

РОЗРОБКА РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

УДК 622.24.053.6-752:622.831.322

© Гаврилов В.И., Криворучко Е.Н., Волков В.М., 2010

В.И. Гаврилов, Е.Н. Криворучко, В.М. Волков

УПРАВЛЕНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННЫМ СОСТОЯНИЕМ ПРИЗАБОЙНОЙ ЧАСТИ КРУТОГО ВЫБРОСОПАСНОГО ПЛАСТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИБРАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

V.I. Gavrilov, Ye.N. Krivoruchko, V.M. Volkov

CONTROL OF STRESS-STRAIN OF THE BOTTOMHOLE ZONE OF STEEP OUTBURST-PRONE FORMATION USING VIBRATION IMPACT

Обоснованы технологические параметры способа вибрационной обработки призабойной части крутого выбросоопасного угольного пласта щитовой лавы через ниспадающие шпуры; установлен характер изменения напряженно-деформированного состояния угольного массива до и после действия волновых эффектов; эффективность воздействия оценивалась комплексным методом, включающим начальную скорость газовыделения, сопротивляемость пласта резанию и электрометрическое зондирование массива.

Ключевые слова: *призабойная часть, технологические параметры, вибраторы, способ управления*

Способы управления свойствами и состоянием призабойной части угольных пластов можно разделить на две основные группы: непосредственного и косвенного воздействия на массив. К первой группе относятся способы, связанные с разгрузкой массива в зоне опорного давления впереди очистного забоя. Разгрузка происходит в результате: бурения скважин впереди очистного забоя; применения опережающей разгрузочной щели впереди выемочного органа комбайна для перемещения опорного давления на заданное расстояние; закачки воздуха, воды и растворов в пласт с различными режимами воздействия; производства микробиологического, акустического воздействий и внутрипластовых взрывов; придания забою рациональной формы и других.

Механизм влияния способов этой группы достаточно изучен [1]. Применение способов первой группы в условиях отработки пластов, сложенных мягкими сыпучими углями, технически трудно осуществимо и может привести к возникновению обрушений (высыпаний). Это обусловило перевод таких забоев на особый режим отработки, ограничивающий суточное подвигание забоя одной полосой угля, что значительно снижает производительность труда шахтеров.

Ко второй группе относятся способы воздействия на призабойную часть угольного пласта опосредованно, через боковые породы, с помощью опережающей отработки защитных пластов, виброобработки массива

горных пород и силового воздействия на него механизированными крепями различного типа.

Наиболее эффективным и рациональным способом разгрузки массива является опережающая в пространстве и времени выемка защитного пласта, залегающего в породах кровли или почвы защищаемого пласта на расстояниях, обеспечивающих разгрузку от напряжений, снижение газового давления до безопасного уровня и дегазацию пласта. Однако, в последние годы наметилась тенденция снижения объемов полной, эффективной защиты опасных пластов горными работами из-за уменьшения радиуса ее действия с глубиной [2]. Таким образом, назрела крайняя необходимость в разработке эффективных способов и средств управления горным давлением на глубинах порядка 1200–100 м.

Исследованиями ИГД им. А.А. Скочинского и МакНИИ установлено изменение состояния и свойств угольного массива при регулировании величины рабочего сопротивления крепи. Воздействие на краевую часть угольного пласта достигается снижением сопротивления крепи, оснащенной системой регулирования СДС-1, до предела, при котором рост скорости газовыделения из угольного массива при поинтервальных измерениях сменяется ее падением не менее чем на 15%.

