© Ю.Ф. Васючков, М.В. Павленко, 2007

УДК 622.272

Ю.Ф. Васючков, М.В. Павленко

РАЗРАБОТКА СПОСОБА УВЕЛИЧЕНИЯ ГАЗООТДАЧИ ИЗ НИЗКОПРОНИЦАЕМОГО ГАЗОНОСНОГО УГОЛЬНОГО МАССИВА

Семинар № 15

При увеличении глубины разработки угольных пластов снижается газоотдача в связи с низкой газопроницаемостью угольного массива. Снижение газоотдачи связано с увеличением горного давления, а также уменьшением трещино-гидропроводности с глубиной. Оценивая этот факт можно утверждать, что, приложив внешние силы к участку пласта можно перевести его в новое состояние, при котором увеличивается трещиноватость, а вместе с этим и газоотдача.

Изучая природу и механизм увеличения газоотдачи при вибрационном воздействии на пласт, проводились следующие исследования:

- в лабораторных и шахтных условиях по методике, разработанной МГГУ, определялись параметры вибровоздействия на газонасыщенный уголь, с целью увеличения метаноотдачи;
- измерения газоотдачи из подземных скважин при вибровоздействии;
- исследования изменения темпа и объема закачки воды в процессе вибровоздействия через скважину с дневной поверхности.

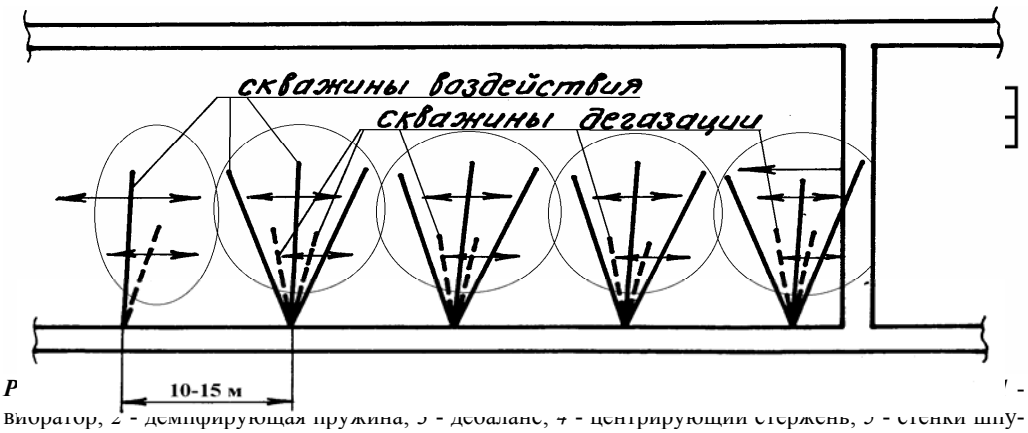
Полученные результаты указанных исследований позволили изучить особенности нового метода вибровоздействия на угольный массив для увеличения газоотдачи.

Увеличение газоотдачи массива позволили сделать вывод, что при определенных параметрах вибровоздействия (частота, амплитуда, время воздействия и т.д.) прочность угля и напряжения в нем, которые он испы-тывает, а именно, снижается прочность угля в 3-5 раз, снимаются локальные напряжения в пласте, так как при этом воздействии увеличивается трещиноватость.

Проведенные экспериментальные исследования в лаборатории МГГУ с использованием воздействия волновых полей на угольное вещество и получение положительных результатов подтверждает возможность выполнение поставленных задач и в условиях конкретного горного предприятия на разрабатываемых угольных пластах; в то же время свидетельствует о необходимости в ходе выполнения работ по опытной проверки параметров воздействия, дальнейшей проработки технологии вибровоздействия на базе имеющихся научных разработок.

