

## ТЕХНОЛОГИЯ СПОНТАННОГО ВЫНОСА УГЛЯ ИЗ ПЛАСТА (ТСД «ТРИАН»)

М.М.Андреев

Академия технологических наук Украины

*Розроблений науково-технічний проект, технологія якого передбачає виніс вугілля із шару здійснювати силами внутрішній енергії напруженого масиву. Реалізація проекту суттєво підвищує продуктивність та безпеку праці, знижує собівартість продукції, енерговитрати, зольність вугілля, дає можливість розробки вугільних шарів некондиційних по зольності та товщини і в місцях їх геологічних порушень.*

### **Угольные проблемы Донбасса**

Основной энергетический потенциал Украины сосредоточен в угольных пластах Донбасса. Интенсивная эксплуатация месторождения в течение 1,5 веков привела к значительному росту глубины их отработки. Более 20 шахт перешагнули километровой рубеж.

Смещение акцентов добычи угля на восточные районы (Кузбасс, Караганда) резко снизило темпы развития, реконструкции и модернизации шахтного фонда Донбасса (70-80гг). При обретении Украиной независимости её угольная промышленность оказалась в состоянии глубокого кризиса. Альтернативы энергетическому потенциалу угля в Украине нет, как и нет средств на преодоление возникшего кризиса. Ситуация оказалась тупиковой. Шахты-«флагманы» угольной промышленности, добывающие более 2 млн. т/год, дорабатывают пласты мощностью свыше 1,5м и не в состоянии изменить общую кризисную ситуацию, а только несколько растянуть её во времени. В среде экономических обозревателей вновь муссируется вопрос о целесообразности добычи угля в Донбассе.

В плане освоения угольных бассейнов сложилась ситуация, при которой увеличение глубины отработки сопровождается ростом геостатического давления, диапазоном форм и интенсивности газодинамических проявлений угленосного массива. Совокупность усложняющих условия труда факторов приводит к повышению затрат на нейтрализацию возрастающих опасностей и вредностей, росту профессиональных заболеваний и травматизма. При широко распространенной системе разработки длинными забоями (*long-wall system*) метровая и меньше мощность разрабатываемого пласта на порядок увеличивает влияние совокупности отрицательных факторов в условиях

глубоких шахт. Поэтому традиционные методы совершенствования технологии обработки угольных пластов для условий Донбасса нельзя признать перспективными, а их применение – как временную меру по сдерживанию темпов развивающегося кризиса.

### **Научные проблемы**

Комплекс проблемных вопросов, связанных с технологией добычи угля, оказался в стадии гипотетических представлений, которые не позволили разработать надежные методы прогноза и управления метаноносными свойствами угля, метанообильностью выемочных участков и шахт, газодинамическими проявлениями угленосного массива, аномальными проявлениями горного давления. Технологические способы добычи угля оказались неизменными на протяжении всей истории подземной разработки, если не считать применение более мощных выемочных и транспортных машин и увеличение геометрических параметров систем разработки. В третьем тысячелетии такая технологическая архаичность вызвала кризис угольной промышленности в целом ряде угледобывающих стран, резко сокративших объём добычи угля (Франция, Англия, Германия, Бельгия, Япония, Россия). Для Украины этот вопрос имеет еще более актуальное значение, так как основной её энергетический потенциал зиждется именно на значительных запасах угля.

Для снижения затрат на добычу угля в мировой практике определилась тенденция высокой концентрации горных работ за счет обработки угольных пластов мощностью более 1,5 м и значительного увеличения нагрузок на лавы, оснащенных мощными гидрофицированными выемочными комплексами. Для шахт Донбасса это направление развития отрасли нельзя признать определяющим, ввиду того, что основные запасы угля заключены в угольных пластах мощностью 1 м и менее в условиях возрастающей глубины их залегания при нерешенных основных проблемных вопросах газовой динамики массива.

Угольные шахты Донбасса являются одними из наиболее глубоких шахт мира. Энергия напряженного массива возрастает пропорционально глубине залегания угольных пластов. Природа в отдельных случаях сочетания технологических параметров системы разработки и геологических условий подсказывает о величине энергетического потенциала разгружаемого угленосного массива в виде выбросов из пластообразования горючей массы. Первые внезапные выбросы угля и газа поставили перед учёными задачу использования высвобождаемой из массива энергии для добычи угля.

Более полутора веков прошло с момента первого в мире выброса угля и газа (шахта "Исаак", Франция) и около ста лет - в Донбассе (1906г). Наиболее интенсивный спонтанный вынос угольной массы из пласта

произошел в Донбассе на шахте им. Гагарина в 1969 году, который составил более 14 тыс. тонн [1,2].

