

**622.284.74****А.В. Ремезов, Л.М. Коновалов, Р.А. Иванов, В.М. Ануфриев****О РАЗВИТИИ И СОСТОЯНИИ АНКЕРНОГО КРЕПЛЕНИЯ**

Долгое время, за счёт установки рамного крепления, методы поддержания кровли были внешними и пассивными. В 1927 г. на металлическом руднике в США начали использовать новую технологию крепления: очень примитивные стальные анкерные болты [1]. Впервые внутренние укрепляющие усилия применялись к кровельным слоям, делая систему поддержания активной. В 1943 г. Weigel [2] предложил основные концепции крепления анкерами как метода поддержания слабых кровель. Некоторые из его идей остаются основами современных теорий анкерования и прикладных нормативов:

1. поддержание слабых пород ниже естественной линии свода (подвешивание);
2. скрепление отдельных, тонких слоев вместе, чтобы создать более толстые, более сильные слои (балочная конструкция);
3. комбинированное крепление (1+2);
4. временное крепление в горнодобывающем цикле.

В дополнение к эффективности управления кровлей и сокращению стоимости, некоторые преимущества крепления анкерами, по сравнению с другими системами поддержания кровли, значительно увеличивают его применение. Эти преимущества включают:

- сокращение затрат на хранение и транспортировку материала;
- меньший размер выработки в проходке, необходимый для достижения того же сечения в свету, по сравнению с другими видами крепи;
- предотвращение любых заметных сводовых деформаций быстрой установкой анкеров после прохождения выработки ;
- улучшение вентиляции понижением аэродинамического сопротивления воздуху через устранение препятствий, типа костров, стоек и верхняков;
- обеспечение крепления к кровле балок монорельсовых транспортных средств без риска смещения крепи;
- обеспечение удобной подвески различных

Таблица 1

Объем креплений (м) горных выработок анкерами на шахтах Ленинского рудника

Шахты	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
им.С.М. Кирова	8698	3818	993	3293	2105	303	1697	3927
Кольчугинская	48					15		
Им. 7 Ноября	7482	6933	5436	399	308			
Комсомолец	2483	943	1528	962	1117	108	996	1508
Полысаевская	3430	4607	3254	3246	319	399	216	223
Заречная		31710	22288	21500	11228	14334	7675	1522
Ярославского	50	125		17				
Октябрьская	1205	346	333	246		133	735	1730
ИТОГО по шахтам	23396	48482	33832	29662	15077	15292	11319	7353
	32,8	35	28,3	28,6	21,4	18,4	16,5	11,9

Шахты	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
им.С.М. Кирова	5929	8693	12227	11236	11320	14574	14548	11085
	45,9	75,2	94,8	94,7	98,1	96,9	97	84,2
Кольчугинская	49	218	1956	3424	1835	3250	3975	2951
	0,9	8,5	40,7	61,4	57,0	92,8	98,1	80,3
Им. 7 Ноября	2604	4738	3300	5819	5141	5910	7588	8061
	37,7	63,8	54,8	95,7	90,8	98,2	99,0	90,7
Комсомолец	1302	2886	4217	4037	2985	2147	5603	5871
	12,6	30,3	49	69,6	79,1	88,1	93,4	87
Полысаевская	774	1908	4418	5715	6200	8083	8553	10201
	11,5	23,0	55,3	72,7	65,5	84,2	98,8	91,6
Заречная		157	1911	3364	7175	11978	13919	12816
			12,1	84,6	77,8	92,5	96	97
Ярославского		630	2834	1800	3651	3355	4887	5665
		10,3	42,5	51	80,2	63,2	90,9	85,2
Октябрьская		188	678	473	1618	3067	8229	8259
		5,7	22,4	16	70,9	90,6	95	90,3
ИТОГО по шахтам	10658	19416	31541	35868	39925	52364	67302	51993
	19,3	38,9	60,3	74,7	82,4	90	95	88,3

\* Вторая строка -%

труб и электрических кабелей.

Сегодня, анкерное крепление не только широко используется в угольных шахтах, но находит применения и в открытой добыче, в рудниках, при строительстве метро и почти всюду, где требуется стабилизация горных пород.

