

УДК 622.285:624.023

Б.А. Александров, Р.П. Журавлев, Ю.А. Антонов, Г.Д. Буялич

ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С КРОВЛЕЙ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КРЕПЕЙ ТРЕТЬЕГО ПОКОЛЕНИЯ

Механизированными крепями третьего поколения, нашедшими применение в условиях Кузбасса, являются М138, М144 и М142.

Ниже приводятся результаты исследований процессов взаимодействия данных крепей с кровлей, выполненных при участии авторов.

Крепи М138, М138Д

Шахтные испытания крепи М138 и в целом комплекса КМ138 проводились на шахте «Распадская» по пласту 11 мощностью 1,8-2,2 м с углом падения 6-8°. Полный индекс активной кровли 3.2.3. Почва пласта – алевролит с сопротивлением на вдавливание 15-18 МПа.

Комплекс КМ138 оснащен элементами автоматики производства НПО «Автоматгор-маш».

Проведенные измерения и исследования показали, что средний начальный распор гидростоек составил 615,6 кН или 41 % рабочего сопротивления. Сопротивление крепи в конце цикла зависело от того, относились ли рассматриваемые циклы к периоду влияния очередного обрушения песчаника, или они были между его осадками. При отсутствии влияния осадок сопротивление гидростоек росло медленно и только в конце цикла наблюдалось некоторое его увеличение. При влиянии осадок наблюдался интенсивный рост реакции гидростоек в течение всего выемочного цикла. Продолжительность влияния осадок была различной и захватывала от двух до пяти выемочных циклов. При образовании заколов впереди или над крепью и срывах блоков (проскальзывании) крепь резко нагружалась, происходил рост реакций гидростоек выше рабочего сопро-

тивления (зафиксировано около 2250 кН на гидростойку). В основной реакции гидростоек в конце цикла изменялись: по передним гидростойкам – от 100 до 1690 кН, в среднем 660 кН; по задним – от 100 до 1900 кН, в среднем 785 кН, т. е. рабочее сопротивление гидростоек в среднем использовалось на 50 %. Частота выхода гидростоек на рабочее сопротивление от общего количества не превышала 4 %.

Податливость гидростоек при отсутствии влияния осадок песчаника изменялась от 1 до 3 мм, при влиянии – от 10 до 75 мм. Состояние кровли в призабойном пространстве было удовлетворительное.

Оценивая в целом взаимодействие поддерживающе-оградительной крепи М138 с кровлей при крупноблочном обрушении, следует отметить, что, несмотря на заколы кровли впереди козырьков и забоя, посадок секций «нажётко» не наблюдалось. Резкие осадки кровли приводили в отдельных случаях к разрыву гидростоек крепи и поломке силовых элементов секций. Вывалов кровли в призабойное пространство под крепь не наблюдалось вследствие высокого сопротивления крепи и эффективной работы поджимных консолей. Для улучшения работы секций крепи необходимо оснастить их средствами защиты от резких осадок кровли и повысить жёсткость секций.

В результате исследований установлено, что гидросистема обеспечивала передвижение секций крепи с опусканием перекрытия до потери контакта с кровлей при работе с активным (50-80 кН) подпором передних и пассивных (20-25 кН) задних гидростоек в ручном (от коман-

доаппарата) и автоматизированном режимах. Время разгрузки в автоматизированном режиме составляло 1-5 с, в ручном – 1-16 с. Таким образом, при автоматизированной передвижке секции скорость крепления лавы возрастала почти в 1,5 раза.

Усилие передвижения составило 47-120 кН, время – от 5 до 9 с. Распор всех гидростоек в автоматизированном режиме производился одновременно в течение 5-7 с до давления 9-30 МПа, в ручном режиме за 10-16 с до 16-27 МПа.

