

совых шариков диаметром 30, 50 и 70 мм, солоmistых частиц длиной 100÷200 мм и почвы. Смесь увлажнялась и контролировалась влажность почвы. Эксперимент проводился в сравнении с очистителем, выполненным из шнеков серийной корнеуборочной машины РКМ-6. Диаметры вальцев и режим работы выбраны одинаковыми: диаметр вальца – 200 мм, частота вращения – 190 об/мин. Результаты исследований представлены в таблице.

Таблица - Результаты сравнительных испытаний очистителей.

Диаметр шаров, мм	Примеси по массе, %					
	До очистки		После очистки			
			Опытный образец		Серийный образец	
	Растительные	Почва	Растительные	Почва	Растительные	Почва
30	5	25	0,4 – 0,6	12,7 – 16,7	2,4 – 3,5	4,1 – 5,6
	10	30	0,5 – 0,8	15,8 – 19,5	3,6 – 4,9	8,6 – 10,1
	15	50	0,5 – 1,0	19,3 – 22,0	5,2 – 6,5	9,9 – 12,0
50	5	25	0,3 – 0,5	11,1 – 15,2	2,1 – 3,4	3,5 – 5,1
	10	30	0,3 – 0,5	14,8 – 19,1	3,2 – 4,9	6,8 – 9,4
	15	50	0,3 – 0,7	14,1 – 20,9	4,9 – 6,2	7,0 – 10,3
70	5	25	0,2 – 0,5	9,3 – 15,3	1,9 – 3,0	3,2 – 4,1
	10	30	0,3 – 0,7	11,8 – 16,7	1,9 – 3,0	6,1 – 7,7
	15	50	0,3 – 0,7	14,9 – 19,3	1,9 – 3,2	6,4 – 8,1

**Выводы.** Как показывает анализ полученных данных, разработанный очиститель способен снижать засоренность вороха корней растительными остатками в 5 – 6 раз в сравнении с серийным при полном отсутствии технологических отказов. В то же время, при засоренности вороха 15% растительными остатками межвитковое пространство серийного очистителя приходилось время от времени очищать вручную. Почвенные примеси опытный очиститель удаляет хуже серийного ввиду отсутствия свободного зазора между вальцами. Поэтому он может быть рекомендован для очистки от растительных остатков небольших по размерам клубней или корней с предварительным удалением из вороха основной массы почвенных примесей.

## НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ДЕГАЗИРОВАНИЯ УГОЛЬНОГО МАССИВА ПРИ ВИБРООБРАБОТКЕ

**Минеев С.П., Прусова А.А., ИГТМ НАНУ, г. Днепрпетровск.**

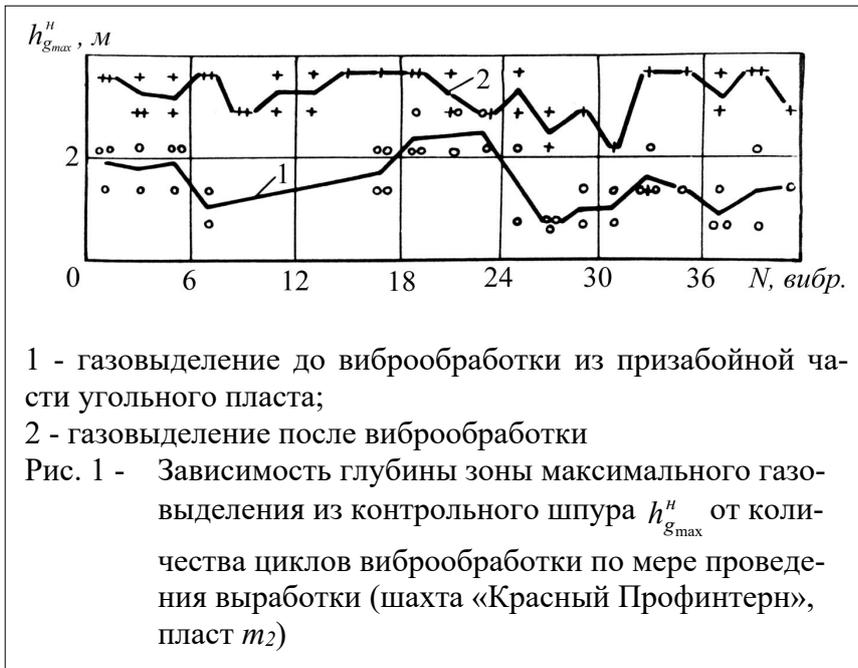
В настоящее время известен метод виброобработки углеродного массива для его газодинамической разгрузки, а также каптажа шахтного газа [1]. Принципиальная схема скважинной виброобработки, технические средства и методика установления параметров воздействия разработаны в ИГТМ НАН Украины [2, 3].