В работах ИГТМ НАН Украины и ВНИМИ показано, что периодическая разгрузка-распор секций ме-

ханизированной крепи ликвидирует задержку отжима призабойной части пластов горным давлением, зависание пород кровли очистных забоев и способствует обрушению кровли вслед за перемещением секции крепи в результате образования трещин и заколов в зависшей консоли непосредственной кровли. Установлено, что концентрация напряжений в зоне опорного давления и величина зоны отжима угля зависят от величины распора крепи и времени воздействия на вмещающие породы. Вместе с тем, применение этого способа управления состоянием угольного массива в различных горно-геологических условиях отработки крутых пластов щитовыми агрегатами сдерживается отсутствием научного обоснования влияния циклических воздействий на процесс деформирования и разрушения угля, неразработанностью научно-технических принципов определения рациональных параметров воздействия на вмещающие породы для повышения безопасности и эффективности очистных работ.

Таким образом, большинство существующих способов управления свойствами и состоянием призабойной части крутого выбросоопасного пласта носят пассивный характер и осуществляются посредством применяемой технологии отработки пластов.

В последние годы в этом направлении проделана большая работа, заключающаяся в разработке нетрадиционных способов управления разрушением призабойной части угольного пласта механическим сотрясанием массива. Исследованиями установлено, что задержки сближения боковых пород могут быть устранены с помощью вибрационных машин, гидравлических вибраторов, ручных вибраторов механического действия или ультразвуковыми установками [3]. Упругие волны в диапазоне частот 0–500 Гц вызывают потерю устойчивости пласта в зоне отжима и изменяют свойства горных пород. Экспериментально в лабораторных условиях установлено, что колебания различной интенсивности и частоты приводят к усилению выхода газа из образцов угля. Так, в ненарушенном образце при периодической нагрузке с любой амплитудой воздействия в изолированной системе метан-уголь давление газа остается постоянным или уменьшается вследствие сорбции метана на вновь образованной поверхности. В нарушенном же образце повторное нагружение после разгрузки приводит к резкому увеличению давления газа. Работой [4] выявлено, что нарушенные породы и угли в условиях предельно напряженного состояния чувствительны к любым (ударным, вибрационным, циклическим нагрузкам, увлажнению и др.) даже весьма слабым дополнительным воздействиям. Дополнительные воздействия ведут к снижению остаточной прочности нарушенных пород, при этом их эффективность тем выше, чем ниже уровень боковых давлений.

Цель данной статьи состоит в оценке эффективности управления напряженно-деформированным состоянием призабойной части крутого выбросоопасного пласта при действии волновых эффектов.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- обосновать технологические параметры способа обработки призабойной части крутого выбросоопасного пласта;

- установить характер изменения напряженно-деформированного состояния угольного массива в результате действия волновых эффектов.

Для повышения безопасности ведения горных работ, в условиях выбросоопасных пластов за счет удаления газа из призабойной части и перемещения вглубь массива максимума зоны опорного давления, предложен способ вибрационной обработки угольного пласта. Сущность способа заключается в следующем. В угольном пласте безбуровым способом образуются шпур по технологии, приведенной в [6]. В шпур устанавливается излучатель, а на верхнюю часть инжектора – генератор виброимпульсных колебаний. Затем генератор подключается к общешахтной сети сжатого воздуха и производится обработка массива.

В качестве генератора используется пневматический вибратор типа ПВП со стабильной амплитудой виброперемещения 0,01 мм при давлении сжатого воздуха 0,3 МПа.

Многочисленными исследованиями установлено, что деформирование угольного пласта в процессе его отработки щитовым агрегатом имеет по длине очистного забоя зональный характер. Наибольшему влиянию горного давления подвержен угольный пласт со стороны углеспускной печи. В направлении кутка сопряжения лавы с вентиляционной печью отжим угля уменьшается, а концентрация напряжений увеличивается. Такой участок является потенциально опасным по различным газодинамическим проявлениям горного давления. Размеры его достигают иногда половины длины щитовой лавы (20–25 м). На основании изложенного, шпур для последующей вибрационной обработки следует располагать на участке длиной 20–25 м от сопряжения очистного забоя с вентиляционной печью.

