

УДК 622.834: 556.3

**НОВЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССАХ В УГЛЕПОРОДНОМ МАССИВЕ ПРИ
ВЕДЕНИИ ГОРНЫХ РАБОТ НА БОЛЬШИХ ГЛУБИНАХ**

д.т.н. Антипов И.В., к.т.н., Дегтярь Р.В., д.ф.-м.н. Поляков П.И.
(ИФГП НАН Украины)

Викладено подання про фізико-механічні процеси саморуйнування крайової частини углепородного масиву. Розглянуто фізичне моделювання геомеханічних процесів у системах, що самоорганізуються. Представлено динаміку самоупорядкування крайової частини углепородного масиву при впливі зовнішніх і внутрішніх джерел.

**NEW CONCEPTIONS ABOUT GEOMECHANICAL PROCESSES
IN COAL AND ROCK MASSIF UNDER MINING OPERATIONS
AT GREAT DEPTHS**

Antypov I.V., Degtyar R.V., Polyakov P.I.

Conceptions about physical and mechanical processes of coal and rock massif self-destruction are expounded. Physical modeling of geomechanical processes in self-organizing systems is considered. Dynamics of coal and rock massif self-ordering under external and internal influence is presented.

Между массивом угля и горной выработкой идет непрерывное перераспределение напряжений, равенство которых устанавливает механическое, а не термодинамическое равновесие системы. Это обусловлено тем, что природа горных физико-механических процессов не является термодинамической. Термодинамическими параметрами такой системы являются температура и давление, представляющие собой внутренний и внешний источники энергии. При этом структурное состояние вещества в системе определяется взаимодействием внутренней и внешней энергии.

Вмещающие угольный пласт горные породы обладают упругими свойствами. При их деформировании под воздействием современного тектонического поля напряжений некоторая часть энергии накапливается в массиве горных пород в виде энергии упругих деформа-

Прогноз и управление состоянием горного массива

ций. Чаще всего этой энергии недостаточно для того, чтобы вывести систему из динамического равновесия. Однако при разработке угольных месторождений ситуация коренным образом изменяется: вмешательство горных работ приводит к перераспределению напряженно-деформированного состояния массива. Подвигание очистного забоя при выемке угольных пластов вызывает в углепородном массиве перед забоем лавы значительные изменения напряженно-деформированного состояния. Существует несколько факторов, определяющих характер распределения энергии упругих деформаций в массиве горных пород. Среди них целесообразно выделить реологические свойства, обусловленные литологической и гравитационной неоднородностью массива, а также вариациями в распределении напряжений в массиве горных пород. Наиболее значительную роль оказывает степень раздробленности массива тектоническими разрывами и трещинами. Эти изменения приводят к образованию трещин в угольном пласте и вмещающих породах, к разрушению углепородного массива. Динамика сдвижения горных пород, разупрочненных трещинами, аналогична поведению вязкой жидкости. Разрушенная до мелких фракций порода при перемещении под собственным весом на больших глубинах ведет себя как вязкая жидкость [1]. Поэтому при моделировании геомеханических процессов в углепородном массиве на больших глубинах правомерна замена дискретной среды сплошной вязкой моделью.

Создание феноменологических представлений о процессах, протекающих в нелинейных системах открытых для внешних потоков энергии и вещества, является целью многих развивающихся в настоящее время научных направлений, в т.ч. при изучении природы возникновения и механизмов протекания газодинамических явлений в шахтах [2]. В настоящее время независимо развивается несколько различных подходов к построению моделей разрушения. Новые направления в науке, связанные с открытием и описанием неизвестных явлений, опираются, как правило, на существующие гипотезы и представления. Поэтому геодинамические явления в шахтах нельзя рассматривать как уникальное явление, так как в дальнейшем может оказаться частным случаем следующего масштабного уровня действительности.

