
© В.А. Еременко, Е.А. Разумов,
Д.Ф. Заятдинов, А.С. Позолотин,
С.А. Прохвятилов, С.Ю. Красилов,
2013

УДК 622.831; 622.2; 622.235

**В.А. Еременко, Е.А. Разумов, Д.Ф. Заятдинов,
А.С. Позолотин, С.А. Прохвятилов, С.Ю. Красилов**

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДВУХУРОВНЕВОЙ ТЕХНОЛОГИИ АНКЕРНОГО КРЕПЛЕНИЯ ШИРОКИХ СОПРЯЖЕНИЙ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

На основе проведенных методических расчетов и экспериментальных исследований предложена двухуровневая схема анкерного крепления, позволяющая эффективно поддерживать широкие сопряжения подготовительных выработок, обеспечивая безопасность горных работ.

Ключевые слова: шахта, анкерная крепь, подготовительная выработка, сопряжение, кровля выработки.

В настоящее время производственно-территориальные угледобывающие комплексы Российской Федерации ориентированы на эффективное использование ресурсов на основе международных стандартов и повышения объемов добычи угля путем совершенствования производственной базы. За последнее десятилетие произошли существенные изменения в технологии ведения горных работ, способах подготовки и крепления горных выработок, а также разработке новых конструкций и расширении области применения анкерной крепи. Совершенствование горно-шахтного оборудования достигло высоких результатов. Габаритные размеры проходческих комбайнов увеличились из-за навесного гидравлического оборудования для монтажа анкерной крепи, изменились параметры подготовительных выработок и их сопряжений. При этом остается весьма актуальной проблема поддержания сопряжений выработок большой ширины.

Анкерная крепь, в отличие от крепи поддерживающего типа, сразу же

после установки обеспечивает связывание и упрочнение массива пород в кровле и боках выработки и активно противодействует развитию смещений и деформаций пород. Это преимущество позволяет при значительно меньшем расходе металла в шахте обеспечивать повышение устойчивости и надежности поддержания выработок. Другим преимуществом анкерной крепи является возможность механизации крепления, в результате значительно снижается трудоемкость проходческих работ и возрастает скорость проведения выработок. На месторождениях Кузбасса с пологим и наклонным залеганием угольных пластов ежегодно проводится свыше 250 км подготовительных выработок, закрепленных анкерной крепью. Современные технологии анкерного крепления подготовительных и капитальных горных выработок включают комбинированную схему крепления с использованием канатных анкеров глубокого заложения [1]. Канатные анкеры позволяют эффективно и безопасно крепить подземные выра-

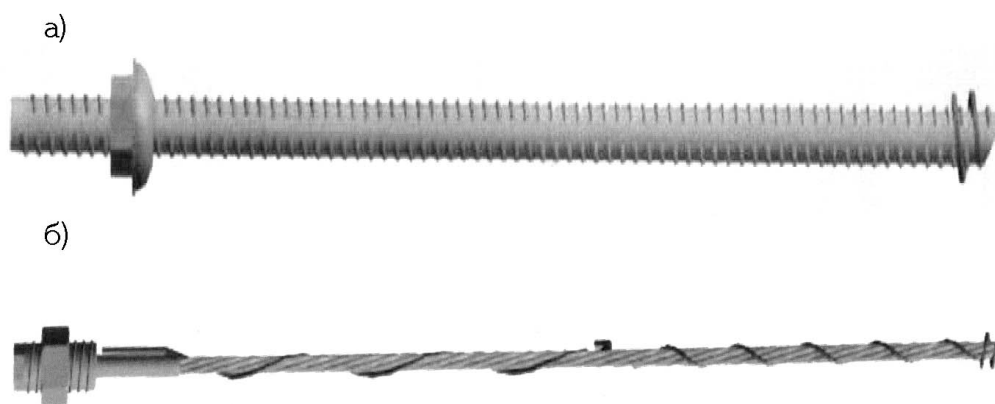


Рис. 1. АВР анкер винтовой «Распадский» (а) и АК — анкер канатный (б)

ботки большого сечения, шириной более 12 м. Обеспечивается безопасность работ, малая металло- и трудоёмкость возведения крепи, не загромождается пространство выработок, что позволяет свободно транспортировать оборудование и др.

