

ЭМПИРИО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОПРОТИВЛЯЕМОСТИ РЕЗАНИЮ ПРИРОДНОГО ГИПСА КАК ОСНОВЫ ВЫБОРА СПОСОБА ЕГО РАЗРУШЕНИЯ

Запропоновано емпіріо-аналітичну залежність для оцінки опору різанню корисних копалин.

EMPIRIC-ANALYTICAL ESTIMATE OF CUTTING RESISTANCE OF NATURAL GYPSUM AS OPTION BASE OF ITS RUPTURE METHOD

Empiric-analytical dependence to estimate cutting resistance of mineral deposits is presented.

При разработке месторождений полезных ископаемых горным инженерам приходится решать большое количество задач, которые условно можно объединить в две группы [1, 2]:

- 1) задачи по обеспечению устойчивости элементов систем разработки и выработок, возведенных в горном массиве, задачи прочности;
- 2) задачи по обеспечению эффективной добычи полезного ископаемого – задачи разрушения пластов.

Принципиальное различие между ними заключается в том, что основное требование в задачах I типа – это не допустить разрушения полезного ископаемого в конструкции, в то время как для задач II группы – отделить полезное ископаемое от пласта, разрушить его для транспортабельных кусков, затрачивая при этом минимум энергии на единицу добываемой массы. Как в первом, так и во втором случаях необходимо знание физико-механических свойств разрушаемой среды.

Определяемые показатели физико-механических свойств представляется целесообразным разделить на три крупные группы: общетехнические, технологические и специализированные. Наиболее часто используются общетехнические показатели. Технологические показатели, как правило, определяют для решения конкретных технологических задач. Пример таких показателей: сопротивляемость полезного ископаемого резанию [3, 4, 8, 9], контактная прочность, ширина раскрытия трещин. Более подробно остановимся на первом показателе

Отмеченные факторы, совокупно действующие в пространстве и во времени, обуславливают не только существенные отличия сопротивляемости в массиве, но и значительную изменчивость сопротивляемости резанию, также проявляющуюся в пространстве.

Таким образом, сопротивляемость материала разрушению является не его имманентным свойством, а функцией, зависящей от природно-генетических факторов и горно-технологических условий разработки.

Оценка сопротивляемости разрушению может преследовать различные технологические цели. Если речь идет о планировании отрасли, выборе общих направлений механизации или о проектировании горного предприятия, вполне достаточно ограничиться обобщенной оценкой (например, крепостью по шкале

М.М.Протодряконова): укрупненно отражающей добываемость данного полезного ископаемого в общей гамме горных пород.

Применительно к добывающим машинам речь должна вестись об оценке сопротивляемости материала резанию, пригодной для расчета параметров добывающих машин по величине внешних сопротивлений; определена область эффективного применения машин различных конструкций; планирования производства различных типов выемочных машин; разработки мероприятий, направленных на улучшение сортности добываемого полезного ископаемого. Такая оценка должна быть несомненно более точной, чем первая, и, главное, соответствовать специфике рассматриваемого процесса разрушения. В этой связи необходимо отметить, что все известные методы определения свойств пород и полезного ископаемого можно классифицировать на частные и интегральные.

Частные оценки характеризуют сопротивляемость резанию породы или полезного ископаемого по отношению к отдельным видам элементарных напряжений, а интегральные – сопротивляемость тем или иным способам воздействия, включающим разные виды элементарных напряжений. Оценка сопротивляемости полезного ископаемого резанию должны быть интегральной. Метод определения должен обеспечивать количественную оценку изменения сопротивляемости резанию в призабойной части (в зоне разрушения исполнительным органом); быть достаточно точным, поскольку он предназначен для инженерных расчетов; быть достаточно чувствительным.

Под сопротивляемостью резанию понимается способность материала противостоять механическим воздействиям, возникающим при резании. Таким образом, сопротивляемость резанию является совокупным критерием, отражающим действие многих основных факторов, сопутствующих процессу разрушения. Выполненные исследования [1, 2, 3, 4] показывают, что основные факторы, влияющие на сопротивляемость полезного ископаемого разрушению, можно разделить на природно-генетические, характеризующие свойства материала, и горнотехнологические. Необходимость учета горнотехнологических факторов вызвана тем, что под действием давления вышележащих пород происходит перераспределение напряженного состояния, и сопротивляемость разрушению существенно меняется. К числу основных природно-генетических факторов относят: полезное ископаемое, степень метаморфизации, наличие твердых минеральных включений, трещиноватость.

