

Д-р техн. наук Д.М. Житленок,
инж. А.С. Крышнев
(ГП «Дзержинскуголь»)
кандидаты техн. наук А.П. Петух,
В.Г. Золотин
(ИГТМ НАН Украины)

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ УПРАВЛЕНИЯ СОСТОЯНИЕМ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА ВИБРАЦИОННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ НА НЕГО ЧЕРЕЗ ВМЕЩАЮЩИЕ ПОРОДЫ

Наведено результати експериментальних досліджень в промислових умовах шахт способу управління станом вуглепородного масиву шляхом вібраційної дії на при забійну частину вугільного пласта через вмещуючі породи.

RESULTS EXPERIMENTAL RESEARCH FOR CONTROL OF COALBED CONDITION BY DINT OF VIBRATIONS INFLUENCE IT ACROSS HOST ROCKS

The results of experimental studies in industrial environments mining method for controlling condition coal massif by vibrations influence well bottom part of the coalbed through the host rocks.

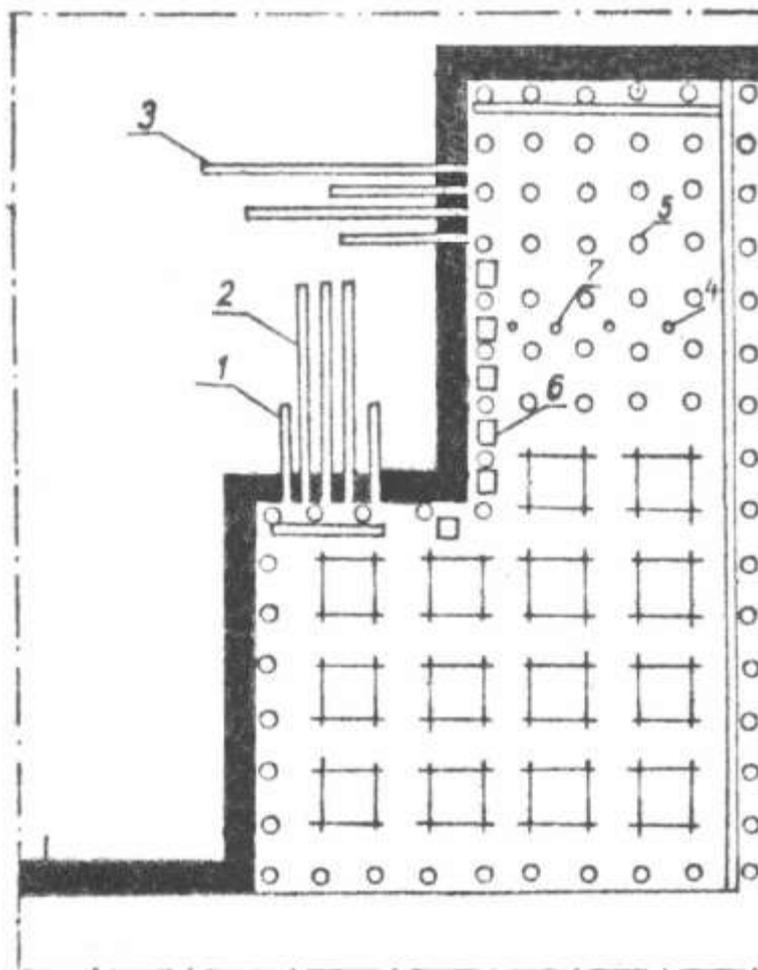
При разработке угольных пластов в горном массиве у границь виробаного простору формуються зона неупругих деформацій, розміри якої в значительній мірі передопределяють динамічні проявлення горного тиску. Збільшення розмірів зони неупругих деформацій в пласті, і тим самим передотвращення динамічних проявлень горного тиску, здійснюється з допомогою розгрузочних пазів і щелей, гидроразрывом пласта, камуфлетним или сотрясательним взриванням. Однак, вказані способи не завжди ефективні. В зв'язі з цим був запропонований вібраційний спосіб управління станом угольного пласта шляхом вібраційного впливу системою гидравлических вібраторів на пласт через вмещуючі породи.

Експериментальні випробування даного способу проводились на шахтах «Комсомолець Донбасу» ГП «Шахтерскантрацит», «Торецька» і «Северна» ГП «Дзержинскуголь», розробляють відповідно пласти l_7 , k_5^1 - «Подп'яток» і l_2^1 - «Кирпичевка». Мощність пластів 1,0-1,1; 0,85-1,15 і 0,09 м. Угол падіння – 3; 43; 55°. Предел прочности на сжатие 15, 19 і 13 МПа. Природна газообильність пластів 29, 10 і 5 м³ на 1 т суточної добычі.

