
© А.В. Беликов, В.В. Беликов,
2008

УДК 622.281.74

А.В. Беликов, В.В. Беликов

ВЛИЯНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ АНКЕРНОЙ КРЕПИ НА СМЕЩЕНИЯ ПОРОД КРОВЛИ С РАЗЛИЧНЫМ КОЛИЧЕСТВОМ СЛАБЫХ КОНТАКТОВ В ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТКАХ ВНЕ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ ОЧИСТНЫХ РАБОТ

Изучено влияние сопротивления анкерной крепи на смещения пород кровли в зонах с различным количеством слабых контактов

В настоящее время отсутствуют сравнительные исследования смещений контура кровли в одной и той же выработке или в аналогичных условиях, но при различном сопротивлении анкерной крепи и крепи усиления. Тем более такие исследования не производились с учетом наличия или отсутствия в породах непосредственной кровли слабых контактов.

Исследования влияния сопротивления анкерной крепи и крепи усиления на смещения и состояние пород непосредственной кровли производили в конвейерном штреке №04 шахты «Дальнняя» ОАО «Донской антрацит».

Конвейерный штрек № 04 протяженностью 2250 м, проходился буро-взрывным способом по угльному пласту K_2 встречными забоями (с востока и с запада). Глубина заложения от земной поверхности штрека №04 составляет 580-610 м, при среднем значении 600 м.

Пласт K_2 в штреке №04 имеет мощность 1,20-1,40 м и залегает под углом 14-21°.

Непосредственная кровля пласта в обоих выработках представлена средненетрещиноватым (4-6 тр./м²) песчано-глинистым сланцем мощностью 1,4-1,8 м и прочностью на одноосное сжатие

40-60 МПа. Непосредственно у забоя штрека кровля относится к категории среднеустойчивых и устойчивых по классификации ВНИМИ. Учитывая достаточную устойчивость кровли штрека у забоя и возможность повреждения затяжки при ведении буро-взрывных работ по крепким породам почвы, решетчатая затяжка между рядами анкеров не устанавливалась.

Примерно на 50 % протяженности штрека №04, песчано-глинистый сланец содержит многочисленные слабые контакты (зеркала скольжения, углистые и минеральные прослойки) в количестве от 4 до 14 штук, которые на расстоянии от 2 до 6 м от забоя расслаиваются. В результате резко увеличивается количество трещин расслоения, смещения кровли и рабочее сопротивление анкерной крепи. На таких участках штрека за время его эксплуатации отмечено шесть завалов вне зоны влияния очистных работ с высотой вывалов от 1,8 до 3 м, а также значительное количество зон с обрушениями пород кровли между рядами анкеров на высоту 0,4-1,2 м.

В таких зонах часто наблюдалось разрушение элементов анкерной крепи (разрыв стержней и отстрел гаек сталеполимерных анкеров, прорыв опорных пластин и подхватов толщиной 6 мм) и

крепи усиления (полом стоек или их интенсивная деформация, разрыв анкеров усиления по муфте и т.д.).

На остальной части штрека слабые контакты в кровле отсутствовали или их было мало (0-3 штуки). В таких зонах трещины расслоения отсутствовали, либо их число не превышало 1-3 штук. Расстояние от контура кровли до верхней трещины расслоения не превышало 0,7 м. В данных зонах смещения контура кровли, как правило, не превышали 50 мм, а обрушения пород кровли, завалы выработки и случаи разрушения вне зоны влияния очистных работ анкерной крепи и крепи усиления практически отсутствовали.

Выше песчано-глинистого сланца залегает среднеустойчивый песчаный сланец мощностью 3-8 м и прочностью на одноосное сжатие 70 МПа, также содержащий отдельные слабые контакты.

Основная кровля выработки сложена средне- и труднообрушающимся песчаником мощностью 8-12 м и прочностью 100-120 МПа. Почва пласта представлена непучащимися песчаниками мощностью 6-10 м и прочностью на одноосное сжатие 120-140 МПа.

Форма поперечного сечения выработки – трапециевидная с наклонной кровлей и вертикальными боками. Проектные размеры выработки вчерне составляют: ширина – 4,7 м; высота по верхнему боку – 3,7 м. Фактические размеры поперечного сечения выработки вчерне составляют: ширина – 4,9-5,9 м (в среднем 5,4 м); высота по верхнему боку – 2,8-3,6 м. Из-за достаточной устойчивости боковых и угля бока штрека не крепились, за исключением установки одного анкера с верхней стороны штрека для поддержания на сопряжении с лавой породного козырька верхней подрывки.

