

УДК 622.831.3

*Иванов А.С., к.т.н., доц., Комаров В.О., ст. гр. ГРб-10-1, Гвинианидзе Д.Э., ст. гр. ГРб-11-1, Государственный ВУЗ «НГУ», г. Днепрпетровск, Украина*

## **АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПРОЦЕСС ОБРУШЕНИЯ КРОВЛИ, В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ГОРНЫХ РАБОТ**

Несмотря на сложность горно-геологических условий, эффективность угледобычи в Украине последние годы растет за счет концентрации горных работ и повышения их темпов при внедрении новой высокопроизводительной техники.

При этом увеличение скорости отработки пластов угля приводит к быстрому обнажению больших площадей в породном массиве, что неоднозначно сказывается на поведении породного массива вблизи очистного забоя лавы и подготовительных выработок. В частности, при быстром подвигании очистного забоя в условиях крепких пород кровли образуется консольное зависание пород кровли. При полном обрушении момент посадки кровли сопровождается динамическими эффектами, скачкообразным ростом нагрузки на крепь лавы и примыкающих выработок. Создается опасная ситуация для людей и оборудования, находящихся в подготовительных выработках.

Поэтому в данной работе изучается влияние темпов очистных работ на посадку основной кровли для повышения безопасности ведения горных работ и труда рабочих.

Основная научная идея исследований заключается в том, что прочность горных пород, а с ней и способность подземных выработок поддерживать форму и размеры, имеют функциональную связь со скоростью нагружения породной среды в процессе перераспределения напряжений при непрерывном подвигании фронта очистных работ и формировании выработанного пространства. Влияние скорости нагружения на формирование напряженного состояния породного массива является сложной геомеханической задачей. Первым шагом к ее решению является накопление и обработка статистических данных об обрушении пород кровли угольных пластов в различных горно-геологических условиях.

Поэтому в данной работе выполняется статистический анализ информации, накопленной в разные годы сотрудниками Национального горного университета. Используются методы математической статистики, в частности корреляционный анализ и метод группового учёта аргументов (МГУА).

В качестве объекта статистического анализа выбран шаг обрушения основной кровли – генеральный (первичный) и установившийся. Этот показатель, во-первых, объективно отражает геомеханические процессы, происходящие при развитии очистных работ, во-вторых, не требует специальных наблюдений и традиционно отражается в шахтной документации.

Для анализа угледобывающие предприятия Донбасса были сгруппированы по территориальному признаку с тем, чтобы анализировать шахты с близкими условиями формирования литологических разностей.

Расположение групп шахт относительно распределения групп метаморфизма представлено на рис. 1. Из распределения групп метаморфизма углей можно сделать вывод об общей тенденции увеличения степени метаморфизации с запада на восток. На шахтах группы D разрабатывают угли в условиях слабых трещиноватых пород, величина шага обрушения пород кровли невелика и, скорее всего, видимого влияния скорости подвигания лавы на данный параметр здесь не ожидается. Шахты группы С расположены в более устойчивых и крепких породах, однако, из-за ярко выраженной вертикальной трещиноватости пород кровли величина шага обрушения основной кровли обуславливается

скорее размером блоков пород между трещинами. Можно предположить, что влияние скорости подвигания забоя на шаг обрушения будет наиболее выраженным для шахт групп А и В. Эти группы объединяют шахты с крепкими слабо и средне трещиноватыми породами и добывают крепкие, преимущественно антрацитовые угли.