Последовательность и направление работ по промышленному исследованию процесса вибровоздействия на угольный пласт с целью интенсификации метаноотдачи состоит в обеспечении:

а) доступа к областям пласта и пластам-спутникам с высокой природной газоносностью;



Р '-
Вибратор, 2 - демпфирующая пружина, 3 - дебаланс, 4 - центрирующий стержень, 5 - стенки шпу-

Рис. 2. Схема расположения скважин воздействия и дегазации

б) увеличение метаноотдачи из угольного пласта в процессе вибровоздействия в 5-8 раз;

в) достижение глубокой дегазации обрабатываемой угленосной толщи.

В процессе шахтных испытаний указанного способа были предусмотрены: теоретические исследования, лабораторные исследования на образцах полученного угля и шахтные эксперименты на шахтном поле с различными геологическими характеристиками участка, производство работ по вибровоздействию и оценка влияния этого воздействия на газовый баланс участка.

Экспериментальные исследования по интенсификации метаноотдачи из угольного пласта ставили основной целью формирование и развитие зоны активной метаноотдачи из газоносного низкопроницаемого угольного пласта, которое определяется использованием вибрационного воздействия и технологических параметров воздействия.

Сотрудниками МГГУ была разработана конструкция вибратора для воздействия через подземные скважины на угольный массив.

В выработках, где выполняются работы с применением перфоратора, разработанное устройство будет работать с использованием пневмоэнергии, по принципу возвратно-поступа-тельного движения (рис. 1), при этом следует предусмотреть подачу сжатого воздуха, а с применением электродвигателя – электроснабжение.

При разработке технологии вибровоздействия из подземных выработок предусмотрена технологическая схема с заложением скважин как под углом (рис. 2), так и параллельно.

Методика проведения исследований была следующей. Для проведения эксперимента изготавливалась конструкция вибратора на базе используемых в шахтных условиях отбойных молотков, а также электрического сверла типа СЭР-19Д (число оборотов эл. двигателя n = 800 об/мин). Для создания в пробуренном шпуре интенсивного вибрационного поля на конце штанги укреплялась изготовленная специальная конструкция (эксцентрик) позволяющая создавать эффективное волновое поле в зоне обрабатываемого участка пласта (рис. 3).

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.

Однако при проведении вибрационного воздействия через подземные шпуры частота вибрации составляла 15 Гц, при амплитуде 1-3 см, что определялось техническими возможностями используемого оборудования, в то время как в процессе проведения лабораторных экспериментов наибольшая эффективность наблюдалась при частотах 30-40 Гц при амплитудах 3-3,8 мм. Следовательно, для оценки параметров воздействия и применения их на объекте с учетом полученных в лабораторных условиях необходимо вводить коэффициент пропорциональности, который должен отражать соотношение приложенных мощностей в процессе вибровоздействия, а также параметры обрабатываемого объема угля.

Проведение вибрационного воздействия через шпуры в подземных горных выработках осуществлялся в подготовительной горной выработке (Восточный бортовой уклон) пройденной по углю пласта К-2 с подрывкой кровли. Пласт К-2 является основным рабочим пластом на поле ГОАО «Шахтоуправление им. 17 Партсъезда». Мощность пласта изменяется в пределах от 0,6 до 0,8 м. Угол падения пласта изменяется от 10 до 11^0. В кровле залегает песчано-глинистый сланец и почве залегает сланец песчаный. Управление кровлей полное обрушение.

Выбор объекта исследования мотивировался тем, что этот участок подготовительной выработки был со свежеобнаженным массивом, в целике горного массива, следовательно, при этом выполнялось важное условие - сохранялась природная газоносность пласта на участке эксперимента. Принимался во внимание и тот факт, что в эту зону влияния выработки еще не вошли очистные работы, способные перераспределить горное давление, а это, в свою очередь, позволило сохранить природную, низ-кую проницаемость и оценить влияние вибрации на данном участке.

Сущность вибрационного воздействия на угольный пласт через подземные шпуры, заключается в передаче энергии вибрирующего элемента непосредственно на стенки шпура, создания в пласте областей с повышенной степенью трещиноватости, приводящих к разгрузке массива и обеспечение дегазации на низкопроницаемых участках пласта.

