

М.: Стройиздат, 1984. – 176 с.

11. Прочность и деформируемость горных пород / Ю.М. Карташов, Б.В. Матвеев, Г.В. Михеев, А.Б. Фадеев. – М.: Недра, 1979. – 269 с.

12. Работнов Ю.Н. Элементы наследственной механики твердых тел. – М.: Наука, 1977. – 384 с.

УДК 622.831.322:622.831.325

Д-р техн. наук, проф. К.К. Софийский,
канд. техн. наук Д.П. Силин,
канд. техн. наук Э.И. Мучник,
инж. В.Г. Золотин (ИГТМ НАН Украины)

ОБРАЗОВАНИЕ ЗОНЫ ДИСПЕРГИРОВАННОГО УГЛЯ В ПРОЦЕССЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Викладено основні взаємозв'язки об'єму зони диспергованого вугілля з властивостями пласта та параметрами гідродинамічної дії.

FORMATION OF A ZONE DESTROYED COAL DURING HYDRODYNAMICAL INFLUENCE

The basic dependences of volume of a zone destroyed coal from properties of a coal layer and parameters of hydrodynamic influence are stated.

Развитие добычи угля в настоящее время характеризуется все более возрастающей интенсификацией горных работ, происходящей на фоне неуклонного ухудшения горно-геологических условий их ведения.

Углубление угледобычи сопровождается повышением опасности внезапных выбросов, выдавливания и обрушения угля и породы. Традиционные способы добычи угля и существующие методы предотвращения внезапных выбросов угля и газа при проведении горных работ не способны обеспечить высокую степень безопасности в совокупности с высокой производительностью труда. В связи с этим в настоящее время возникли нетрадиционные способы предотвращения внезапных выбросов угля и газа и добычи угля.

Одним из таких способов, эффективно влияющих на структуру газонасыщенных и выбросоопасных угольных пластов, способствующих его разгрузке и разупрочнению, а также интенсификации процессов дегазации метана и позволяющих решить задачу безопасного ведения горных работ при условии повышения нагрузки на забой является гидродинамическое воздействие на массив.

Изучение процессов дезинтеграции угольных пластов при гидродинамическом воздействии чрезвычайно важно, так как разупрочнение и разрушение является основополагающим фактором, определяющим обеспечение безопасности и эффективности горных работ.

При гидродинамическом воздействии на пласт наблюдаются процессы изменения структуры и газоотдачи угольного пласта, взаимосвязанные друг с другом, а именно – интенсификация дегазации, вследствие которой резко снижается возможность возникновения внезапного выброса угля и газа, и одновре-

менно образование зоны дезинтегрированного угля вокруг скважины, которая сначала способствует выходу газа из зоны воздействия, по причине образования большого фильтрационного объема, а затем, в результате многократной прямой и обратной фильтрации водоугольной смеси через диспергированный слой угля и заполнения трещин и крупных пор частицами измельченного угля при наличии объемно-связанной воды, блокируется выход газа из массива, тем самым, создавая безопасные условия для ведения горных работ.

Эти особенности гидродинамического воздействия требуют более детального изучения взаимосвязи процессов дезинтеграции угля со свойствами пласта и характером его разрушения.

Следует отметить важность влияния показателя объема дезинтегрированного угля в процессе гидродинамического воздействия на изменение состояния газонасыщенных угольных пластов. Этот параметр характеризует интенсивность и глубину протекания в замкнутом пространстве процесса разрушения угля, инициированного гидродинамическим воздействием на пласт.

Взаимосвязи объема дезинтегрированного угля с другими параметрами позволяют определить возможности интенсификации процессов, протекающих внутри газонасыщенных пластов при гидродинамическом воздействии, в том числе, их дегазации.

Кроме того, этот показатель имеет технологическое значение, позволяя вычислить радиус эффективного воздействия, а следовательно и оптимальные расстояния между технологическими скважинами.

Анализ объемов угля, дезинтегрированного в процессе гидродинамического воздействия, показал, что этот параметр связан со свойствами пласта. Наблюдается его зависимость от природной газоносности (коэффициент корреляции равен 0,65 при надежности 0,95) и крепости угля (коэффициент корреляции составляет 0,71 при надежности 0,95). Эти зависимости представлены на рис. 1 и 2. С повышением природной газоносности наблюдается увеличение объема дезинтегрированного угля: в среднем, при изменении природной газоносности от 15 до 25 м³/т увеличение объема дезинтегрированного угля составляет от 50 до 450 м³. Достаточно большой разброс точек обусловлен влиянием ряда факторов технологического характера.

