

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рузин В.И., Вишняк Е.А., Кириченко Е.А. Разработка математической модели движения транспортного трубопровода в составе подводного добычного комплекса // Геотехническая механика. Межвед. сб. научн. трудов. ИГТМ НАН Украины. – Дн-ск, 1999. – Вып. 12. – С. 69 – 77.
2. Вишняк Е.А. Исследование параметров напряженно-деформированного состояния добычного морского пульпопровода // Геотехническая механика. Межвед. сб. научн. трудов. ИГТМ НАН Украины. – Дн-ск, 1999. – Вып. 13. – С. 104-109.
3. Гоман О.Г., Графский И.Ю., Кириченко Е.А. Аэродинамические характеристики погружных конструкций системы для подводной добычи полезных ископаемых // Сб. научных трудов «Проблемы комплексного освоения недр»/ ИГА Украины. – Днепропетровск. – 1998. – №2. – С. 418 – 430.

УДК 622. 15:553 94-551.243

Я. М. Наливайко

### ТИПИЗАЦИЯ ЗОН ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ СТРУКТУР ПРИ ОТРАБОТКЕ НАРУШЕННЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ МЕХАНИЗИРОВАННЫМИ КОМПЛЕКСАМИ

Наведені результати морфогенетичного групування та типізації структур, що змінюються, для умов шахт Львовсько- Волинського басейну. Методика оцінки їх параметрів та практичне застосування дозволять підвищити рівень технологічних рішень при обробці вугільних пластів в складних гірничо-геологічних умовах.

Решение задач управления геомеханическими процессами в призабойной части угольных пластов, определения устойчивых площадей обнажения кровли, крепления очистных выработок и технологии перехода механизированными комплексами зон с изменяющейся структурой связано с изучением закономерностей деформирования, трещинообразования и смещения боковых пород в рабочем пространстве очистного забоя. Вопросам исследования характера поведения массива горных пород в зонах изменяющихся структур посвящено много работ [1-3], аппаратных и методических решений [4-6], однако они не позволяют получить информацию, достаточную для описания таких сложных и многофакторных процессов. Все это предопределило актуальность разработки методики, позволяющей исследовать влияние природных и техногенных факторов на поведение массива горных пород в зонах изменяющихся структур, с учетом их генетических и морфологических особенностей, оказывающих влияние на устойчивость боковых пород. Под изменяющейся структурой подразумеваются: мелкоамплитудные дизъюнктивные и пликативные нарушения, а также связанные с ними области интенсивной трещиноватости боковых пород, замещения слоев в кровле и почве, участки повышенного горного давления.

Изучение геомеханических процессов в призабойных зонах очистных выработок выполнялось комплексным методом: геофизических измерений и инструментальных шахтных исследований, включающих в себя измерения напряжений впереди забоя, смещений вмещающих пород в пределах зоны опорного давления и в поддерживаемом выработанным пространстве лав.

Напряженное состояние массива горных пород в зонах тектонических нарушений определялось методом фотомеханики на моделях из желатиногеля ХС по методике, приведенной в работе [7].

Состояние пород кровли изучали геофизическими методами и с помощью глубинных реперов, устанавливаемых через 0,5 м в скважинах, глубиной 10...30 м. Процесс расслоения фиксировался самописцем СП-65, в трех сечениях лавы: в середине, в 15 м выше конвейерного и в 15 м от вентиляционного штреков. Во всех случаях прочностные свойства угольного массива оценивались средневзвешенным коэффициентом крепости, исходя из установленных корреляционных зависимостей для каждого шахтопласта.

Коэффициент нарушенности кровли определялся по формуле ДонУГИ [7]

$$z_e = \frac{\sum S_R \sum V_B}{S_0}$$

где  $\sum S_B$  - суммарная площадь вывалов, м<sup>2</sup>;  $\sum V_B$  - суммарный объем вывалов, м<sup>3</sup>;  $S_0$  - общая площадь кровли, для которой определяется состояние, м<sup>2</sup>.

Для оценки количественных величин смещения и вывалообразования кровли применяется обобщенный критерий В.Н. Хорина [8]

$$z = \frac{Ae^{Bh}}{h^\alpha} \quad \text{при } h \geq C_H$$

где  $h$  - смещение пород кровли за цикл, мм;  $A, B, \alpha$  - параметры, зависящие от условий разработки;  $C_H$  - нижний предел смещения кровли, при котором зависимость справедлива, мм.

Поскольку большинство геомеханических определений было связано с бурением шпуров и скважин, то для массовых определений параметров влияния технологических воздействий на массив горных пород проводилось с привлечением косвенных методов.

Наиболее приемлемым для этого являются результаты стандартного каротажа скважин, позволяющие получить наиболее полные сведения, касающиеся отдельных элементов трещиноватости, слоистости, неоднородности горного массива в зонах с изменяющейся структурой.

Установление закономерностей изменения электрофизических характеристик  $F(t)$  и  $\rho_K$  по каротажным диаграммам от напряженно-деформированного состояния горных пород представляет возможность проводить оценку аномальных зон напряжений, вычислить границы и параметры их распространения.

