на их развитие в двух других главных направлениях не влияет. С помощью АКпр сохраняется самый низкий из пригодных для применения АК уровень монолитности приконтурных пород. Эту крепь используют

- в комбинации с рамной крепью для поддержания неустойчивых пород кровли путем «подшивки» к основному массиву, свободные смещения которого не превышают 80 мм;

- как самостоятельная крепь или в комбинированной крепи для ограничения смещений в выработках вне зоны влияния очистных работ;

- для выемочных штреков, погашаемых вслед за лавой [1].

В выемочных горных выработках рекомендуется применять простые конструкции АК при следующих условиях.

а) При относительной прочности горных пород $R_{сж} = 4,0-3,0$ и скорости проведения выработки 50-40 м/сут. В этом случае формируется запас прочности горных пород порядка 8, что является благоприятным условием для проведения и эксплуатации горной выработки с конструкциями АК самостоятельными. При длине выработки не более 2000 м срок службы выработки составляет не более 2-х лет.

б) При $R_{сж} = 4,0-3,0$ и скорости проведения выработки 40-25 м/сут. Формируется запас прочности горных пород порядка 7,5 – благоприятные условия для проведения и эксплуатации горной выработки с конструкциями АК самостоятельными. При длине выработки не более 1500 м срок службы выработки составляет не более 2-х лет.

в) При $R_{сж} = 4,0-3,0$ и скорости проведения выработки 25-15 м/сут. В этом случае формируется запас прочности горных пород порядка 7,0 – благоприятные условия для проведения и эксплуатации горной выработки с конструкциями АК самостоятельными. При длине выработки не более 1000 м срок службы выработки – не более 2-х лет.

г) При $R_{сж} = 4,0-3,0$ и скорости проведения выработки 15-10 м/сут формируется запас прочности горных пород порядка 6,5 – приемлемые условия для проведения и эксплуатации горной выработки с конструкциями АК комбинированными рамными из СВП 22 (1 рама на 1 п/м) с обязательным ее погашением вслед за лавой. При длине выработки не более 700 м срок службы выработки не более 2-х лет.

д) При $R_{сж} > 4,0$ (выработка под слоем известняка мощностью не менее 1,4 м) и скорости проведения выработки 10-7 м/сут формируется запас прочности горных пород свыше 7,0 – благоприятные условия для проведения и эксплуатации горной выработки с конструкциями АК. При длине выработки менее 2000 м срок службы выработки не более 3-х лет.

Погашение выемочного штрека с конструкциями АК по пп. а-г вслед за лавой является обязательным. Контроль устойчивости выработок с простыми конструкциями АК самостоятельными, как правило, осуществляется с помощью двух- или трехуровневых регистраторов смещений пород. Предельные безопасные смещения контура выработки – не более 16-20 мм. Охрана погашаемого выемочного штрека с конструкциями АК на окне лавы осуществляется, как правило, крепью сопряжения. При смещениях контура выработки менее 3-5 мм мероприятия по охране выработки в зоне передней волны опорного давления могут не производиться.

Применение простых конструкций АК не рекомендуется в условиях, не соответствующих требованиям пп. а-д. Применение простых конструкций АК запрещается в выработках, в зоне влияния которых находится слой песчаника:

- мощностью 1,4-2,4 м на расстоянии 1,0-20,0 м;
- мощностью 2,4-3,0 м на расстоянии 1,0-15,0 м;
- мощностью 3,0-4,0 м на расстоянии 1,0-10,0 м

в связи с возможностью их внезапного разрушения при достижении критических значений ширины, длины или продолжительности эксплуатации.

Применение усиленных и мощных конструкций АК. Подготовка к отработке высоконагруженных лав в мировой практике, как правило, осуществляется проведением с простым анкерным креплением 2-х или 3-х выемочных штреков в каждом борту выемочного столба. Всего 5 штреков, из которых 2 или 3 погашаются вслед за лавой. Такая схема подготовки столба чрезвычайно трудоемкая и затратная, она оправдана только при скорости проведения выемочных штреков со скоростью не менее 40 м/сут, при суточной добыче угля не менее 15 тыс. т и, самое важное, при суммарной продолжительности проведения и эксплуатации выемочных штреков не более 3-х лет и длиной столба до 3000 м. Отмеченные выше особенности подготовки и отработки лав преодолеваются в значительной мере при применении усиленных конструкций, и устраняются полностью при применении мощных конструкций АК, рис. 1.

Усиленная конструкция анкерного крепления (АКпс) выработки блокирует развитие трещин в двух из трех главных направлений, что достигается путем наклона по ходу выработки всех или нескольких анкеров в конструкции. Конструкции АКпс применяются для сохранения достаточно высокого уровня монолитности приконтурных пород, что позволяет поднять эффективность, надежность и безопасность выработок с АК самостоятельным или комбинированным:

а) вне зоны влияния очистных работ, в том числе в капитальных выработках с меньшими расходами на их проведение и эксплуатацию, с увеличенным безремонтным сроком службы, с увеличенными размерами поперечного сечения и увеличенным шагом установки рам металлической крепи в сложных условиях;

б) в зоне влияния очистных работ в выемочных штреках, которые погашаются за лавой для уменьшения расходов на проведение, эксплуатацию и их поддержание в сложных условиях впереди лавы [1].



а)



б)

а) на окне лавы; б) за линией очистного забоя.
Рис. 1 – Состояние 413 бортового штрека шахты «Павлоградская».