Диалектически сложившуюся ситуацию можно трактовать следующим образом. Подземная разработка угольных месторождений характеризуется внедрением в напряженный геостатическим давлением массив. Разгрузка массива вмещающих пород от геостатического давления, обусловленная выемкой угольного пласта, сопровождается высвобождением энергии напряжения объёмного сжатия, которая пропорциональна глубине ведения горных работ. Эта энергия расходуется на инициирование, развитие и протекание различных форм газодинамических процессов: разрушение (формирование техногенной трещиноватости массива) и последующее обрушение (вывалы отдельных кусков) пород кровли; структурно-фазовых превращения макромолекулы угля с выделением из горючей массы молекул воды, углекислого газа и/или метана; формирование зон опорного давления и, связанного с ним, зон аномально повышенных напряжений массива; выдавливание («внезапные» прорывы) в рабочее (выработанное) пространство боковых пород; внезапные выбросы угля (породы) и газа; горные удары; спонтанное воспламенение метановоздушной смеси. Направления реализации энергетического потенциала угленосного массива с увеличением глубины ведения горных работ требовали возрастающего противодействия для нейтрализации его опасных проявлений. Если проигнорировать основную цель увеличения глубины ведения горных работ, то этот процесс можно рассмотреть как проникновение в область высоких энергий напряженного массива, задачей которого является использование этого альтернативного энергетического потенциала [1,2].

Идея использования внутренней энергии угленосного массива для добычи угля возникла практически с первого внезапного выброса угля, который произошел более 1,5 веков назад. В конце прошлого века были предложены технологии добычи угля с использованием энергии массива. Получены патенты на добычу угля по этой технологии бурением скважин с поверхности (США) и из подземных выработок (Украина, ИГТМ) с последующим нагнетанием в них воды под давлением. Методы прошли опытную проверку, показали их очень низкую эффективность, высокую трудоёмкость и в настоящее время не применяются.

### **Состояние вопроса**

Выемка угля сопровождается выделением энергии из разгружаемого массива вмещающихся пород, обусловленной его напряженным состоянием, которая пропорциональна глубине отработки пласта. Расчёты показывают, что выемка  $1\text{ м}^2$  пласта мощностью  $1\text{ м}$  на глубине  $1\text{ км}$  высвобождает энергию около  $25\text{ кВт}\cdot\text{ч}$ . При нагрузке на лаву  $500\text{ т/сут}$  выделяется из массива более  $8000\text{ кВт}\cdot\text{ч}$  - величина, соизмеримая с

суточным расходом электроэнергии на высокомеханизированном участке. Для рассматриваемого примера в 1 т угля потенциальная энергия напряженного состояния составляет более 4 кВт-ч, то есть в угле массой 500т внутренняя энергия превышает 2000 кВт-ч, которая в 1,5 раза превышает энергию, затрачиваемую на километровое перемещение этой массы. И чем больше полезная мощность разрабатываемого пласта и глубина его залегания, тем большее количество высвобождаемой энергии. И в этом отношении шахты Украинского Донбасса оказались в наиболее благоприятном состоянии для использования этой энергии.

В результате многолетних экспериментально-теоретических исследований разработана физико-химическая модель газодинамических проявлений угленосного массива (ФХГП), которая представила их полную совокупность в один гомологический ряд как функцию геологических и горнотехнических условий ведения горных работ. Единство природы всех форм газодинамических проявлений угленосного массива при ведении горных работ (обычные, суфлярные и экстраординарные выделения метана и углекислого газа; внезапные выбросы угля, породы и газа различных форм и интенсивности; горные удары; аномальные проявления горного давления, прорывы (выдавливания) боковых пород в рабочее пространство выработок; спонтанные воспламенения метановоздушной смеси в рудничной атмосфере) позволило обосновать модель условий их формирования и интенсивности проявления в зависимости от геологических и технологических параметров принятой системы отработки пластов. Модель разработана на основе теории физики твёрдого тела о структурно-фазовых переходах за счёт свободной энергии, гипотезах о макромолекулярном строении угольного вещества, дополненной элементом активного комплекса, и о "промышленной" метаморфизации угля. Она описывает кинетику структурно-фазовых переходов на всех этапах метаморфизма угля (доинверсионном, постинверсионном и "промышленном"), комплексные и системные изменения его свойств (парамагнитных, электропроводных, сорбционных, ионообменных и газоносных) исходя из структуры угольного вещества и термодинамических параметров его состояния. Установлены аналитические зависимости условий формирования и развития свода разгрузки угленосного массива в окрестности выработанного пространства и САСТ. Определены закономерности изменения степени метаморфизма угля от геодезической и стратиграфической глубин залегания угольного пласта (X-A закон). Предложен метод определения геометрических параметров зоны опорного давления, модель формирования петли гистерезиса давления на призабойном участке разрабатываемого пласта [2-5].

