

7. Методы и системы сейсмодеформированного мониторинга техногенных землетрясений и горных ударов: Том 1 / В. Н. Опарин и др. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. — 304 с.
8. Гуфельд И.Л. Сейсмический процесс. Физико-химические аспекты. Научное издание. Королёв, М.О.: ЦНИИМаш, 2007. - 160 с.
9. Ларин В.Н. Наша Земля (происхождение, состав, строение и развитие изначально гидридной Земли). – М.: Агар, 2005. – 243 с.
10. Руководство по геодинамическому районированию шахтных полей. Санкт-Петербург, ВНИМИ, 2012. – 114 с.
11. Методические указания по созданию систем контроля состояния горного массива и прогноза горных ударов как элементов многофункциональной системы безопасности угольных шахт. СПб.: ВНИМИ, 2012. - 82с.
12. Методическое пособие по комплексной геофизической диагностике породного массива и подземных геотехнических систем - Днепропетровск, ИГТМ НАН им. Н.С. Полякова НАН Украины, 2004. - 75 с.
13. ООО «НТФ «Геофизпрогноз» [Электронный ресурс] <http://www.newgeophys.spb.ru/>

УДК 622.012.2.

КОНТРОЛЬ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЗАБОЙНОЙ КРЕПИ С ПОМОЩЬЮ БЕСПРОВОДНОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ДАВЛЕНИЯ FAMAC RSPC

Кродкевски Й., Вальчински А., Псюк М.
ФАМУР, Катовице, Польша

В статье обсуждена проблема комплексного контроля пригрузки механизированной крепи. Представлены избранные результаты опытных испытаний беспроводной системы мониторинга давления типа FAMAC RSPCб, проведенных АО FAMUR. Испытания проводились с июля по декабрь 2012 г., в лаве № 12н-1 Рудника 3 РУ. Сделан вывод, что для достоверного контроля горного давления и вероятного предупреждения об опасных обрушениях кровли необходимым является мониторинг давления во всех гидростойках лавового комплекса.

Одним из основных условий безопасной работы коллектива и безаварийной работы комплекса лавы является правильная защита кровли выработки, с помощью секций механизированной крепи. Соблюдение этого условия зависит от правильного подбора крепи, технического состояния системы сопротивления, а прежде всего от правильного предварительного сопротивления забойной крепи [1, 2].

В горной промышленности развивающихся стран, таких как, напр. Польша или страны бывшего СССР большинство механизированных комплексов оборудовано традиционными системами управления, в которых предварительное сопротивление секций сильно зависит от правильного обслуживания. В таких комплексах единственным источником информации о сопротивлении секций являются установленные в стойках маномет-

ры, которые в связи с местом расположения не могут быть видимыми для оператора крепи. Появляющиеся в связи с этим большие разницы предварительного распора стоек ведут к дезинтеграции кровли, что может вызвать сильную опасность для персонала забоя и нарушить работу лавного комплекса [2, 3]. Слишком низкое предварительное сопротивление, является причиной чрезмерной конвергенции выработки, а в последствии дезинтеграции кровли [1 - 3]. С другой стороны, в условиях хрупких пород, распирающие секции с полным доступным давлением ведёт часто к образованию трещин непосредственной кровли. Кроме того доказано, что распирающие крепи давлением, превышающим необходимое, ведёт к повышению скорости роста давления в стойках во время динамического воздействия горного массива [4].

Регистрация и анализ временных рядов давления в поршневых полостях гидростоек позволяет оценить способ управления кровлей и обеспечивает текущий контроль технического состояния элементов системы сопротивления. Своевременное обнаруженные неплотности стоек позволяет запланировать ремонтные работы и оптимизировать их сервисное обслуживание. Постоянный мониторинг давления - это также опережающая информация о нарастающей геологической угрозе, которая связана с ростом нагрузки пород горного массива на верхняки секции. Кроме того, анализ собранных во время эксплуатации комплекса данных позволяет оптимально подобрать секции крепи, в частности параметры их системы сопротивления, к условиям конкретной лавовой выработки. В связи с вышеуказанным, польские шахты все чаще заинтересованы оборудованием механизированных комплексов системами мониторинга давления секции [5].