Параметры вибрационного воздействия через скважины на пластах пологого залегания приведены в табл. 1.

Таблица 1

Рекомендуемые параметры вибрационного воздействия через скважины из подземных выработок

№/№	Наименование	Параметры
1	Глубина бурения, м	3-5
2	Диаметр бурения, мм	50-70
3	Расстояние между скважинами, м	0,5-1,5
4	Время воздействия, мин	20-90
5	Уровень понижения газоносности угольного пласта, $м^3/т$	До 5-8

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

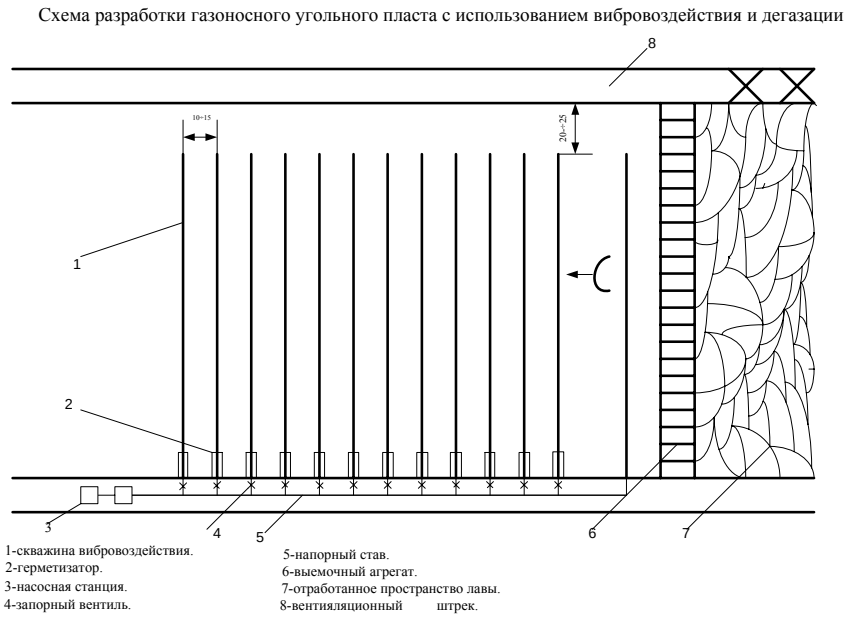


Рис. 4. Технологическая схема вибрововоздействия через подземные скважины

Технология предназначена для обеспечения эффективной и равномерной подготовки газоносного уголь-ного месторождения через скважину с поверхности путем вибровоздействия, с целью создания значительной системы трещин в угольном массиве заблаговременно до начала ведения работ по дегазации. Однако выбору требуемых параметров обрабатываемого угольного пласта отводится важнейшая роль, т.к. от своевременности получения полной и достоверной информации состояния угольного массива будет зависеть успех выполнения всего комплекса работ.

Задача обеспечения безопасности работ нами решена в результате выбора таких параметров заложения скважин и режима вибровоздействия, при которых происходит разрушение блоков угольного массива, образованных в процессе гидровоздействия и содержащих основное количество газа.

Основными параметрами являются количество **n** и длина скважин $\mathbf{h_{скв}}$, расстояние между скважинами $\mathbf{L_{скв.}}$, время обработки **t** и частота вибровоздействия.

Сформулируем основные допущения при постановке задачи:

1). Угольный пласт, с природной пористостью, с начальным уровнем пластового давления и т.д., вступает в контакт с жидкостью, поступающей через скважину в угольный пласт.

2). В процессе вибровоздействия знакопеременные колебания способствуют раскрытию и расширению трещин угольного массива. Изменение трещинопорового объема при таком воздействии предполагается значительным, т.к. в процессе пульсации при вибровоздействии коэффициент проницаемости увеличивается.

3). Данный процесс может осуществляться как при больших, так и незначительных амплитудах колебания от генератора виброколебаний.