Из-за его эффективности и разнообразия анкерное крепление стало наиболее важной системой крепления в добыче полезных ископаемых и гражданском строительстве во всем мире, значительно снизилось потребления древесины, металла и аварий. Проводилось много аналитических и лабораторных исследований, в попытке понять механизмы крепления анкерами так, чтобы анкерная технология могла применяться более эффективно. Несмотря на существенный прогресс, рациональной инструкции для расчета всех проектов анкерных систем все еще не существует. К счастью, методы анкерования последних 50 лет обеспечивают избыточным опытом использования анкеров. Сегодня разрабатывают более эффективные системы анкерования, сочетая математический анализ с данными натурных исследований.

Анкера могут быть классифицированы как: точечно-закрепленные и закрепленные на всю длину. Верхний конец точечно-закрепленного болта закрепляется или механическим устройством или коротким столбиком смолы. Анкерный болт, закрепленный на всю длину, заливается в шпуре быстро схватывающейся высокопрочной смолой или неорганическим цементом по всей длине скважины, либо закрепляется механически.

Обзор, проведенный в США в 1994 г., показал что, по крайней мере, семь различных типов закрепления анкерных болтов используются, для поддержания горных выработок. Это – цементируемые на всю длину, комбинированные, точечно закрепленные, напряженные с Т каналом, связкой, арматурный профиль со связкой, и другие. Анкерные болты, цементируемые на всю длину, наиболее популярны (приблизительно 46 % от всех рассмотренных). Точечно закрепленный, комбинированный и напряженный с Т канальными анкерными болтами также широко используется в лавных подготовительных штреках. На некоторых шахтах Кузбасса более 90% проводимых выработок закрепляется анкерами.

Если вернуться к истории, то в 1947 г. в попытке уменьшить число несчастных случаев, вызванных обвалом кровли, Американское Управление шахт (USBM) поддерживало использование технологии крепления анкерами. Менее чем за два года, более 200 шахт испробовали этот новый метод поддержки кровли. К 1952 г. ежегодное потребление анкерных болтов достигло 25 млн. штук. К 1968 г. 55 млн. болтов использовались ежегодно 912 угольными шахтами и 60 % угольного производства шло под анкерованными кровлями. В 1970-х быстрый рост в использовании анкерных болтов был вызван Американским Актом 1969 года о "Здоровье и Безопасности на

Угольных шахтах", который требовал, чтобы кровли и предохранительные целики всех действующих подземных выработок, ходовых, и рабочих мест были закреплены, чтобы защитить людей от обрушения кровли или бортов. В 1984 г., по оценкам USBM, приблизительно 120 млн. анкерных болтов использовалось, и более чем 90 % подземного угольного производства производилось под анкерованной кровлей [3].

Основным нормативным документом для шахт России по расчёту параметров анкерного крепления является Инструкция по расчёту и применению анкерной крепи на угольных шахтах России [4], но требования данного документа не всегда соблюдаются.

Сделав анализ аварийных ситуаций [5] на шахтах Ленинского рудника с обрушением кровли и завалами выработок, закреплённых анкерной крепью, за период 2001-2002 гг. по данным Центра анкерного крепления Кузбасса («ЦАКК»), мы пришли к выводу, что основной причиной произошедших аварий является (табл. 2):

- не указываются в паспортах и естественно не учитываются при расчётах геологические нарушения и конкретные горнотехнические особенности выработки;

- рабочие участков не прошли обучение по применению анкерного крепления;

- нет должного контроля за состоянием качества анкерного крепления горных выработок, т.е. отсутствует мониторинг;

- нарушаются расчётные, паспортные параметры анкерного крепления: длина анкера меньше расчётной, плотность установки анкеров меньше расчётной (увеличивается расстояние между подхватами, уменьшается количество анкеров в ряду);

- оперативно не учитываются для корректировки паспортов крепления геологические изменения;

- ИТР участка и старшие ИТР шахты не контролируют предварительное натяжение анкерных стержней;

- рабочие и ИТР участков несвоевременно проходят обучение правилам расчёта и крепления горных выработок анкерным креплением;

- недостаточно контролируют анкерное крепление и инспектора Госгортехнадзора, закреплённые за шахтами.