Мощная конструкция АК (АКпт) выработки блокирует развитие трещин во всех трех возможных направлениях. Конструкция Акпт работоспособна при свободных смещениях 40-600 мм, которые она способна ограничить величиной менее 1 мм и сохранить наивысший для применения АК уровень монолитности приконтурных пород, что позволяет максимально поднять эффективность, надежность и безопасность выработок с АК в качестве самостоятельной или комбинированной:

- вне зоны влияния очистных работ, в том числе в капитальных выработках с меньшими затратами на их проведение и эксплуатацию, с максимальным безремонтным сроком службы, с большими размерами поперечного сечения и раз-

реженным шагом установки металлических рам, как охранной крепи в сложных условиях;

- в зоне влияния очистных работ в выемочных штреках, которые погашаются за лавой для уменьшения расходов на проведение, эксплуатацию и поддержание, в сложных условиях впереди и позади лавы.

С целью формирования благоприятных условий для проведения и эксплуатации горной выработки при отработке первой и второй лавы, в том числе и за линией очистных работ, в выемочных горных выработках рекомендуется применять усиленные и мощные конструкции АК в следующих случаях.

а) При скорости проведения выработки свыше 10 м/сут. При этой скорости относительная прочность массива горных пород в условиях трехосного сжатого непосредственно в проходческом забое сохраняется на уровне $R_{сж} = 4$. Конструкции АК комбинированные обеспечивают запас прочности на охранных перемычках до 8,5; между охранными перемычками (при расстоянии между ними не более 35 м) – до 5,5. Рамы из СВП 22 устанавливаются с плотностью 1 рама на 1 п/м. Дополнительные мероприятия – возведение полос шириной до 5,0 м и высотой не менее $h = h_p - 0,9$ м, установка 3-5 рядов тумб или других конструкций с несущей способностью не менее 100 кН на пм выработки для охраны и поддержания выработки за лавой.

б) При скорости проведения выработки 7-10 м/сут относительная прочность массива горных пород непосредственно в проходческом забое сохраняется на уровне $R_{сж} = 3,5$. Конструкции АК комбинированные в зависимости от размеров поперечного сечения (табл. 1-6) обеспечивают необходимый запас прочности на охранных перемычках и между охранными перемычками (при расстоянии между ними не более 30 м). Рамы из СВП 22 устанавливаются с плотностью 1 рама на 1 п/м. Дополнительные мероприятия – возведение полос шириной до 5,0 м и высотой не менее $h = h_p - 0,7$ м, установка 3-5 рядов тумб или других конструкций с несущей способностью не менее 150 кН на пм выработки для охраны и поддержания выработки за лавой.

в) При скорости проведения выработки 3,5-7 м/сут относительная прочность массива горных пород непосредственно в проходческом забое сохраняется на уровне $R_{сж} = 3,0$. Конструкции АК комбинированные в зависимости от размеров поперечного сечения (табл. 1-6) обеспечивают необходимый запас прочности на охранных перемычках и между охранными перемычками (при расстоянии между ними не более 20 м). Рамы из СВП 22 устанавливаются с плотностью 1 рама на 1 п/м. Дополнительные мероприятия – возведение полос шириной до 5,0 м и высотой не менее $h = h_p - 0,5$ м, установка 3-5 рядов тумб или других конструкций с несущей способностью не менее 200 кН на пм выработки для охраны и поддержания выработки за лавой. При длине выработки не более 2500 м срок службы выработки не превышает 5 лет. Мероприятия по охране выемочного штрека впереди лавы не требуются. Металлические рамы при работе совместно конструкциями АК (сохраняющими массив горных пород в монолитном состоянии) применяются в качестве дополнительной, резервной, крепи, расчет их на несущую способность и шаг крепления не производится.

г) При скорости проведения выработки 2-3,5 м/сут относительная прочность массива горных пород непосредственно в проходческом забое сохраняется на уровне $R_{сж} = 2,5$. В результате, формируются сложные условия для проведения и эксплуатации горной выработки, в том числе и за линией очистных работ.

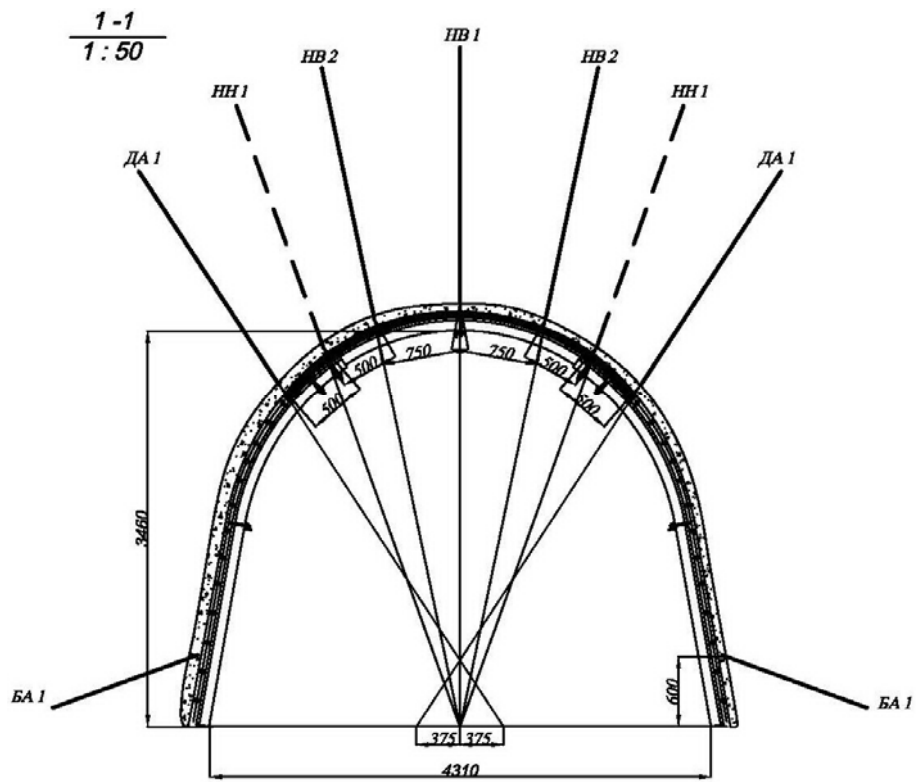
Выбор схем размещения анкеров для формирования конструкций АК с сечениями типа КШПУ. Поперечные сечения типа КШПУ образованы двумя сопряженными фигурами, трапецией в основании и полусферой. Сечения типа КШПУ нашли применение в условиях с менее прочными горными породами в почве и/или кровле выработки по сравнению с прочностью пород в ее боках.