Некоторое уменьшение объема дезинтегрированного угля обнаруживается при повышении крепости угля. В этом случае среднее уменьшение объема при увеличении крепости от 0,9 до 1,5 составляет от 250 до 150 м³.

Наблюдается линейная зависимость объема газа, выделившегося с поверхности дезинтегрированного угля внутри массива от объема этого угля (рис. 3). Коэффициент корреляции достаточно высок и составляет 0,77 при надежности 0,999.

В результате статистического анализа значительного числа данных полученных при проведении работ по применению гидродинамического воздействия на газонасыщенные угольные пласты шахт Центрального района Донбасса получены зависимости, подтверждающие правильность гипотезы об инициировании га-

зодинамического явления, протекающего в замкнутом объеме и характеризующегося резким изменением механического и газового равновесия в пласте.

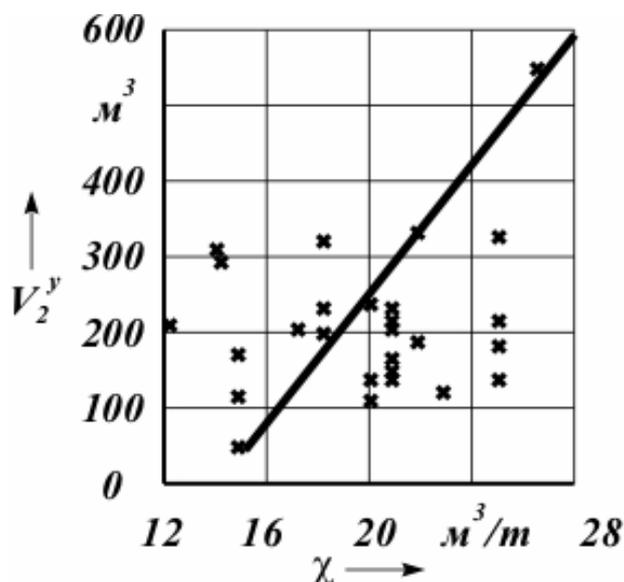


Рис. 1 – Зависимость объема дезинтегрированного угля от природной газоносности пласта

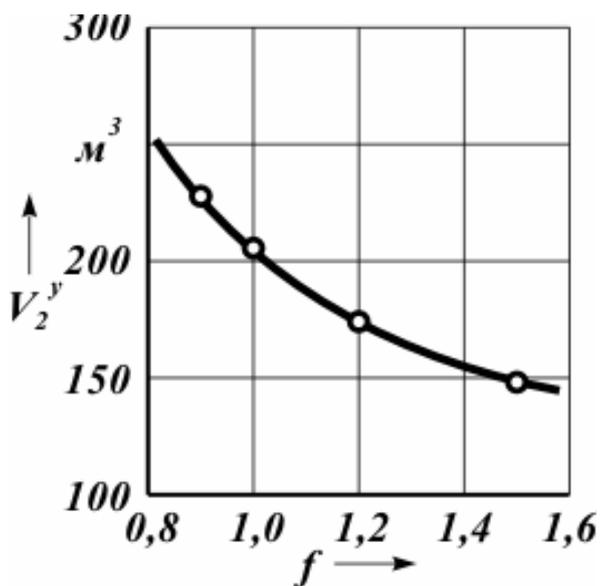


Рис. 2 – Зависимость объема дезинтегрированного угля от его крепости

На рис. 4 изображена взаимосвязь объема дезинтегрированного угля с массой угля извлеченного из скважины. Характер кривой указывает на интенсивное нарастание процесса дезинтегрирования при одновременном увеличении массы извлекаемого из скважины угля. При достижении объема дезинтегрированного угля 300 м³ процесс дальнейшего разрушения прекращается. При этом извлечение угля из скважины может некоторое время продолжаться. Коэффициент корреляции этой зависимости равен 0,84 при надежности 0,999.