Способ крепления сопряжений горных выработок

Двухуровневая технология анкерного крепления позволяет эффективно подерживать сопряжения подготовительных выработок, обеспечивая безопасность горных работ, удобство последующей эксплуатации горных выработок, а также значительно уменьшая материальные затраты [2].

При проведении выработок расчет параметров анкерной крепи выполнялся согласно «Инструкции по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах России» [3], с учетом расчетных ожидаемых смещений пород кровли. Предлагаемый способ предусматривает увеличение несущей способности горных пород за счет анкеров первого уровня (рис. 1, а) [4, 5] с последующим закреплением канатными анкерами второго уровня (рис. 1, б) к вышележащим устойчивым породам кровли [6].

Проведение сбоек с помощью проходческого комбайна формирует значительные площади обнажения в районе сопряжений, поэтому в местах разворота комбайна из-за его больших габаритных размеров проводятся мероприятия по усилению крепи кровли. В качестве крепи усиления принимали канатные анкеры глубокого заложения типа АК02. Крепь усиления устанавливалась в процессе прохождения сопряжения и монтажа основной анкерной крепи «первого уровня». Данный способ крепления сопряжений горных выработок применяется в условиях шахты МУК-96. Горно-геологические и горнотехнические условия в районе сопряжений представлены в табл. 1, 2 (рис. 2).

Для расчета крепи усиления определялась фактическая ширина сопряжений согласно [7]. Схемы горных выработок для расчета ширины пролета сопряжений представлены на рис. 3 и их величины определялись по формулам

$$B_1 = b_1 \cos \theta + b_2 + d, \text{ м} \quad (1)$$

$$B_2 = b_1 + (d_1 + d_2), \text{ м}$$

$$B_3 = b_2 \sin \theta + b_3 + d, \text{ м.}$$

22 Таблица 1

Горно-геологические условия в районе сопряжений

Наименование	Обозначение	Исходные данные для расчета крепи			Грузо-подской штрек 5-15 со сбойкой № 5
		конвейерный штрек 5-15-22 со сбойкой № 7	разрезная печь 5-15-22(2) с конвейерным штреком 5-15-22	Главный конвейерный штрек 5—15 со сбойкой № 6	
Глубина расположения сопряжения, м	H	320	236	262	262
Падение пласта на северо-запад под углом, град.	α	8-12	7-12	8-12	8-12
Удельный вес угля, т/м ³	γ	1,51	1,51	1,51	1,51
Крепость угля	f	0,8-1	0,8-1	0,8-1	0,8-1
Средняя мощность пласта, м	m	4,16	3,85	3,13	3,13
Крепость пород непосредственной кровли, ед.	f	4-6	4-6	4-6	4-6
Мощность пород непосредственной кровли, м	m	5,0	7-16	20-23	20-23
Сопrotивление сжатию пород непосредственной кровли, МПа	$\sigma_{сж}$	52,5-56,5	52,5-56,5	52,5	52,5
Строение пород кровли	тип	I	I	I	I
Устойчивость пород непосредственной кровли	класс	II	II	II	II
Мощность песчаников в основной кровле, м	m	до 47	28-40	30-36	30-36
Крепость пород основной кровли, ед.	f	7-8	7-9	7-10	7-10
Сопrotивление сжатию пород основной кровли, МПа	$\sigma_{сж}$	75,43-96,0	75,43-96,0	75,43-96,0	75,43-96,0
Мощность алевролита темного мелкозернистого в почве, м	m	2-7	8-13	5-7	5-7
Коэффициент крепости пород почвы, ед.	f	3-4	3-4	3-4	3-4