Для оценки эффективности дегазирования пласта и уточнения параметров вибровоздействия на массив был проведен комплекс натуральных экспериментов. Эксперименты проводились на шахте «Красный Профинтерн» ГХК «Орджоникидзеуголь» в процессе проведения откаточного штрека по пласту  $m_2$  «Тонкий» (гор. 865 м). Угольный пласт  $m_2$  - выбросоопасный, имел общую мощность 0,64 м, угол падения  $61^\circ$ , весовой выход летучих 21% и относитель-

ную газообильность  $18,2 \text{ м}^3/\text{т.с.д.}$  Марка угля «К». В почве пласта залегал песчаный сланец мощностью  $1,6 \text{ м}$ ,  $f=6$ . В кровле – слабоустойчивый глинистый сланец мощностью  $4,6 \text{ м}$ ,  $f=4,5$ . Крепление штрека осуществлялось металлокрепью АП-19/9,2 с расстоянием между рамами  $1 \text{ м}$ . Сечение штрека в свету  $12,4 \text{ м}$ , глубина заходки была принята  $1,6 \text{ м}$ . опережение штрека по отношению к лаве составляло на момент проведения экспериментов порядка  $50 \div 80 \text{ м}$ .

В процессе эксперимента воздействие на угольный массив в забое штрека осуществлялось скважинными пневмовибраторами типа ПВП, конструкции ИГТМ НАН Украины с диаметром виброизлучающего элемента  $75 \text{ мм}$ . Вибраторы устанавливались в скважинах диаметром до  $80 \text{ мм}$ , пробуренных в угольном пласте на глубину  $2 \div 2,5 \text{ м}$  и на расстоянии  $1 \div 2 \text{ м}$  друг от друга. Эти скважины для установки вибраторов бурились в два этапа. Первоначально бурились шпуров диаметром  $42 \text{ мм}$ , а затем они расширялись до  $80 \text{ мм}$ . Количество виброскважин, одновременно оборудуемых в забое штрека, составило от 2 до 5. После установки в скважинах вибраторов, их подключали к шахтной пневмосети, затем их включали, и производилась виброобработка призабойной части угольного пласта в течение 1 часа без присутствия людей в забое. Согласно разработанной методики эксперимента каждый цикл виброобработки, сопровождался поинтервальными замерами начальной скорости газовыделения из специально пробуренных контрольных шпуров с помощью прибора ПГ-2 МА и шахтного затвора ЗГ-1. При замерах контрольный шпур обязательно очищался от штыба и герметизировался с таким расчетом, чтобы между затвором и забоем шпура оставалась камера длиной не менее  $0,5 \text{ м}$ , при этом время, считая с момента окончания бурения шпура до начала измерения, не должно превышать 2 мин. Необходимость таких относительно малых сроков измерения обусловлено таким фактом, что газовыделение из скважин, пробуренных в угольный пласт на выбросоопасных участках уменьшается достаточно быстро, причем намного быстрее, чем на неопасных пластах. При этом, как показано в [1, 4], наиболее резкое (основное) падение скорости газовыделения из скважины происходит в первые 3-5 мин. Затем после выполнения измерений производился проходческий цикл по проведению штрека, при этом разрушение горной массы в забое осуществлялось буровзрывным способом в режиме сотрясательного взрывания. Затем весь цикл повторялся. В процессе данного эксперимента было проведено порядка 80 циклов замеров.