В основу научного обоснования глубины заложения шпуров положены работы по изучению характера распределения газа вблизи очистного забоя. В угольном пласте установлена газопроницаемая и газонепроницаемая зоны влияния разгрузки, и неразгруженная зона. Наиболее целесообразно выбирать такую длину шпуров, чтобы вибронаконечник находился в газопроницаемой зоне. В результате многочисленных натурных измерений начальной скорости газовыделения установлено, что величина газопроницаемой зоны составляет $(1,3-1,5)l_0$ (l_0 – длина зоны разгрузки). Таким образом, для условий щитовой отработки пластов вышеприведенным соображениям удовлетворяют шпур длиной до 2-х метров.

Для определения количества шпуров и времени обработки массива были проведены шахтные исследования по установлению радиуса эффективного влияния источника вибрационно-волнового воздействия. Схема эксперимента приведена на рис. 1.

Таблица

Результаты виброобработки призабойной части пласта k_7 – Александровский

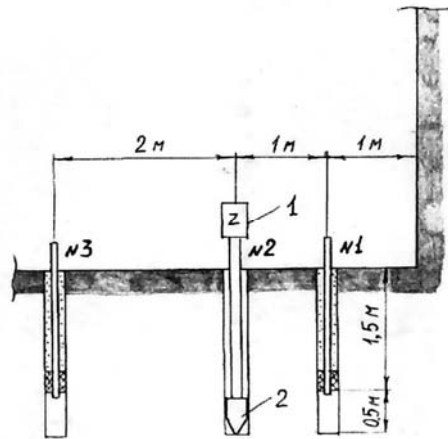


Рис. 1. Схема определения радиуса эффективного влияния вибровоздействия: 1 – вибратор ПВП; 2 – вибронаконечник

Шпуры готовили безбуровым способом по наиболее мягкой пачке согласно разработанной методике. Шпур №1 располагали на расстоянии 1 м от сопряжения очистного забоя с вентиляционной печью, шпур №2 – на расстоянии 2 м, а шпур №3 – на расстоянии 4 м. Сразу после герметизации шпуров, а затем, через каждые 10 мин контролировали скорость газовыделения в измерительную камеру с помощью прибора ПГ-2М. После относительной стабилизации газовыделения в шпуре №1 включали виброисточник. Критерием эффективности воздействия упругими волнами считали увеличение скорости газовыделения в контрольные шпуры на 10% и более. Результаты исследований приведены в таблице.

Анализ статистических данных по десяти шахтопластам Центрального района Донбасса, на которых было выполнено около 30 определений радиуса эффективного влияния, показывает, что на крутых выбросоопасных пластах он не превышает 2-х метров при продолжительности обработки массива свыше 3-х часов. Таким образом, если первый шпур расположить на расстоянии 0,5 м от сопряжения очистного забоя с вентиляционной печью, то на участке протяженностью 25 м, при расстоянии между шпурами равным двум эффективным радиусам, необходимое количество шпуров не превысит 7.

По разработанной технологии была произведена обработка кутковой части крутого выбросоопасного угольного пласта k_7 – Александровский ш/у „Александровское“ ПО „Орджоникидзеуголь“ в течение 3-х часов.

Изменение напряженно-деформированного состояния призабойной части пласта до и после вибровоздействия оценивалось по начальной скорости газовыделения, сопротивляемости угля резанию и величине зоны предельного равновесия пласта.

Протяженность зоны предельного равновесия определяли в точке, расположенной на расстоянии 3 м от сопряжения очистного забоя с вентиляционной печью при помощи подземных электрических зондирований.