Одной из самых серьезных опасностей, проявляющихся во время эксплуатации залежей калиевой соли в рудниках Объединения Беларуськалий в Солигорске является динамическое воздействие горного давления в виде внезапных обрушений кровли, вызывающее серьезную угрозу для безопасности персонала и непрерывности производственного процесса. С 2000 года в соляных шахтах Белоруссии широко применяется проводная система мониторинга давления КоДаК (KoDaK), предупреждающая персонал выработки о повышенной вероятности динамического воздействия горного давления [6]. Однако из-за того, что система КоДаК контролирует только 10 стоек в лаве, достоверность прогноза слишком низка. Были также попытки применения других проводных систем мониторинга давления таких, как напр. система MoPS, позволяющая проводить измерения в 26 гидростойках [5, 7].

В ответ на проблему мониторинга давления в стойках механизированных крепей Группа ФАМУР запроектировала и ввела на рынок полностью беспроводную систему мониторинга давления крепей FAMAC RSPC

[8], которая характеризуется высокой надежностью, интуитивным обслуживанием и рациональной стоимостью покупки и эксплуатации. Подтверждением многих преимуществ системы FAMAC RSPC является факт, что с 2009 года были установлены устройства системы мониторинга давления в более чем 3000 гидростоек. Сейчас в 10 польских шахтах работает 12 комплектов систем RSPC.

С июля по декабрь 2012 г в лаве № 12н-1 Рудника 3 РУ в Солигорске проводились испытания системы FAMAC RSPC. Во время испытаний было подтверждено, что беспроводная система мониторинга давления в гидростойках крепей Famac RSPC может применяться для контроля состояния крепи (диагностики работоспособности крепи). По трендам давления можно определить параметры работы крепи: время выхода на рабочее сопротивление, максимальное давление, работу предохранительных клапанов, выполнение паспорта крепления, исправность механической части стойки и др. При доработке алгоритма анализа системы FAMAC RSPC возможна реализация функции контроля горного давления и сигнализации в случае опасных обрушений кровли.

Архитектура системы FAMAC RSPC основана на сети типа MESH, состоящей из интеллектуальных беспроводных датчиков и оптических сигнализаторов давления. Каждая секция крепи оснащена двумя комплектами: датчик IPS и индикатор IPI.

Датчики IPS, монтируются в клапанных блоках, вместо манометров. Сигнализаторы IPI монтируются к верхнякам секции с помощью неодимовых магнитов. Измеренная датчиком величина давления в поршневой полости гидростойки передаётся по радио индикатору IPI, который сигнализирует состояние распора стойки. Дополнительно, в нескольких местах лавы монтируются датчики для ведения мониторинга параметров гидравлического питания комплекса. Обобщенные измерительные данные передаются по сети в установленный на выходе из лавы конвертер сигнала радио IPI-T. Отсюда по каналу RS485 передаётся на установленный в конвейерном штреке подземный компьютер MPC, а потом дальше на сервер на поверхности.

Дополнительно, в составе системы находится беспроводной пульт IRPC, предусмотренный для локальной диагностики и конфигурации сети MESH. Устройство обеспечивает тоже локальный контроль показаний датчиков непосредственно в лаве.

Стандартно, данные в системе FAMAC RSPC передаются каждые 10 секунд. Чтобы лучше всего пригнать систему к потребностям Клиента, ее можно приоритезировать. Экономический приоритет связан с энергоэкономным действием системы, путем уменьшения частоты аквизиции (возобновления) статических данных с одновременным дополнением ди-

намических процессов. Тем самым продлевается работоспособность аккумуляторов в датчиках IPS и индикаторах IPI. Учитывая тихообменный характер процесса прироста давления секции и трудность замены батарей в датчиках и сигнализаторах, это предпочитаемая конфигурация системы.

Информация о давлении в стойках механизированной крепи представляется непосредственно в лаве с применением оптических показателей давления, сигнализирующих зелёным цветом правильное давление стоек, красным - отсутствие необходимого предварительного сопротивления и превышение определенных для данной лавы настроек предохранительных клапанов. Жёлтый цвет сигнализирует работу предохранительных клапанов и повышенное воздействие горного массива на секции. Переменное мерцание зеленого и красного диода сигнализатора обозначает неплотность стойки. Непосредственный отсчёт величины давления в стойках нескольких соседних крепей обеспечивает пилот IPRC.