Необходимо сделать замечание и работникам «ЦАКК», при разборе произошедших аварий в документации по данным обрушениям:

- место вывала парод кровли не имеет конкретного места привязки в пространстве (к сопряжению выработки, к маркшейдерской точке);

- не делается эскиз места завала выработки;

- в отчетах в место плотности установки анкеров на один  $m^2$  площади кровли, фигурирует расстояния между анкерами и рядами анкеров;

- правильным было бы прикладывать к акту обследования копию существующего паспорта крепления горной выработки;

- ампулы производятся двумя фирмами и в своем составе имеют разные компоненты, и при аварии зачастую выявляются причины не качественного закрепления анкеров из-за незатвердевания смолы в шпуре;

- иногда наблюдаются недостаточная адгезия смолы со стенками шпурков и анкерами, но не определяется фирма изготовитель, не проверяется качество и состав компонентов данной фирмы, определенной партии ампул;

-анализ возникающих на шахтах обрушений кровли закреплённой анкерами АСП свидетельствует о том, что большая доля вины в возникновении опасных ситуаций ложится на инженерно-технических работников всех уровней: производственного, контролирующего и научного.

Для уменьшения числа случаев обрушения кровли в выработках, закреплённых анкерной крепью, на шахтах должны создаваться службы контроля состояния крепления горных выработок.

Обрушения кровли в выработках шахт в период с 2001 - 2003 гг.

Таблица 2

н/п	Шахта Дата	Место обру- шения	Данные осмотра места обрушения	Предпосылки обрушения
1.	Октябрьская 18.12.01 г.	Площадка(№2) сопряжения заезда с на- клонным квершлагом	Диаметр основания обрушения пород - 12 м, высота свода обрушения - 7,0 - 7,5 м. Острый угол массива сопряжения разрушен на глубину 1,8-2м от проектного сечения. Отжимы пород противоположного бока заезда (забетонированного) около 1,2-1,5м. По контуру пород кровли видны забои шпурков анкерной крепи со следами состава, а также деформированные анкерные стержни, оставшиеся закреплёнными в породах. В породе обнаружен анкерный стержень типа АКС длиной 2,2м без видимых остатков скрепляющего состава в месте закрепления. Структура обнажённых пород в своде обрушения весьма слоистая, породы представлены преимущественно алевролитом. Обрушенные породы мелко и среднекусковатые, слабоувлажнённые. Сразу после обрушения отмечено наличие устойчивого запаха скрепляющего состава в ампулах (стирола).	Неверный расчет и возведение крепи площадки, отсутствие инструментального контроля.
2.	Полысаевская 27.08.02 г.	Конвейерный штрек №18-19 пл. Толмачев- ского	Отмечена влага в виде конденсата на стенках свода.	Использование анкеров короче рас- четной длины, угол установки край- них анкеров не соответствует расчё- тному, не достаточное количество ам- пул в шпуре
3.	Первомайская 03.09.02 г.	Дренажный штрек пл.№27 (в районе гео- логических нарушения)		Нарушение технологии сталеполи- мерного анкерования, не учтено на стадии подготовки паспортной схемы геологическое нарушение. Отсутствие инструментального контроля
4.	им.Кирова 14.11.02г.	Конвейерная печь №2074 пл.Снятковски й (в районе тектоническо- го нарушения в виде взброса с амплитудой до 0,6 м и углом падения 15°)	Протяженность обрушения 8м, высота об- рушения - 3,5 м, отмечен приток воды с кровли. Анкера в своде обрушения с явными следами не застывшей смолы, распределён- ной по анкеру до 1м.	Не учтено влияние повышен- ного водопритока, снижающе- го прочность анкеруемых по- род в зоне тектонического на- рушения. Нарушение паспорта анкерного крепления и техно- логии установки сталеполи- мерной анкерной крепи.
5.	Заречная 10.12.02 г.	Монтажная камера №909 пл. Полысаев- ского-1	Протяженность вывала 12 м, высота до 4 м. В месте вывала было обнаружено 3 анкера со следами не застывшей смолы, 3-4% от всей длины склеивающего состава. Отмечено нарушение напластования пород кровли. Отслоение пород кровли до 200мм.	Отсутствие необходимых средств усиления крепи узкого сечения и после расширения, при технологии проведения в две заходки.
6.	Егозовская 03.01.03 г.	Монтажная камера №874 пл. Полысаев- ского-2	Протяженность вавола 10 м, высо- та - до 3,5 м.	Нарушение паспорта крепления выра- ботки.  Расслоение пород кровли.  Влияние тектонического нарушения.

Таблица 2 (продолжение)  
Обрушения кровли в выработках шахт в период с 2001 - 2003 гг.