Кровля і почва пласта l_7 представлена алевролітами з межами прочности на сжатие ($\sigma_{сж}$) 60-100 МПа, мощність яких змінюється відповідно в межах 6,4-13,0 і 3,5-4,5 м. В кровлі пласта k_5^1 залягають рівнопрочні ($\sigma_{сж} = 30\div 40$ МПа), глинисті сланці мощністю 10 м. Кровля пласта l_2^1 також представлена глинистим сланцем мощністю 10 м, а почва – перемещуючимися слямами глинистого і песчаного сланців мощністю 0,4-2,0 м. Предел прочности пород кровлі і ґрунту на сжатие ($\sigma_{сж}$) 30, 90-100 МПа.

На шахті «Комсомолець Донбасу» дослідження проводились в ніші забою

южного откаточного штрека, а на шахтах «Торецкая» и «Северная» у забоев очистных выработок (рис. 1).



1 – газовый затвор; 2 – геофон; 3 – деформометры; 4 – стойка СУИ-2;
5 – стойки крепления; 6 – система вибраторов; 7 – самописец.

Рис. 1 – Размещение оборудования и приборов на шахте «Комсомолец Донбасса».

Южный откаточный штрек проходили комбайном с опережением забоя лавы. Сечение штрека в свету $14,4 \text{ м}^2$. Крепь – металлическая арочная податливая из СВП-22. Затяжка железобетонная. Расстояние между рамами крепи $1,0 \text{ м}$.

Длина и ширина ниши составляли соответственно $2,5$ и $4,4 \text{ м}$. Крепилась она деревянными стойками. В ней была установлена система вибраторов, состоящая из двух гидростоек крепи «Спутник». Разработанный для данной системы вибраторов механизм управления обеспечивал работу гидростоек в непрерывном режиме.

На шахте «Торецкая» исследования проводились в уступе лавы, в которой были установлены шесть гидростоек мехкрепи М-87. Выемка угля в лаве производилась отбойными молотками. Длина уступа $8-10 \text{ м}$. Поддерживался уступ стойками деревянной органной крепи, устанавливаемых под распил (четыре стойки в ряду). Расстояние между стойками $0,9 \text{ м}$. Со стороны уступа выкладывались два ряда обычных переносных костров из деревянных стоек. Расстояние

между кострами по падению пласта 3,0-4,0 м, а по простиранию 1,8 м.

Экспериментальные испытания на шахте «Северная» проводились после остановки лавы и демонтажа оборудования. Вибраторы устанавливались со стороны углеспускного ската. Разработанное пространство поддерживалось стойками деревянной органной крепи. Система вибраторов, как и на шахте «Торецкая», состояла из шести гидростоек мехкрепей М-87, установленных на расстоянии 0,3 м от забоя лавы.

В процессе исследований измерялись скорости сближения вмещающих пород и газовыделения, изменение механических свойств угля и сейсмоакустической активности угольного пласта при вибрационном воздействии на него.

Из всех рассмотренных средств волнового воздействия на горный массив к шахтным исследованиям были выбраны системы гидравлических вибраторов, работающие в непрерывном и импульсном режимах.

Системы гидравлических вибраторов разработаны на базе отечественного горнодобывающего оборудования: гидростойки мехкрепей М-87, маслостанции СНУ-5 и др.

На рис. 2 представлена схема системы гидравлических вибраторов, работающих в непрерывном режиме. Она состоит из трех гидравлических стоек посадочной крепи «Спутник» 1, пневмодвигателя 2, гидрораспределителя 3, шарового крана 4, маслостанции 5 и манометра 6.