Результаты замеров газодинамического состояния угольного массива при проведении эксперимента в забое откаточного штрека по пласту  $m_2$  «Тонкий» приведены на рисунке 1, где представлено изменение глубины зоны максимального газовыделения из контрольных шпуров по мере проведения штрека до и после виброобработки призабойной части пласта. Приведенные на рис. 1 данные замеров начальной скорости газовыделения показывают, что в результате виброобработки граница зоны максимального газовыделения из контрольных шпуров перемещается в глубь массива, в среднем, с глубины  $0,7 \div 2,1 \text{ м}$  до глубины  $2,1; 2,8 \div 3,5 \text{ м}$  и более. Необходимо отметить, что результаты замеров начальной скорости газовыделения при глубине границы зоны его максимума, равной более  $3,5 \text{ м}$ , были отнесены к отметке  $3,5 \text{ м}$  (поскольку принятый к эксперименту герметизатор не позволял осуществлять замеры на глубину более  $3,5 \text{ м}$ ). Это, в свою очередь, вносило некоторые неточности при осреднении полученных данных, поскольку в некоторых случаях замерами, проведенными на глубине до  $3,5 \text{ м}$ , не было установлено падение начальной скорости газовыде-



ления из контрольного шпура. И поэтому отмеченные особенности не позволяли авторам использовать при обработке полученных данных классические методы математической статистики.

Учитывая изложенное, для более достоверной оценки эффективности вибровоздействия на массив, по полученным данным замеров начальной скорости

газовыделения из контрольных шпуров, было решено воспользоваться методикой, основанной на раздельной оценке фактических результатов измерений, предложенной в работе [5]. Полученные при эксперименте фактические данные поинтервальных замеров начальной скорости газовыделения из контрольного шпура в каждой паре замеров группировались по их общим признакам, а затем производилась их доводка к заданным осредненным значениям. Каждая группа замеров, составляемая из всех имеющихся фактических данных, характеризуется следующими признаками «отбора» и критериями их статистической обработки. В тех случаях, когда имеет место падение начальной скорости газовыделения по длине контрольного шпура до и после виброобработки, средние их значения определяются по формулам:

$$\bar{h}_{до,после}^{g_{max}^H} = \left( \sum_{i=1}^n \bar{h}_i^{g_{max}^H} \right) / n; \quad g_{до,после}^{H_{max}} = \left( \sum_{i=1}^n g_{max}^{i_H} \right) / n, \quad (1)$$

где  $h_{до,после}^{g_{max}^H}$  – глубина зоны максимального газовыделения;  $g_{до,после}^{H_{max}}$  – величина максимального значения газовыделения из контрольного шпура до и после виброобработки.

В тех случаях, когда имеет место падение начальной скорости газовыделения по длине контрольного шпура только до виброобработки, средние величины их суммарных значений до точки падения определяются по формуле:

$$\bar{g}_{до,после}^{H_{max}} = \left( \sum_{i=1}^n \bar{g}_{p_i} \right) / n, \quad (2)$$

где  $\bar{g}_{p_i}$  – суммарное значение величины газовыделения по длине  $i$ -го контрольного шпура до глубины точки падения.