Основные горнотехнологические факторы подразделяются на горные: глубина залегания, свойства и строение боковых пород, мощность и строение пласта, геотектоника участка и т. п. Ко второй группе относятся: ширина призабойного пространства, тип, плотность и жесткость призабойной крепи, способ управления кровлей, наличие целиков, способ ведения производственного процесса и т. п.

Обстоятельный анализ общетехнических показателей свойств горных пород с позиций возможности использования их для решения задач разрушения дан в работе Л.И.Барона [8].

В инженерных расчетах процессов механического разрушения используется в настоящее время ряд показателей свойств, интегрально характеризующих объект разрушения. Сложность и изменчивость строения пластов полезного ископаемого, неоднородность компонентов, слагающих пласт, и высокий коэффициент вариации их показателей свойств (сжатие, растяжение, сдвиг), анизотропия свойств внутри одной пачки, трещиноватость, масштабные эффекты и ряд других факторов чрезвычайно усложняют задачу. Использование технических показателей в инженерных расчетах процесса разрушения.

Правильность и точность расчетов, как известно, определяются достаточно полным учетом всех факторов, оказывающих влияние на рассчитываемый процесс, и достоверностью исходных величин, используемых в расчетных формулах. Получаемые в процессе экспериментального определения показатели должны отражать структурные особенности, свойства и состояние разрушаемого пласта и одну из главных его особенностей – существенную вариацию свойств. Вместе с тем нередко возникает необходимость прибегать к расчету, в частности тогда, когда экспериментальные определения невозможны, иногда для упрощения процедуры или сокращения времени для получения требуемых характеристик. В таких случаях допустимо применять расчетный метод при условии, что рассчитываемый параметр определяется на основе обобщенных данных эксперимента.

Определение показателей сопротивляемости полезного ископаемого производится при помощи аппаратуры, разработанной ИГД им А.А.Скочинского: приборов типа ДКС [8] и динамометрического сверла СДМ [3].

В качестве показателя сопротивляемости резанию, согласно методике, разработанной ИГД им. А.А.Скочинского [5], принять приращение силы резания на один сантиметр толщины среза при резании в стандартном режиме:

$$A = \frac{Z}{h}, \quad (1)$$

где A – показатель сопротивляемости резанию, кН/см; Z – сила резания, кН; h – толщина среза, см.

Исследования показали, что в действующем очистном забое, за счет ведения горных работ, перераспределение опорного давления и других факторов, имеет место изменение сопротивляемости резанию в призабойной части, где работает исполнительный орган машины, по сравнению с сопротивляемостью резанию в глубине массива.

В результате обобщения экспериментальных данных по определению показателей сопротивляемости полезного ископаемого резанию \bar{A} [3, 6,11] было установлено, что их значение обычно находится в границах 0,10 - 0,15 кН/см до 4,80 кН/см. Исходя из этого, полезные ископаемые и пласты были разделены на классы по сопротивляемости резанию. Всего выделено восемь классов, причем первые три класса разделены на подклассы. Цена деления класса – 0,60 кН/см, подкласса – 0,30 кН/см [6].

С учетом показателей сопротивляемости резанию и вязкости углей разработана классификация углей по разрушаемости [6]. Классификация предусматривает деление всей совокупности углей на семь категорий – от весьма слабых до особо крепких.

Для оценки сопротивляемости резанию соляных руд применяются также приборы ДКС и СДМ.

Сравнительный анализ сопротивляемости резанию соляных руд Старобинского и Стебниковского месторождений [9, 10, 12, 13] сравнивались с аналогичными данными для углей различных угольных бассейнов [8, 11].