Из-за частых завалов и обрушений пород кровли и несоответствия параметров анкерной крепи и крепи усиле-

ния, имеющимся горно-геологическим условиям в конвейерном штреке №04 были испытаны различные варианты крепления его кровли, приведенные в табл. 1 и 2.

При этом по длине штрека №04, были заложены замерные станции, на которых определялись:

- количество слабых контактов и трещин расслоения;
- смещения пород кровли по оси выработки, мм;
- натяжение отдельных анкеров и среднее расчетное сопротивление анкерной крепи и крепи усиления на 1 м² кровли, кПа;
- наличие разрушений элементов анкеров;
- деформации и разрушение стоек усиливающей крепи;
- количество трещин расслоения и высота обрушений кровли.

Параметры основной анкерной крепи и крепи усиления, смещения пород кровли, суммарное расчетное сопротивление крепи и состояние пород кровли и анкерной крепи в конвейерном штреке №04 шахты «Дальняя» вне зоны влияния очистных работ при отсутствии или малом количестве в кровле слабых контактов (0-3 контакта) приведены в табл. 1, а при наличии большого количества слабых контактов (4-14 контактов) в табл. 2.

Анализ данных табл. 1 показывает, что на участках штрека №04 с малым количеством слабых контактов и трещин расслоения в кровле и при увеличении расчетного сопротивления (Р) анкерной крепи и крепи усиления от 56 до 332 кПа (или в 5,93 раза) фактические смещения пород кровли (Н) уменьшились с 59 до 18 мм (в 3,28 раза). Однако по абсолютной величине смещения контура кровли по оси выработки снизились незначительно (на 41 мм).

На указанных участках штрека фактическое среднее рабочее сопротивление анкерной крепи на расстоянии бо-

лее 30 м от забоя варьировало от 40 до 82 кПа, а максимальное натяжение отдельных анкеров изменялось от 63 до 162 кН.

Следует отметить, что в этих условиях при увеличении расчетного сопротивления анкерной крепи от 56 до 144 кПа

342 Таблица 1

Параметры анкерной крепи и крепи усиления, смещения пород кровли, суммарное расчетное сопротивление крепи и состояние пород кровли в конвейерном штреке №04 шахты «Дальняя» с малым количеством в кровле слабых контактов и вне зоны влияния очистных работ

№№ варианта крепления штреека	Основная анкерная крепь и крепь усиления	Длина анкеров, м	Плотность установки анкеров (штук/м ²) или стоек (штук/м)	Суммарное сопротивление анкерной крепи и крепи усиления, на 1 м ² кровли, кПа	Смещения пород кровли, мм	Состояние пород кровли и анкерной крепи
1	2	3	4	5	6	7
1	Анкеры АСП из Ст. I с гайкой М20	1,8	0,926	56	59	Удовлетворительное, мелкие вывалы до 0,05 м, отстрел до 10% гаек анкеров
2	Анкеры АСП из Ст. III с гайкой М20	2,0	0,926	102	49	Удовлетворительное, редкие мелкие вывалы, отстрел до 2% гаек анкеров
3	Анкеры АСГ1 из Ст. III с гайкой М22	2,0	0,900	108	38	То же
4	Анкеры АСГ1 из Ст. III с гайкой М22 и два анкера АСГ2 длиной 3,2 м	2,0	0,909 и 0,403	144	25	Хорошее, редкие заколы
5	Анкеры АСГ1 из Ст. III с гайкой М20	2,0	1,200	156	23	Тоже
6	Анкеры АСГ1 из Ст. III с гайкой М24	2,0	1,282	192	22	То же
7	Анкеры АСГ1 из Ст. III с гайкой М24 и стойка трения из СВП27 с ЗПК	2,2	1,282	235	19	То же
8	Анкеры АСГ1 из Ст. V с гайкой М24	2,2	1,235	284	18	То же
9	Анкеры АСГ1 из Ст. V с гайкой М24 и два анкера АСГ2 длиной 3,2 м	2,0	1,282	332	18	То же

Таблица 2

Параметры анкерной крепи и крепи усиления, смещения пород кровли, суммарное расчетное сопротивление крепи и состояние пород кровли в конвейерном штреке №04 шахты «Дальняя» при наличии в кровле большого количества слабых контактов и вне зоны влияния очистных работ