Затем, по всем фактическим данным выполненных замеров, определяются средние значения суммарных начальных скоростей газовыделения из контрольных шпуров на глубину до 2,1 м, то есть на наиболее вероятную глубину

выемки угля в каждом последующем проходческом цикле:

$$g_{до, после(\ell=2,1м)}^n = \left[ \sum_{i=1}^n (\bar{g}_{\ell=0,7м}^{H_i} + \bar{g}_{\ell=1,4м}^{H_i} + \bar{g}_{\ell=2,1м}^{H_i}) \right] / n, \quad (3)$$

где  $\bar{g}_{\ell=0,7м}^{H_i}$ ,  $\bar{g}_{\ell=1,4м}^{H_i}$ ,  $\bar{g}_{\ell=2,1м}^{H_i}$  – значение начальной скорости газовыделения  $i$ -го контрольного шпура на глубине соответственно 0,7, 1,4 и 2,1 м.

Полученные результаты оценки данных замеров начальной скорости газовыделения приведены в таблице. Анализ выполненных расчетов показывает, что для случаев, когда падение величин газовыделения из контрольного шпура зарегистрировано до и после виброобработки, зона максимального газовыделения, которая, как известно, характеризует зону интенсивного дегазирования угля и разгрузки пласта перемещается в глубь массива в среднем с глубины 1,22 и до 2,55 м, то есть более чем на 1 м (рис. 2). Причем, как видно из графика, если величина максимального газовыделения из пласта в «спокойном» состоянии была 8,2 л/мин на глубине 1,22 м, то после виброобработки она составляла 11,5 л/мин на глубине 2,55 м. Таким образом, в результате вибровоздействия интенсифицировалось трещинообразование, которое не только усилило процесс дегазации, но и перенесло ее в глубь массива.

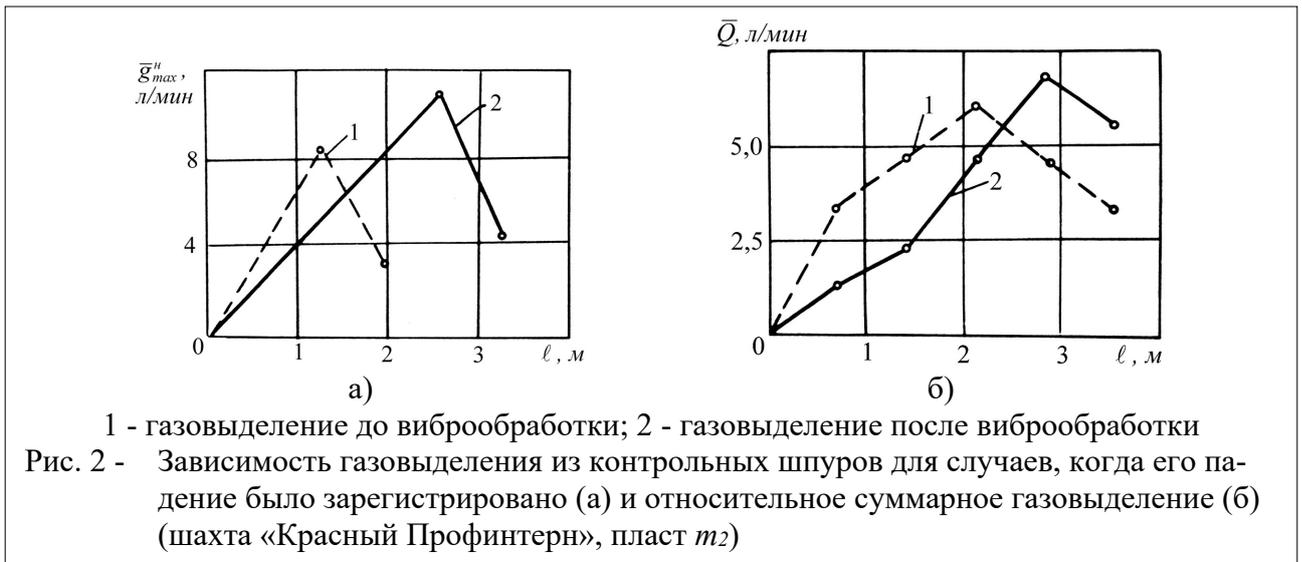


Таблица - Осредненные данные замеров газовыделения из шпура.