Таблица 2

Горнотехнические условия в районе сопряжений

Технические параметры	Наименование сопряжений			
	конвейерный штрек 5-15-22 со сбойкой № 7	разрезная печь 5-15-22(2) с конвейерным штреком 5-15-22	Главный конвейерный штрек 5-15 со сбойкой № 6	Грузо-подской штрек 5-15 со сбойкой № 5
Проведение выработок и сопряжений			Комбайном 12СМ30В «ЮУ»	
Ширина сопряжений	17,5 м	18,6 м	17 м	20,5 м
Параметры выработок (В — ширина; h — высота), м	конвейерный штрек 5-15-22; В=5,4; h=3,6; сбойка № 7: В=5,4; h=4,0. 175 м ²	разрезная печь 5-15-22(2); В=5,6; h=4,0; конвейерный штрек 5-15-22; В=5,4; h=3,6. 183 м ²	Главный конвейерный штрек 5-15; В=5,4; h=3,6; сбойка № 6: В=5,4; h=4,0. 275 м ²	Грузо-подской штрек 5-15; В=5,4; h=4,0; сбойка № 5: В=5,4; h=3,6. 307,5 м ²
Площадь сопряжений			Анкерная	
Наименование крепи	АВР20/2,2/221	АВР20/2,2/300	АВР20/2,8/326	АВР20/2,8/314
Анкеры первого уровня: тип/длина, м/ количество, шт.		Шайба 200Ч200, со сволчатой формой 100Ч100Ч4 2/370		
Опорный элемент, габаритные размеры, мм				
Ампулы для закрепления: количество, шт./ длина, мм				
Анкеры второго уровня: тип/длина, м/ количество, шт.	АК02/6,0/73	АК02/6,0/126	АК02/6,0/130	АК02/7,0/140
Несущая способность анкера АК02, кН			210	
Опорный элемент, габаритные размеры, мм	Шайба сферическая 250Ч250Ч8	Шайба сферическая 250Ч250Ч8	Шайба сферическая 250Ч250Ч8	Шайба сферическая 250Ч250Ч8
Ампулы для закрепления: количество, шт./ длина, мм		3/370		
Перетяжка кровли		Решетчатая затяжка СС-6		
Божовые анкеры: тип/длина, м/ количество на метр, шт.	АВР16/1,8/6		АВР16/1,5/6	
Время поддержания сопряжений, лет	2	2	15	5
Контроль смещений, датчик типа ИСК		Смещений не зафиксировано		
Примечание	Сопряжения находятся в зоне опорного давления от выемочных участков	Сопряжения находятся в зоне опорного давления от выемочных участков		