№№ варианта крепления	Основная анкерная крепь и крепь усиления	Длина анкеров, м	Плотность установки анкеров (штук/м ²)	Суммарное сопротивление анкерной крепи и крепи усиления, Р, кПа	Смещения пород кровли, Н, мм	Состояние пород кровли и крепи
1	2	3	4	5	6	7
1	Анкеры АСП из Ст. I с гайкой М20	1,8	1,000	70	586	Завал выработки, полное разрушение анкеров
2	Анкеры АСП из Ст. III с гайкой М20	2,0	0,926	102	543	То же
3	Анкеры АСГ1 из Ст. III с гайкой М20	2,2	1,200	156	457	Завал выработки, разрушение 50% анкеров
4	Анкеры АСГ1 из Ст. III с гайкой М22 и два анкера АСГ2 длиной 3,2 м	2,0	0,909 и 0,403	167	436	Завал выработки, разрушение 40% анкеров
5	Анкеры АСГ1 из Ст. III с гайкой М24	2,2	1,282	192	389	Обрушения кровли на высоту 0,9-1,2 м, разрушение 15% анкеров
6	Анкеры АСГ1 из Ст. III с гайкой М24 и стойка трения из СВП27 с ЗПК	2,2	1,282	235	260	Обрушения кровли между анкерами на 0,2-0,3 м, разрушений крепи нет
7	Анкеры АСР1 из Ст. V с гайкой М24	2,4	1,200	276	140	Удовлетворительное, мелкие вывалы до 0,05 м, разрушений анкеров нет
8	Анкеры АСР1 из Ст. V с гайкой М24	2,4	1,282	295	116	То же
9	Анкеры АСР1 из Ст. V с гайкой М24 и два анкера АСГ2 длиной 3,2 м	2,4	1,282	340	106	То же
10	Анкеры АСР1 из Ст. V с гайкой М24 две стойки трения из СВП27	2,4	1,282	377	97	То же

	с ЗПК					
--	-------	--	--	--	--	--

фактические смещения пород кровли уменьшились с 59 до 25 мм (или в 2,36 раза), а состояние кровли было удовлетворительным, с мелкими вывалами и заколами. Отмечались редкими случаями отстрела гаек анкеров с резьбовой частью под гайку М20.

При расчетном сопротивлении анкерной крепи от 144 до 332 кПа смещения пород кровли практически не изменились (от 25 до 18 мм), а состояние пород кровли характеризовалось во всех случаях как хорошее с редкими заколами от взрывных работ. Случаи разрушения элементов анкерной крепи при её расчетном сопротивлении свыше 140 кПа и прочности анкеров на разрыв более 230 кН полностью отсутствовали.

Расчетный коэффициент линейной корреляции $R_{расч}$ между смещениями контура кровли по оси выработки (H) и расчетным сопротивлением крепи (P) в зонах с малым количеством слабых контактов равен 0,832.

Так как, $R_{расч} = 0,832 > R_{крит} = 0,798$ при уровне значимости 0,01 и числе степеней свободы 7, следовательно, гипотеза о значимой линейной связи между указанными показателями не может быть отвергнута. Индекс детерминации $R^2_{расч} = 0,693$ подтверждает этот вывод, указывая, что 69,3 % изменчивости H обусловлено P , и только 30,7 % другими неизвестными факторами.

Между H и P в зонах с малым количеством слабых контактов имеется регрессионная зависимость вида

$$H = 54,854 - 0,1384 P, \text{ мм.}$$

Данная зависимость верна в пределах $56 < P < 332$ кПа. Используя её можно со стандартной ошибкой не более 8,9 мм определять по величине P ожидаемые смещения контура кровли H по оси конвейерного штрека №04.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что при малом количестве расслоившихся слабых контактов (0-3 штуки) вне зоны влияния очистных работ при глубинах разработки 600 и более м достаточно с точки зрения обеспечения хорошего состояния пород кровли иметь расчетное сопротивление анкерной крепи в выработках шириной 4,9-5,9 м от 140 до 200 кПа, а длину анкеров в пределах до 2 м. Прочность анкеров на разрыв должна составлять в указанных зонах не менее 230 кН.