Исходные данные к схемам размещения анкеров в горной выработке представлены в табл. 1-6, которые разработаны для типовых поперечных сечений КШПУ- 11,0, 11,7, 13,7, 14,4, 15,1, 17,7, применяемых в базовых горно-геологических условиях шахт Западного Донбасса. В каждой из табл. 1-6 представлены исходные данные для 3 схем с несущей способностью, возрастающей по мере увеличения их номера. В таблицах обозначено: N_c – номер схемы размещения анкеров; N_a – количество анкеров в основных и дополнительных рядах перекрытия конструкции АК; n_C – количество анкеров в силовой части перекрытия конструкции; n_{KB} – количество анкеров подпорной части перекрытия конструкции; n_B – количество анкеров в боку выработки для формирования опоры перекрытия; $n_{БП}$ – количество анкеров в боку выработки для формирования основы перекрытия; k – количество рядов основного (неполного) крепления выработки; m – количество рядов дополнительного (полного) крепления выработки, T – срок службы выработки с АК, $N_c = 1$ для $T = 3$ года, $N_c = 2$ для $T = 4$ года, $N_c = 3$ для $T = 5$ лет; Δ – рекомендуемый шаг крепи.

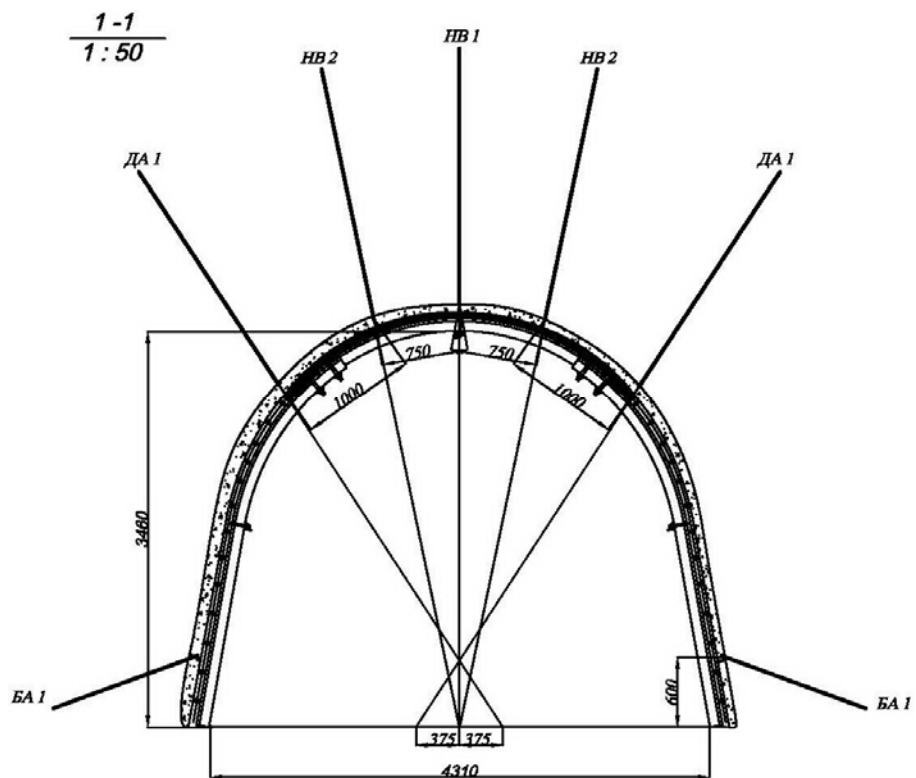
Таблица 1 – Номера схем и состав конструкций АК для сечения КШПУ-11,7

N_c	N_a	n_C	n_{KB}	n_B	$n_{БП}$	$\Delta, м$	k/m
1	5/2	3	2	0	0	1	20
		2н	0	2	2	1	8
2	6/2	2	4	0	0	1	20
		2н	0	2	2	1	6
3	7/2	3	4	0	0	1	20
		2н	0	2	2	1	8

На рис. 2-4 показаны схемы расположения анкеров для выработки сечения КШПУ-11,7 с полным и неполным перекрытием, в соответствии с табл. 1 для $N_c = 1-3$.