Полная информация о распределении сопротивления секции вдоль лавы и состоянии системы представляется на мониторе MPC-1 в конвейерном штреке лавы и на компьютерах на поверхности (например, в диспетчерской или в помещении энергомашиного или горного надзора). Соответствующая стандарту OPC аппликация системы FAMAC RSPC, обеспечивает архивацию, анализ и визуализацию измерительных данных и дает доступ к историческим данным в избранный период.

На главной мнемосхеме пользователь аппликации может контролировать актуальное распределение давления гидростоек вдоль лавы, параметры гидравлического питания, а также действие сети IPS/IPI. После переключения на вид экрана "Справки" доступна комплектная информация о состоянии всех устройств системы и обнаруженных дефектах системы сопротивления крепи.

После открытия окна "Анализ данных", пользователь может выбрать просмотр карт сопротивления, временные графсхемы давления в стойках, распределение и гистограммы максимальных и средних величин давления в стойках.

На "Картах сопротивления" представлено распределение давления вдоль лавы и вдоль столба. На горизонтальной оси обозначены номера секций крепи, а на вертикальной оси - истечение времени. Величина давления представляется с помощью диапазона цветов (от синего для низких давлений до красного для высоких). При перемещении курсора мышки по поверхности карты указывается номер стойки и время измерения для указанной точки. Такая форма представления данных позволяет точно и быстро оценить взаимодействие крепи с кровлей и техническое состояние гидросистемы сопротивления крепи.

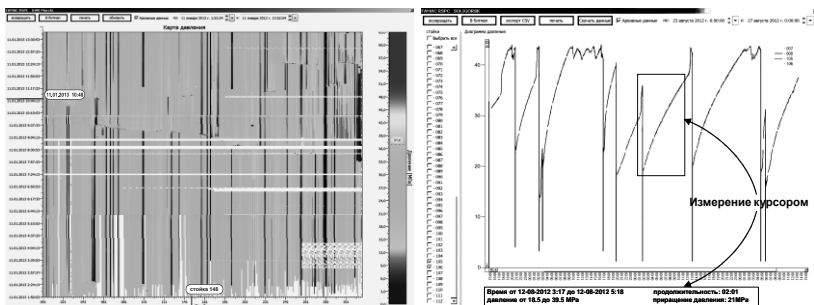


Рис. 1. Способы визуализации исторических данных.

Синие линии на диаграмме однозначно идентифицируют место и время неправильной работы гидростойки, а градиент изменения цвета позволяет оценить интенсивность воздействия кровли на крепь.

Выбор любой точки карты вызывает окно диаграммы временной графсхемы для **избранной** секции. Для прецизионного определения рабочих параметров секций, таких как время рабочего цикла, предварительное сопротивление, скорость пригрузки в цикле, давление открытия и закрытия предохранительных клапанов, можно воспользоваться функцией измерительного курсора.

Одним из основных факторов, решающих о соответствующем содействии крепи с горным массивом, является правильное функционирование предохранительных клапанов. В соответствии со стандартом PN-EN 1804-3, определяющим требования для элементов гидравлической системы секции механизированной крепи, давление открытия клапана не может превышать номинальной величины рабочего (номинального) давления больше чем на 5 %. Не может быть также ниже больше чем на 10 %.

На рисунке № 2 представлен вид таблицы распределения максимальных величин давления для 60 гидростоек секций механизированной крепи с рабочим давлением равным 48 МПа. При учете повторяемой работы клапанов величины эти соответствуют реальному рабочему давлению стоек.

В соответствии с требованиями стандарта PN-EN 1804-3, давление открытия предохранительных клапанов должно содержаться в пределах от 45 до 51 МПа. На основе представленной схемы можно однозначно установить, что предохранительные клапана неправильно настроены, что еще хуже - часть из них (более 15%) имеет настройки, недопустимо отклоняющиеся от средней для этой лавы величины рабочего сопротивления, равного 42 МПа.