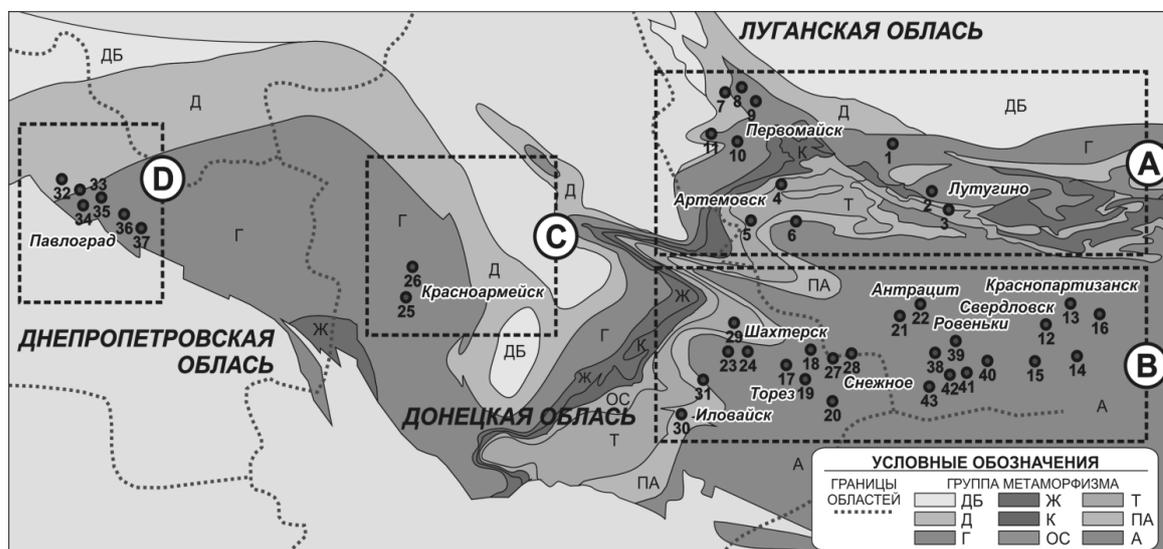


Рисунок 1 – Расположение групп шахт относительно распространения групп метаморфизма углей Донецкого угольного бассейна (марки угля: ДБ – длиннопламенные бурые; Д – длиннопламенные; Г – газовые; Ж – жирные; К – коксовые; ОС – отощенно-спекающиеся; Т – тощие; ПА – полуантрациты; А – антрациты)

В данной работе проанализированы статистические данные о скоростях ведения очистных работ и шаге обрушения кровли для шахт, расположенных в Донецкой и Луганской области, добывающих угли высокой степени метаморфизма – антрациты. Собраны и проанализированы данные для следующих шахт: ГП «Свердловантрацит»: Должанская-Капитальная, Свердлова, Центросоюз, Харьковская, Красный партизан; ГП «Антрацит»: Комсомольская, Партизанская; ГП «Ровенькиантрацит»: ш.у. им. Дзержинского, ш.у. Ровеньковское, № 81 «Киевская», им. Фрунзе, им. Вахрушева, им. Космонавтов и др.

Оценка факторов, влияющих на обрушение пород кровли очистных выработок, выполнялась на основе метода группового учета аргументов (МГУА) [1].

Исучаемую переменную величину – шаг обрушения кровли – будем рассматривать как функцию  $m$  влияющих факторов  $y(x)=f(x_1, x_2, \dots, x_m)$ . МГУА основан на оценке степени влияния каждого из этих факторов и выделения из них наиболее значимых.

Класс моделей, генерируемых с помощью алгоритма МГУА, в общем случае имеет вид:

$$y = \sum_{q=1}^s a_q * \prod_{j=1}^m x_j^\alpha \quad (1)$$

где:  $y$  – выходная переменная;  $q$  – номер члена в модели;  $s$  – число членов в модели;  $a_q$  – коэффициент при  $q$ -м члене;  $x_j$  –  $j$ -я входная переменная  $j=1, 2, \dots, m$ ;  $m$  – число входных переменных;  $\alpha$  – показатель степени, в которой  $j$ -я входная переменная входит в  $q$ -й член.

На основе критерия структурной идентификации [1] для первичного шага обрушения получена зависимость:

$$a_{пер} = 36,7740 \cdot \Omega + 0,2364 \cdot m \cdot \alpha \cdot V + 0,1375 \cdot m \cdot m_k \cdot \alpha \quad (2)$$

Для установившегося шага обрушения прогностическая модель имеет вид:

$$a_{уст} = 8,7249 \cdot \Omega + 0,1122 \cdot V \cdot \Omega + 0,0163 \cdot m \cdot l_t \cdot m_k \quad (3)$$

Данные для построения прогностических моделей имеют следующие условные обозначения.

Шаг обрушения кровли первичный –  $a_{пер}$ , м; Шаг обрушения кровли установившийся –  $a_{уст}$ , м; Длина лавы –  $d_l$ , м; Мощность пласта –  $m$ , м;

Угол падения пласта –  $\alpha$ , град; Мощность пород кровли (основной) –  $m_k$ , м; Расстояние между трещинами –  $l_t$ , м; Скорость подвигания лавы –  $V$ , м/мес; Комплексный показатель разработки  $\Omega = H \cdot \gamma / (k_c \cdot 100) - \Omega$ ; где,  $H$  – глубина заложения выработки, м.  $\gamma$  – объемный вес пород, т/м<sup>3</sup>;  $k_c$  – коэффициент структурного ослабления.

Анализ показывает, что структура прогностических моделей различна для первичного и установившегося обрушений. Данные, собранные по первичным обрушениям кровли, говорят о том, что значимыми факторами являются длина лавы, угол наклона пласта, мощность основной кровли и расстояние между трещинами. Скорость подвигания забоя также является влияющим фактором, нелинейно входящим в структуру модели.

