

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МАСШТАБНОГО ЭФФЕКТА ПРОЧНОСТИ УГЛЕЙ

Наведені результати експериментальних досліджень та визначені коефіцієнти масштабного ефекту міцності і опору різанню для вугілля Західного району Донбасу.

THE EXPERIMENTAL INVESTIGATION'S RESULTS OF THE SCALE EFFECT COAL'S STRENGTH

The experimental investigation's results were described and coefficients of the scale effect coal's strength were determined West Donbass.

Основным критерием устойчивости обнажений массива является прочность слагающих его горных пород. Как правило, физико-механические характеристики пород, которые закладываются в проектную и эксплуатационную документацию по поддержанию и охране выработок, получают путем испытаний образцов горных пород. Поскольку горные породы – выраженная гетерогенная среда, очень важно при переходе от образца к массиву учитывать масштабные эффекты и, в первую очередь, масштабный коэффициент прочности.

Другой, весьма важный, физико-механический параметр – сопротивляемость углей резанию. Его оценка в шахтных условиях сопряжена с огромными трудностями, поскольку требует серьезной подготовительной работы и применения специального дорогостоящего оборудования. Более простой метод – определение сопротивляемости резанию на образцах углей в лабораторных условиях. Однако, в этом случае знание масштабного коэффициента приобретает первостепенное значение, поскольку достоверность параметра «сопротивляемость резанию» определяет выбор технологий и оборудования добычи угля. Примером последнего может быть запланированный на ряде передовых шахт Украины переход на струговую добычу угля.

Как показал анализ результатов исследований масштабного эффекта прочности углей, подавляющее большинство из них выполнено на образцах углей, размеры которых сравнимы с размерами структурных неоднородностей. Иными словами на образцах, величина которых недостаточна, чтобы с высокой достоверностью судить о закономерностях поведения масштабного эффекта.

В этой связи был исследован масштабный эффект прочности углей для двух основных физико-механических характеристик: временного сопротивления сжатию (предела прочности одноосному сжатию) и сопротивляемости резанию. В качестве объекта исследований были выбраны угли Западного района Донбасса, из которых изготавливали образцы кубической формы с размерами ребер 40, 60, 70, 80, 90, 100, 150 мм (для первого вида испытаний). Сопротивляемость резанию измерялась на угольных блоках размером, приблизительно, 0,7x0,5x0,5 м.

Первый вид испытаний производился по стандартной методике с использованием пресса ПСУ-50. Второй вид – на оборудования Института сверхтвердых

материалов им. В.М. Бакуля НАН Украины. Внешний вид оборудования приведен на рис. 1.



Рис.1. Внешний вид оборудования с блоком угля и режущий инструмент для измерения сопротивляемости резанию

В результате измерения прочностных показателей в режиме одноосного сжатия установлено, что временное сопротивление сжатию углей, определенное в соответствии с действующими стандартами на образцах размером 40x40x40 мм, отличается от значений, полученных на образцах большего размера, почти в 2 раза.

При этом установлено, что существует предельный размер образца, начиная с которого дальнейшее его увеличение не приводит к существенным изменениям показателя прочности. В данном случае для углей Западного района Донбасса таким предельным размером является куб с гранями 100-150 мм. Т.е. для получения истинных значений временного сопротивления сжатию необходимо либо подвергать испытаниям образцы углей указанных размеров, либо для каждой шахты и каждого шахтопласта определять значение масштабного коэффициента прочности с последующим его учетом в результатах стандартных испытаний.

График полученной зависимости представлен на рис. 2.

В процессе измерения сопротивляемости угля резанию непрерывно регистрировали три компоненты усилия на резце (P_x , P_y , P_z). С практической точки зрения основной интерес представляет значение последней компоненты. Из этих соображений на рис.3 представлены копии диаграмм записи z-составляющей усилия резания для различной толщины стружки (5, 10, 20 и 30 мм).