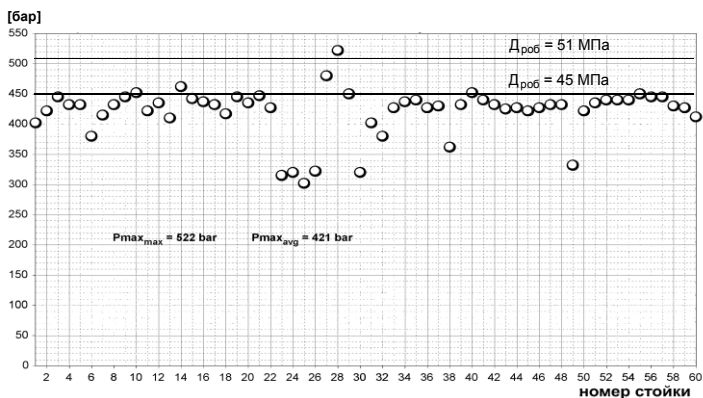


Рис. 2. Распределение максимального значения давления в стойках.

На рис. № 3 представлены временные графсхемы давления в стойках нескольких соседних секций забойной крепи. Эти графсхемы были зарегистрированы во время одного рабочего цикла крепи.

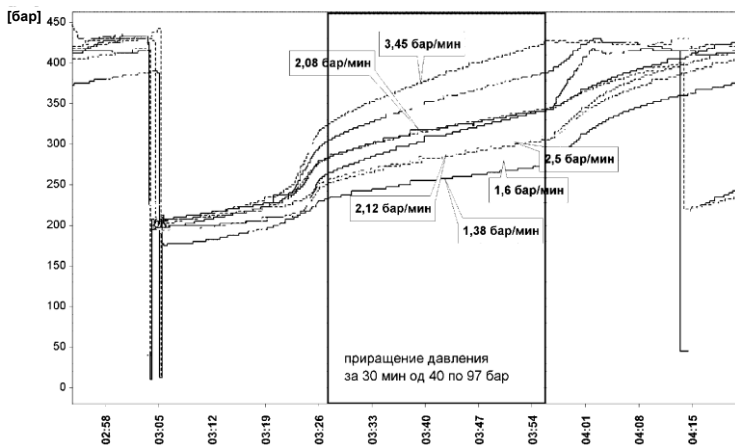


Рис. 3. Сравнительный анализ скорости пригрузки соседних стоек гидрокрепи

Предварительный распор всех гидростоек правильный, а начальное давление в стойках содержалось в диапазоне от 18 до 21 МПа. До момента перехода комбайна сопротивление секции увеличивалось относительно медленно, одинаково во всех стойках. После прохода комбайна видно четкое увеличение динамики воздействия кровли на крепь с одновремен-

ной большой дифференциацией скорости роста давления между отдельными стойками. При среднем росте давления равным 2,2 бар/мин. для представленных на диаграмме графсхем давления, скорость нагрузки отдельных стоек меняется в пределах от 1,2 до 3,5 бар/мин.

Столь большая изменчивость процесса нагрузки работающих в подобных условиях гидростоек подтверждает, что для достоверного прогноза динамических проявлений горного давления, необходимым является контроль давления во всех стойках крепи в сопряжении со статическим анализом данных для всей лавы.

Внедрение системы мониторинга и анализа развития давления в каждой гидростойке крепи обеспечивает повышение безопасности персонала работающего в лаве через:

- повышение несущей способности механизированной крепи путём немедленного устранения обнаруженных системой технических неисправностей,
- обеспечение правильного управления кровлей путём контроля соответствия работы механизированной крепи с паспортом крепления,
- возможность предупреждения о безопасном росте горного давления.

Наличие достоверной информации относительно режима работы предохранительных клапанов и несущей способности гидростоек позволяет полностью использовать гарантийные обязательства поставщика оборудования.