п/п	Шахта Дата	Место обру- шения	Данные осмотра места обрушения	Предпосылки об- рушения
7.	7 Ноября 20.05.03 г.	Конвейерный штрек №813 пл.Полысаевск ого-2	Протяженность вывала 9м, высота - до 2 м. По контуру выработки видны все краине анкера. Некоторые из них разорваны по резьбовой части анкера. В обрушенной породе найдено 2 анкера со следами скрепляющего полимерного состава. На одном анкере длина стакана 350мм, а на другом 700мм. Обрушенные породы средне и крупнокусковатые, слабоувлажнённые. На своде вывала обнаружены капли воды.	Отсутствие необходимой крепи усиления на зону опережающего опорного давления
8.	Октябрьская 30.06.03 г.	Монтажная камера №980 пл.Полысаев- ский -1	Протяженность вывала 17м, высота - 4,5 - 5,0 м. Обрушенные породы средне и крупнокусковатые, слабоувлажнённые. На своде вывала влаги не обнаружено. По контуру выработки видны сохранившиеся замковые анкера. Отжимов пород бортов выработки нет, расслоение пород кровли незначительны.	Нарушение технологии сталеполимерного анкерования, отсутствие инструментального контроля.
9.	Октябрьская 22.07.03 г.	Конвейерный уклон № 97 пл.Полысаев- ский-1	Протяженность вывала 4-5 м, высота - 4-4,5 м. Обрушенные породы мелко и среднекусковатые, слабо увлажнённые.На своде вывала отмечена влага. По контуру видны замковые анкера один из которых разорван по резьбовой части. В обрушенных породах были обнаружены выпавшие анкера с остатками затвердевшего полимерного состава. В 20 метрах от места обрушения отмечен прогиб трёх верхняков на 1-1,5м. Расслоение пород кровли в этом месте достигает 2-2,5м.	Не регулярный инструментальный контроль. Расслоение пород кровли.
10.	Красноярская 25.07.03 г.	Монтажная камера № 1311 пл.Байкаим- ский	Протяженность вывала 11-12 м, высота - 2,3-2,5 м.	Отсутствие средств усиления как в паспортной схеме, так и при фактическом проведении монтажной камеры в две заходки.
11.	Заречная 26.08.03 г.	Конвейерный штрек № 805 пл.Полысаевск ий-2	Протяженность вывала 5 м, высота 3,0-3,2 м. Обрушенные породы слабоувлажнённые, среднекусковатой фракции. В контуре свода выявлены 2 анкерных стержня с сорванными гайками, а также выдвижка замковых анкерных стержней из шпуров на 0,5-1,3м.	Горногеологические нарушения, не учтены в расчете крепи горнотехнические особенности, отсутствие инструментального контроля.

Такие службы для шахт особо важны, так как за анкерной крепью требуется периодический контроль. Их создание должно исключить составление паспортов крепления и выполнение работ по креплению исполнителями, не прошедшиими специального обучения. Во всех выработках, закреплённых анкерной крепью, должны устанав-

ливаться специальные станции для замера расслоения пород кровли. Для контроля работоспособности анкерной крепи должны применяться приборы ПКА, динамометры, средства непрерывного контроля - нужен постоянный мониторинг.

Это способствовало бы значительному снижению аварийности на шахтах Кузбасса.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bolstad, D. and Hill, J. 1983, "U.S. Bureau of Mines rock bolting research," Proceedings of the International Symposium on Rock Bolting, Abisko, Sweden, pp.313-320.
2. Weigel, W. 1943, "Channel Iron for Roof Control," Engineering And Mining Journal, v. 144, May, pp. 70-72.
3. Bieniawski, Z. 1987, Strata Control in Mineral Engineering, John Wiley & Sons, Inc., pp. 29-57.
4. Инструкция по расчёту и применению анкерной крепи на угольных шахтах России. –СПб., 2000. 70 с.
5. Данные актов расследования аварий.

□ Авторы статьи:

Ремезов Анатолий Владимирович - докт. техн. наук, проф. каф. разработки месторож- дений полезных ископаемых подземным способом	Коновалов Леонид Михайлович -канд. техн. наук, дирек- тор НП ЗАО «ЦАКК»	Иванов Руслан Александрович -магистрант каф. разработ- ки месторождений полез- ных ископаемых подзем- ным способом	Ануфриев Валерий Михайлович -директор ОАО «ш. Полы- саевская» филиал «СУЭК» «Ленинскоголь»
---	--	---	--