Передвижка секций крепи в основном осуществлялась вручную, и лишь 74 цикла передвижки выполнено в автоматизированном режиме. Затраты времени при передвижке секций вручную изменялись от 15 до 83 с, составляя в среднем 30 с, что соответствовало скорости крепления лавы 3 м/мин, а при передвижке в автоматизированном режиме управления – от 11 до 40 с (в среднем 20 с) при скорости крепления КМ138 установленной его работоспособности и экономической эффективности, а также подтверждена правильность заложенных в комплексе основных конструктивных решений. Подтверждена перспективность и целесообразность применения в сложных горно-геологических условиях поддерживающе-оградительных крепей с щитовыми четырехстоечными секциями, которые обеспечивают: сопротивление крепи до 400 кН на 1 м длины лавы, позволившее исключить посадку секций на «жёстко»; высокую степень затяжки кровли, что исключено в нормальных условиях работы комплекса попадание породы кровли в рабочее пространство под крепь; надёжное поддержание кровли в призабойной зоне с помощью

гидроуправляемых активных консолей перекрытия; передвижение секций с активным подпором, позволяющим исключить «запахивание» основной секции в почву пласта; наличие в исходном положении крепи двух свободных проходов для людей; возможность применения дистанционного и автоматизированного управления передвижением секций крепи.

Шахтные испытания комплекса КМ138Д с автоматизированной системой управления фирмы «Дауги» (Великобритания) проводились при отработке пласта 11 поля шахты «Распадская», горно-геологические условия залегания которого уже рассмотрены.

Начальный распор секций создавался при давлении в напорной магистрали 18-32 МПа (среднее 27 МПа) и времени дораспора 1, 6, 12 с, который обеспечивался автоматизированной системой крепи. Исследованиями установлено, что начальный распор секций зависит от времени дораспора и может регулироваться его изменением по необходимости в зависимости от горно-геологической ситуации в лаве (табл. 1).

С увеличением этого времени с 1 до 12 с средний начальный распор возрастает с 38 до 52,3 % рабочего сопротивления крепи. Максимальный распор достигал 4080 кН на секцию, что составляло 68 % ее рабочего сопротивления. Сравнивая значения начального распора, полученные при ручной и автоматизированной передвижке, можно сказать, что средние его значения при автоматизированной передвижке и продолжительности дораспора 12 с повысились в 1,45 раза, положительно сказавшись на взаимодействии крепи с боковыми породами.

Реакции гидростойки крепи в конце цикла достигали 1605 кН (107 % от номинального). Выход гидростоек в конце цикла на рабочее сопротивление (в процентах от общего количе-

ства наблюдаемых циклов нагружения) составил по переднему ряду гидростоек 3,6 %, по заднему – 14,7 %. Соппротивление секции с учетом неравномерности нагружения гидростоек изменялось от 253 до 993 кН/м², сопротивление крепи на 1 м длины лавы – от 1000 до 3973 кН при среднем 2620 кН. Податливость гидростоек изменялась от 0 до 29,4 мм за цикл при средней 8,2 мм. Удельное сопротивление на конце передней кромки консоли козырька составило в среднем 100 кН/м. Домкраты козырька развивали сопротивление 130-720 кН (среднее 404 кН). Насосная станция СНТ-32 работала в режиме дискретного регулирования, т. е. при достижении заданного максимального уровня давления в напорной магистрали насос переключался на холостой режим, и система работала в гидроаккумуляторном режиме, затем при снижении давления до минимального уровня станция вновь включалась в работу. Пределы регулирования изменялись в среднем от 25 до 30 МПа. Потери давления в напорной магистрали при отключенных потребителях на участке 160 м от насосной станции до замерной секции в лаве не превышали 1 МПа.