Надёжный прогноз реальных проявлений физико-химических свойств угленосного массива с количественной стороны, качественно

описываемых единой моделью, позволил определить основные параметры технологии добычи угля с использованием высвобождающейся энергии разгружаемого от геостатического давления пласта [6-8].

### **Научно-технический проект «ТСВ-ТРИАН»**

Целью разработанного проекта, который представлен Донецким региональным отделением АТНУ и зарегистрирован в «Программе научно-технического развития Донецкой области на период до 2020 года» под №440, является добыча угля с использованием внутренней энергии массива под действием сил горного давления [9]. При этом обеспечивается спонтанный вынос угля из пластообразования в подготовительную выработку.

Область применения технологии ограничена глубиной залегания пласта (*не менее 450 м*) и диапазоном массового выхода летучих веществ из угля (*от 3,6 до 36%*) при отсутствии отработанных пластов, удалённых на расстоянии от разрабатываемого менее  $h = 70m_e \cos\theta$ , где  $m_e$  - вынимаемая мощность отработанного пласта, м;  $\theta$  - параметр, равный половине угла падения пласта  $\alpha$  для подрабатываемого массива и  $(117+0,2\alpha)$  - для надрабатываемого, град.

Технология спонтанного выноса угля из пласта (ТСВ) позволяет исключить применение угледобывающих машин и гидрофицированных комплексов крепи призабойного пространства, за счёт чего существенно сокращаются затраты энергии на отторжение и вынос угля из пласта, снижается расход материалов, исключается применение людского труда в очистных выработках. ТСВ позволяет отрабатывать угольные пласты некондиционные по мощности и зольности, обеспечивая выход практически *беззольной горючей массы*.

ТСВ предусматривает применение стандартного оборудования, которое включает: высоконапорный насос, обеспечивающий давление не менее  $0,5Z$  (атм.), где  $Z$  - глубина ведения горных работ, м; буровое оборудование, углепогрузочные машины.

Рассмотрим пример использования технологии в наиболее типичных условиях для шахт Донбасса.

**Подготовительные работы.** Подготовка выемочного участка осуществляется двумя выработками по столбовой схеме обратным ходом. Выработки сбиваются между собой через каждые 500 м.

Проведение пластовых подготовительных выработок осуществляется широким ходом с оставлением отторгнутой породы в раскосах. Выемка угля в подготовительных выработках производится отдельно с применением ТСВ. Для шахт крутого падения расстояние между подготовительными выработками составляет 120 м (в среднем). Сечение подготовительных выработок составляет: в свету—16,5 м<sup>2</sup>, вчерне — 20 м<sup>2</sup>. При выемке угольного пласта мощностью 1 м общая

протяженность угольного забоя составит 36 м, а ширина раскоски – 30 м: 20 м–вниз по падению и 10 м–вверх. Проходческий цикл имеет недельную продолжительность. Сутки затрачиваются на выемку и уборку угля, а пять дней на выемку и уборку породы с темпами продвижения породного забоя при двух обнаженных плоскостях - 10м/сут.

**Очистные работы.** Продолжительность цикла очистной выемки составляет неделю. Два дня затрачивается на осуществление ТСВ, а четыре дня – на погрузку отторгнутого от массива угля в транспортные средства для доставки его на поверхность. За цикл выемки угольной забой очистной выработки продвигается на 45м. Для пласта мощностью 1м объём добычи за один цикл составит 6000 т/нед. При выносе угля из пластообразования будет засыпано около 400м подготовительной выработки.

Очистной цикл выемки начинается с бурения скважин проектных параметров. После герметизации устьев скважин к ним подводят систему их заполнения жидкостью. Пространство подготовительной выработки, которое будет засыпано выброшенным из пласта углем, ограждается шпренгельными перемычками. Через перемычки пропускают трубопровод, который подключают к дегазационной системе. Из заперемыченного пространства выработки всё оборудование выдаётся и отключается электроэнергия.

Нагнетание жидкости в скважины осуществляется дистанционно с расстояния не менее 600 метров от шпренгельной перемычки со стороны свежей воздушной струи. В месте управления системой высоконапорного нагнетания жидкости в скважины установлена аппаратура контроля уровня давления в системе.

В момент выноса угля из пластообразования включается система отсоса выделившегося метана в пространство выработки, ограниченное шпренгельными перемычками. После отсоса метана шпренгельные перемычки открывают и в выработку нагнетают свежий воздух вентилятором местного проветривания. Затем диспергированная угольная мелочь смывается водяным потоком в специальный шламоборник, оборудованный шламоотсосами. После восстановления проветривания участка за счёт общешахтной депрессии приступают к уборке угля погрузочными машинами в транспортные средства для их доставки на поверхность. Уборка угля осуществляется с восстановлением нарушенной крепи в подготовительной выработке и выкладкой охранных полос на сопряжении с извлеченным угольным пластом.