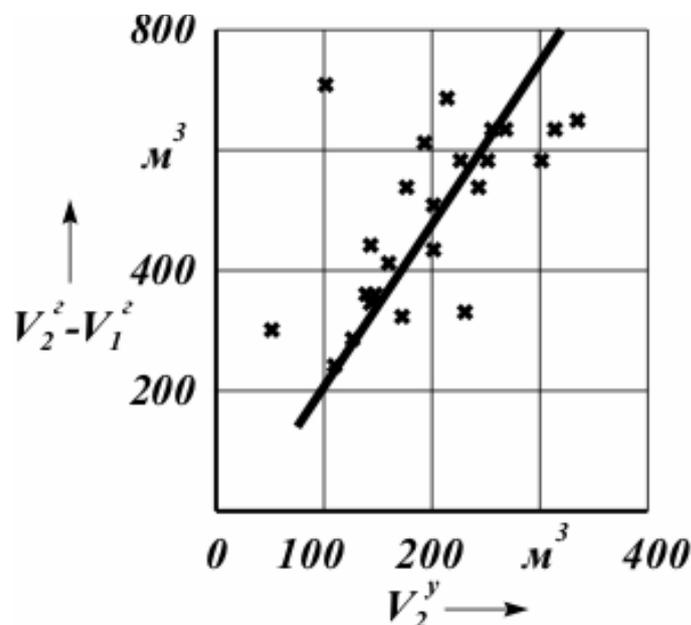


Рис. 3 – Зависимость объема газа, выделившегося с поверхности дезинтегрированного угля в массиве от объема этого угля

Динамика изменения объема дезинтегрированного угля по мере протекания процесса разупрочнения пласта (рис. 5) имеет такой же характер. В течение некоторого времени гидродинамического воздействия объем дезинтегрированного угля нарастает, а по достижении около 300 м^3 разупрочнение угля прекращается, несмотря на повторение рабочих циклов «подъем-сброс» давления.

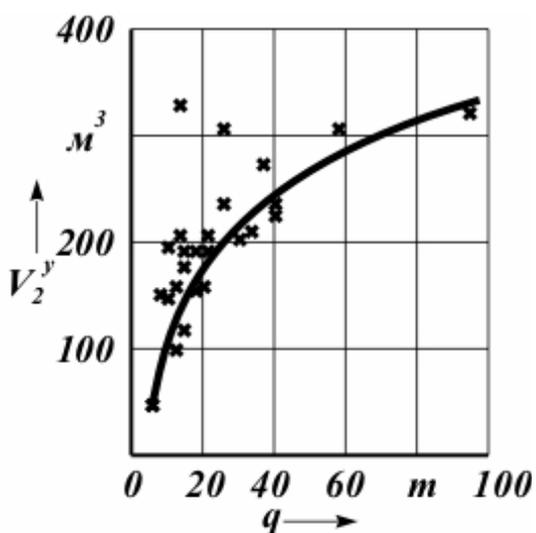


Рис. 4 – Зависимость объема дезинтегрированного угля от массы извлеченного угля

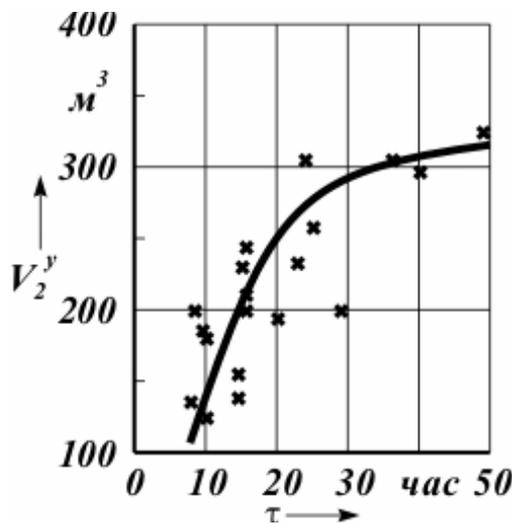


Рис. 5 – Изменение объема дезинтегрированного угля в процессе гидродинамического воздействия

Следует еще раз подчеркнуть, что все зависимости получены из данных фактических измерений, проводимых при гидродинамическом воздействии на угольные пласты, обладающие самыми разными характеристиками и залегаю-

щие в различных условиях. В зависимости от различных горно-геологических условий объем дезинтегрированного угля может изменяться от 100 до 324 м³. Прекращение процесса разупрочнения угля обусловлено как разными горно-геологическими, так и технологическими параметрами. Однако объем дезинтегрированного угля порядка 300 м³ в рассматриваемых условиях является максимальным. Очевидно, такой объем достаточен для образования демпферной зоны, в которой замедляются скорости изменения градиента давления и замедляются процессы разрушения угля и газовыделения.

Изменения скорости разрушения угля в массиве и скорости газовыделения представлены на рис. 6. Этот процесс имеет параболический характер. В течение первых 10 час скорости процессов разрушения угля и десорбции газа высоки, а через 25 час эти процессы замедляются и затухают. Точка, соответствующая 25 час воздействия является характерной для динамики протекания процессов разупрочнения и дегазации угольных пластов в рассматриваемых условиях.