Секции крепи передвигались в основном в автоматизированном и тумблерном режи-

мах. При этом давление подавалось на разгрузку всех гидростоек секции и гидропатронов козырька, в штоковую полость домкрата передвижки, гидропатрон подъема основания и в управляющую полость модуля включения активного подпора. Суммарное время разгрузки и передвижки секций изменялось от 5,6 до 8,2 с. Усилие трогания секции – 130-156 кН, усилие передвижения – 84-102 кН и в конце цикла – 92-135 кН. Фактический путь передвижения секций – 525-730 мм. Перемещение конвейера осуществлялось в результате одновременной подачи рабочей жидкости из напорной магистрали в поршневую и штоковую полости домкрата передвижки. Усилие при трогании было 125 кН, при движении – 65 кН и на конечном участке – 87 кН.

Для оценки эффективности работы крепи М138Д и характера ее взаимодействия с боковыми породами проведено сравнение с работой крепи комплекса КМ138 в двух вышележащих лавах с аналогичными горно-геологическими условиями, но при ручном режиме управления крепью. Фактические эксплуатационные параметры крепей М138 и М138Д приведены в табл. 2.

Разброс параметров крепи М138Д от среднего значения снизился по отношению к крепи

Таблица 1

Показатели	Продолжительность дораспора, с		
	1	6	12
Начальный распор:			
гидростойки, кН	584/844	755/980	840/1094
секции крепи, кН/м ²	443/615	497/666	522/680
на 1 м длины лавы, кН	1773/2450	1988/2665	2087/1720
Соппротивление в конце цикла:			
гидростойки, кН	925/1368	1040/1500	1116/1605
секции, кН	3820/5620	3750/5370	4210/5960
Соппротивление крепи, кН/м ²	637/938	625/895	702/993
Соппротивление крепи на 1 м длины лавы, кН	2546/3744	2500/3580	2807/3973

Примечание: в числителе приведены средние показатели, в знаменателе - максимальные.

Таблица 2

Параметры	M138	M138Д
Суммарный начальный распор гидростоек секции крепи, кН	2460/4800	3130/4080
Суммарное рабочее сопротивление гидростоек секции крепи, кН	2500/3100	4210/5960
Податливость гидростоек, мм	15/100	3,2/29,4
Средняя скорость крепления забоя при режиме передвижки, м/мин:		
ручном	3,0	-
автоматизированном	-	7,3

Примечание: в числителе приведены средние показатели, в знаменателе – максимальные

M138 как в значениях начального распора, так и рабочего сопротивления за счет создания гарантированного распора по всей лаве.

Автоматизированная система управления в сочетании с конструктивным исполнением крепи, характеризующимся наличием домкратов подъема оснований с их опорой на металлическую направляющую балку и системой активного и пассивного подпора, позволила в 1,5 раза уменьшить податливость гидростоек и в 2,4 раза повысить скорость крепления по сравнению с ручной передвижкой крепи M138. При эксплуатации крепи M138Д заколы кровли над ней отсутствовали, отмечались трещины без смещения блоков, зависание кровли не превышало 6-8 м. Наблюдался небольшой отжим угля из забоя. При работе крепи M138 происходили заколы в кровле перед козырьком со смещением блоков до 360 мм, повышенный отжим угля и зависание кровли за крепью до 13 м. Появление заколов перед козырьками крепи M138Д со смещением блоков до 46 мм отмечалось лишь при времени дораспора секций, не превышающем 1 с.

Исследованиями установлено:

- механизированная крепь M138 с автоматизированной системой «Дауги» обеспечила управление труднообрушаемой кровлей, работу в автоматизированном режиме, надежность, эффективность и безопасность эксплуатации;

- применение поддерживающе-оградительных крепей с щитовыми четырехстоечными секциями перспективно;

- положительное влияние на взаимодействие крепи с боковыми породами оказывает регулируемый гарантированный начальный распор секций;

- показатели надежности крепи M138Д при применении автоматизированной системы управления составили: наработка на отказ 36,4 ч и среднее время восстановления 74 мин.

С 1994 г. Юргинский машиностроительный завод начал промышленное освоение комплексов KM138, которые комплектуются механизированной крепью M138 Юргинского машзавода, забойным скребковым конвейером «Анжера-26» Анжерского машзавода и комбайном К-500Ю Юргинского машзавода. Завод осваивает четыре типоразмера механизированных крепей M138/4, из которых I типоразмер для отработки угольных пластов с углами падения до 30° мощностью I,35-2,05 м, II – 1,55-2,6 м, III – 1,7-2,85 м и IV – 1,8-3,0 м.