4). Процесс раскрытия трещин в угольном массиве будем считать происходящим в рамках модели, где давления воздействия на пласт знакопеременны, а зияния вновь образовавшихся пластовых трещин будет постоянно расти.

В результате вибровоздействия газоотдающая поверхность пласта возрастает в 3-5 раз, при этом увеличивается диффузионная проницаемость. За период эксплуатации в зоне вибровоздействия из пласта К-2 выделилось 9,5-12 $м^3$/т, что позволяет сделать вывод об интенсификации газоотдачи пласта в результате воздействия на 35-45 %.

Особенностью газовыделения из угольного массива в зонах вибровоздействия по сравнению с известными, являются более высокие значения дебитов газа из пласта. Поэтому важным показателем является дебит метана из обработанной зоны в зависимости от расстояния (рис. 5).

Проблема поведения системы «уголь-метан», заключающаяся в нахождение ее неустойчивого состояния в процессе вибрационного воздействия, мало изучена. Она тесно связана с выбором, как технологических параметров воздействия, так и знания первоначального состояния угольного массива, его исходных параметров на момент выполнения вибровоздействия.

Снятие газового барьера на участке обработки приводит к тому, что опорное давление перемещается в глубь массива и вблизи поверхности обнажения уменьшается величина упругой энергии. Снижение природной газоносности угля после вибровоздействия свидетельствует об уменьшении газового фактора, следовательно, это обеспечивает безопасность горных работ.

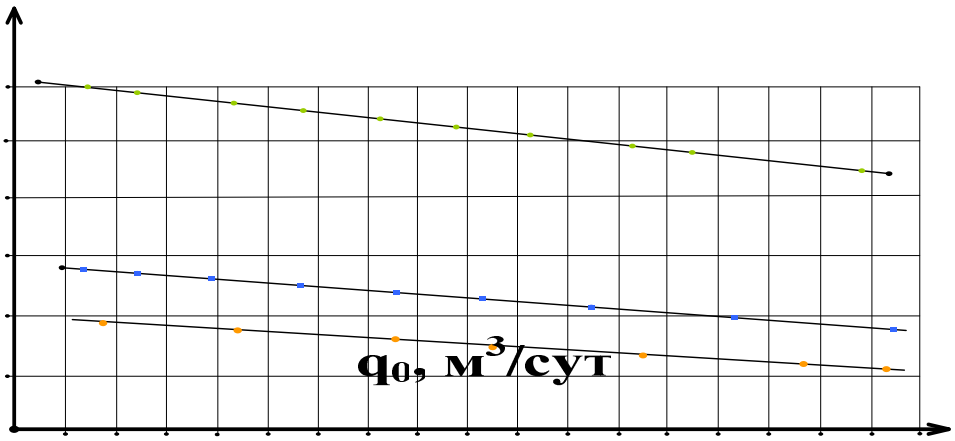


Рис. 5. Исследование газовыделения на участке вибровоздействия пласта К-2 поля ГОАО «Шахтоуправление им.17 Партсъезда»: *1* – исходная зона пласта до вибрационного воздействия; *2* – зона пласта с расположением шпуров вибровоздействия через 0,75 м; *3* – зона пласта с расположением шпуров вибровоздействия через 0,5 м

При проведении эксперимента оценивалась скорость газовыделения в зонах вибрационной обработки из подземных выработок при отработке лавы пласта К-2 (рис. 6).