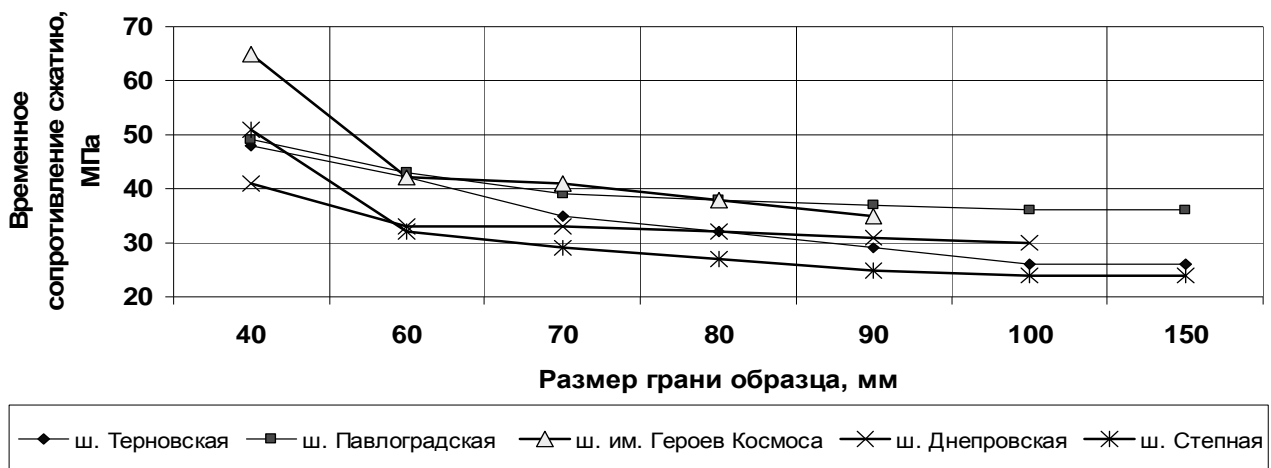


Рис. 2. Зависимость временного сопротивления сжатию углей от размера грани образцов кубической формы