Время замеров	Средняя глубина зоны максим. газовыделения, м	Начальная скорость газовыделения для случаев группы, л/мин		Средняя начальная скорость газовыделения, л/мин, в интервалах			Средняя суммарная начальная скорость газовыделения на глубине 2,1 м, л/мин	Среднее суммарное газовыделение пласта до зоны падения, л/мин.
		максимальная	в зоне падения	0,7 м	1,4 м	2,1 м		
До вибрации	1,2	8,2	4,3	3,5	4,6	6,4	14,5	17,5
После виброобработки	2,6	3,2	1,2	1,1	2,1	4,8	8,0	9,0

На рис. 2 показаны осредненные результаты суммарного газовыделения из призабойной части пласта до и после вибрационного воздействия. Так общее суммарное газовыделение из зоны пласта до глубины 2,1 м, то есть в зоне угольного массива,

в основном, подлежащей существенному разупрочнению в следующем проходческом цикле, снизилось в результате виброобработки с 14,5 л/мин до 8,0 л/мин. Отметим, что достаточно наглядным подтверждением надежности полученных значений суммарного газовыделения могут служить данные суммарного газовыделения из пласта до зоны разгрузки «нетронутого массива», которое также снизилось вследствие вибрационного воздействия на массив с 17,5 л/мин до 9 л/мин. Следовательно, суммарное газовыделение после виброобработки уменьшилось во всех случаях не менее чем в 1,8 раза за счет интенсивного трещинообразования, происходящего в массиве, и соответствующего ему дегазированию угля в призабойной зоне пласта. Следует обратить внимание на тот факт, что газовыделение из виброобработанного массива с глубиной усиливается и становится в некоторый момент больше, чем в «спокойном» состоянии. Так, на глубине 2,8 м оно составляло до вибровоздействия 4,6 л/мин, а после него уже 7,0 л/мин. Это свидетельствует о том, что дегазационные трещины после вибровоздействия прорастают в зону нетронутого угля, вызвав соответствующее повышение газовыделения в контрольный шпур. При дальнейшем углублении в массив количество и размеры проросших от скважины видимых трещин уменьшается, влияние вибровоздействия на угольный массив ослабевает и на некотором расстоянии от виброскважины располагается уже зона ее «невлияния», где газопроницаемость минимальна и подток газа в скважину обуславливается лишь десорбцией метана. Причем, установлено, что подток газа на выбросоопасных участках пласта, как правило, во много раз меньший, чем на неопасных. Последнее хорошо согласовывается с данными МакНИИ [5] о более резком уменьшении интенсивности газовыделения из пробуренных скважин в выбросоопасных зонах по отношению со скважинами в неопасных зонах угольного пласта (т.е. установлено, что затухание газовыделения, как правило, за 8-10 час, из скважины, пробуренных в выбросоопасной зоне практически прекращается). При выполнении эксперимента исследователи в основном стремились к созданию условий для развития разветвленной сети фильтрационных каналов. Сорбция газа при этом учитывалась в общем виде, как попутный, а не определяющий дегазирование фактор. Это приводило к тому, что при виброобработке массива обеспечивалось достаточно полное извлечение, главным образом, лишь свободного метана, в то время как основные его объёмы остаются обычно неизвлеченными, содержатся в связанном с углем состоянии и в большинстве горногеологических условий существенно превышают половину запасенного массивом газа.