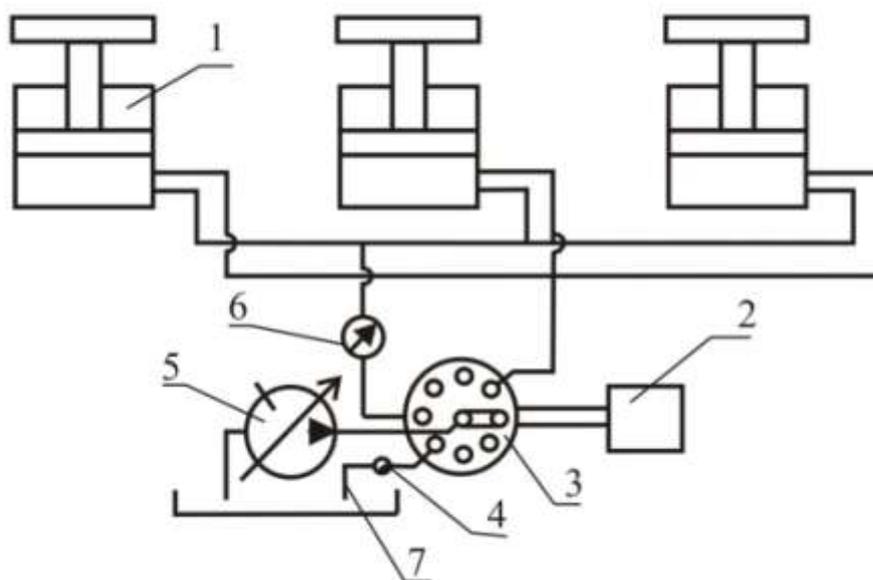


Рис. 2 – Гидравлическая схема системы вибраторов работающих в непрерывном режиме

Система вибраторов работает следующим образом. Рабочая жидкость маслостанцией 5 подается по напорной магистрали в гидрораспределитель 3. Одновременно включается пневмодвигатель 2, вращение которого передается на гидрораспределитель 3. Далее рабочая жидкость по гидромагистралям поочередно поступает сначала в поршневую, а затем в штоковую полости гидростоек, обеспечивая, таким образом, непрерывный вибрационный режим.

Регулирование частоты колебаний системы вибраторов осуществляется из-

менением частоты вращения приводного пневмодвигателя.

Амплитуда и величина начального давления регулируются путем изменения проходного сечения шарового крана 4.

Для повышения усилия воздействия на породно-угольный массив на базе гидростоек мехкрепей М-87 разработана система вибраторов, работающая в импульсном режиме. Она состоит (рис. 3) из трех – шести гидростоек 1 с гидрозамками 2, манометров 3, обратного клапана 4, редукционного клапана 5, маслостанции 6, шарового крана 7.

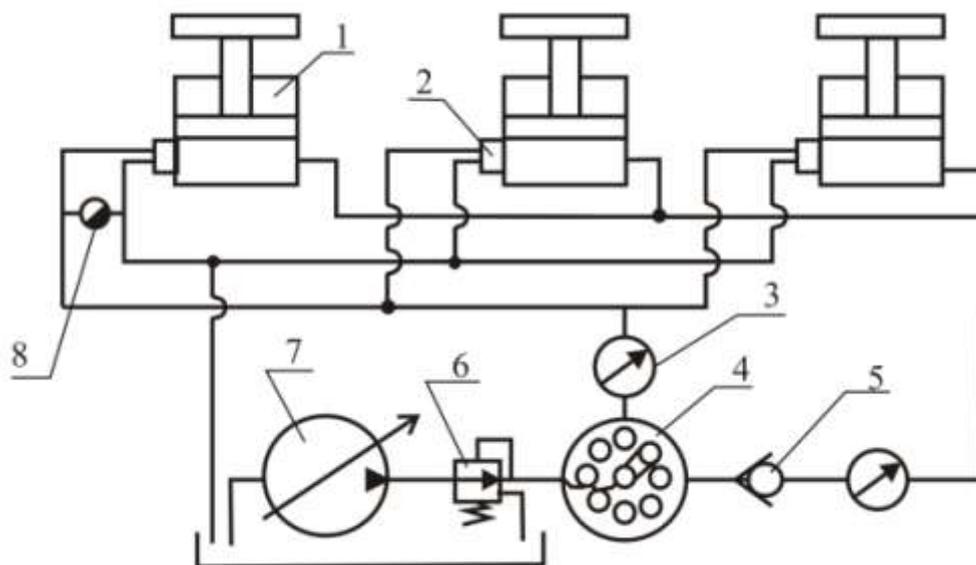


Рис. 3 – Гидравлическая схема системы вибраторов работающих в импульсном режиме с ручным управлением

Система вибраторов работает следующим образом. Маслостанцией 6 рабочая жидкость через редукционный клапан 5, обратный клапан 4 по напорной линии с манометром 3 подается в поршневые полости гидростоек. Давление жидкости возрастает до давления надстройки редукционного клапана, который переводит поток рабочей жидкости в цепь управления. Гидрозамки 3 срабатывают и производят резкий сброс жидкости из гидростоек. Давление жидкости в гидростойках падает, редукционный клапан закрывается и снова начинает пропускать рабочий агент в поршневые полости гидростоек. Жидкость из управляющих полостей гидрозамков 2 через шаровой кран 7 поступает на слив. Гидрозамки закрываются, давление в напорной магистрали и поршневых полостях гидростоек повышается и цикл работы повторяется.