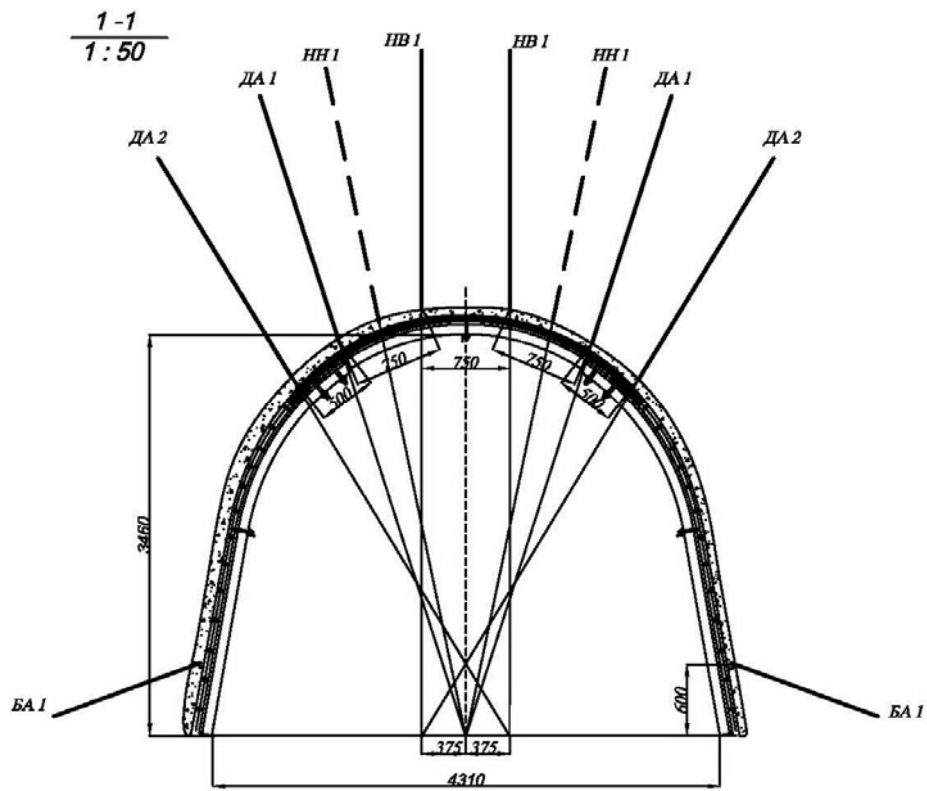
а)



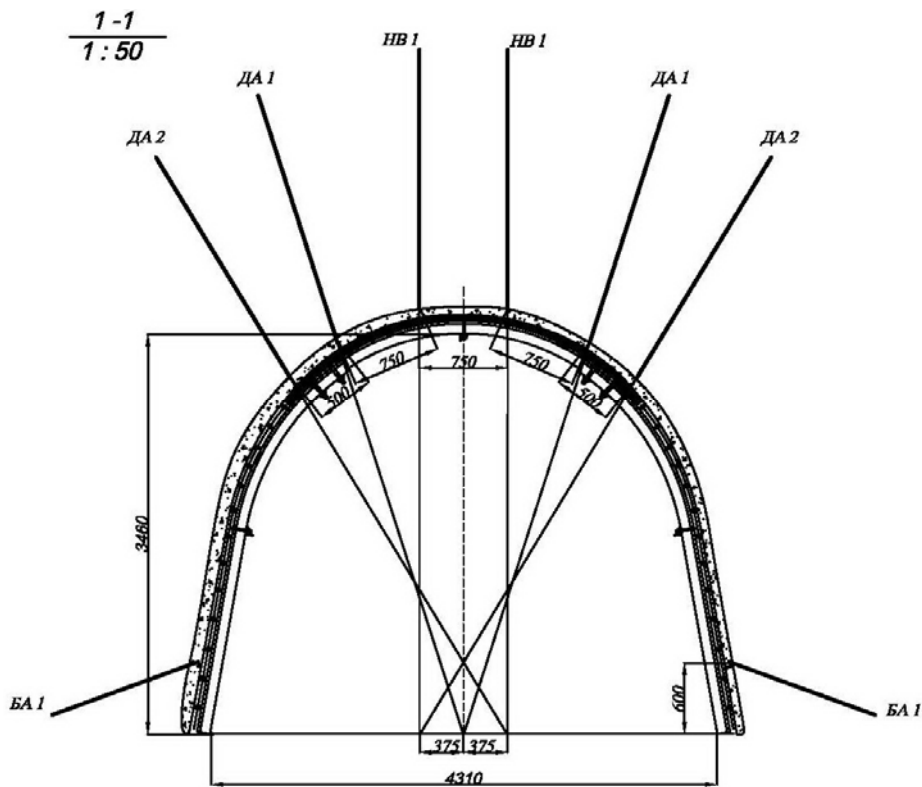
б)

а) полное перекрытие; б) неполное перекрытие.

Рис. 2 – Схема установки анкеров для выработки сечения КШТУ-11,7, $N_c = 1$.