Предположив, что измерения кажущегося сопротивления осуществляется в одной скважине, пробуренной по нормали к поверхности забоя или кровли выработки, так что оба электрода ориентированы вдоль оси, можно записать

$$\rho_k = \frac{4\pi R}{I} = \rho_w \frac{6\rho(1 + \epsilon_V)^2}{\pi W_c \gamma}$$

где  $\rho_{\text{н}}$  — определяется для каждых условий эксперимента либо на образцах, или по штыбу угля или горной породы.

$\epsilon_M = \frac{(1-2\nu)}{E} (\sigma_{1.1} + \sigma_{2.2} + \sigma_{3.3}) = \frac{3(1-2\nu)}{E} \sigma_{\text{ср}}$  — связь напряжений с электросопротивлением образцов горных пород ( $\nu$  — коэффициент Пуассона,  $E$  — модуль упругости).

Отнеся теперь кажущееся сопротивление  $\rho_k$  к любой точке массива к кажущемуся сопротивлению угля в нетронутом массиве  $\rho_k \gamma H$  и считая всюду влажность ( $W_c$ ) удельный вес ( $\gamma$ ) и  $\rho$  постоянными величинами, а также полагая, в виду малость  $\epsilon_{\nu} = (1 + \epsilon_{\nu})^{\frac{1}{2}} = 1 - 2\epsilon_{\nu}$ , получим

$$\frac{\rho_k}{\rho_k \gamma H} = \frac{1 - 6\epsilon_0 + \frac{6(1-2\nu)}{E} \sigma_{\text{ср}}}{1 - 6\epsilon_0 - 2(1+\nu)(1-2\nu)(1-\nu)E}$$

где  $\epsilon_{\text{ср}} = \frac{2(1+\nu)(1-2\nu)\gamma H}{(1-\nu)E}$ ;  $\epsilon_{\text{ср}}$  — средняя деформация;  $\gamma H$  — давление в нетрону-

том массиве в соответствии с гипотезой Динника;  $\epsilon_0 = 6(1-m_0) - \frac{n}{18(1-m_0)}$  —

деформация угля (породы) в разрушенном состоянии, вводимая в расчетные формулы для приведения пористости деформируемой модели к пористости угля ( $m_0$ ) или горной породы.

Окончательную формулу для расчета напряжений в массиве можно записать в следующем виде

$$\sigma_{\text{ср}} = \frac{E}{6(1-2\nu)} (6\epsilon_0 - 1) \left( 1 - \frac{\rho_k}{\rho_{k0}} \right).$$

где  $\rho_k$  — кажущееся удельное сопротивление массива,  $\nu$ ,  $E$  — коэффициент Пуассона и модуль упругости породы, определяемых в массиве.

Типизация мелкоамплитудных тектонических нарушений с различной морфологией угольных пластов выполняется с учетом положений работы [9]. Типизация тектонических нарушений определяет конечный результат региональной тектонической деятельности, локальные изменения изучались путем моделирования и параметризации по представленной выше методике.

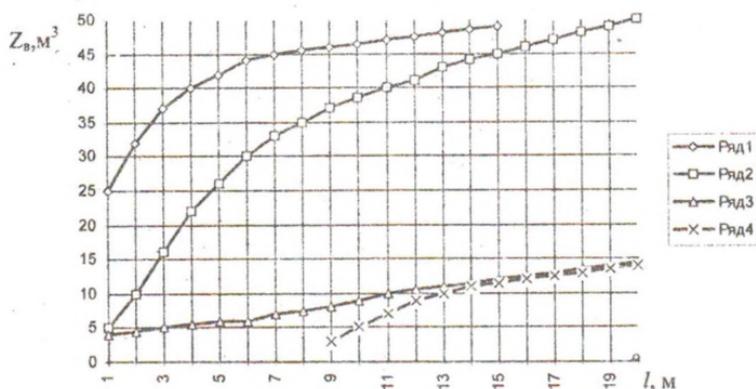
Поля напряжений, образовавшие разрывные нарушения, воздействуют на угольные пласты, вызывая в них значительные деформации, которые для условий Львовско-Волынского бассейна можно объединить в три типа разрывных нарушений: сбросы, надвиги, сдвиги. Изучая эти деформации на участках развития различных типов разрывов, расположение последних друг относительно друга и складчатых структур, можно объединить нарушения по морфологическим признакам пластов в

три больших группы: складки сжатия, растяжения и сдвига. В складках сжатия, где действуют максимальные сжимающие напряжения, близкие к нормали наслонения, характерными являются изменения, вызывающие уменьшение мощности угольного пласта, пережимы, выклинивания, флексуры, ступенчатость почвы, кровли, отгибы. На участках, где напряжения действовали в направлении, близком к наслонению, в угольных пластах наблюдаются послойные подвижки, подгибы, подвороты, разрывы. Для складок растяжения характерны разрывы сплошности с просветом между крыльями структур: пережимы, флексуры, ступенчатость.