На шахте с двумя такими участками при двух находящихся в проведении подготовительных выработках среднесуточная добыча составит 2000 т, что соответствует средней пропускной способности технологического комплекса шахт крутого падения.

ТСВ исключает привлечение к добыче угля рабочих очистного забоя (забойщиков), чем обеспечивается существенное улучшение эргономических параметров рабочих мест. При этом минимальная вынимаемая мощность пласта составляет **10-15 см**.

## **Резюме**

Разработка технологии и проведение опытно-промышленной проверки для её широкого внедрения на угольных шахтах Украины в течение 6-18 месяцев ориентировочно оценивается в \$1,16 – 1,43 млн. (продолжительность выполнения и стоимость проекта определяется конкретными условиями эксперимента). Основные теоретические положения технологии содержат ряд элементов "*know-how*". Наиболее эффективное использование технологии предполагает широкое её внедрение на угольных шахтах Донбасса, и, прежде всего на глубоких шахтах и шахтах его Центрального района, а также на шахтах, намечаемых к закрытию по условиям экономической нецелесообразности дальнейшей отработки.

На выемочном участке комплексно-механизированных лав с суточной добычей 1000т производительность труда составляет около 3 т/вых, а применение ТСВ обеспечивает не менее 20 т/вых.

Производственный травматизм среди рабочих очистного забоя составляет от 20 до 30% от всего количества пострадавших на шахте, а применение ТСВ исключает пребывание шахтеров в рабочей зоне.

Проведение подготовительных выработок с применением ТСВ для выемки угля обеспечивает покрытие всех расходов от попутно добываемого угля из этих выработок. Таким образом исключаются расходы будущих периодов при высоких (более 200м/мес) темпах подвигания забоя в *разгруженной зоне*.

Надёжность предлагаемой технологии оценивается в 95%. Но и при существенно меньшей надёжности предлагаемую технологию следует применить, так как она позволяет приступить к освоению нового альтернативного вида энергии (энергии напряженного массива) для добычи твердых минералов, на порядок повысить производительность труда на выемочном участке и снизить себестоимость добываемого угля при значительном улучшении условий труда, экологических и эргономических параметров рабочих мест.

При положительных результатах эксперимента, затраты на который не превысят 10% от общей сметы расходов, намечаемые расходы окупятся за 3-5 месяцев ведения работ, а при отрицательном - 60% расходов на его проведение будут возвращены в виде оборудования, приобретённого для его проведения.

Технология позволяет перейти на бездотационную добычу угля шахтами, значительно укрепить энергетический потенциал государства,

существенно повысить благосостояние трудящихся и снять с повестки дня острую социальную проблему шахтерских городов и поселков.

## Литература

1. Янукович В.Ф., Амитан В.Н. Донецкий регион: промышленный и интеллектуальный потенциал, технологии и инвестиции/ «Новые технологии – путь в будущее»: Сб. научных трудов и разработок // Институт экономико-правовых исследований НАН Украины. – Вып.2. – Донецк: 000 «Юго-восток, Лтд», 2003. – С.14-28.
2. Андреев М.М. Технологические аспекты радикального повышения эффективности угледобычи/ Уголь Украины.- 1998.- №4. - С.12-13.
3. Андреев М.М. Гомология газодинамических проявлений массива/ "Разработка месторожд. полезн. ископаемых", меж. вед. научн.-техн. сб. – Киев: "Техніка"– 1989. - Вып.83. – С. 40-47.
4. Андреев М.М. Формирование петли гистерезиса давления/ "Разработка месторожд. полезн. ископаемых", меж. вед. научн.-техн. сб. – Киев: "Техніка"– 1989. -Вып.84. – С.14-23.
5. Андреев М.М. Термодинамика угленосного массива /Сб. докладов Международной научн.-техн. конференции «Форум горняков-2003» - НГАУ. – Днепропетровск. – 2003. – С. 31- 41.
6. Андреев М.М. Введение в термодинамику угленосного массива/ Сб. докладов Международной научн.-техн. конференции «Форум горняков-2003» - НГАУ. – Днепропетровск. – 2003. – С.51- 61 .
7. Андреев М.М. Физическая химия угля: эффективные технологии его добычи и использования // «ВСЁ».- 2001.- Вып. №2-3.- С.45-48.
8. Андреев М.М. Геотехнологии третьего тысячелетия/ «Новые технологии – путь в будущее»: Сб. научных трудов и разработок // Институт экономико-правовых исследований НАН Украины. – Вып.2. – Донецк: 000 «Юго-восток, Лтд», 2003. – С.77-81.
9. Программа научно-технического развития Донецкой области на период до 2020 года/ Донецкая областная государственная администрация, Донецкий областной Совет, Национальная Академия наук Украины. – Донецк: «Новый мир». – 2003. – С.50.

Поступила в редакцию 12.01.04