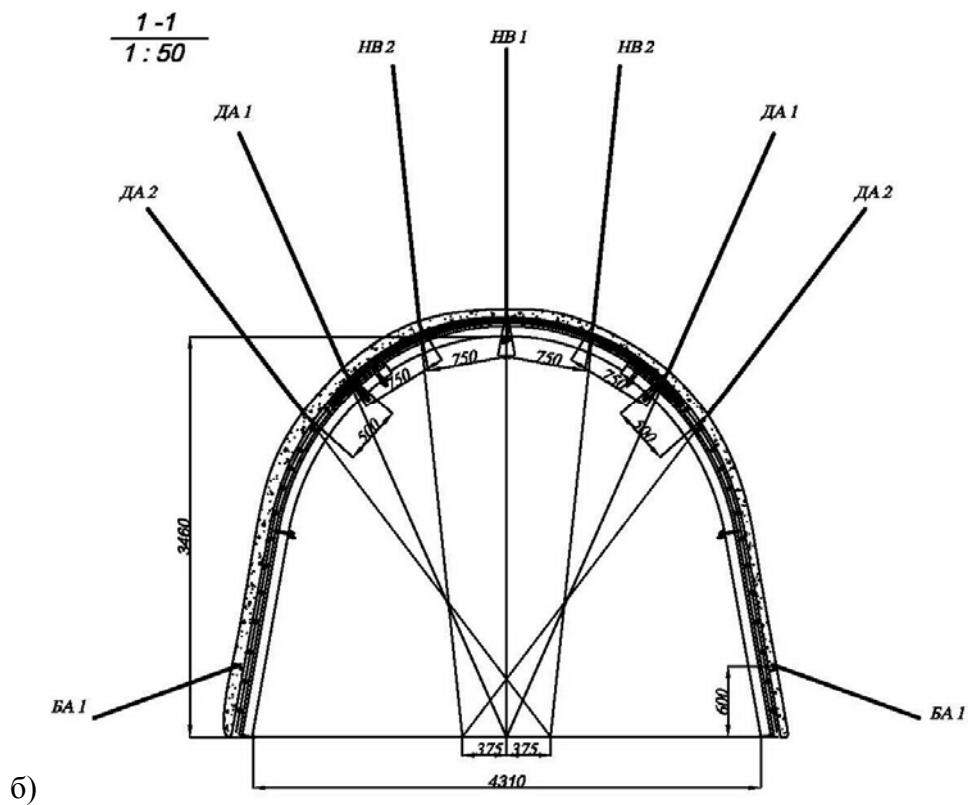
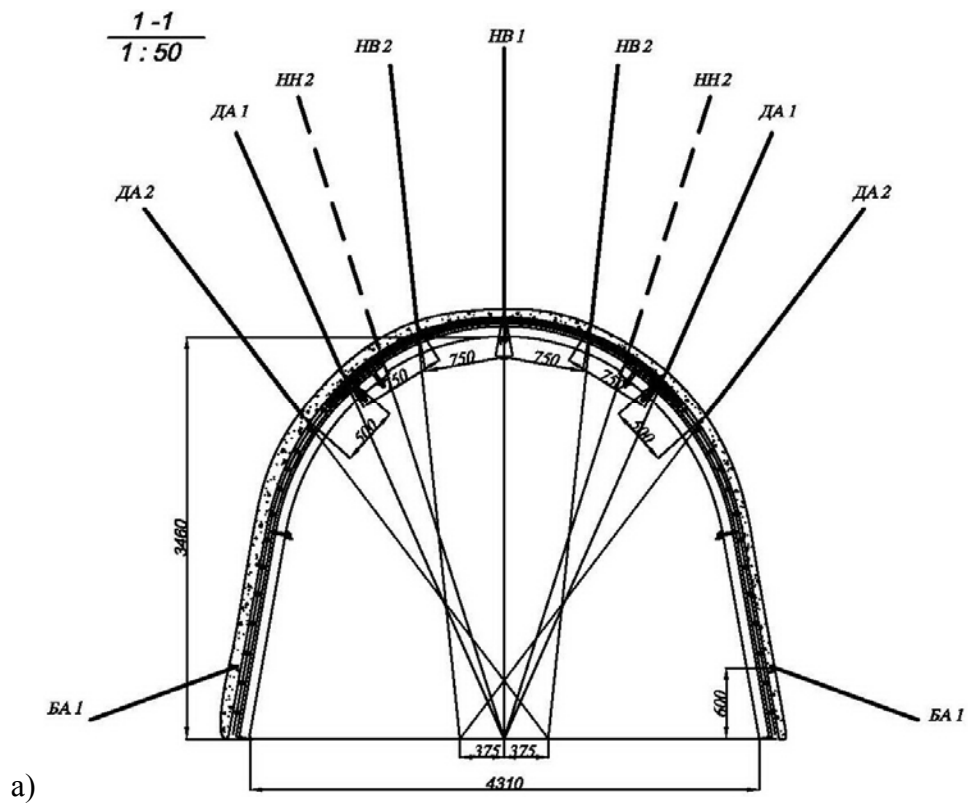
а)



б)

а) полное перекрытие; б) неполное перекрытие.

Рис. 3 – Схема установки анкеров для выработки сечения КШПУ-11,7, $N_c = 2$.



а) полное перекрытие; б) неполное перекрытие.

Рис. 4 – Схема установки анкеров для выработки сечения КШПУ-11,7, $N_c = 3$.

Таблица 2 – Номера схем и состав конструкций АК для сечения КШПУ-14,4:

<i>Nc</i>	<i>Na</i>	<i>n C</i>	<i>n KB</i>	<i>n Б</i>	<i>n БП</i>	Δ	<i>k/m</i>
1	6/5	4	2	0	0	1	20
		3н	2	2	2	1	4
2	6/5	4	2	0	0	1	20
		3н	2	2	2	1	6
3	6/5	4	2	0	0	1	20
		3н	2	2	2	1	9

Таблица 3 – Номера схем и состав конструкций АК для сечения КШПУ-17,7

<i>Nc</i>	<i>Na</i>	<i>n C</i>	<i>n KB</i>	<i>n Б</i>	<i>n БП</i>	Δ	<i>k/m</i>
1	6/5	4	2	0	0	1	20
		3н	2	2	2	1	6
2	6/5	4	2	0	0	1	20
		3н	2	2	2	1	9
3	7/4	4+1н	2	0	0	1	20
		2н	2н	2	2	1	4

Таблица 4 – Номера схем и состав конструкций АК для сечения КШПУ-13,7:

<i>Nc</i>	<i>Na</i>	<i>n C</i>	<i>n KB</i>	<i>n Б</i>	<i>n БП</i>	Δ	<i>k/m</i>
1	6/5	4	2	0	0	1	20
		3н	2	2	2	1	4
2	6/5	4	2	0	0	1	20
		3н	2	2	2	1	6
3	6/5	4	2	0	0	1	20
		3н	2	2	2	1	8

Таблица 5 – Номера схем и состав конструкций АК для сечения КШПУ-11,0:

<i>Nc</i>	<i>Na</i>	<i>n C</i>	<i>n KB</i>	<i>n Б</i>	<i>n БП</i>	Δ	<i>k/m</i>
1	6/5	4	2	0	0	1	20
		3н	2	2	2	1	8
2	6/5	4	2	0	0	1	20
		3н	2	2	2	1	10
3	6/7	4	2	0	0	1	20
		5н	2	2	2	1	4

Таблица 6 – Номера схем и состав конструкций АК для сечения КШПУ-15,1:

<i>Nc</i>	<i>Na</i>	<i>n C</i>	<i>n KB</i>	<i>n Б</i>	<i>n БП</i>	Δ	<i>k/m</i>
1	7/6	5	2	0	0	1	20
		4н	2	2	2	1	8
2	7/8	5	2	0	0	1	20
		6н	2	2	2	1	4
3	7/8	5	2	0	0	1	20
		6н	2	2	2	1	6

Учет особенностей строения массива горных пород в зоне влияния выработки. На выбор несущей способности рамных конструкций крепи существенную роль оказывает неоднородность распределения прочности горных пород в зоне влияния горной выработки. При рамном креплении выработки разница в прочности пород различной литологии в 5-10 МПа может спровоцировать возникновение и развитие разрушения горных пород при среднем запасе их прочности 4-6. Конструкции АК работают на сохранение монолитности приконтурных пород и достигают такого состояния посредством удержания значения минимальной компоненты напряжений близким к его значению в нетронутом массиве. Высокая несущая способность конструкции АК и сохранение пород в состоянии трехосного равнокомпонентного сжатия допускают наличие (без ущерба для устойчивости) в зоне влияния выработки горных пород с разницей в прочности до 20 МПа.

Массив горных пород в зоне влияния горной выработки для описания и учета его послойной прочностной неоднородности может быть представлен совокупностью из 9 геомеханических слоев (h – высота выработки в проходке):

1) B_1 – мощностью $0,25 h$, 1-й геомеханический слой горных пород в боку выработки примыкает к ее непосредственной почве;

2) B_2 – мощностью $0,25 h$, 2-й геомеханический слой горных пород в боку выработки;

3) B_3 – мощностью $0,25 h$, 3-й геомеханический слой горных пород в боку горной выработки;

4) B_4 – мощностью $0,25 h$, 4-й геомеханический слой горных пород в боку выработки, примыкает к ее непосредственной кровле;

5) K_1 – мощностью b , 1-й геомеханический слой горных пород непосредственной кровли выработки;

6) K_2 – мощностью $2b$, 2-й геомеханический слой горных пород основной кровли выработки;

7) K_3 – мощностью $4b$, 3-й геомеханический слой горных пород кровли выработки;

8) P_1 – мощностью $2b$, 1-й геомеханический слой горных пород непосредственной почвы выработки;

9) P_2 – мощностью $3b$, 2-й геомеханический слой горных пород непосредственной почвы выработки.

Каждый из этих слоев может быть составлен из нескольких природных слоев горных пород, различающихся прочностью. Если геомеханический слой составлен из нескольких природных породных слоев, то за его прочность принимается их среднее взвешенное (по мощности) значение $\sigma_{сж}$:

$$\sigma_{сж} = (\sigma_1 * m_1 + \sigma_2 * m_2 + \dots + \sigma_n * m_n) / n * m \quad (1)$$

где $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n, m_1, m_2, \dots, m_n$ и n – соответственно прочность, мощность и количество составляющих слоев; m – мощность геомеханического слоя.

При этом если мощность природного слоя с прочностью 10-15 МПа:

- не превышает 10 % m , то наличие этого слоя не принимается в расчет;

- составляет 5-40 % m , то его прочность определяется из (1);
- превышает 40 % m , то его прочность принимается за прочность геомеханического слоя;

Если мощность слоя с прочностью 40-50 МПа:

- не превышает 5 % m , то наличие этого слоя не принимается в расчет;
- составляет 5-40 % m , то его прочность определяется из (1);
- превышает 40 % m , то его прочность принимается за прочность геомеханического слоя.

Если геомеханический слой П1 в этом случае содержит слой с прочностью 40-50 МПа мощностью 15-30 % m на расстоянии 0,4-0,8 b под поверхностью почвы выработки, то геомеханическая ситуация с увеличением длины выработки дополнительно осложняется пучением пород почвы, блокирование которого производится увеличением m на 3. Если геомеханический слой К2 содержит слой с прочностью 40-50 МПа мощностью 15-30 % m на расстоянии 0,5-0,7 b от поверхности кровли выработки, то геомеханическая ситуация с увеличением длины выработки дополнительно осложняется потерей устойчивости пород кровли, блокирование которой производится увеличением m на 2.

Если мощность слоя с прочностью 50-60 МПа:

- не превышает 2 % m , то наличие этого слоя не принимается в расчет;
- составляет 2-40 % m , то его прочность определяется из (1).