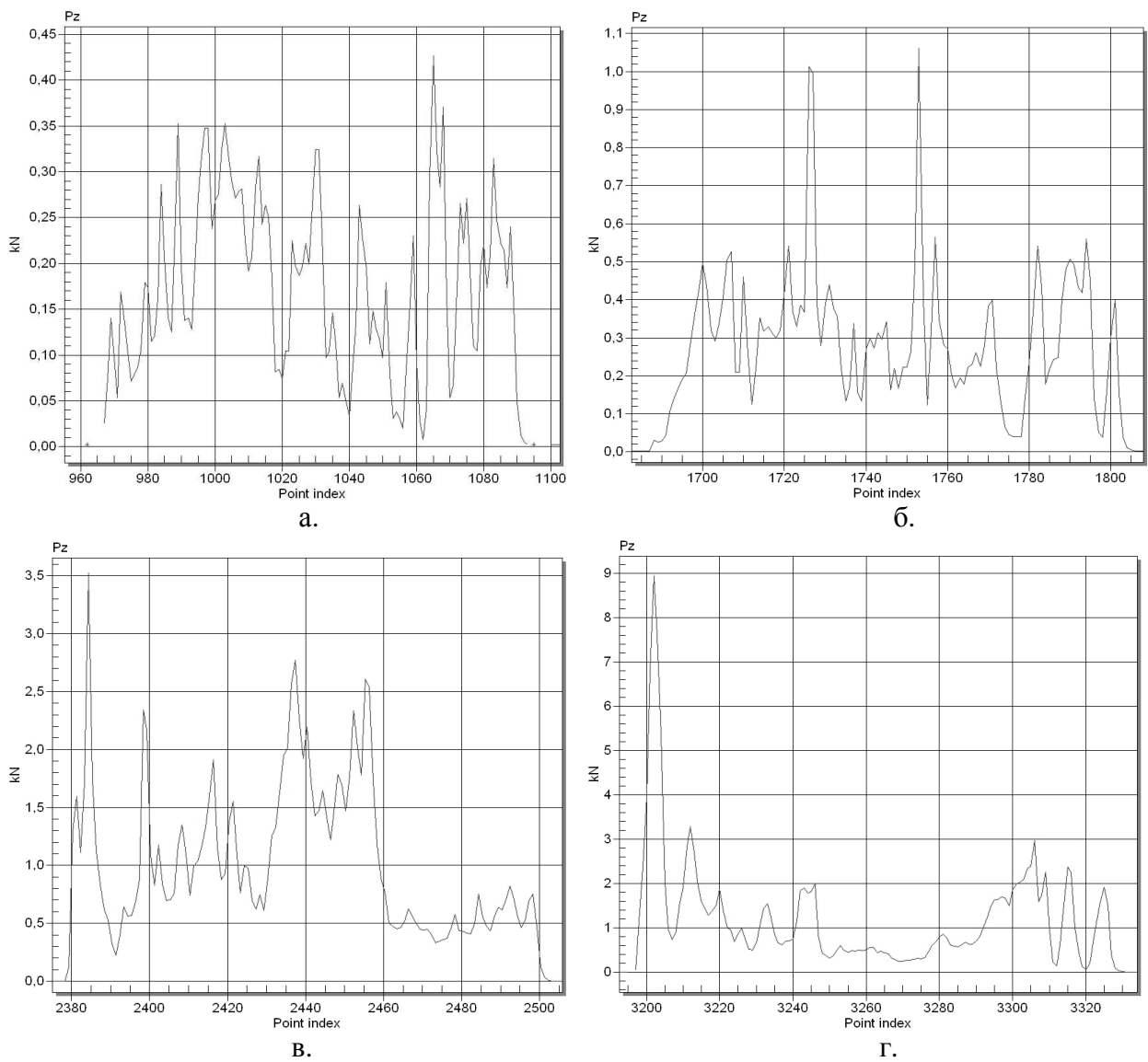


Рис. 3 Зависимость усилия на резце (Z компонента) при глубине реза:
а – 5 мм; б – 10 мм; в – 20 мм, г – 30 мм

График зависимости усредненной и пересчитанной в сопротивляемость угля резанию (A) величины от глубины резания приведен на рис. 4.

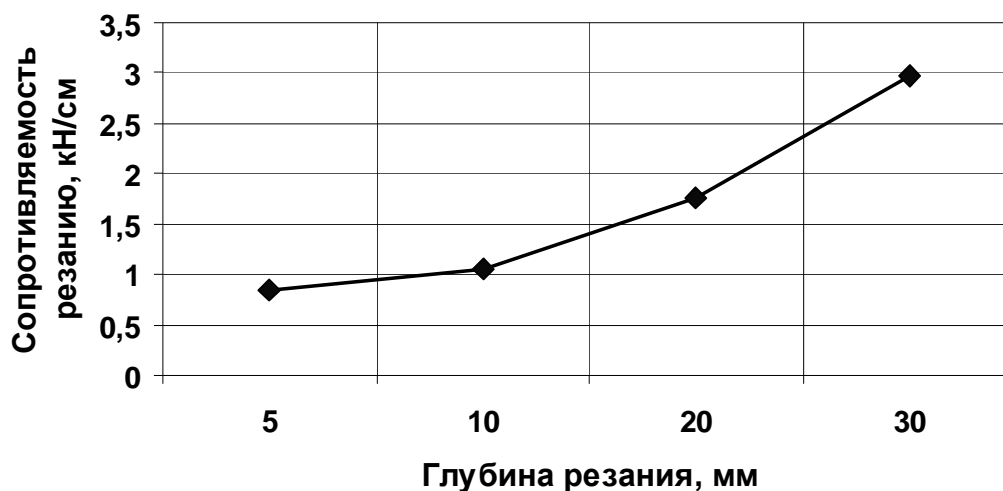


Рис. 4. Зависимость сопротивляемости углей резанию от толщины стружки

Приведенные результаты лишней раз подтверждают необходимость либо определения прочностных показателей пород в условиях естественного залегания, что практически невозможно, либо обязательного учета масштабных коэффициентов прочности.