д

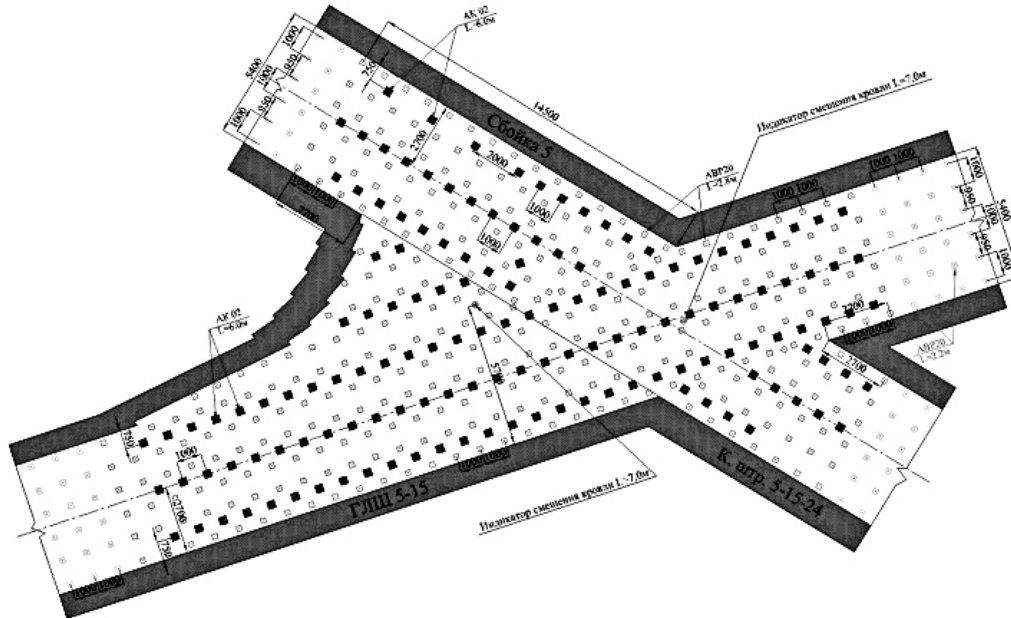


Рис. 2. Схема крепления сопряжений конвейерного штрэка 5-15-22 со сбойкой № 7 (а, б), разрезной печи 5-15-22(2) с конвейерным штрэком 5-15-22 (в), главного конвейерного штрэка (ГКШ) 5-15 со сбойкой № 6 (г) и грузо-людского штрэка (ГЛШ) 5-15 со сбойкой № 5 (д) на шахте МУК-96.

АК – анкер канатный; АВР – анкер винтовой «Распадский»; L – длина анкера, м

$$B_4 = \frac{b}{\sin \frac{\theta}{2}}, \text{ м}$$

где B_{1-4} — ширина пролета сопряжений горных выработок, м; b, b_{1-3} — ширина выработок сопряжения, м; d, d_{1-2} — зона разрушения углов между выработками, м; θ — углы отвления сопрягаемых выработок, град.

После проведенных расчетов определена ширина пролета сопряжений, представленных на рис. 2а-г и 3а-г: $B_1 = 17,5$ м, $B_2 = 18,6$ м; $B_3 = 17$ м, $B_4 = 20,5$ м.

Расчет параметров канатных анкеров усиления выполнялся с использованием основных положений теории

свода [8, 9]. Рассчитывается давление веса пород, заключенных внутри свода, без учета наличия крепи анкеров первого уровня, но вес этот принимается полным или уменьшенным с учетом физико-механических свойств горных пород и действующих напряжений [8]. Данный метод применяется для расчета крепи сопряжений горных выработок, а также выработок, пройденных в сложных горно-геологических условиях (большая глубина, меньшая крепость пород кровли и др.).

Для определения необходимой длины и количества анкеров усиления в расчете учитываются горизонтальные смещения (C) горных пород из боков выработки [9], в результате чего увеличивается давление на крепь и свод обрушения (b), данные параметры определялись по формулам