Дальнейшее увеличение длины, прочности на разрыв элементов анкерной крепи, плотности установки анкеров и среднего расчетного сопротивления анкерной крепи в таких условиях технически и экономически не целесообразно, так как не приводит к заметному уменьшению смещений пород кровли и улучшению состояния пород кровли и анкерной крепи, а только снижает темпы проведения выработок. В зоне влияния очистных работ анкерная крепь с указанными выше параметрами должна усиливаться путем применения стоечной крепи усиления с необходимыми параметрами.

Из данных, приведенных в табл. 2, следует, что при большом количестве слабых контактов и трещин расслоения в кровле (от 6 до 14 штук) на различных участках конвейерного штрека №04 при примерно одинаковом расчетном сопротивлении анкерной крепи, смещения пород кровли выше в 8-10 раз по сравнению с участками данного штрека, где в кровле имелось малое количество слабых контактов.

При увеличении расчетного сопротивления анкерной крепи и крепи усиления вне зоны влияния очистных работ от 70 до 377 кПа (или в 5,39 раза) фактические смещения пород кровли уменьшились с 586 до 97 мм (в 6,04 раза). Фактическое среднее рабочее сопротивление анкерной крепи в данном случае на различных участках штрека №04 на расстоянии более 30 м

от забоя варьировало от 109 до 200 кПа, а максимальное натяжение отдельных высокопрочных анкеров достигало 260 кН.

Следует отметить, что в этих условиях при увеличении расчетного сопротивления анкерной крепи от 70 до 276 кПа фактические смещения пород кровли уменьшились с 586 до 140 мм (или в 4,19 раза). Состояние пород кровли и анкерной крепи при расчетном сопротивлении анкерной крепи менее 240 кПа было неудовлетворительным с наличием завалов и обрушений пород кровли, разрушения анкеров, отстрела гаек, прорывов опорных пластин и подхватов.

При изменении расчетного сопротивления анкерной крепи от 276 до 377 кПа (1,37 раза) смещения пород кровли уменьшились со 140 до 97 мм (в 1,44 раза), а состояние пород кровли характеризовалось во всех случаях как удовлетворительное с мелкими вывалами высотой 0,05 м. Случай разрушения элементов анкерной крепи при её расчетном сопротивлении выше 276 кПа и прочности анкеров на разрыв более 330 кН полностью отсутствовали.

Расчетный коэффициент линейной корреляции $R_{расч}$ между смещениями контура кровли по оси выработки (H) и расчетным сопротивлением крепи (P) в зонах с большим количеством слабых контактов равен 0,975.

Так как, $R_{расч} = 0,975 > R_{крит} = 0,735$ при уровне значимости 0,01 и числе степеней свободы 8, следовательно, гипотеза о значимой линейной связи между указанными показателями не может быть отвергнута. Индекс детерминации $R^2_{расч} = 0,950$ подтверждает этот вывод, указывая, что 95,5% изменчиво-

сти H обусловлено P , и только 4,5% другими неизвестными факторами.

Между H и P в зонах с большим количеством слабых контактов имеется регрессионная зависимость вида $H = 720,669 - 1,845 P$, мм.

Данная зависимость верна в пределах $70 < P < 377$ кПа. Используя её можно со стандартной ошибкой не более 45,6 мм определять по величине P смещения контура кровли H по оси конвейерного штрека №04 в зонах с большим количеством слабых контактов.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что при большом количестве расслоившихся слабых контактов (6-17 штук) вне зоны влияния очистных работ при глубинах разработки 600 и более м достаточно с точки зрения обеспечения удовлетворительного состояния пород кровли иметь расчетное сопротивление анкерной крепи в выработках шириной 4,9-5,9 м от 240 до 300 кПа, а длину анкеров в пределах до 2,4 м. Прочность анкеров на разрыв должна составлять в указанных зонах не менее 330 кН.

Дальнейшее увеличение длины, прочности на разрыв элементов анкерной крепи, плотности установки анкеров и среднего расчетного сопротивления анкерной крепи в таких условиях не целесообразно, так как не приводит к существенному уменьшению смещений пород кровли и улучшению состояния пород кровли и анкерной крепи, но снижает темпы проведения выработок. В зоне влияния очистных работ анкерная крепь с указанными выше параметрами должна усиливаться путем применения стоечной крепи усиления с необходимыми параметрами. **ГЛАБ**

Коротко об авторах

Беликов А.В. – мл. научный сотрудник,

Беликов В.В. – кандидат технических наук, зам. ген. директора по науке,
ШахтНИИИ.

Рецензент канд. техн. наук Ошеров Борис Аронович.

