

УДК 621.01

М.В. ПАВЛЕНКО

Московский государственный горный университет

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ВИБРАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ И СВОЙСТВ УГОЛЬНОГО МАССИВА

© Павленко М.В., 2007

Наводиться приклад застосування вібраційного впливу для зміни стану та властивостей вугільного масиву. Встановлюється висока ефективність таких технологій для інтенсифікації газовиділення із вугільного пласта.

In the article an example of application of the vibration influencing for the change of the state and properties of coal array is made. High efficiency of such technologies is set for intensification selection of gas from a coal layer.

Исследованиями установлено, что в условиях обработки угольных пластов с газоносностью 25–30 м³ / т невозможно достигнуть высокого уровня добычи угля, так как для обеспечения, по газовому фактору, высокого уровня добычи порядка (5000–10000 т / сутки) необходимо извлечь из разрабатываемых газоносных угольных пластов 92–95 % метана при условии исключения поступления метана из вмещающих пород.

В связи с этим, газопроницаемость угля является важным фактором в процессе дегазации угольного пласта и определяется в основном проницаемостью эндогенных и экзогенных трещин, а также от наличия макропор и видимых пор, что находится в обратной зависимости от величины внешней нагрузки.

Результаты проведенного анализа свидетельствуют о том, что темпы

добычи не соответствуют перспективному уровню интенсификации добычи угля в очистных выработках и существенно сдерживаются реальным метаносодержанием в угольном пласте, что значительно осложняет газовую обстановку в выработках.

При достаточно высоком уровне дегазационных работ на шахтах ряда угольных бассейнов их эффективность сдерживается особыми свойствами отрабатываемых пластов угля. В частности, фильтрационные и коллекторские свойства ископаемых углей значительно отличаются, в естественных условиях, даже в пределах одного угольного пласта.

В связи с этим одними из перспективных методов такого рода воздействия является использование низкочастотных вибрационных колебаний.

Вибрационное воздействие также находит применение для интенсификации добычи нефти, причем уже не только в полевых экспериментах, но и на промышленном уровне.

Действительно, в настоящее время можно считать установленной большую эффективность воздействия упругих волн на призабойные зоны нефтяных скважин. При этом на основании проведенных работ утверждается, что коэффициент успешности применения акустических воздействий на нефтяные пласты составляет 40 %.

Для оптимизации режима вибрационного воздействия на угольный пласт и расчета зоны охвата необходимо детальное исследование механизмов влияния энергии волны на систему “сорбированный метан–уголь”, а так же характерных особенностей волнового процесса в угольном массиве.

В настоящее время все более актуальной становится проблема эффективного воздействия на состояние системы “сорбированный метан – уголь” для увеличения метаноотдачи из угля. Актуальность проблемы усиливается требованиями интенсивного извлечения и комплексного использования угольных месторождений (добыча угольного метана), а также предотвращения массового поступления угольного метана в атмосферу Земли для уменьшения парникового эффекта. В связи с этим одними из перспективных методов такого рода воздействия является использование низкочастотных вибрационных колебаний.

Для оптимизации режима вибрационного воздействия на угольный пласт и расчета зоны охвата необходимо детальное исследование механизмов влияния энергии волны на систему “сорбированный метан–уголь”, а так же характерных особенностей волнового процесса в угольном массиве.

Газоёмкость, то есть количество газа, которое может быть поглощено в определенных условиях углем, тесно связана с физической структурой угольного вещества – высокопористого природного сорбента.

На тех глубинах, на которых ведутся сегодня разработки, основная масса газа, содержащегося в угле, находится в сорбированном состоянии.

Лабораторные эксперименты подтверждают наличие в системе поверхностно обратимой физической адсорбции.

Из известных возможных состояний газа в системе “уголь-газ” наиболее существенную роль играют адсорбированный и свободный газ.

Использование воздействия волновых полей на угольный массив подтверждает возможность приводить систему уголь–метан в нестабильное состояние с выделением метана.

Для обеспечения высокой эффективности данного воздействия на угольный массив в условиях промышленных испытаний источник вибрации помещается непосредственно вглубь угольного пласта через пробуренный шпур или скважину. Воздействие вибрации при этом будет осуществляться только на окружающий угольный массив, оставляя практически в состоянии покоя боковые породы и тем самым предотвращая их разрушение.