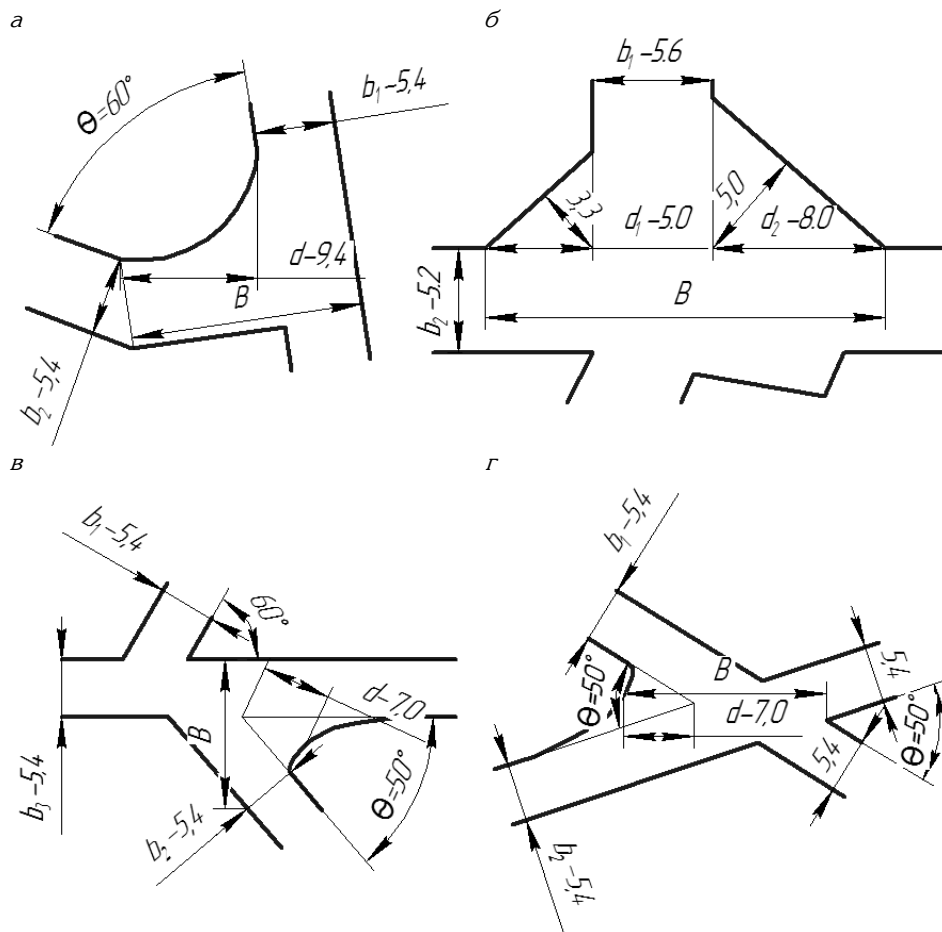


Рис. 3. Схемы горных выработок для определения ширины пролета сопряжений конвейерного штрека 5-15-22 со сбойкой № 7 (а), разрезной печи 5-15-22(2) с конвейерным штреком 5-15-22 (б), главного конвейерного штрека (ГКШ) 5-15 со сбойкой № 6 (в) и грузо-людского штрека (ГЛШ) 5-15 со сбойкой № 5 на шахте МУК-96. В – ширина сопряжения, м; b – ширина выработки, м; d – зона разрушения углов между выработками, м; θ – углы ответвления сопрягаемых выработок, град.

$$C = H \operatorname{ctg}\left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right), \text{ м} \quad (2)$$

где H – высота сопряжения, м; φ – угол внутреннего трения горных пород в боковых породах сопряжения, град.

$$b = \frac{a}{fk_k}, \text{ м} \quad (3)$$

где a – полупролет сопряжения с учетом горизонтальных смещений, м; f – коэффициент крепости горных пород кровли по шкале М. М. Протодьяконова; k_k – коэффициент литотипности [10, 11].

$$a = \frac{B + 2C}{2}, \text{ м} \quad (4)$$

где B – ширина сопряжения, м.

Расчет нагрузок на крепь усиления учитывает вес толщи пород, скрепленной анкерами первого уровня, и размеры свода обрушения из кровли сопряжения.

Ожидаемое давление пород свода на один погонный метр сопряжения составит

$$P = \frac{4}{3} ab\gamma, \text{ кН/м} \quad (5)$$

где γ — объемный вес пород кровли, кН/м^3 .

Удельное давление на анкера глубокого заложения определяется по формуле

$$P_{уд} = \frac{P}{B}, \text{ кН/м}^2 \quad (6)$$

Количество канатных анкеров усиления рассчитывается из выражения

$$n = \frac{P_{уд} S}{N_{ka}}, \text{ шт.} \quad (7)$$

где S — площадь сопряжения, м^2 ; N_{ka} — несущая способность канатного анкера, кН .

Для безопасного поддержания широких сопряжений горных выработок комбинированной анкерной крепью необходимо, чтобы суммарное сопротивление крепи превосходило давление пород свода.

Для предотвращения обрушения скрепленных анкерами первого уровня горных пород, их удельное давление ($P_{н.у}$), определяемое по формуле

(8), должно быть меньше установленного сопротивления канатных анкеров

$$P_{н.у} = l_{акт} \cdot \gamma, \text{ кН/м}^2 \quad (8)$$

где $l_{акт}$ — активная длина анкеров первого уровня.

Длина анкеров усиления второго уровня рассчитывалась по формуле

$$l_a = b + l_3 + l_6, \text{ м} \quad (9)$$

где l_3 — минимальная величина закрепления анкера в устойчивом массиве, м ; l_6 — выступающая часть анкера за контур выработки, м .