Продолжительность обработки массива, мин	Расстояние от рабочего шпура до контрольного, м		Концентрация метана на исходящей струе, %
	Динамика начальной скорости газовыделения, л/мин		
	Шпур №1	Шпур №3	
	1,0	2,0	
10	0,46	0,23	0,1
20	0,46	сл.	
30	0,23	сл.	
40	0,46	сл.	
50	0,61	сл.	
60	1,33	0,23	
70	1,42	0,23	
80	1,42	сл.	
90	1,50	сл.	
100	1,33	сл.	
110	1,28	0,23	
120	1,22	0,23	
130	0,95	0,23	
140	0,95	0,23	
150	0,76	0,23	
160	0,61	0,23	
170	0,61	0,46	
180	0,61	0,46	
190	0,61	0,46	

На рис. 2 показана динамика изменения начальной скорости газовыделения из пласта до и после воздействия. До воздействия максимальная скорость газовыделения составляла 1,15 л/мин, а ее максимум находился на расстоянии 1,7 м от кромки забоя (график 1). После обработки максимум начальной скорости газовыделения сместился на глубину 3 м, а скорость увеличилась до 1,65 л/мин (график 2).

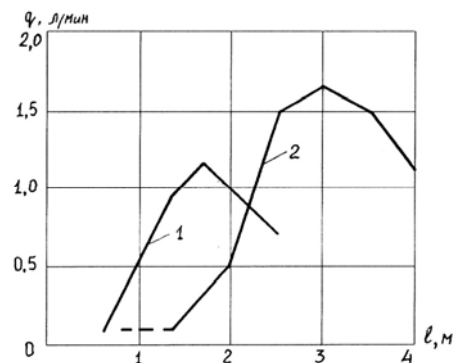


Рис. 2. Изменение начальной скорости газовыделения по глубине массива: 1 – до вибровоздействия; 2 – после вибровоздействия

Вибрационное воздействие привело к изменению состояния призабойной части пласта.

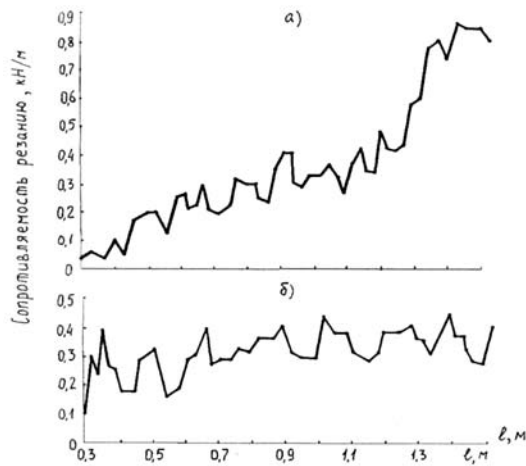


Рис. 3. Изменение сопротивляемости угля резанию по глубине: а – до вибровоздействия; б – после вибровоздействия

На рис. 3 приведены два графика, характеризующих сопротивляемость угля резанию в необработанной и обработанной зонах.

Совместный анализ рис. 2 и 3 позволяет предположить, что в результате воздействия по вновь образовавшимся трещинам и каналам происходит интенсивное газовыделение, превышающее первоначальное значение в 1,4 раза. При этом начальная скорость газовыделения до глубины 1,7 м снижается в 2,0–2,5 раза.

В результате роста старых трещин и образования новых, под действием вибрации проницаемость приконтурной части угольного пласта резко возрастает, из нее быстро удаляется газ и происходит перераспределение напряжений с перемещением максимума опорного давления вглубь выбросоопасного пласта. Динамика этого процесса отчетливо прослеживается на рис. 4.

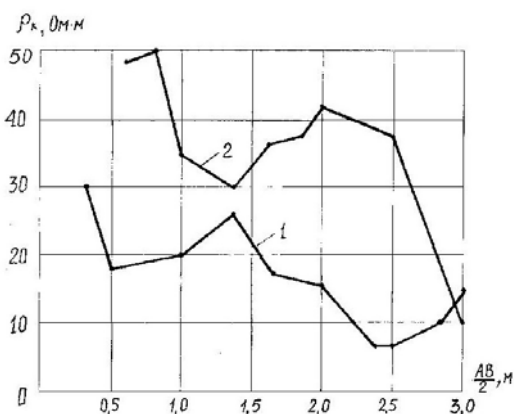


Рис. 4. Изменение электросопротивления по глубине угольного пласта: 1 – до вибровоздействия; 2 – после вибровоздействия