Крепь M 144

Эксплуатационные испытания комплекса проводились в 1996 г. на шахте «Новокузнецкая» ОАО УК «Кузнецкуголь» в лаве 67 – 2 длиной 150 м по пласту 67.

В состав комплекса 2KM144Н входили: крепь механизированная 2M144Н с сопротивлением секции 750-800 кН/м²; комбайн очистной с удлиненными поворотными ре-

дукторами 1КШЭ (Горловского машзавода); скребковый конвейер СПЦ-271; база конвейера 2СП-142; рейка комбайнового двигателя РКД-144; траковая цепь 2ЦТН; электро- и гидрооборудование.

Пласт 67 (шахта «Новокузнецкая») имел мощность до 5,3 м и угол падения 22-23°. Ложная кровля – аргиллит неустойчивый мощностью 0,2 м и крепостью 1,5. Непосредственная кровля – переслаивание алевролита разной зернистости, средней устойчивости мощностью до 30 м и крепостью 3,5. Основная кровля – переслаивание мелкозернистого алевролита с песчаником мощностью 30-35 м и крепостью 4,0-4,5. Полный индекс активной кровли 3.3.2. Почва пласта – алевролит мелкозернистый мощностью 2,5 м и крепостью 3,5. Глубина разработки 230 м, обводненность до 10 м³/ч.

Кровля при работе комплекса обрушалась мелкими блоками и кусками непосредственно за секциями крепи вслед за передвижкой. Зависаний кровли практически не было. В лаве наблюдался отжим угля глубиной 0,3-0,4 м.

Выдвижные бортовые щиты на траверсах, ограждениях и перекрытиях полностью перекрывали межсекционные зазоры, исключая просыпание угольной и породной мелочи в рабочее пространство при нахождении крепи в статическом состоянии. При передвижке и правке секции, когда приходилось убирать боковые щиты, мелочь просыпалась под крепью. В призабойной зоне лавы наблюдалось отслаивание пород кровли 0,3-0,4 м.

В лаве 67-2 при повышенном угле ее наклона (22-23°) постоянно происходили сползание задних частей ограждений и наклон перекрытий по падению пласта. Правка секций производилась как в ремонтные, так и в добычные смены, из 268 отработанных смен – в 53 (18,8 %). Она выполнялась только с по-

мощью боковых домкратов в перекрытиях, ограждениях и траверсах, т.к. устройства от сползания и наклона были демонтированы в начале испытаний из-за малой эффективности и создания дополнительной опасности для рабочих. Передвижка секций крепи иногда затруднялась расклиниванием их между соседними секциями. Особенно была затруднена передвижка концевой секции на сопряжении с вентиляционным штреком, что связано с его малым сечением и прямолинейностью. Часто при ее передвижке использовались дополнительные домкраты и лебедка на штреке. Время на передвижку этой секции доходило до 3-4 ч.

Опрокидывание передних консолей перекрытий вниз и выдергивание задних гидростоек, особенно при выходе из монтажной камеры, происходят, когда задняя часть ограждения не подбучена обрушенными породами, а передняя длинная консоль перекрытия (в 2 раза длиннее задней) пригружается обрушенными породами. Такие схемы взаимодействия возникают при неустойчивых нижних слоях непосредственной кровли и более устойчивых верхних ее слоях. Это является крупным недостатком данной крепи и затрудняет ее эксплуатацию

Передвижение людей по обоим проходам удобно, однако пульта управления секциями расположены низко и при снижении вынимаемой мощности ими приходится управлять на коленях.

Расстояние от забоя до козырьков секций составляло в среднем 250-260 мм, и коэффициент затяжки кровли в лаве был 0,91-0,947 (по ТЗ не менее 0,9).