Изменяющиеся структуры в свою очередь различаются по взаиморасположению оси тектонического нарушения и угольных пластов и могут иметь согласное и несогласное скрещение, остроугольное и тупоугольное.

Как показал анализ отмеченных элементов, характеризующих большинство нарушений угольных пластов группы Великомостовских шахт, преобладающими являются 3 вида скрещений: несогласное тупоугольное, несогласное остроугольное и согласное остроугольное.

Наиболее распространенными видами тектонических нарушений являются согласный сброс, который встречается практически на всех шахтопластах. Несогласный сброс, согласный и несогласный надвиг встречаются на пластах пологого и на участках наклонного залегания.



1 - согласный сброс; 2 - согласный надвиг;  
 3 - несогласный сброс; 4 - несогласный надвиг.  
 $y_1 = 8.3886 \ln(x) + 27.408 \quad R^2 = 0.6381$   
 $y_2 = 17.974 \ln(x) - 4.0975 \quad R^2 = 0.9224$   
 $y_3 = 3.3075 \ln(x) + 2.4008 \quad R^2 = 0.6300$   
 $y_4 = 21.161 \ln(x) - 11.528 \quad R^2 = 0.5972$

Рис. 1 - Зависимость коэффициента нарушения ( $Z$ ) кровли от размеров зоны дробления ( $l$ ) тектонических нарушений для основных типов изменяющихся структур.

Анализом случаев обрушения пород кровли на 3, 4, 10 Великомостовских шахтах установлено, что они связаны с проявлениями напряженного состояния и приурочены к мелкоамплитудным тектоническим нарушениям (до 1м), так как вскрываются они в процессе очистных работ неожиданно, в связи с чем в паспортах крепления не представляется возможным своевременно предусмотреть технические мероприятия по предотвращению обрушений в зонах геологических нарушений.

На рисунке 1 показано статическое корреляционное поле размеров зоны дробления и коэффициент нарушенности кровли для основных типов изменяющихся структур угольных пластов. Зависимость предельно-допустимой ширины незакрепленной части призабойного пространства при фиксированной величине распора механизированного комплекса, приводящих к обрушению кровли, описывается коэффициентом нарушенности, который изменяется по логарифмическому закону от величины зоны дробления угольного пласта.

Характер поведения массива горных пород в зонах с изменяющейся структурой определяется параметрами процессов сдвижения пород, сопровождается расслоением непосредственной и основной кровли и определяется, главным образом, составом и чередованием слоев пород, их физико-механическими свойствами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чудин Ю.Л., Глазов Д.Д., Мамонтов С.В. Комплексно-механизированная выемка нарушенных угольных пластов. - М.: Недра, 1985. - 198 с.
2. Разрывные нарушения угольных пластов / Гарбер И.С., Григорьев В.Е., Дурак Ю.Н. и др. - Л.: Недра, 1979. - 190 с.
3. Обработка крутых пластов в сложных условиях: О способах перехода аномальных зон и их влияние на горное давление / Шаповал Н.А., Курицын Б.И., Куретин В.Н. и Карлов А.И. - Донецк: Донбасс, 1978. - 71 с.
4. Забродин А.С. Элементы геометрического и геомеханического анализа дизъюнктивов. - В кн.: Маркшейдерское дело в социалистических странах. Т. 6. Катовица, 1974. - С. 317-324.
5. Азаров Н.Я., Яковлев Д.В. Сейсмоакустический метод прогноза горногеологических условий эксплуатации угольных месторождений. - М.: Недра, 1988. - 199 с.
6. Ардашев К.А., Ахматов В.И., Катков Г. А. Методы и приборы для исследования проявлений горного давления. Справочник. - М.: Недра, 1981. - 128 с.
7. Мухин Е.П. Исследование и выбор основных параметров и принципиальной схемы механизированных крепи для тонких пологих пластов с неустойчивой кровлей. Автореферат на соиск. ... канд. техн. наук. - Новочеркасск, 1972. - 19 с.
8. Хорин В.Н., Кузьмин В.Н., Лурин В.Г. Оценка взаимодействия механизированной крепи с кровлей и состояние ее в очистном забое. - Уголь, 1975, № 5. - С. 15-21.
9. Руководство по изучению геологического строения шахтных полей при подземной разработке угольных месторождений. - Л.: ВНИМИ, 1967. - 198 с.

УДК 622.275.5

В.Л. Дородный

### ВЫЕМКА ЖЕЛЕЗОМАНГАНЦЕВЫХ КОНКРЕЦИЙ ДОБЫЧНЫМ ОРГАНОМ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМ РАЗМЫВОМ

Наведені результати дослідження процесу виїмання океанічних конкрецій корисних копалин з дна океану. Експериментальними дослідженнями установлені основні гідралічні, механічні і технічні параметри гідралічного робочого органу: коефіцієнт вилучення конкрецій, швидкість пересування виїмального агрегату, ширина заходки та інші.