В качестве источника вибрации использовался на экспериментальном участке глубинный вибратор с направленным полем воздействия, изготовленный на базе электрического сверла СЭР-19Д. Вибрация, вызывая изменения физического состояния угольного массива, позволяет осуществлять необходимое воздействие на разрушение связи системы “уголь–метан”, приводящее в конечном итоге к распаду этой системы и выделению свободного метана.

Воздействие на ископаемые угли механическим волновым полем представляет интерес для направленного изменения их свойств, в частности текущей газоносности. Успешное решение указанной прикладной задачи во многом определяется результатом поиска способов интенсификации протекающих процессов. Ускорение метаноотдачи осуществляют за счет применения вибрационного воздействия на поверхностный слой угля. Эта задача, по всей видимости, сопряжена с большей избирательностью, так как способствует росту скорости метаноотдачи адсорбированного на поверхности угля.

Вещество угля в природных условиях в отсутствии внешних воздействий находится в стабильном состоянии, т.е. все процессы преобразования структуры угля идут очень медленно, а в массопереносе преобладают процессы, подчиняющиеся законам диффузии.

Так, при воздействии волновыми полями на сухие угли наблюдается значительный рост метановыделения, что свидетельствует о появлении дополнительных двух–трех систем трещин, а также снижении сил сцепления молекул метана и угля.

Применение вибраторов в подземных условиях с различными приводами осуществляется в выработках, где используется пневмоэнергия, причем устройство работает по принципу возвратно-поступательного движения в скважине (шпуре) (рис. 1).

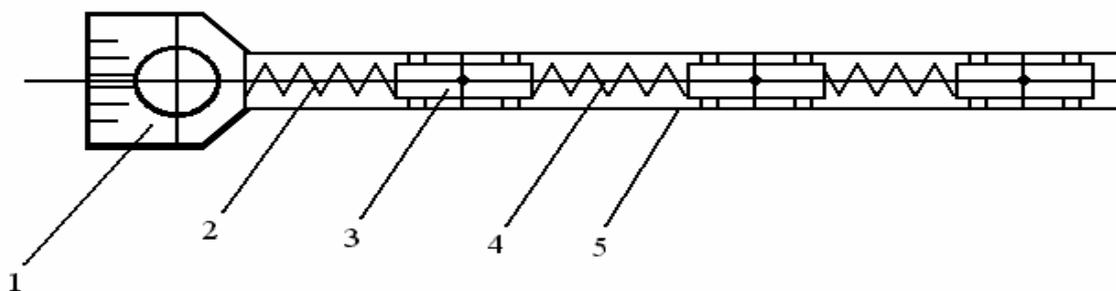


Рис. 1. Конструкция вибратора в шпуре пласта для создания вибрационного воздействия:
 1 – вибратор; 2 – демпфирующая пружина; 3 – дебаланс; 4 – центрирующий стержень;
 5 – стенки шпура вибровоздействия

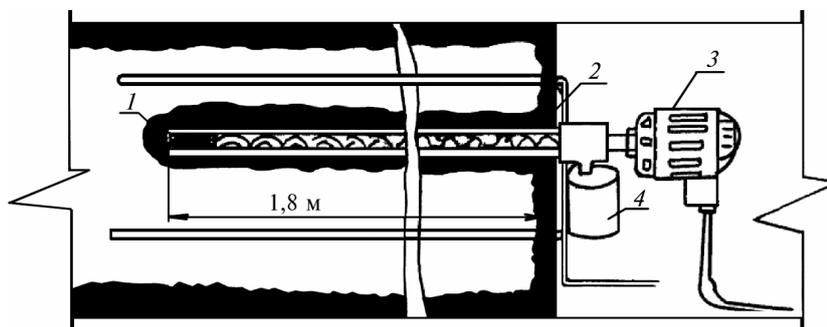


Рис. 2. Схема проведения вибровоздействия по угольному пласту:
 1 – эксцентрик; 2 – стенки шпура; 3 – электрическое сверло СЭР-19Д;
 4 – емкость для сбора штыба

На участках с наличием электрической энергии виброустановка выполнена с использованием применяемых электрических типовых электрических сверл в шахтах (рис. 2).

Полученные параметры вибровоздействия в лабораторных условиях позволили продолжить промышленную апробацию этого воздействия на шахтном поле. Оценка эффективности данного воздействия определялась по интенсивности газоотдачи в шпуры из зоны влияния как при параллельном расположении скважин (шпуров), так и расположенных под углом (рис. 3, 4).