Период колебаний системы вибраторов устанавливается шаровым краном путем регулирования его дросселирующего отверстия.

Система вибраторов, работающая в непрерывном режиме, позволяла получать усилия воздействия до 710 кН при частоте колебаний до 10 Гц и амплитуде 0,15 мм, синхронность срабатывания гидростоек до 90 %.

Система вибраторов, работающая в импульсном режиме, позволяла полу-

чать усилия воздействия до 3000 кН при амплитуде колебаний поршня от 0,15 до 11 мм, период следования импульсов 5-12 с, синхронность срабатывания гидростоек до 95 %.

Для контроля состояния массива горных пород и параметров системы вибраторов использовались следующие приборы: измерительная стойка с индикатором типа ИЧ-10, звукоулавливающая аппаратура ЗУА-4, измеритель деформаций ИИД-3, крепостемер ПК-1, прибор для измерения газовыделения ПГ-2МА, газовый затвор ЗГ-1 и др.

Для исследования величины и характера сближения вмещающих пород на экспериментальных участках оборудовались замерные станции, каждая из которых включая измерительные стойки СУИ-2, индикаторы часового типа ИЧ-10, самописец СПШ-67. Замерные станции позволили в течение всего эксперимента вести дискретные и непрерывные измерения скорости сближения боковых пород.

В начальный период шахтного эксперимента скорости сближения вмещающих пород были весьма малые и находились в пределах от $7,4 \cdot 10^{-10}$ м/с в условиях пласта l_7 шахты «Комсомолец Донбасса» до $1,15 \cdot 10^{-8}$ м/с на l_2^1 шахты «Северная» и объясняется тем, что на участках эксперимента длительное время не велись горные работы.

При воздействии системы вибраторов на горный массив скорость сближения боковых пород возрастает до $5 \cdot 10^{-4}$ м/с, что свидетельствует о значительном влиянии работы вибраторов на состояние угленосного массива, особенно в начальный период. По окончании воздействия скорость сближения вмещающих пород на два порядка превышала начальную, а через сутки уже мало отличалась от скорости, измеренной до начала эксперимента.

Величина и характер газовыделения из угольного массива определялись прибором ПГ-2МА в комплекте с газовым затвором ЗГ-1, с помощью которого производилась герметизация шпуров диаметром 0,042 м до глубины 3,5 м.

Все пласты, на которых проводились экспериментальные работы, характеризуются малой газоносностью, поэтому изменение газовыделения в угольном массиве определялось по изменению давления газа в шпурах.

В результате проведенных измерений установлено, что скорость изменения давления газа в первые минуты после бурения шпура возросла до 5,8 Па/с и в дальнейшем стабилизировались. После 1 ч непрерывной обработки угольного пласта скорость изменения давления газа в шпуре возросла до $\Delta P \approx 980$ Па/с и в течение последующих воздействий оставалась постоянной. Это свидетельствует об увеличении газовыделения из угольного пласта в начальный период воздействия системы вибраторов и интенсивной дегазации горного массив в течение воздействия.

Через сутки после прекращения вибрационной обработки угольного пласта газовыделения уменьшились на 15-30 %.

Изменение крепости угля определялось прибором ПК-1. Для этого в угольных пластах вблизи системы вибраторов бурились шпуры диаметром 0,042 м и длиной 0,5, 1,0 и 1,5 м. Замерами установлено, что прочность угля в результате

воздействия системы вибраторов уменьшилась на всех экспериментальных участках. Например, в шпуре длиной 0,5 м снижение крепости угля до $f \approx 0$ наступило после 150 импульсов, в шпуре длиной 1,0 м коэффициент крепости угля остался без изменения, а в шпуре 1,5 м – увеличился от 1,0 до 1,2. После выполнения системой вибраторов очередных 160 импульсов коэффициент крепости угля в шпурах длиной 1,0 и 1,5 м снизился до $f \approx 0$. Следовательно, в горном массиве произошло разупрочнение угля до глубины 1,5 м, а свыше 1,5 м крепость угля несколько увеличивается, что свидетельствует о перемещении максимума зоны опорного давления вглубь массива. При этом расстояние до максимума зоны опорного давления увеличилось от 1,05 до 3,0 м.