Рассмотренные в данной статье результаты свидетельствуют о том, что вокруг виброскважины образуется зона разгрузки с вполне определенным радиусом дегазирования массива, то есть наглядно прослеживается связь между параметрами воздействия, характером и глубиной дегазации угля. Причем, для эффективного каптажа шахтного газа первостепенное значение приобретает технологическое вибровоздействие, направленное на активизацию метана, содержащегося в массиве, как в свободном состоянии, так и в связанном. Следовательно, для эффективного каптажа шахтного газа, находящегося в газоносном углепородном массиве необходимо осуществлять вибровоздействие на различные уровни макропористого и микросорбционного пространства с параметрами, учитывающими три основные составляющие фазы газонасыщенности угля и нелинейность сорбционных закономерностей. То есть, каждому классу пор и трещин должен соответствовать свой диапазон эффективных параметров вибровоздействия, такие исследования проводятся и будут в ближайшее время изложены.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Потураев В.Н., Минеев С.П. Использование вибрационных и волновых эффектов при обработке выбросоопасных пластов. - Киев: Наук.думка, 1992. –200 с.
2. А.С. № 1793063, СССР. Способ вибрационно-скважинного воздействия на массив для снижения выбросоопасности / С.П. Минеев.-Опубл.07.02.93г.- Бюл. 8.
3. А.С. 1798524, СССР. Способ вибрационно-скважинного воздействия на массив для снижения выбросоопасности / С.П.Минеев. -Опубл. 28.02.93г. - Бюл. 8.
4. Потураев В.Н., Минеев С.П. Пульсационные и волновые эффекты в горном массиве.- Киев: Наукова думка, 1993. - 143с.
5. Николин В.И., Балинченко И.И., Симонов А.А. Борьба с выбросами угля и газа в шахтах.- М.: Недра, 1981. -300 с.

**ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ВИБРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ ЗАВИСАНИЯ МАТЕРИАЛА В БУНКЕРАХ**

**Минеев С.П., Ленда В.А., ИГТМ НАНУ, г. Днепропетровск**

В технологических схемах предприятий горно-металлургической отрасли часто встречаются процессы, связанные с перемещением, погрузкой и разгрузкой горной массы с одной технологической или транспортной машины на другую. Основными устройствами для осуществления таких операций являются бункера, устанавливаемые в местах сопряжений соответствующего транспортного и технологического оборудования.

Бункера применяют при циклической загрузке и непрерывной выгрузке с целью выравнивания неравномерности подачи горной массы, погрузке на транспортные средства, длительном хранении при выполнении широкого класса технологических операций. В связи с этим организация четкой подачи технологического сырья и бесперебойной работы бункеров приобретает весьма важное значение, а неполадки в их работе приводят не только к ухудшению качества получаемого сырья, но и к срыву технологического процесса.

Основные проблемы в эксплуатации бункеров заключаются (при работе с влажными, липкими, слежавшимися материалами) в образовании сводов над выпускным отверстием бункера, вследствие чего истечение материала частично или полностью прекращается. Другой причиной является образование пассивных зон, так называемое трубообразование, когда истечение материала происходит только из зоны, расположенной непосредственно над выпускным отверстием бункера, что существенно снижает эффективность его применения [1].

В настоящее время предложен целый ряд способов устранения зависания материала и зарастания бункера, однако наиболее широкое распространение получил вибрационный способ. Сущность вибрационного способа заключается в воздействии на материал, находящийся в бункере, периодическими силовыми импульсами, которые обеспечивают изменение его физико-механических характеристик, снижение вязкости, разрушение свода и транспортирование застойных зон. При этом, как правило, вибратор крепится непосредственно на стенке бункера или специальном листе, размещенном в полости бункера.

При наличии ряда существенных преимуществ, к которым следует отнести возможность использования серийного оборудования, простоту обслуживания и безопасность применения, способ обладает низкой эффективностью при работе с вязким, смерзшимся и слежавшимся материалом. В данном случае для достижения положительного эффекта приходится увеличивать интенсивность динамического воздействия на бункер, что приводит к снижению долговечности используемых мотор-вибраторов и существенной передаче динамических нагрузок на опорные и несущие конструкции.

Для устранения этих недостатков было предложено использовать в каче-