При анализе установившегося обрушения скорость подвигания забоя входит в уравнение с большим весовым коэффициентом наряду с параметром разработки и мощностью угольного пласта.

Таким образом, статистический анализ на основе МГУА показал, что скорость очистных работ в совокупности с показателями горно-геологических условий оказывает влияние на развитие геомеханических процессов в кровле над выработанным пространством. Это влияние носит нелинейный характер и не может быть оценено однозначно. Основным результатом обработки данных является выбор дальнейшего направления исследований – изучение данного фактора более детально, путем исключения других влияющих факторов.

Покажем реализацию первого направления на примере группы очистных забоев шахт ГП «Свердловантрацит». Лавы шахт «Должанская-Капитальная», «Свердлова» и «Красный Партизан» имеют сходные параметры отработки и механизации. Диапазон глубин колеблется от 840 до 1265 метров. Средняя глубина отработки 922 метра. Коэффициент крепости и объемный вес пород кровли также сходны.

Для шахт этой выделенной группы зависимость шага обрушения от скорости ведения очистных работ имеет ярко выраженный характер и аппроксимируется логарифмической зависимостью с коэффициентом корреляции  $R^2=0,4957$  для первичного обрушения и  $R^2=0,6076$  для установившегося (рис. 2). Высокий коэффициент корреляции полученных зависимостей для забоев со сходными условиями отработки дает основание полагать, что при прочих равных условиях увеличение скорости подвигания забоя приводит к увеличению шага посадки основной кровли.

В самом общем виде зависимость шага обрушения  $a$ , от скорости подвигания очистного забоя  $V$  можно представить в виде логарифмической функции:

$$a = B + A \ln V \quad (4)$$

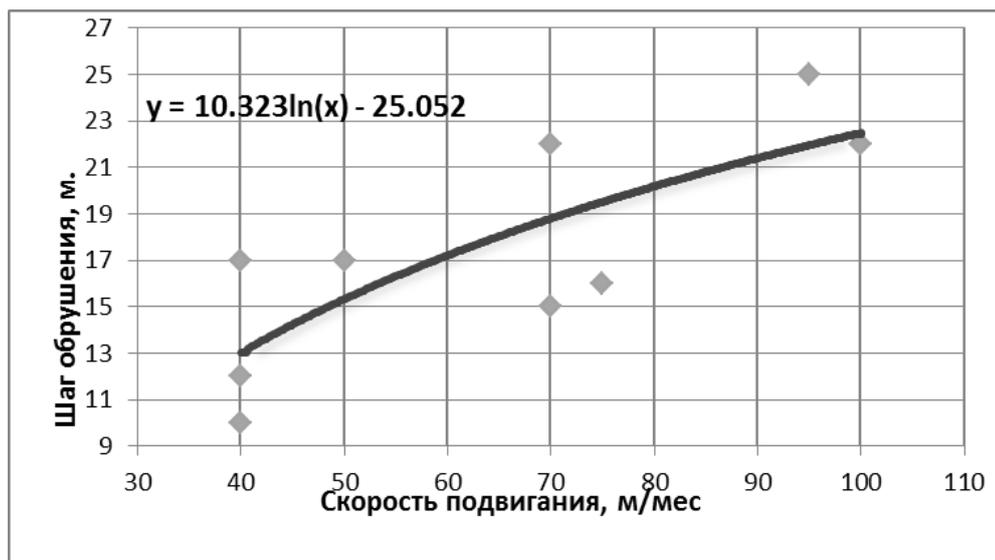


Рисунок 2 – Зависимость шага обрушения от скорости подвигания забоя лавы для шахт ГП «Свердловантрацит» (установившееся обрушение)

Параметры А и В отражают влияние на характер обрушения множества факторов. В частности для шахт ГП «Свердловантрацит» имеет вид.

$$y = 10,323\ln(x) - 25,052 \quad (5)$$

**Выводы:** Таким образом, на основе обработки статистических данных методами корреляционного анализа и учета групповых переменных установлено, что для углей с высокой степенью метаморфизма скорость подвигания очистного забоя приводит к увеличению посадки основной кровли, Зависимость (2.2) позволяет прогнозировать обрушение основной кровли для шахт группы ГП «Свердловскантрацит». Шаг обрушения кровли в лаве, на данный момент, определяется исходя из опыта и примерных предположений. Прогнозирование критического размера выработанного пространства для конкретных горно-геологических условий позволит обоснованно разрабатывать мероприятия по охране подготовительных выработок и предотвращению негативного воздействия динамических явлений, связанных с обрушением значительного объема горной массы.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ивахненко А.Г. Метод группового учета аргументов - конкурент метода стохастической аппроксимации // Автоматика. - 1968. - № 3. - С. 58-72.