В процессе вибровоздействия не только зафиксировано увеличение трещиноватости угольного массива, но и увеличение газоотдачи определенной части угольного массива, прилегающего к участку воздействия вибрации. Естественно, что в этом случае газосодержание угля подвергнувшегося вибрационному воздействию, значительно убывает и метан выносится из угля, диффузионными потоками, направленными в сторону увеличения трещиноватости.

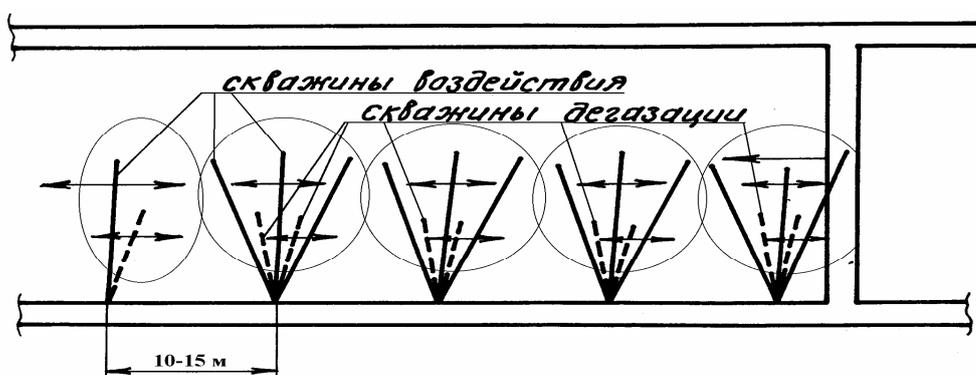


Рис. 3. Схема расположения скважин воздействия и дегазации

Доминирующее значение в регулировании этого состояния в структуре угля, особенно в обеспечении максимальной газоотдачи, принадлежит механическим (вибрационным) воздействиям.

Вместе с тем можно предположить, что по мере повышения пористости угля резко увеличивается склонность системы к разделению фаз и увеличению метаноотдачи.

Потенциальная возможность увеличения скорости десорбции метана в такой гетерогенной структуре угля тем выше, чем выше пористость структуры угля, в которой в результате активного воздействия формируется новая область реализации потенциальной возможности разделения на две фазы (твердую и газообразную).

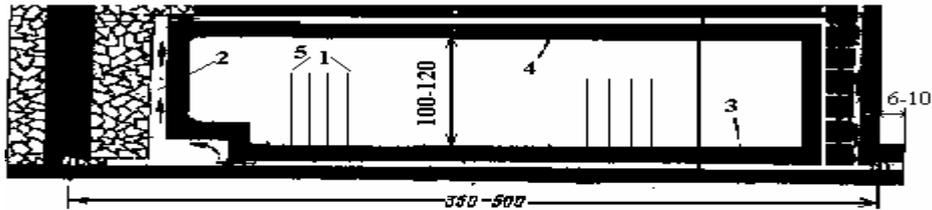


Рис. 4. Технологическая схема вибрационного воздействия при расположении скважин параллельно друг другу:
 1 – шпур с генератором вибрации и газозамерные скважины; 2 – линия очистного забоя;
 3 – откаточный штрек; 4 – вентиляционный штрек

Способ вибрационного воздействия на низкопроницаемые угольные пласты предназначен для создания значительной сети трещиноватости, и как следствие, для увеличения газовой проницаемости и газоотдачи из массива, как через подземные скважины, так и через скважины с поверхности.

Если угольный массив подвергнуть действию повторно-переменных (циклических) нагрузок, то произойдет усталостное разрушение пласта угля. Под действием циклических нагрузок происходит развитие усталостных трещин. Существенное значение для возникновения и развития трещин усталости имеют внутренние дефекты, посторонние включения, первоначальные трещины, что является характерным для угольного пласта.

Совершенствование метода вибровоздействия позволило провести новый эксперимент на поле шахты “Комсомолец” ОАО “Воркутауголь” через скважины, заполненные жидкостью с поверхности, с использованием генератора колебаний на устье скважины (рис. 5).