Для оценки площади гидродинамической обработки угольных пластов удобно пользоваться величиной радиуса эффективного воздействия. Этот показатель характеризует часть обработанного массива, на которой при замерах скорости газовыделения отмечаются отсутствие или следы газа (рис. 7).

Следует отметить, что радиус эффективного воздействия – величина, в некоторой мере условная, ввиду того, что, как правило, размеры обработанного участка по восстанию и падению больше, чем по простиранию.

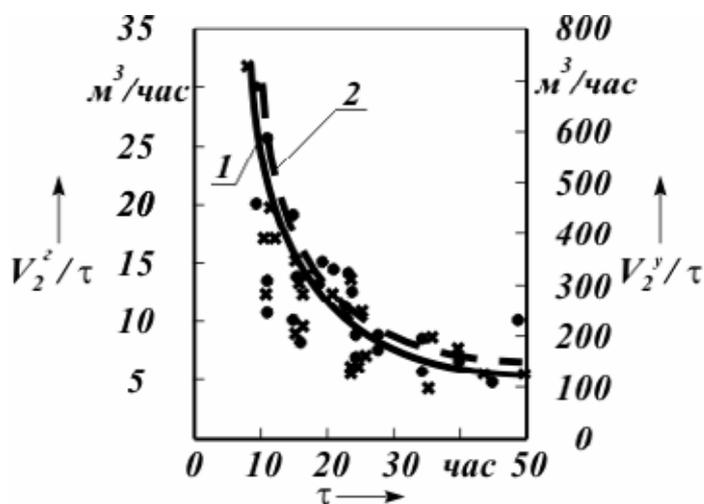


Рис. 6 – Изменение скорости разрушения угля и скорости газовыделения

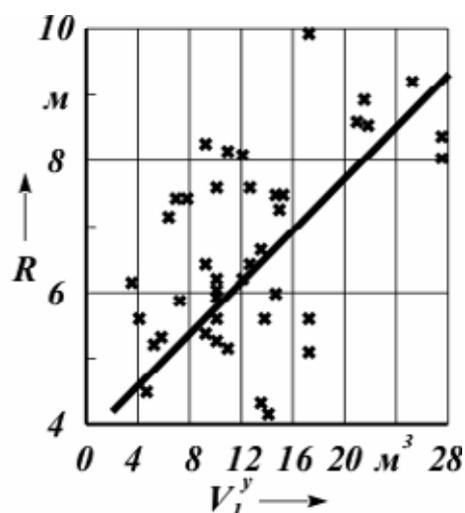


Рис. 7 – Зависимость радиуса эффективного воздействия от объема извлеченного из скважины угля

Расчетные значения радиуса эффективного воздействия подтверждены данными, полученными в натуральных условиях. Этот показатель связан прямой зависимостью с объемом извлеченного из скважины угля: $R = 0,2V_i^y + 3,56$, м.

Радиус эффективного воздействия в условиях гидродинамической обработ-

ки угля перед вскрытием газоносных выбросоопасных пластов составлял от 4,2 до 10,6 м.

Расчеты показали, что объем извлеченного из скважины угля в подавляющем большинстве случаев составляет от 4 до 11% от объема всего диспергированного угля. Лишь в двух случаях из шестидесяти извлечение угля превышало 17%. Оба случая относятся к воздействию на пласт l_3 – «Мазурка», который отличается высокой природной газоносностью ($27 \text{ м}^3/\text{т}$), низкой крепостью угля (0,9 по шкале проф. Протодьяконова), наличием перемятых пачек угля и достаточно высоким пластовым давлением газа (до 3 МПа). Кроме того, в этих случаях имела место большая по сравнению с другими площадь приложения нагрузок (мощность пласта 3 м).

Невысокий процент извлечения угля и равномерное размещение дезинтегрированного угля в объеме, занимаемом ранее неразрушенным углем, делают невозможным образование полостей внутри угольного массива. Выход угля из скважины при отсутствии технических неполадок в течение гидродинамического воздействия составляет от 6 до 11% и в среднем равен 8,5%. Пористость разрушенного угля составляет около 40%. Расчеты показали, что пористость дезинтегрированного угля оставшегося в массиве изменяется от 16 до 24%. Отсюда следует вывод, что часть разрушенного угля извлекается из массива, а оставшийся уголь под воздействием горного давления и процессов кольматации становится непроницаемым.

Этот факт был подтвержден при многочисленных вскрытиях выбросоопасных пластов, подвергнутых предварительной гидродинамической обработке: полости в массиве отсутствовали, уголь вблизи скважины представлял собой спрессованную непроницаемую массу.