Исследования сопротивляемости резанию углей в шахтных условиях осуществлялись совместно со специалистами и на оборудовании компании «DMT» GmbH (Германия) на шахте «Терновская» ОАО «Павлоградуголь».

Шахта «Терновская» расположена примерно в 20 км к северу от Павлограда, отрабатывает пласт C_5 , мощность которого составляет 0,8-1 м. Уголь очень крепкий. Одноосное сопротивление на сжатие ($\sigma_{сж}$) угля составляет, примерно, 44 МПа. Почва представляет собой наслоенный аргиллит с $\sigma_{сж} = 23$ МПа. Кровля пласта состоит из аргиллита с $\sigma_{сж} = 27$ МПа. На момент исследований добыча с использованием комбайнов составляла в среднем 1100 т/день рядового угля.

Проведение измерений преследовало цель выяснить:

- величину сопротивления угля резанию;
- условия резания сопутствующей породы (почвы и кровли);
- возможность применения струговой техники.

Существуют различные методы определения «твердости» угля при добыче. Но особо интересны те методы, которые направлены на получение значения параметра под землей, поскольку позволяют учесть влияние давления естественных напластований, присущую им степень трещинообразования, соединения, кливаж и залегание, а также выбрать метод тестирования резания, сравнимый с планируемой технологией резания.

Методика определения параметра A следующая. На двух крепях между кровлей и почвой закрепляют контролирующее устройство. Над этим контро-

лирующим устройством движется «лыжа» со струговыми коронками в той конфигурации, в которой они работают в струге. Одна из коронок измеряет сопротивление резанию угля. «Лыжа» с коронкой движется при помощи цепи с гидравлическим двигателем. В процессе исследований производится выравнивание горизонта резания по высоте. Перфорированный брус, используемый для выравнивания, позволяет произвести примерно 20 нарезов каждый глубиной 20 мм, продвигая контролирующее устройство в забой, причем нет необходимости передвигать крепь. Нарезы производятся справа и слева. Для измерения верхняя часть инструмента поворачивается на 180° . Благодаря этому также измеряется влияние направлений резания, например, кливажей в угле. Сила резания коронки измеряется между тремя резцами. Данные измерений хранятся в надежной и безопасной системе измерения DIMAS 3. Данные измерений оцениваются на поверхности.

Параметры измерения для тестирования следующие:

- глубина резания – 20 мм;
- расстояние между следами резания – 80 мм;
- ширина коронки – 20 мм.

Определяли средние и максимальные значения силы резания. В соответствии с рассчитанным суммарным общим значением силы резания (F_{sm}), рассматриваемый пласт может быть классифицирован в одной из следующих 5 категорий сопротивления резанию угольных пластов (в кН):

- $0 < F_{sm} \leq 1,5$ – категория I;
- $1,5 < F_{sm} \leq 2,0$ – категория II;
- $2,0 < F_{sm} \leq 2,5$ – категория III;
- $2,5 < F_{sm} \leq 3,5$ – категория IV;
- $3,5 < F_{sm}$ – категория V.

