

УДК 622.831.3.02 (075.8)

**С.Ю.ПРИХОДЬКО** (канд. техн. наук, доц.)

Донецкий национальный технический университет, Донецк

**П.И.ПОЛЯКОВ** (д-р физ.-мат. наук, проф.)

Институт физики горных процессов НАНУ

**Н.Н.ГРИЩЕНКОВ** (д-р физ.-мат. наук, проф.)

Украинский государственный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики и маркшейдерского дела НАНУ

## СИСТЕМНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРИРОДНО-ПРОМЫШЛЕННЫХ СИСТЕМ

Использование системного метода количественной и качественной оценки устойчивости напряженного состояния слоистой структуры массива горных пород.

**Ключевые слова:** градиент вертикального смещения, полная энергия открытой системы массива горных пород, знак начальной энергии системы.

### **Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.**

Ключевым компонентом природно-промышленной системы является массив горных пород, от динамики протекающих в нем физико-химических процессов зависит устойчивое функционирование всей природно-промышленной системы.

Многолетнее применение методов прогноза выбросоопасности в угольной промышленности хотя и сыграло важную роль на практике, но фактически не дало ничего для совершенствования научных представлений о природе и механизме внезапных выбросов угля и газа. Эти обоснованные выводы приведены в работе [1]. Метод прогноза должен быть пригодным не только для установления выбросоопасных зон, но и для решения таких задач, как оценка эффективности способов борьбы с внезапными выбросами и установление приемлемости применяемой на выбросоопасных пластах технологии ведения горных работ. Метод должен давать однозначный ответ об опасности независимо от того, является ли, например, зона пласта невыбросоопасной по своей природе или же выбросоопасность устранена в результате предварительного применения специального способа борьбы с внезапными выбросами. Применяемые методы прогноза “не работают” и дают искаженные результаты в случае, если выбросоопасность снята в процессе применения способа борьбы с внезапными выбросами. Методы прогноза могут ошибочно показывать, что выбросоопасность пласта после применения определенного способа предотвращения внезапных выбросов не только снизилась, а наоборот увеличилась. Например, такой распространенный показатель выбросоопасности, как начальная скорость газовыделения из стенок скважин и шпуров, намного увеличивается после отработки защитного пласта, хотя выбросоопасность защищаемого пласта полностью устраняется. Следовательно, методы прогноза, основанные на существующих принципах и показателях, оказываются непригодными для оценки эффективности способов борьбы с внезапными выбросами угля и газа и применяемой на шахте технологии ведения горных работ. Это является третьим недостатком [1,2].

Анализ состояния вопроса свидетельствует о необходимости поиска новых подходов к разработке методов прогноза неблагоприятных ситуаций, способствующих проявлению внезапных выбросов в шахтах [3].

**Цель работы** – установление методами системного анализа комплексных показателей устойчивости напряженного состояния массива горных пород .

### Материалы и обсуждение работы.

В работе [4] рассмотрено модельное уравнение, которое учитывает зависимость амплитуды вертикального смещения, а, следовательно напряжений на земной поверхности, от взаимодействия внешнего и внутреннего суммарных потенциалов.

Полная энергия открытой системы массива горных пород, сохраняющей энергетический баланс:

$$E(h(t)) := \frac{1}{2} \int \left( h_t^2 + |\nabla h|^2 - \frac{2c_1}{\beta+1} h^{\beta+1} + \frac{2c_2}{\beta} h^\beta \right) dx,$$

После интегрирования по времени, мы получаем закон сохранения полной энергии системы, т.е.

$$E(h(t)) = E(h(0)),$$

$$E(h(0)) = \frac{1}{2} \int \left( h_1^2(x) + |\nabla h_0(x)|^2 - \frac{2c_1}{\beta+1} h_0^{\beta+1}(x) + \frac{2c_2}{\beta} h_0^\beta(x) \right) dx.$$

с учетом

$$h|_{\partial\Omega} = 0, \quad h|_{t=0} = h_0(x), \quad h_t|_{t=0} = h_1(x),$$

где  $h_0(x)$  - некоторая начальная геометрия горного массива, а  $h_1(x)$  - его начальная скорость изменения.