Таблица 1 – Значения сопротивляемости соляных пород и углей резанию

Порода	Бассейн	Средняя сопротивляемость резанию, \bar{A} , кН/см
Сильвинит	Солигорское рудоуправление	2,86
Каменная соль	Солигорское рудоуправление	2,65
Каленит-лангбайнитовая	Стебниковский рудник	4,80
Соленосная глина	Стебниковский рудник	2,75
Угли марок: Г, Д	Донецкий	1,66
Ж, КНС, К, ОС, Т	Донецкий	0,81
ПА, А	Донецкий	1,66
Уголь	Кизеловский	2,30
Уголь	Карагандинский	1,58
Уголь	Печерский	0,81

Анализ показывает, что значения сопротивляемости резанию для солей значительно выше этих показателей для всех марок углей большинства угольных бассейнов бывшего СССР.

Используя рассмотренную методику по определению сопротивляемости резанию угля, каменной соли, в отделе механики горных пород ИГТМ НАН Украины определены эти параметры для гипсов.

Не останавливаясь подробно на методике, отметим, что для испытаний принята методика института ШахтНИЦИ. Определение сопротивляемости пород резанию производились с помощью прибора СДМ-1 посредством разбуривания предварительно пробуренного шпура. При этом механическим самописцем осуществляли запись момента сопротивления на шпинделе электродинамического сверла. Вычисления велись по формуле:

$$\bar{A} = \frac{7,7F}{K_A h m l}, \quad (2)$$

где F – площадь участка записи на диаграммной ленте соответствующего заглабления шпура на 10 см; K_A – переводной коэффициент значений сопротивляемости с ДМ на ДКС, $K_A = 0,75$; h – толщина среза, $h = 0,5$ м; m – масштаб записи; l – длина участка разбуривания.

Показатель сопротивляемости гипса резанию определяли на различных расстояниях от контура выработки с интервалом опробования 0,1 м. Максимальная

глубина опробования составила 1,3 м. Всего проведено 85 определений по гипсу и 4 по ангидриту.

Анализ показывает, что значения сопротивляемости резанию Артемовского месторождения значительно выше аналогичных значений других месторождений [7].

Максимальная глубина опробования для гипсов Артемовского месторождения составила 1,3 м. Выполнена предварительная статистическая обработка, которая заключается в вычислении среднего, среднеквадратического отклонения, коэффициента вариации [14]. Вычисления дали следующие результаты:

$$\bar{A} = 6,75 \text{ кН/см}; S_{\bar{A}} = 0,773 \text{ кН/см}; V = 1,1\%.$$

В результате обобщения экспериментальных данных по определению показателей сопротивляемости гипсов и ангидритов резанию было установлено, что их значения находятся в пределах от 0,5 кН/см до 10 кН/см. Учитывая важность и сложность проведения экспериментов по определению этих показателей в работе предложена эмпирио-аналитическая зависимость, с помощью которой возможно приближенно вычислить значение сопротивляемости резанию гипсов в зависимости от прочности материала.

Общий вид зависимости следующий:

$$\bar{A} = a \sigma_{сж}^b, \quad (3)$$

где $\sigma_{сж}$ – предел прочности на сжатие гипса; a, b – коэффициенты, которые определяются на основе экспериментальных данных.

Полученные экспериментально значения сопротивляемости резанию гипсов Артемовского месторождения удовлетворительно описываются зависимостью вида:

$$\bar{A}_1 = 0,734 \sigma_{сж}^{0,625} \quad (4)$$

где $\sigma_{сж}$ – предел прочности на сжатие гипса.

Следует отметить, что приведенная зависимость справедлива для $\sigma_{сж} \geq 28$ МПа. Для случаев, когда предел прочности на сжатие $\sigma_{сж} < 28$ МПа получена зависимость $\bar{A}_2 = 0,734 \sigma_{сж}^{0,575}$

В табл.2 приведены значения сопротивляемости гипса резанию, полученные по этим зависимостям при заданных значениях предела прочности на сжатие.