Максимальная скорость крепления кровли при эксплуатации комплекса 2КМ144Н составила 3,6 м/мин, а средняя – 2,5 м/мин.

Фактические силовые параметры крепей определялись самопишущими манометрами

М81К, которыми оснащались секции крепи.

Секции крепи 2М144Н работали в основном в режиме нарастающего сопротивления. Начальный распор секции крепи достигал 356 кН/м². Такой низкий начальный распор объясняется прежде всего тем, что задняя гидростойка при распоре секции, как правило, не используется и распор выполняется только передними гидростойками.

Максимальное рабочее сопротивление секции крепи достигало проектных значений, а среднее составляло 362 кН/м² или 45,2 % от номинального, причем нагрузка воспринималась в основном передними гидростойками и лишь в отдельных случаях нагружалась задняя.

Так, из 60 циклов нагружения замерной секции задняя гидростойка нагружалась только в пяти циклах (8,3 %).

Усилия передвижки секций крепи и передвижки конвейера составили в среднем 85 % от номинальных значений. Затруднений при передвижке не наблюдалось. Машины, которыми комплектован комплекс 2КМ144Н, функционировали надежно, обеспечивая его высокопроизводительную работу.

Крепь М 142

Промышленная эксплуатация комплекса КМ142 осуществлялась на шахте «Распадская» в условиях пласта 7-7а, горно-геологические условия залегания которого уже рассмотрены.

В лаве на участках пласта со среднеобрушаемой кровлей ее зависания составляли 0,6-1,5 м, а на сопряжениях лавы с выемочными штреками – до 15 м. В период перехода участков пласта с кровлей, характеризуемой как труднообрушаемая, зависания за крепью в лаве увеличились до 7 м, при этом над перекрытиями образовались пустоты высотой 1,0-1,5 м. На некоторых участках пласта, особенно в нарушенной зоне, наблюдалось замещение пласта

песчаником или линзами весьма крепкого алевролита с прослойками колчедана. Линзы, как правило, обрушались сразу же после прохода комбайна.

В средней и верхней частях лавы наблюдался отжим угля глубиной 0,5-1,5 м. Применение механизмов удержания забоя позволило повысить безопасность работ под крепью.

Выдвижные боковые щиты полностью перекрывали межсекционные зазоры, практически исключая попадание в забойное пространство породной и угольной мелочи. Большое просыпание под крепь пород кровли наблюдалось по завальной части крепи при передвижке секции через образующиеся окна на стыке ограждения с перекрытием, а также в зазор между козырьками, увеличивающийся до 350 мм при выдвижке скальвающей консоли, что вело к росту объема ручных работ по зачистке крепи. Коэффициент перекрытия кровли при втянутых скальвающих консолях составлял в среднем 0,94.

Фактическое максимальное сопротивление гидростоек в секции достигало номинальных значений (наблюдалось срабатывание предохранительных клапанов гидростоек, уровень настройки которых составлял 50-55 МПа). Сопротивление гидростоек при работе на участках пласта со среднеобрушаемой кровлей составило 19-60 % от номинального. Среднее сопротивление секции было 196-803 кН/м² (12-54 %) и максимальное – 1407 кН/м² (94 %).

При отработке участка пласта с труднообрушаемой кровлей среднее сопротивление секции составило 970 кН/м² (65 %) и максимальное – 1420 кН/м² (95 %).

Отмечена неравномерность нагружения гидростоек в секции, при этом нагрузки на нижней гидростойки секции (по падению лавы) превышали в ряде случаев 2,2-2,3 раза нагрузки на верхние.

Таким образом, крепь М142 в выемочном столбе работала в условиях как среднеобрушаемой кровли, так и труднообрушаемой, причем нагрузки на крепь во втором случае достигали номинальных значений.

Средний начальный распор домкрата козырька составил 614 кН (65 % от номинального).