Если геомеханический слой П1 содержит слой с прочностью 50-60 МПа мощностью 10-20 % m на расстоянии 1,0-1,5 b под поверхностью почвы выработки, то геомеханическая ситуация с увеличением длины выработки дополнительно осложняется пучением пород почвы, блокирование которого производится увеличением m на 4. Если геомеханический слой П1 содержит слой с прочностью 50-60 МПа мощностью 15-20 % m на расстоянии 1,5-1,8 b под поверхностью почвы выработки, то геомеханическая ситуация с увеличением длины выработки дополнительно осложняется пучением пород почвы, блокирование которого производится увеличением m на 3. Если геомеханический слой К2 содержит слой с прочностью 50-60 МПа мощностью 10-20 % m на расстоянии 1,5-1,8 b от поверхности кровли выработки, то геомеханическая ситуация с увеличением длины выработки дополнительно осложняется потерей устойчивости пород кровли, блокирование которой производится увеличением m на 2.

Параметры конструкций АК выбраны таким образом, чтобы зона влияния выработки была ограничена массивом мощностью не более: в кровле $-3b$, в почве $-1b$, в боках $-0,2b$. При этом за пределами зоны влияния выработки в течение всего срока ее службы разница между компонентами геостатического поля напряжений не более 15 %; значение минимальной компоненты напряжений не снижается ниже $0,925\gamma H$, значение максимальной не возрастает более $1,075\gamma H$, значение промежуточной компоненты остается без изменений $-1,0\gamma H$. То есть состояние трехосного геостатического сжатия на протяжении срока службы выработки весьма близко к первичному полю напряжений нетронутого массива, при котором имеет место достаточно полное блокирование самопроизвольного разрушения горных пород.

В документе «Альбом типовых схем анкерной крепи выемочных горных выработок различного сечения» введено понятие базовых горно-геологических условий, а именно, условий, в которых для сохранения высокой монолитности приконтурных пород на протяжении 6 лет достаточно конструкции АК с минимальной несущей способностью N_c с $i=1$. В «Альбоме» представлены характерные для шахт Западного Донбасса геомеханические ситуации распределения прочности породного массива, горно-геологические условия которых по сравнению с базовыми в определенной мере осложнены. При этом уровень осложнения условий таков, что они могут быть преодолены с помощью схем 1-6 с увеличенными «стартовыми» номерами, т.е. посредством перехода от i к $i+1$, или $i+2$, или $i+3$, или $i+4$ в зависимости от уровня:

1) все геомеханические слои имеют одинаковую прочность $\sigma_{сж} = 20-40$ МПа (однородный массив). В табл. 7 такая геомеханическая ситуация имеет обозначение – $У_T=1$ – базовая геомеханическая ситуация;

2) слои K_1, K_2 кровли имеют среднюю или низкую 10 МПа или повышенную прочность 50 МПа Z (слой K_3 может иметь природную среднюю прочность и мощность до $10b$ и более, с ростом его мощности устойчивость выработки повышается). Слои $B_1, B_2, B_3, П_1, П_2$ бока имеют среднюю прочность $\sigma_{сж}=20-40$ МПа. В табл. 7 – $У_T=2$;

3) слой K_2 кровли имеют среднюю высокую 50 МПа прочность Z . Слои $B_1, B_2, B_3, П_1, П_2$ бока имеют среднюю прочность $\sigma_{сж}=20-40$ МПа. В табл. 7 – $У_T=3$;

4) слои K_1, K_2, K_3 кровли и слои $П_1, П_2$ почвы имеют среднюю прочность $\sigma_{сж} \pm \Delta\sigma$, а слои B_1, B_2, B_3, B_4 бока имеют среднюю прочность $\sigma_{сж} - z\Delta\sigma$, здесь z 1-1,5. В табл. 7 – $У_T=4$;

5) базовая геомеханическая ситуация осложнена тем, что один из геомеханических слоев зоны влияния выработки имеет или низкую 10 МПа или повышенную 50 МПа прочность Z (массив содержит один геомеханический слой, в котором имеется природный слой с отличной от среднего прочностью и мощностью менее $0,5b$). В табл. 7 – $У_T=5$;

6) базовая геомеханическая ситуация осложнена тем, что один из геомеханических слоев зоны влияния выработки имеет высокую 60-80 МПа прочность (массив содержит один геомеханический слой, в котором имеется природный слой с высокой прочностью и мощностью менее $0,5b$). В табл. 7 – $У_T=6$;

7-8) базовая геомеханическая ситуация, осложнена тем, что в одном из геомеханических слоев бока содержится слой угля мощностью соответственно до 0,2 м, 0,4 м, 0,8 м, 1,2 м. В таблице 7 – $У_T= 7-10$;

Наличие природного прослойка горных пород мощностью менее 15 % мощности геомеханического слоя прочностью менее 20 МПа (до 6 МПа) или более 40 МПа (до 60 МПа) не изменяет условия, что общая прочность геомеханического слоя может принимается равной 30 МПа.