Из теории бинарных систем, хорошо известно, что знак начальной энергии системы существенно влияет на ее поведение, например, если начальная энергия отрицательна, то это приводит к фазовому переходу. Применительно к нашей ситуации, это означает следующее: если  $E(h(0)) < 0$ , то в системе, при определенных значениях параметров, возможен быстрый рост градиента амплитуды инверсионного подъема. Анализ математической модели показал, что случаи  $0 < \beta \leq 1$  и  $\beta > 1$  существенно отличаются. Результаты анализа поведения градиента  $\int |\nabla h|^2 dx$  позволяют сделать вывод о возможности прогнозирования динамики процессов в горном массиве. Определяя поведение градиента вертикального смещения (который связан с тензором деформаций  $\underline{H}$ ) мы тем самым определяем поведение соответствующих напряжений в горном массиве. Найденная зависимость между значением начальной энергии системы и поведением градиента вертикального смещения, а как следствие и самого вертикального смещения, позволяет получать информацию о поведении напряжений внутри горного массива.

Накопленный опыт горных работ в Донбассе показывает, что почти все зарегистрированные случаи внезапных выбросов угля и газа неизменно связаны с присутствием в зоне выброса геологических нарушений (дизъюнктивов, складок, участков "препарированного", т.е. раздробленного угля и др.). Это вполне естественно, поскольку только они могут создать условия для скопления значительного количества газа.

**Научная ценность.** Рассмотренные критерии устойчивости напряженного состояния слоистой структуры массива горных пород для 2-Д математической модели могут быть использованы при построении объемной 3-Д математической модели путем интегрирования 2-Д моделей отдельных слоев.

**Практическая ценность.** Результаты прогноза устойчивого напряженного состояния слоистой структуры массива горных пород важны не только для горной промышленности, но и для многих других отраслей народного хозяйства: жилищно-коммунальное хозяйство, градостроительство, МЧС, транспорт, охрана окружающей среды, объекты энергетики, угольная промышленность, промышленное строительство. Передача рекомендаций для принятия оптимальных управленческих решений по указанным отраслям народного хозяйства показывает универсальность методики системного анализа показателей устойчивости напряженного состояния слоистой структуры массива горных пород.

### Список использованной литературы

1. Чернов О.И. Прогноз внезапных выбросов угля и газа / О.И.Чернов, В.Н.Пузырев. – М.: Недра. – 1979. – 296 с.
2. Софийский К.К. Исследование состояния выбросоопасного угольного пласта / К.К. Софийский, В.В. Зборовский, В.А. Нечитайло // Уголь Украины. – 1998. – №8, 9. – С. 9.
3. Некрасовский Я.Э. Новые представления о природе внезапных выбросов угля, породы и газа / Я.Э.Некрасовский, О.В.Колоколов // Безопасность труда в промышленности. – 1979. – № 6. – С. 8-10.
4. Приходько С.Ю. Новый подход к анализу поведения горного массива / С.Ю.Приходько, Р.М.Таранец, С.А.Матвиенко // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И.Вернадского. Научный журнал. Т.22(61), География. – 2009. – С.79-89.
5. Колоколов О.В. Закономерности влияния космогонических факторов на выбросоопасность угольных пластов в зонах геологических нарушений / О.В.Колоколов, С.Ю.Приходько // Сборник научных трудов НГА Украины №13, том 4. – Днепропетровск: РИК НГА Украины, 2002. – С. 45- 52.

*Надійшла до редакції 26.03.2013*

С.Ю.Приходько

Розглядаються можливості системного метода кількісної і якісної оцінки стійкості напруженого стану шарової структури масиву гірничих порід.

Ключові слова: градієнт вертикального зміщення, повна енергія відкритої системи масиву гірничих порід, знак початкової енергії системи.

S. Prihodiko

They Are Considered possibility of the system method quantitative and qualitative estimation to stability of the tense condition of the flaky structure of the array of the mountain sorts.

The Keywords: gradient of the vertical offset, full energy of the open system of the array of the mountain sorts, sign to initial energy of the system.