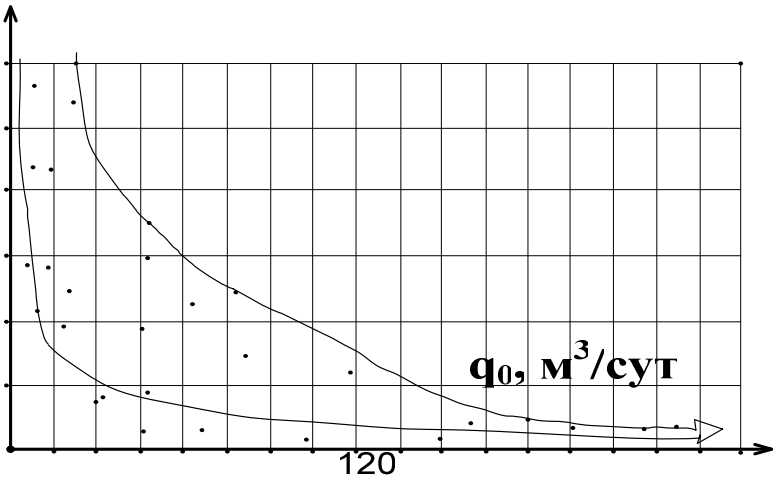
Этими исследованиями ставилась цель сравнить газодинамические свойства пласта и установить характер из изменения в зонах обработки и в зоне сравнения. В результате вибровоздействия установлено, что получены две характерные области экспериментальных значений: области относительно высоких (q_0 = 25-30 м/сут) и низких значений (q_0 = 3-4 м/сут), что указывает на то, что при вибрационном воздействии наблюдается увеличение диффузионной и фильтрационной проницаемости пласта в 7-9 раз. При этом также установлено общее снижение уровня газовыделения из пласта за счет более глубокой дегазации по сравнению с необработанной частью пласта.

Накопленный фактический материал позволяет утверждать, что разработан новый метод воздействия, с целью увеличения газоотдачи из низкопроницаемого угольного пласта.

Технология применения данного метода предусматривает обработку свиты пластов. Непосредственная кровля предпочтительно – песчаник, так как создаются все условия для отражения акустических волн в пласте. Почва пласта устойчивая, что не усложняет качество обработки. При этом глубина разработка обрабатываемых пластов может достигать 1500 метров. Гипсометрия пласта выдержанная. Пласты, на которых проводится вибровоздействие, могут быть не только газоносные, но и опасные по внезапным выбросам.

На основании проведенных исследований можно делать вывод, что снижение природной газоносности происходит за счет изменения механических свойств угля, увеличение трещиноватости массива, что увеличивает количество газопроводящих каналов.

а). вибрационной обработки



б).исходная зона участка пласта

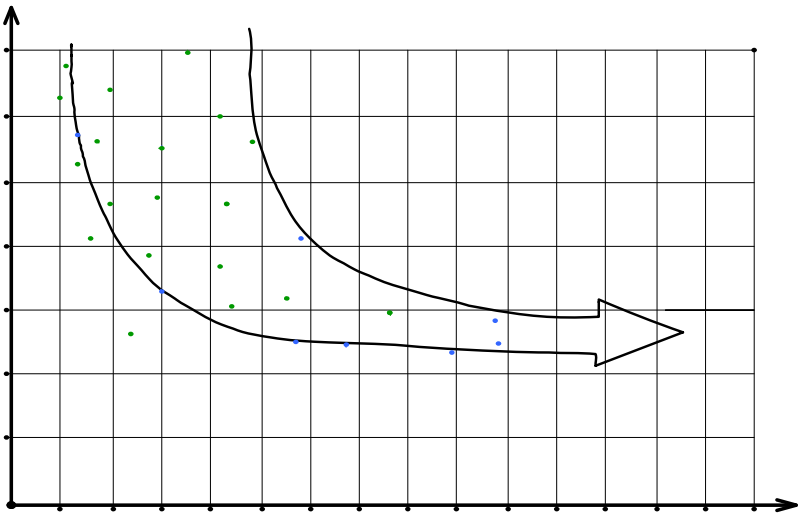


Рис. 6. Зависимость скорости газоотдачи пласта К-2 в скважину от времени обнажения

Разработанный способ вибрационного воздействия на угольный массив позволяет увеличить трещи-новатость угля в 2-5 раз, в связи с чем, увеличивается газоотдача, а также снизить прочность угля подверженного вибровоздействию в 3-5 раз. Впереди забоя на участке бурится серия передовых скважин на расстоянии 15-20 м, служащих как для вибровоздействия так и для дегазации.