Таблица 7 – Номера схем АК для сечений типа КШПУ-9,5, 11,7, 14,4, 17,7, 13,7, 11,0 в зависимости от горно-геологических условий и срока службы выработки

УТ	Б ₁ i	Б ₂ i	Б ₃ i	Б ₄ i	К ₁ i	К ₂ i	К ₃ i	П ₁ i	П ₂ i
1	$\sigma_{сж}$ 1	$\sigma_{сж}$ 1	$\sigma_{сж}$ 1	$\sigma_{сж}$ 1	$\sigma_{сж}$ 1	$\sigma_{сж}$ 1	$\sigma_{сж}$ 1	$\sigma_{сж}$ 1	$\sigma_{сж}$ 1
2	$\sigma_{сж}$ 2	$\sigma_{сж}$ 2	$\sigma_{сж}$ 2	$\sigma_{сж}$ 2	Z 2	Z 2	$\sigma_{сж}$ 2	$\sigma_{сж}$ 2	$\sigma_{сж}$ 2
3	$\sigma_{сж}$ 2	$\sigma_{сж}$ 2	$\sigma_{сж}$ 2	$\sigma_{сж}$ 2	$\sigma_{сж}$ 2	60- 80МПа 3	$\sigma_{сж}$ 2	$\sigma_{сж}$ 2	$\sigma_{сж}$ 2
4	Z 2	Z 2	Z 2	Z 2	$\sigma_{сж}$ 2	$\sigma_{сж}$ 2	$\sigma_{сж}$ 2	$\sigma_{сж}$ 2	$\sigma_{сж}$ 2
5	Z 2	Z 2	Z 2	Z 2	Z 2	Z 3	Z 3	Z 2	Z 2
6	60- 80МПа 1	60- 80МПа 2	60- 80МПа 2	60- 80МПа 1	60- 80МПа 2	60- 80МПа 3	60- 80МПа 2	60- 80МПа 1	60- 80МПа 1
7	У 2	У 1	У 1	У 2	$\sigma_{сж}$ 1	$\sigma_{сж}/У$ 2	$\sigma_{сж}/У$ 2	$\sigma_{сж}/У$ 2	$\sigma_{сж}/У$ 3
8	У 2	У 1	У 1	У 2	$\sigma_{сж}$ 1	$\sigma_{сж}/У$ 2	$\sigma_{сж}/У$ 2	$\sigma_{сж}/У$ 2	$\sigma_{сж}/У$ 3

У – в составе слоя содержится угольный пропласток мощностью 0,3-0,5 м, *n* – в поперечном сечении находится *n* (от одного до трех) слоев с прочностью за пределами диапазона 20-40 МПа, *n*=1 в таблице не обозначается.

Выводы. Технология анкерного крепления выработок, сохраняемых для повторного использования опробована на шахтах:

- «Юбилейная» 581, 583, 585, 587 сборные штреки;
- «Павлоградская» 302 сборный, 413 бортовой, 414 бортовой штреки;
- «Самарская» 535 сборный штрек;
- «Терновская» 534 и 532 сборные штреки;
- «Степная» 159, 163, 165 сборные штреки;
- «Благодатная» 126, 128 сборные штреки;
- «Молодогвардейская» 33 восточный Орловский конвейерный ходок (на запад) и 34 восточный Орловский конвейерный ходок;
- «Ореховская» Конвейерный уклон № 3.

Постоянный мониторинг выработок проводился на всех этапах их эксплуатации: при проведении, отработке первой лавы, перед второй лавой, за ней, при дальнейшем поддержании. Результаты наблюдений свидетельствуют, что при соблюдении технологии установки анкеров и соответствии предложенным схемам устойчивость выработок сохранялась на хорошем и удовлетворительном уровне. Свод выработок не разрушался и единым блоком опускался с поворотом на одну, а затем на другую сторону. Установка анкеров по усиленной схеме позволила достичь высокого взаимодействия между рядами анкеров, а периодическое усиление на перемычках – восстанавливать устойчивость и не накап-

ливать негативное воздействие горного давления с увеличением длины выработки.

Внедрение новой технологии крепления сводит к минимуму затраты на выполнение концевых операций, что дает возможность практически непрерывно вести выемку угля очистным комбайном и предоставляет нормальные условия для транспортировки материалов и угля. Таким образом, применение усиленных и мощных конструкций анкерной крепи для удержания массива приконтурных горных пород от смещения в пространство выработки позволяет сохранять их состояние на заданном уровне монолитности. Это обеспечивает поддержание подготовительной выработки в эксплуатационном состоянии при проходке и отработке лавы, а также дает возможность сохранить выработку для повторного использования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СОУ 10.1.05411357.010:2008. Система забезпечення надійного та безпечного функціонування гірничих виробок із анкерним кріпленням. Загальні технічні вимоги. – К.: Мінвуглепром України, 2008. – 83 с.

УДК 622.273.217.4

асс. М.В.Петлеваний
(Государственный ВУЗ
«Национальный горный университет»)

ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ЗАКЛАДОЧНОГО МАССИВА ИЗ ТВЕРДЕЮЩЕЙ ЗАКЛАДКИ ПРИ ДОБЫЧЕ РУДЫ НА ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТАХ

Наведені результати дослідження впливу дисперсних часток доменого гранульованого шлаку та доломіту на структурні особливості та міцність закладного масиву при розробці залізних руд системами з твердіючим закладанням. Запропановані технологічні рекомендації щодо формування закладного масиву для підвищення його стійкості.

THE INCREASE OF ARTIFICIAL MASSIF STABILITY MADE OF HARDENING BACKFILL AT ARE EXTRACTION ON DEEP HORIZONES

Results of research of disperse particles influence of the domain granulated slag and dolomite on structural features and strength backfill massif while developing iron ores by the systems with a hardening backfill are given. Technological recommendation of backfill massif to increase its stability are given.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. При разработке крутопадающих месторождений камерными системами с твердеющей закладкой актуальным является вопрос устойчивости закладочного массива. Это связано с большими размерами очистных камер и возрастанием интенсивности проявления горного давления. В таких условиях состав закладочной смеси должен формировать прочный и устойчивый закладочный массив.

На ЗАО «ЗЖРК» добычу руды ведут в интервале глубин 640 – 840 м. При прочности закладочного массива 6 – 7 МПа наблюдаются разрушения закладочного массива днищ и боков заложенных камер, при отработке камер второй