До начала воздействия угольный массив со стороны сопряжения вентиляционной печи с лавой (график 1) характеризовался следующими параметрами: зона отжима имела протяженность до 0,5 м в глубину пла-

ста, а максимум опорного давления находился на расстоянии до 2,5 м от кромки пласта. После виброобработки первый минимум распределения электросопротивления ψ (график 2), характеризующий величину зоны отжима, сместился вглубь массива на расстояние 0,9 м от первоначальной границы и зона стала равной 1,4 м. Второй минимум ψ (зона опорного давления) переместился на расстояние 0,5 м. По изменению кажущегося электрического сопротивления до и после вибровоздействия можно утверждать, что виброобработка массива приводит к снижению уровня действующих напряжений в 2,5–3,0 раза и увеличению разгруженной зоны в 1,5–2,0 раза.

Подводя итог проведенным исследованиям, следует констатировать: вибрационное воздействие на выбросоопасный угольный массив может быть использовано в качестве эффективного мероприятия по снятию ограничения нагрузки на очистной забой по газовому фактору.

Список литературы

1. Правила ведения горных работ на пластах склонных к газодинамическим явлениям [Текст]: СОУ 10.1.00174088.011-2005: утв. Минуглепромом Украины 30.12.2005 Пр.№145: введ. 30.12.2005. – К.: МУП Украины, 2005. – 225 с.
2. Мельничук Ю.Е. Состояние и перспективы разработки тонких крутых пластов Донбасса [Текст] / Ю.Е. Мельничук // Уголь Украины. – 1990. – №3. – С. 2–7.
3. Потураев В.Н. Использование вибрационных и волновых эффектов при разработке выбросоопасных пластов [Текст] / В.Н. Потураев, С.П. Минеев. – К.: Наук. думка, 1992. – 200 с.
4. Булат А.Ф. Научные основы активного управления геомеханическими процессами при механизированной выемке тонких крутых пластов [Текст]: дисс... докт. техн. наук: 05.15.11, 05.15.02; утв. 02.03.90 / А.Ф. Булат. – Днепропетровск, 1989. – 540 с.
5. Томалак С.М. Предотвращение динамических явлений на мощных удароопасных буроугольных пластах в комплексно-механизированных очистных забоях [Текст] / С.М. Томалак, А.П. Линецкий // Тр. ВНИМИ. – 1989. – С.124–134.
6. Гаврилов В.И. Перспективное направление образования ниспадающих шпуров из забоя щитовой лавы с использованием вибрации [Текст] / В.И. Гаврилов, Г.С. Занин // Сб. науч. тр. НГА Украины. – 1998. – №3, – т. 3. – С. 146–149.

Обґрунтовано технологічні параметри способу вібраційної обробки привибійної частини крутого викиднебезпечного вугільного пласта щитової лави через спадаючі шпури; встановлено характер зміни напружено-деформованого стану вугільного масиву до і після дії хвилових ефектів; ефективність впливу оцінювалася комплексним методом, що включає початкову швидкість газовиділення, опірність пласта різанню та електрометричне зондування масиву.

Ключові слова: привибійна частина, технологічні параметри, вібратори, спосіб керування

It has been substantiated the technological parameters of the method of vibratory processing of coal-face of steep outburst-prone layer of lava sheet. The character of the change in the stress-strain state of coal massif before and after the influence of wave has been found out. The efficiency of influence has been estimated by the complex method that includes initial speed of gas,

resistance of a seam to cutting and electrometric sounding of a massif.