Указанный метод может применяться на шахтных полях с различными геологическими условиями при высокой газоносности пластов (табл. 2).

При этом, применяя этот метод на выбросоопасных пластах, образуется участок, разгруженный от горного давления, что позволяет в свою очередь выбросоопасный пласт перевести в невыбросоопасное состояние.

Таблица 2

Характеристики технологических систем разработки угольных пластов с вибрационным воздействием

№/№	Параметры разрабатываемых пластов	Ед. изм.	Характеристики пластов		
			Пологие	Наклонные	Крутые
1	Вынимаемая мощность пласта	м	1,1-4,5	1,1-3,5	0,6-2,5
2	Угол падения	град	До 18	18- 35	55-80
3	Количество отрабатываемых пластов	шт.	Свита пластов	Свита пластов	Свита пластов
4	Непосредственная кровля	-	Устойчивая, песчаник	Устойчивая, песчаник	Устойчивая, песчаник
5	Почва пласта	-	Устойчивая	Устойчивая	Устойчивая
6	Глубина разработка	м	до 1500	до 1500	до 1500
7	Гипсометрия пласта	-	относительно выдержанная	выдержанная	выдержанная
8	Опасность по внезапным выбросам	-	опасные	опасные	опасные
9	Газоносность пластов	$м^3/т$	>15	>10	>12
10	Нарущенность пластов	%	10-20	10-30	10-40

Таблица 3

Таблица рекомендуемых значений вибровоздействия на угольный пласт для эффективности дегазации

№/№	Выбор процессов	Частота вибровоздействия, Гц	Амплитуда, мм	Время воздействия, мин	Эффективность, %
1	1	10-20	30-40	20-35	40
2	2	30-40	20-30	30-35	80
3	3	40-50	10-15	30-40	60

В связи с тем, что метан в низкопроницаемом угольном массиве распространен неравномерно, вибрационное воздействие позволяет вы-ровнять давление и создать условия интенсивного выделение его в скважину.

В результате анализа исследований установлено, что при метаноносности угольного массива 40-45 $м^3/т$, вибрационное воздействие позволяет понизить природную метаноносность до 5-8 $м^3/т$, за счет создания значительной системы трещин ориентированных к скважине, что в конечном итоге обеспечивает безопасность ведения горных работ.

Промышленные испытания, выполненные на ряде шахт (Донецкий и Воркутинский бассейн), позволили установить предварительно рациональные параметры вибровоздействия на пласт (табл. 3.), при которых достигает эффективная газоотдача (эффективность 70-80 %) на участках обработки.

По результатам лабораторных и шахтных испытаний разработан и внедрен способ увеличения газоотдачи из низкопроницаемого угольного массива, особенно на углях, отличающихся низкой проницаемостью и трещиноватостью.

Выводы

1. В результате разработки технологии вибровоздействия получен способ увеличения трещиноватости и газопроницаемости, что обеспечивает повышенную дегазацию (на 40-60 %) низкопроницаемого угольного массива.

2. Увеличение скорости газоотдачи в зоне вибровоздействия объясняется увеличением проницаемости пласта и съему газа, что нашло отражение в увеличении диффузионной и фильтрационной проницаемости пласта в 3-5 раз.

3. Таким образом, в результате вибровоздействия обеспечивается более равномерная обработка угольного пласта увеличение проницаемости и глубина пропитки массива угля и высокая степень дегазация за счет увеличения проницаемости в зонах обработки.

Коротко об авторах

Васючков Ю.Ф. – профессор, доктор технических наук,
Павленко М.В. – доцент, кандидат технических наук,
Московский государственный горный университет.

Д И С С Е Р Т А Ц И И

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	*Название работы*	*Специальность*	*Ученая степень*
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР ПО КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН			
ТУРДАХУНОВ Мухамеджан Мамаджанович	Разработка геоинформационных методов формирования недельно-суточных графиков поставки руды с группы горнодобывающих предприятий на обогатительную фабрику (на примере АО «ССГПО»)	25.00.35	к.т.н.