Для исследования работоспособности скальвателя и усилителей, создаваемых гидродомкратами при скальвании, под кровлей на протяжении 10-15 м оставляли пачку угля мощностью 0,5-0,7 м, при скальвании которой давление в гидродомкрате выходило на уровень, создаваемый насосной станцией, что соответствовало усилию 440-540 кН. За время наблюдений было зарегистрировано 40 случаев «заброса» давления в домкрате скальвателя при выдвигании консоли козырька (среднее значение 35 МПа и максимальное 60 МПа). Кроме того, на гидропатроне скальвателя периодически отражались разгрузка и распор секции в

виде скачков давления в пределах 10-15 МПа.

Механизмы удержания забоя обеспечивали защиту призабойного пространства от обрушения кровли и вывалов угля. Однако большинство вывалов и обрушений происходило вскоре за проходом комбайна, пока оградительный щит еще не был прижат к забюю.

Усилия, развиваемые домкратами при передвижке секций, составили 780-810 кН.

Сокращение гидростоек секции при их передвижке с активным подпором не превышало 5 мм, а без активного подпора изменялось от 30 до 136 мм при среднем 68 мм. Передвижка секций без подпора увеличивала длительность операции распора на 1-4,2 с (в среднем на 3 с).

На участке пласта 1230-1150 м от западного путевого уклона с труднообрушаемой кровлей было зафиксировано 8 динамических воздействий со стороны кровли, проявившихся в зоне упругой податли-

вости гидростоек. После динамических воздействий крепь сохраняла свою работоспособность, деформации металлоконструкций не наблюдалось.

Исследования показали, что основное достоинство комплекса КМ142 заключается в применении поддерживающе-оградительной крепи М142, состоящей из четырехстоечных секций. Кроме того, крепь имеет высокое сопротивление (до 1500 кН/м²), повышенную степень затяжки кровли, выдвигаемые скальвающие консоли на активно управляемых козырьках, щиты ограждения с ходом 1600 мм, боковые домкраты на основаниях для направленности движения секций, подпор при передвижке крепи, что обеспечило эффективность крепления и управления кровлей в сложных горно-геологических условиях, высокую надежность конструкции и безопасность работ.

Комплекс КМ142 работает успешно на ряде шахт Кузнецкого бассейна.

□ Авторы статьи:

Александров
Борис Алексеевич
докт. техн. наук, проф. каф.
«Горные машины и комплексы»

Журавлев
Ростислав Петрович
- канд. техн. наук, с.н.с.,
генер. директор ЗАО
«НИИЦ КузНИУИ»

Антонов
Юрий Анатольевич
- канд. техн. наук, доц. каф.
«Горные машины и комплексы»

Буялич
Геннадий Данилович
- канд. техн. наук, доц. каф.
«Горные машины и комплексы»

УДК 621.879.48.

Б.А. Катанов

НАДЕЖНОСТЬ КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ И ПУТИ ЕЕ ПОВЫШЕНИЯ

Эффективность работы горных предприятий зависит от надежной работы эксплуатируемого оборудования.

Технико-экономические показатели работы угольных разрезов находятся в прямой зависимости от технического состояния, обслуживания и условий эксплуатации техники.

Добыча угля на разрезах ведется различными типами экскаваторов отечественного и зарубежного производства.

Для оценки технических возможностей и показателей работы экскаваторов по статистическим данным определяются показатели надежности работы этих машин: наработка на отказ – Т; среднее время восстановления – Т_в; коэффициент технического использования – К_{т.и.}; коэффициент готовности – К_г; вероятность безотказной работы – Р(t).

Анализ показателей надежности позволяет, например, сде-

лать вывод, что относительно высокие значения коэффициента готовности К_г являются свидетельством высокого уровня надежности экскаваторов, выполненных с учетом разработки горной массы с повышенным усилием копания. Одним из резервов повышения надежности работы экскаваторов является проведение профилактических и предупредительных ремонтных работ во время вынужденных простоев, в периоды ожидания