Таблица 2 – Сопротивление резанию гипсов, полученные по зависимостям

\bar{A} , кН/см	$\sigma_{сж}$, МПа							
	5,0	10,0	1,0	20,0	25,0	30,0	40,0	50,0
$\bar{A}_1 = 0,734 \sigma_{сж}^{0,625}$	2,0	3,09	3,89	4,77	5,48	6,15	7,35	8,46
$\bar{A}_2 = 0,413 \sigma_{сж}^{0,575}$	1,04	1,55	1,96	2,30	2,63	2,92	3,45	4,13

Таким образом, сопротивляемость резанию полезного ископаемого является важнейшим показателем, который используется для определения силовых на-

грузок, действующих на породоразрушающий инструмент исполнительных органов горных комбайнов, прогнозирования производительности последних в различных условиях.

В дальнейших исследованиях необходимо выполнить классификацию гипсов по величине сопротивляемости резанию, исследовать влияние системы разработки, а также различных прослоек и включений на величину этого показателя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барон Л.И. Горнотехническое породоведение. – М.: Наука, 1977. – 324 с
2. Кунтыш М.Ф., Баронская Э.И. Методы оценки свойств угольных пластов сложного строения. – М.: Наука, 1980. – 144 с.
3. Позин Е.З. Сопротивляемость углей разрушению режущими инструментами. – М.: Наука, 1972. – 238 с
4. Позин Е.З., Меламед В.З., Азовцева С.М. Измельчение углей при резании. – М.: Наука, 1977. – 138 с.
5. Методика оценки и классификация показателей разрушаемости угольных пластов основных бассейнов СССР. – М.: Изд. ИГД им.Скочинского, 1978. – 48 с.
6. Классификация по сопротивляемости резанию углей и угольных пластов основных бассейнов СССР. – М.: Изд. ИГД им. Скочинского, 1970. – 40 с
7. Усаченко Б.М. Геомеханика подземной добычи гипса. – Киев: Наук.думка, 1985. – 215 с
8. Барон А.И., Казанский А.С., Лейбов Б.М. и др. Резание угля. – М.: Госгортехиздат, 1962. – 439 с.
9. Зильберт И.С., Любошинский Д.М. Прогнозирование сопротивляемости калийных руд резанию. – Новосибирск, ФГП РПИ, № 2, Наука, 1975, С. 67-70.
10. Исследование сопротивляемости калийных руд Верхнекамского и Старобинского месторождений / Зильберт И.С., Им В.А., Любошинский Д.М., Лейман Я.А., Тодоров В.М., Ефремов В.И., Савицкий В.В.// Механизация и автоматизация горных работ. – Сб.тр. Гипроуглегормаш, Алма-Ата, Изд. Казахстан, 1975. – С. 45-52
11. Исследование сопротивляемости резанию углей Ленинск-Кузнецкого района. / Волков А.Н., Южаков В.Ю., Болдырев П.И.// Механизация и автоматизация производственных процессов. Тр. КузНИУИ, 1968, вып. 15. С.36-100.
12. Исследование изменчивости сопротивляемости калийных руд резанию./ Зильберт И.С., Им В.А., Любошинский Д.М., Лейман Я.А.// Механизация и автоматизация горных работ. – Сб тр. Гипроуглегормаш. Алма-Ата, изд. Казахстан, 1975. С. 28-36.
13. Брусиловский Д.В., Садков С.П., Иванова В.Т. Определение сопротивляемости соляных пород резанию.- М.: Изд. НИИТЭХИМ, 1965, вып. 4.
14. Дужин-Барковский И.В., Смирнов Н.В. Теория вероятностей и математическая статистика в технике (общая часть). – М.: Гостехиздат, 1955. – 556 с.

УДК 626.823

С.Н. Письменный, С.П. Мусиенко

СТРОИТЕЛЬНАЯ САНАЦИЯ ЗАГЛУБЛЕННОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ОБЪЕКТА МЕЛИОРАТИВНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Розроблена і впроваджена технологія гідрозахисту заглибленого меліоративного об'єкту.

CONSTRUCTION SANITATION OF SUBSURFACE FERROCONCRETE OBJECT OF MELIORATIVE DESTINATION

The hydrodefence technology of subsurface meliorative object is worked out and introduced.

Продолжительная эксплуатация гидротехнических сооружений, в особенности заглубленных и подземных, сопровождается их физическим износом, старением бетона, развитием приконтурной фильтрации вокруг объекта, что в совокупности вызывает необходимость проведения ремонтных работ. Выпол-