Этот метод исследований был разработан компанией «DMT GmbH» для струговых систем, начиная с мощности от 2×200 кВт до 2×800 кВт. Сейчас при использовании высокомошных стругов, например, 2×800 кВт, можно эффективно и прибыльно добывать уголь и из пластов категории “V”, а также при использовании автоматически контролируемой возрастающей глубины резания. Используя сравнительные тесты режущей силы на угольных пластах, силу и потребление мощности струговых систем, работающих в этих пластах, ими же был разработан алгоритм расчета. При помощи этого алгоритма, была определена практическая глубина резания для запланированной струговой системы при соответствующих геологических и технических факторах. На основании этой расчетной достигаемой глубины резания и соответствующих операционных данных шахты рассчитан дневной объем добычи из запланированного стругового забоя.

Измерение сопротивления угля резанию производилось в нише дренажного квершлага на расстоянии около 800 метров от конечного положения столба 522. Мощность угольного пласта на участке измерения составляла около 0,8 м. Ниша была прорезана в кровле пласта. Незадолго до измерений с помощью отбойного молотка, горнорабочие разработали угольную лаву на испытательном уча-

стке. Лава, в которой перпендикулярно почве была пройдена выработка. Уголь не имел видимых повреждений от резания и действия горного давления. Направление резания было параллельным выработке.

Измеренное среднее значение сопротивления угля резанию составило 5,2 кН. Таким образом, уголь пласта C_5 шахты «Терновская» отнесен к категории «V». Это самое высокое сопротивление угля резанию, когда-либо измеренное компанией «DMT».

Если пересчитать полученное значение в относительные единицы (кН/см), получим величину сопротивляемости угля резанию – 2,6 кН/см. Обратившись к результатам лабораторных исследований, например [1], увидим, что измерения на образцах кубической формы размером 40x40x40 мм дают значения сопротивляемости резанию углей пласта C_5 в интервале 2,8-5,4 кН/см, при этом вариации $\sigma_{сж}$ лежат в диапазоне 25-49 МПа. Анализируя эти значения, приходим к выводу, что для параметра «сопротивляемость угля резанию» характерен масштабный эффект, причем значения масштабных коэффициентов для A и $\sigma_{сж}$ близки по величине и составляют для углей Павлоградского региона 0,49-0,58.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скипочка С.И. Элементы геомеханики углепородного массива при высоких скоростях подвигания лав [Текст] / С.И. Скипочка, Б.М. Усаченко, В.Ю. Куклин. – Днепропетровск: Лира, 2006. – 248 с.
2. Свойства горных пород и методы их определения [Текст] / Е.И. Ильницкая, Р.И. Тедер, Е.С. Ватолин, М.Ф. Кунтыш. – М.: Недра, 1969. – 392 с.
3. Резание углей [Текст] / А.И. Барон, А.С. Казанский, Б.М. Лейбов, Е.З. Позин. – М.: Госгортехиздат, 1962. – 349 с.
4. Протодяконов М.М. К вопросу о единой методике определения прочности массива углей и пород [Текст] / М.М. Протодяконов. – М.: Изд-во АН СССР, 1954. – 50 с.
5. Чирков С.Е. Физические свойства пород в массиве [Текст] / С.Е. Чирков. – М.: ИГД СО АН СССР, 1982. – 86 с.
6. Чирков С.Е. Методика прогнозирования прочности углей [Текст] / С.Е. Чирков, М.П. Мохначев, Б.К. Норель. – М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1981. – 60 с.
7. Протодяконов М.М. Распределение и корреляция показателей физических свойств горных пород: Справочное пособие [Текст] / М.М. Протодяконов, Р.И. Тедор, Е.И. Ильницкая. – М.: Недра, 1981. – 192.
8. Протодяконов М.М. О проявлении масштабного эффекта в горных породах и углях [Текст] / М.М. Протодяконов, М.И. Койфман // Тр. совещания междунар. бюро по механике горных пород при Германской академии наук. – Лейпциг, 1963. – С. 13-19.
9. Протодяконов М.М. Развитие теории механического разрушения горных пород [Текст] / М.М. Протодяконов // Изв. ВУЗов. Горный журнал. – 1959. - № 3. – С. 4-7.