Литература

1. Irresbergaer H.: Zmechanizowane obudowy ścianowe – podręcznik dla praktyków. Tiefenbach polska Sp. z o.o. Katowice 2008.
2. Mitchell G W: LONGWALL MINING - Monograph 26 The Australasian Institute of Mining and Metallurgy 2012.
3. Jaszczuk M., Siwiec J.: Doświadczenia z zastosowania układu SKCP-1 do monitorowania pracy obudowy zmechanizowanej. MiAG 6-7 1997.
4. Szweda S.: Wpływ podporności wstępnej sekcji na obciążenia obudowy zmechanizowanej spowodowane dynamicznym oddziaływaniem stropu. Maszyny Górnicze 2001/1.
5. Krodkiewski J., Kot D.: Zastosowanie Systemów MoPS I RECS Do Monitorowania Podporności Obudowy Wyrobisk Ścianowych. Konferencja "Problemy Bezpieczeństwa W Budowie I Eksploatacji Maszyn I Urządzeń Górnictwa Podziemnego": 17 - 19 VI 2009 r.
6. Гавриков А.А., Волчок Ю.П., Курчевский А.Н., Романович А.С.: Новая автоматизированная система контроля горного давления в очистных забоях и перспективы развития технологии управления кровлей лав. Горное оборудование и электро-механика 2008/6.
7. Щерба В.Я., Мисников В.А., Петровский Б.И., Дакуко С.Н., Антонович Н.А., Кот Д., Сычевский В.А.: Результаты опытных испытаний системы мониторинга пригрузок секций крепи МоПС. Горная Механика 2009/1.
8. Adamus P., Walczyński A., Psiuk M.: Bezprzewodowy system monitorowania ciśnienia FAMAC RSPC na ścianie CW2 w KWK Budryk. Napędy i sterowanie 07-08/2010.

9. PN-EN 1804-3:2006 Maszyny dla górnictwa podziemnego – Wymagania bezpieczeństwa dla obudowy zmechanizowanej – Część 3: Układy sterowania hydraulicznego.

УДК 622.281

О НЕОБХОДИМОСТИ ПЕРЕХОДА НА ДВУХУРОВНЕВОЕ АНКЕРНОЕ КРЕПЛЕНИЕ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК РУДНИКОВ СТАРОБИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Поляков А.Л., Мисников В.А., Лутович Е.А., Яролинский В.К.
ЧУП «Институт горного дела», филиал БНТУ, г.Солигорск, Беларусь

Представлены результаты испытаний анкерного крепления кровли подготовительных выработок, сложенной слабыми глинисто-соляными породами. Предложено совместно с уже применяемыми анкерами в особо сложных горнотехнических условиях использовать анкерную крепь второго уровня с увеличенной длиной и повышенной несущей способностью. В этом случае расширяются возможности применения для охраны кровли выработок с большими пролетами разгружающих полостей (компенсационных щелей, штроб), комбинированных видов крепи.

Устойчивость подготовительных выработок в соляных породах на рудниках Старобинского калийного месторождения обеспечивается за счет специфических свойств соляных пород (пластичности, ползучести и релаксации напряжений) сохранять свою форму даже в условиях повышенных нагрузок. Однако все соляные породы имеют свой предел длительной прочности, который для условий Старобинского месторождения под воздействием опорного давления лав, влияния близлежащих выработок наступает на глубинах 550 – 750 м [1].

Основным способом поддержания подготовительных выработок на рудниках Старобинского месторождения является расположение их кровли, как наиболее слабого элемента контура, под так называемой «защитной пачкой» – ближним к контуру мощным (более 12 – 20 см) и прочным (20 – 30 мПа) породным слоем [2]. Кроме того, немаловажным является строение Пород кровли выработки в пределах свода возможного обрушения на высоту, как правило, составляющую 0,7 от ее пролета. При содержании в этом своде более 30 % глинистых прослоек характер деформирования кровли также существенно меняется. На этих закономерностях основана нынешняя типизация пород кровли по устойчивости.

Для упрочнения нижней породной пачки на рудниках месторождения применяется анкерное крепление. Широкое распространение получило упрочнение кровли выработок винтовыми анкерами, имеющими зацепление с породой по всей длине шнура. Длина этих анкеров в зависимости от пролета выработки и типа пород кровли составляет от 0,8 до 1,8 м. Сшивка