Keywords: *face zone, technological parameters, vibrators, control mode*

Рекомендовано до публікації д.т.н. С.П. Мінесвим 22.06.10

УДК 622.273

© Денисов С.Л., Мамайкин А.Р., Яворский А.В., 2010

С.Л. Денисов, А.Р. Мамайкин, А.В. Яворский

ОСОБЕННОСТИ ОТРАБОТКИ МАЛОМОЩНЫХ ПЛАСТОВ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОГО ДОНБАССА

S.L. Denisov, A.R. Mamaykin, A.V. Yavorskiy

FEATURES OF RATHER THIN COAL SEAMS MINING IN THE ENVIRONMENT OF THE WESTERN DONBASS

Работа большинства очистных забоев в Западном Донбассе связана с вынужденной присечкой боковых пород, что негативно сказывается на качестве добываемого угля. Из-за значительной эксплуатационной зольности шахты отказываются от отработки ранее вскрытых весьма тонких пластов, которые числятся как балансовые запасы, что приводит к уменьшению срока службы предприятия. Для отработки весьма тонких пластов предлагается раздельная выемка угля, как наиболее реальная технология, не требующая существенного переоснащения забоев. Для подтверждения ее эффективности в статье приведены данные экономических расчетов.

Ключевые слова: *запасы, очистной забой, зольность, раздельная выемка*

По оценкам различных авторов запасы угля в недрах Украины составляют порядка 6 млрд т, из них 3,1 млрд т сосредоточены в запасах действующих горизонтов шахт [1]. При этом более 60% запасов находится в пластах мощностью до 1 м, а для шахт ОАО „Павлоградуголь“ этот показатель еще выше и составляет 88%. Распределение запасов по мощности до 1 м, выполненное на основании [2] для шахт Западного Донбасса, приведено на рис. 1.

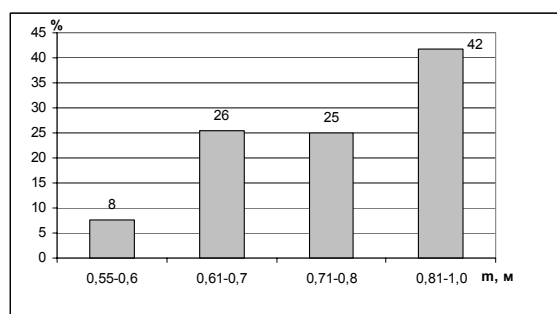


Рис. 1. Распределение запасов угля в пластах мощностью до 1 м на шахтах Западного Донбасса

При существующей добыче угля на уровне 80–85 млн т/год Украине хватит собственных запасов угля на 200 лет [3].

В настоящее время разрабатывается только 20% пластов мощностью до 1 м [1]. Это объясняется в 2 раза меньшим количеством промышленных запасов, чем в более мощных пластах, и отсутствием высокопроизводительного оборудования для их отра-

ботки. Следовательно, при прежних объемах добычи угля из пластов до 1 м срок отработки запасов сократится до 40 лет, а при отработке запасов на действующих горизонтах шахт – до 20 лет [4].

В результате первоочередной отработки продуктивных пластов (более 1 м) значительная часть запасов более тонких пластов на шахтах ОАО „Павлоградуголь“ оказалась подработанной. В условиях сближенных пластов такой подход равносильен списанию запасов в маломощных пластах вследствие разрушения пород междупластья и невозможности вовлечения в отработку подработанных запасов.

Так, на шахтах „Степная“ и „Юбилейная“, разрабатывающих два маломощных пласта c_6^1 ($m = 0,6–0,63$ м) и c_6 ($m = 0,8–0,97$ м), было принято решение отказаться от отработки верхнего пласта c_6^1 с целью снижения зольности добываемого угля, что повлекло за собой потерю уже подготовленных запасов в количестве более 1 млн т и 0,5 млн т соответственно, и вскрываемых запасов в будущем около 15 млн т и более 6 млн т по рассматриваемым шахтам.

Один из основных критериев, предъявляемый к очистным забоям – высота свободного прохода для людей. Правилами безопасности эта величина ограничивается и должна быть не менее 0,5 м. В соответствии с этим требованием, как показывает опыт работы горных предприятий, выемка маломощных пластов без присечки вмещающих пород возможна с использованием следующего оборудования для таких мощностей:

более 0,95 м – высокопроизводительные комплексы нового технического уровня;