На современном этапе познания действительности перспективным направлением является синергетический подход в изучении сложных систем [3]. В настоящее время синергетика сформировалась как научное направление в феноменологии критических явлений. Использо-

ние синергетики в представлении горных физико-механических процессов позволит решить сложные задачи, возникающие при разработке угольных месторождений на больших глубинах.

В геомеханике газоносных угольных пластов и горных пород существуют методы феноменологического описания механизма разрушения, в основе которого принято рассматривать процесс саморазрушения углепородного массива через древовидный рост трещин саморазрушения, который происходит согласованно и самоподобно на нескольких масштабных уровнях.

Сложность описания процессов в угольном органическом веществе, представляющем собой "твердый раствор", определяется, с одной стороны, физико-механическими свойствами геоструктуры, площадью и скоростью образования поверхности обнажения; с другой стороны - совместным действием сил горного давления и пластового давления газа, определяющими физико-механическое состояние разупрочненного горного массива [4].

Математическое моделирование процессов массопереноса газа, разрушения газоносного угольного пласта, движения газугольной смеси, и развитие саморазрушения представляют собой сложную задачу. Традиционные подходы с использованием моделей механики сплошной среды приводят к тривиальным решениям данной проблемы. Поэтому научный интерес представляют методы и средства моделирования, которые позволяют осуществлять оценку поведения подсистем в несплошных средах. Таким средством служит введение понятия "фракталы", представленного в работе [4, 5]. Под "фракталом" понимается дискретный аналог физического поля. Состояние каждого фрактала в текущий момент времени определяется механизмом разрушения соседних фракталов в предыдущий момент времени. Наиболее характерными фрактальными объектами являются ветвящиеся трещины в горных породах. Образование фрактальных структур особенно часто наблюдается при разрушении преднапряженных геоструктур. Одним из возможных направлений изучения процесса трещинообразования в горных породах является принятие в качестве количественной меры структурности образующихся трещин их фрактальной размерности. Фрактальная размерность служит наиболее удобной и адекватной количественной мерой трещиноватости массива, необходимой для уточнения расчетных методов выбора поддерживающей крепи. Фрактальные структуры горного массива позволя-

Прогноз и управление состоянием горного массива

ют выявить закономерности, обеспечивающие достоверное описание его свойств. Применение закономерностей фрактального множества впервые позволило давать количественные оценки изучаемых горных физико-механических процессов. Использование представлений о фрактальности или самоподобии, как свойстве природы, дало значимый эффект. Если раньше для каждого типа явлений создавалась обособленная теория, то позднее были замечены физически связанные явления, которые позволили рассматривать механизм изучаемых процессов единым. Процессы, происходящие в фрактале, самоорганизованы на всех масштабных уровнях: мега-, макро-, мезо- и микроуровне. Поэтому, цель исследования заключается в изучении процессов саморазрушения угольного пласта под действием потока перераспределенных напряжений.

Решение задач механики сплошной среды с применением классических физико-математических методов позволяет получать модели с ожидаемым поведением объекта исследования. Нетрадиционные методы физико-математического моделирования могут дать неожиданные эффекты поведения модели. При этом, качественное и ассоциативное моделирование отражает исследуемые аспекты причинности поведения реальных подсистем.

Для решения задач горной геомеханики концептуально возможен аналог активной среды, в котором каждый фрактал структуры избранной физической модели содержит количество состояний, стремящихся к бесконечности. Состояния элементарных фракталов на каждом шаге определяются в два этапа. На первом этапе решается краевая задача теории упругости, на втором - определяется состояние каждого фрактала в последующий момент времени с учетом состояния его соседей в текущий момент времени.

В представлениях о закономерностях протекания геомеханических процессов выделяются следующие группы фракталов: "фракталы массива"; "фракталы полости"; "фракталы выработки". Состояние фрактала каждой группы определяется состоянием среды с характерным давлением газа в рассматриваемой области. Кроме того, состояние фракталов определяется расстоянием до поверхности обнажения. При этом, "фракталы выработки" не меняют своего состояния, а "фракталы массива" не меняют состояние или становятся "фракталом полости".