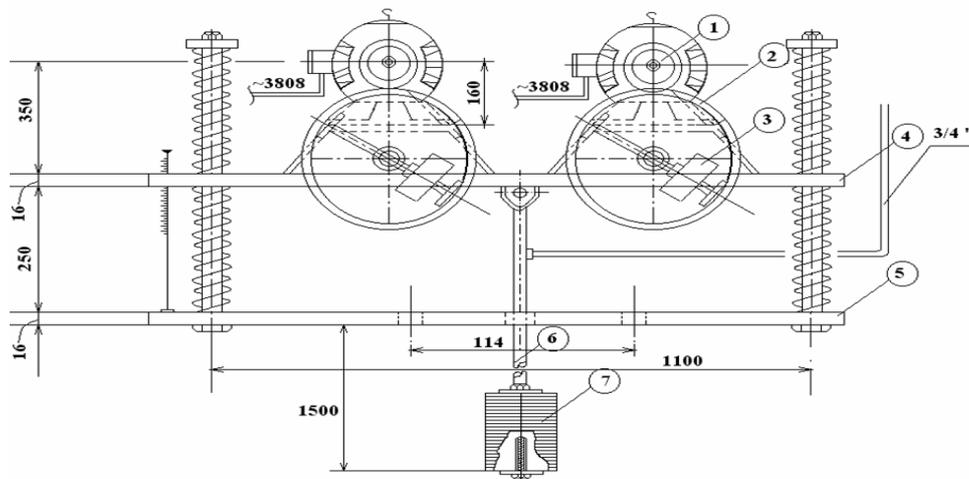


Рис. 5. Вибрационная установка в монтаже на скважине: 1 – электродвигатель; 2 – редуктор; 3 – дебаланс;
 4 – подвижная платформа; 5 – неподвижная платформа; 6 – телескопическая штанга; 7 – поршень

Возможность выполнения работ в полевых условиях обусловила использование вибрационной установки, сконструированной специалистами МГГУ и ЭПУР специально для выполнения экспериментальных работ по виброобработке угольных пластов в Воркутском бассейне. Установка использует доступные узлы и материалы, достаточно мобильна и легко вписывается в существующую технологическую схему гидрообработки угольных пластов через скважину с дневной поверхности.

Вибрационное воздействие на угольный массив связано с динамикой изменения давления в столбе жидкости, заполнившей данную скважину.

Данный результат объяснялся уменьшением капиллярных сил в условиях вибрации и увеличением проницаемости за счет роста новых трещин. В ходе экспериментов так же обнаружено, что знак остаточного смещения уровня воды в скважинах связан с ориентацией направления вибратор-устье скважины по отношению к направлению максимального градиента давления в пласте.

Повышение газоотдачи угольных пластов в процессе вибровоздействия через скважины, пробуренные по газоносным угольным пластам с поверхности, имеет целью дальнейшее искусственное создание значительной сети ветвящихся трещин в пласте и в прилегающей зоне пласта влияния скважины, повышение интенсивности газоотдачи пласта и, в конечном итоге, глубины его дегазации. Искусственно созданная в угольном массиве пласта сеть трещин снижает опасность возникновения выбросоопасных ситуаций при подходе очистного забоя к обработанному участку пласта.

Выводы:

1. Экспериментальные исследования по интенсификации метаноотдачи из низкопроницаемого угольного пласта, позволили установить, что после вибровоздействия метаноотдача возросла, при этом скорость газовыделения из газозамерных скважин выросла в 4-7 раз.

2. Газовыделение из угольного пласта в следствии вибровоздействия в подземных условиях, является результатом эффективного вибрационного воздействия на угольный массив через скважины из горных выработок для создания разветвленной системы газопроводящих трещин, приводящей к метаноотдачи.

3. Преимущества вибровоздействия через скважину с поверхности следующие: обработка угольного массива заблаговременно до входа горных выработок в зону воздействия, что исключает помехи в процессе добычи угля.

4. Разработаны принципы конструирования вибрационной установки для создания эффективного усилия через столб жидкости, заполнивший скважину, для изменения состояния угленосной толщи, увеличения ее приемистости, и, как следствие, увеличения проницаемости с целью создания газопроводящих трещин.

1. Вайсберг Л.А. Проектирование и расчет вибрационных грохотов. – М.: Недра, 1986. – 144 с. 2. Блехман И.И., Вайсберг Л.А. Использование самосинхронизирующихся вибровозбудителей в горных вибрационных машинах / Горный журнал. – 2000. – № 11–12. – С.81–82.