Для сейсмоакустического контроля состояния горного массива при вибрационном воздействии использовалась звукоулавливающая аппаратура ЗУА-4 с регистрацией сейсмоакустических сигналов. Подземные блоки (геофоны) устанавливались на расстояниях 3, 10, 15 и 25 м от источника вибровоздействия. Запись с двух разноудаленных источников производилась синхронно. Полученный сигнал пропусклся через частотные фильтры для определения всплесков спектральной плотности.

В результате обработки полученных данных о сейсмоакустической активности горного массива установлено увеличение шумности в 3,8 раза, что свидетельствует о процессе интенсивного трещинообразования в угольном пласте.

Анализ сейсмоакустической активности горного массива при вибрационном воздействии на него показал, что максимум спектральной плотности в области низких частот (до 100 Гц), а с удалением геофонов от источников воздействия и спектры генерируемых в горном массиве волн становится более широкополостны и могут быть разложены на кратковременные импульсы с аппроксимацией $\delta(t)$ – функцией.

Изменение напряженно-деформированного состояния горного массива регистрировалось с помощью деформометров ДП-8 и измерителя деформаций ИИД-3. В результате измерений установлено разупрочнение угля до глубины $\sim 1,5$, что проявлялось в раскрытии трещин размером от $0,19 \cdot 10^{-3}$ м при 60 импульсах воздействия до $0,42 \cdot 10^{-3}$ м при 120 импульсах.

В результате экспериментальных исследований установлена принципиальная возможность использования систем гидравлических стоек в качестве средств вибрационного управления состоянием горного массива. Инструментальными измерениями подтверждено изменение физико-механических свойств угольного пласта при вибрационном воздействии на него, а также установлены условия применения способа, основные параметры процесса, технологические и конструктивные параметры и критерии управления состоянием угленосного массива вибрационным воздействием на него через вмещающие породы.

Академик НАН Украины А.Ф. Булат
(ИГТМ НАН Украины),
д-р техн. наук Б.В. Бокий
(ПАО «Шахта им. А.Ф. Засядько»),
кандидаты техн. наук И.А. Ященко
(Минуглепром Украины),
Т.В. Бунько, И.Е. Кокоулин
(ИГТМ НАН Украины)

КОНЦЕПЦИЯ БЕЗОПАСНОГО КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОВЕТРИВАНИЕМ УГОЛЬНЫХ ШАХТ В НОРМАЛЬНЫХ И АВАРИЙНЫХ РЕЖИМАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

У нинішній час існують такі нормативно-методичні документи вугільної галузі, як Концепція підвищення рівня охорони праці в у нормальних та аварійних режимах на вугільних шахтах України та Концепція безпеки. Однак вони відносяться переважно до технічних аспектів охорони праці, і не враховують нових тенденцій – впровадження на багатьох шахтах інформаційно-аналітичних технологій контролю та керування технологічними процесами. У статті викладено основні положення, які ліквідують вказані недоліки в частині вентиляційних технологій.

CONCEPTION OF SAFE CONTROL AND MANAGEMENT BY VENTILATION OF COAL MINES IN NORMAL AND ACCIDENT REGIMES WITH THE USE OF INFORMATION-ANALYTICAL TECHNOLOGIES

There are the such normatively-methodical documents of coal industry in present time, as Conception of increase of level of labour protection on the coal mines in normal and accident regimes of Ukraine and Conception of safety. However much they behave mainly to the technical aspects of labour protection, and new tendencies are not taken into account is introduction on many mines of information-analytical technologies of control and technological process control. Substantive provisions which liquidate the indicated failings in part of vent technologies are expounded in the article.

Концепция безопасности, как известно, представляет собой системное изложение основных принципов, соблюдение которых обеспечит поддержание необходимого уровня защищенности от угроз при минимальных затратах на силы и средства защиты.

По состоянию на 1.06.2011 года, глубина большинства шахт Украины превышает 750м, а 33 шахты работают на глубине 1000-1400м. Более 90% шахт – газовые, 70% - опасные по взрываемости угольной пыли, 50% - по газодинамическим явлениям, 25% - по самовозгоранию угля. Только 9% шахт работают менее 30 лет, а 50% - 50-70 лет. Изношенность основных фондов и горношахтного оборудования превышает 60%. Одним из показателей охраны труда на предприятиях угольной промышленности является количество несчастных случаев с летальным исходом на 1 млн тонн добычи угля. В Украине при добыче 75 млн тонн угля в год этот показатель равен 3,7, и она является мировым лидером (для сравнения, этот показатель в США – 0,02, в Германии – 0,08, в России