Процесс разрушения краевой части угольного пласта объясняется взаимодействием двух факторов: характером распределения га-

зового давления в краевой части пласта и его динамикой [6]. При этом поступление газа происходит как из отторгаемого угля, так и с истечением газоугольного потока в выработку. Эти особенности формообразования связаны с закономерностями движения фронта волны разрушения. Процессы разрушения имеют равные возможности для распространения во всех направлениях без учета изменчивости свойств угля. Формирование зоны разгрузки с перераспределением и пониженным давлением газа вблизи забоя обуславливает видоизменение процессов разрушения. Они распространяются с различной скоростью в разных направлениях. В точках массива, где давление меньше пластового, волна перераспределения напряжений разрушения затухает. В точках с более высоким давлением газа разрушение продолжается. Динамика процессов разрушения в отдельных точках может носить как необратимый характер, так и сопровождаться возобновлением разрушения при последующем падении давления в полости фракталов. Падение давления, в свою очередь, вызывается предшествующим затуханием разрушений [7]. Следовательно, наблюдается сложный временной характер интенсивности разрушения.

Таким образом, фракталы обладают рядом возможностей качественного моделирования геомеханических процессов в технологических схемах выемки угля. Поэтому, методология физического моделирования квазистационарных состояний углепородного массива предусматривает использование фракталов как инструмента исследований. Она заключается в обосновании эволюции фрактала, описании его свойств и сравнения с практическими результатами работ в области самоорганизации реального массива горных пород. Рассматриваемый механизм относится к синергетическому моделированию и предназначен для несплошных сред углепородного массива. Он отличается от известных фрактальных алгоритмов тем, что ячейки имеют единое фиксированное число состояний для эволюции каждого фрактала. Фрактальный подход позволяет более детально исследовать, с получением количественных характеристик, пространственную и временную эволюцию процесса квазихрупкого разрушения структурно неоднородных горных пород. Наиболее перспективным подходом к построению моделей разрушения является объединение кинетической постановки задачи с развитием процесса разрушения и фрактальной теории, позволяющей учитывать многоуровневый и разномасштабный характер деформирования и разрушения неоднородных сред.

Прогноз и управление состоянием горного массива

Таким образом, фрактальный подход в механике хрупкого разрушения показывает, что, используя пространственно - дискретизированные схемы, можно решать широкий круг задач практической направленности, так как процессы разрушения массива на больших глубинах определяют выбор рациональной геотехнологии выемки угля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Реэбуа П., М. Де Лемер. Классическая кинетическая теория жидкостей и газов.- М.: Мир. 1980. с. 35-39.
2. Мелькер А.И. Моделирование эксперимента. - Физика. // Новое в жизни, науке, технике. - М.: Знание. №10, 1991, 64 с.
3. Шестопалов А.В. Фрактально-синергетическая модель системы "горный массив - выработка" сильно удаленной от своего механического равновесия. - Сб. ФиПС-01: Фракталы и прикладная синергетика (Тезисы докладов Второго Международного междисциплинарного симпозиума, г.Москва, ИМЕТ РАН, 26-30.11.2001г.) - М.: Изд-во МГУ, 2001. - с.130-132.
4. Шестопалов А.В. Моделирование хрупкого саморазрушения газонасыщенной горной породы методом аналогий // Сб. Задачи рудничной аэрологии при подземной разработке полезных ископаемых. - М.: Ротапринт ИПКОН РАН, 1985, с. 116-134.
5. А.Ф. Булат, В.И. Дырда. Фракталы в геомеханике. К.: Наукова думка, 2005. - 358 с.
6. Христианович С.А. Распределение давления вблизи движущейся свободной поверхности угля. О волне дробления. — Известия АН СССР. ОТН, 1953. №212, 1673 -1689.
7. Саицер Ф. Принципы случайного блуждания. - М.: Мир, 1969, 137 с.