Для расчета длины анкеров усиления также учитывался практический опыт применения канатных анкеров в сложных горно-геологических условиях [1]. Контроль за состоянием кровли сопряженных выработок осуществлялся датчиками индикаторами смещения кровли (ИСК). В немногочисленных случаях выявления смещений выполнялось дополнительное упрочнение горных пород кровли канатными анкерами усиления АК02 и скрепляющими смолами.

Выводы

Установлено, что применение канатных анкеров в качестве крепи усиления обеспечивает надёжность работы основной крепи, безопасность условий поддержания широких сопряжений, скорость формирования сопряжений, качественное связывание и упрочнение горных пород, большую несущую способность и др.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Еременко В.А., Разумов Е.А., Заятдинов Д.Ф. Современные технологии анкерного крепления // ГИАБ. — 2012. — № 12. — С. 38-45.
2. Самок А.В., Райко Г.В., Гречишкин П.В. Канатный анкер АК 01: широкие выработки и их сопряжения // Уголь. — 2011. — С. 80-82.

3. *Инструкция* по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах России. СПб: Министерство топлива и энергетики Российской Федерации, Российская академия наук, 2000. — 70 с.

4. *Семевский В.Н., Волжский В.М., Тимофеев О.В., Широков А.П.* Штанговая крепь. — М.: Недра, 1965. — 327 с.

5. *Разрешение* № РРС 68-00139 крепь анкерная металлическая типа АВР (ТУ 3142-168-74 292739-2005).

6. *Патент* № 105941, РФ. Анкер канатный АК 01 и АК 02. ТУ 3142-001-00974883-2007 / Ф. А. Анисимов, А. С. Позолотин. — 2011.

7. *Методика* расчета и выбора параметров крепи на сопряжениях горных выработок при одинарной и парной подготовке выемочных столбов. СПб: Министерство промышленности и энергетики Российской

Федерации, Российская академия наук, ФГУП «Государственный научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела — Межотраслевой научный центр ВНИМИ, 2004. — 84 с.

8. *Кожевин В.Г.* Механика горных пород и устойчивость выработок шахт Кузбасса // Кемеровское книжное издательство. — Кемерово. — 1973. — 345 с.

9. *Цимбаревич П.Н.* Механика горных пород // Москва: Углетехиздат, 1948. — 184 с.

10. *Штумпф Г.Г., Рыжков Ю.А., Шаламанов В.А., Петров А.И.* Физико-механические свойства горных пород и углей Кузнецкого бассейна. — М.: Недра, 1994. — 447 с.

11. *Широков А.П., Писляков Б.Г.* Расчет и выбор крепи сопряжений горных выработок — М.: Недра, 1978 — 304 с. **ИЛАС**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Еременко Виталий Андреевич — доктор технических наук, ведущий научный сотрудник ИПКОН РАН, eremenko@ngs.ru,

Разумов Евгений Анатольевич — технический директор, razum29@yandex.ru,

Заятдинов Дамир Фанисович — заместитель технического директора, rank2009@yandex.ru, Позолотин Александр Сергеевич — кандидат технических наук, директор по перспективному развитию, rank2009@yandex.ru, ООО «РАНК-2»,

Прохватилев Сергей Анатольевич — помощник командира Новокузнецкого отдельного военизированного горноспасательного отряда (ОВГСО) филиала ОАО «ВГСЧ», profnvgso@vgsch.ru,

Красилов Сергей Юрьевич — главный технолог ОАО «Междуреченская угольная компания-96», info@raspadskaaya.ru



**РУКОПИСИ,
ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «ГОРНАЯ КНИГА»**

УТОЧНЕНИЕ ПРОГРАММЫ КУРСА «ИССЛЕДОВАНИЯ И ИСПЫТАНИЯ ПРИБОРОВ И СИСТЕМ»

(№ 957/05-13 от 06.03.13, 04 с.)

Волошиновский Кирилл Иванович — ассистент кафедры АТ, gas7dev@gmail.com Московский государственный горный университет,

ELABORATION OF THE PROGRAMME OF THE COURSE «RESEARCH AND TESTING OF INSTRUMENTS AND SYSTEMS»

Voloshinovskiy Kirill Ivanovich