Ордена Трудового Красного Знамени
ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА
имени А.А. Скочинского

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ И КЛАССИФИКАЦИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАЗРУШАЕМОСТИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ОСНОВНЫХ БАССЕЙНОВ СССР

Часть I. Методика определения показателей разрушаемости углей и угольных пластов

МОСКВА
1978

gost.e-ecolog.ru

Министерство угольной промышленности СССР
Академия наук СССР
Ордена Трудового Красного Знамени
Институт горного дела им. А. А. Скочинского

Лаборатория резания угля

Утверждено
зам. начальника
Технического управления
Минуглепрома СССР
Н. А. Шальновым
27 января 1978 г.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ И КЛАССИФИКАЦИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАЗРУШАЕМОСТИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ОСНОВНЫХ БАССЕЙНОВ СССР

Часть I. Методика определения показателей разрушаемости углей и угольных пластов



Москва
1978

УДК 622.23.02

В работе приведена разработанная в ИГД им. А.А. Скочинского методика определения показателей, характеризующих угли и угольные пласты как разрушаемые среды: сопротивляемости резанию, степени хрупкости, категорий разрушаемости, свойств и содержания в пластах прослойков и твердых включений, абразивности и способности к измельчению. По описанной методике в ИГД им. А.А.Скочинского, ДонУГИ (канд.техн.наук А.А.Кривченко, канд.техн.наук В. И. Кутовой, канд.техн.наук В.Я. Резниченко), ШахтНИУИ (канд.техн.наук Н.Ф. Ренжиглов, канд.техн.наук И. П. Жигульский), КузНИУИ (канд. техн. наук П. И. Болдырев, канд.геол.-минер.наук М. И. Аксененко), КНИУИ (инж. В.Ф.Орлов), НИИОСуголь (инж.В.И.Ширяев, инж. А.А.Девятков) и НИИОГР (канд. техн.наук В.И.Дружинин, инж. В.И. Батурин) определен комплекс показателей разрушаемости около 1000 шахтопластов в основных бассейнах СССР.

Результаты исследований систематизированы и обобщены в лаборатории резания угля ИГД им. А. А. Скочинского (научный руководитель - проф., докт. техн.наук Е.З.Позин, отв. исполнитель - канд.техн.наук М.Ф.Кунтыш).

Предлагаемая работа состоит из двух частей:

I - "Методика определения показателей разрушаемости углей и угольных пластов".

II - "Классификация показателей разрушаемости угольных пластов".

Первая часть выполнена проф.,докт.техн.наук Е.З.Позиным (разделы I, 5), канд.техн.наук М.Ф. Кунтышем (разделы 2, 3.1, 3.4, 3.5, 4.1, 4.2, 4.5, 5), канд.техн.наук В.З. Меламедом (разделы 3.6, 4.4), инж. С.М.Азовцевой (разделы 3.2, 3.3, 4.3, 4.4), инж. Э.И.Баронской (разделы 3.4, 3.5).

Вторая часть работы составлена канд.техн.наук М.Ф.Кунтышем и Р.В.Мазитовой при участии инж. С.М.Азовцевой.

Методика предназначена для работников научно-исследовательских и проектно-конструкторских организаций, инженерно-технических работников производственных объединений и шахт.

© Институт горного дела им. А. А. Скочинского
(ИГД им. А. А. Скочинского), 1978

I. ВВЕДЕНИЕ

Механический способ разрушения угольных пластов является в настоящее время основным в технологии подземной добычи угля. Область его применения с каждым годом расширяется в связи с созданием более совершенных и мощных угледобывающих машин, механизированных комплексов, распространением механизированной выемки на наклонные и крутые пласты, внедрением современных средств механизированной добычи для выемки пластов сложного строения. Поэтому правильная оценка разрушаемости углей и угольных пластов режущими инструментами приобретает особенно важное значение и является необходимым условием для решения задач горного производства, в частности определения параметров, производительности, динамической нагруженности, надежности горных машин, рациональной области их применения, установления научно обоснованных нагрузок на очистные забои, планирования объемов производства машин по типам, установления норм расхода горнорежущего инструмента, планирования потребности в нем и т.д.

В ИГД им.А.А.Скочинского с 1962 г. проводятся систематические исследования разрушаемости углей и угольных пластов [1, 2, 3].

Были разработаны метод и аппаратура (установки ДКС, динамометрическое сверло СДМ-1) для оценки сопротивляемости углей резанию, с 1965 г. принятые в отрасли. В опубликованной в 1970 г. работе [4] были обобщены результаты систематических определений этого показателя в основных бассейнах страны в 1965-1969 гг. Наряду с фактическими данными о сопротивляемости резанию по отдельным забоям на конкретных шахтах и пластах, в ней была приведена классификация углей и пластов СССР по данному показателю.

За истекшее с 1970 г. время исследования разрушаемости углей были значительно расширены: созданы методы и аппаратура

для оценки степени хрупкости и способности к измельчению углей, содержания в пластах твердых включений, абразивности углей и пластов. Разработка указанных методов и аппаратуры позволила подойти к комплексной оценке разрушаемости угольных пластов сложного строения.

Разработанные методы и аппаратура подвергнуты широкой опытно-промышленной проверке и использованы НИИ отрасли для проведения систематических определений разрушаемости большинства шахтопластов основных бассейнов страны.

Обобщение результатов исследований, выполненное по поручению Минуглепрома СССР Институтом горного дела им. А. А. Скочинского, позволило разработать типизацию и классификацию по разрушаемости шахтопластов основных бассейнов страны. Необходимость разработки такой классификации обусловлена не только привлечением новых критериев оценки разрушаемости углей, но и изменением в структуре разрабатываемых пластов - вовлечением в разработку новых угольных пластов, преимущественно сложного строения, и прекращением разработки ряда шахтопластов из-за отсутствия запасов. Кроме того, в последние годы изменилась организационная структура отрасли: созданы крупные производственные объединения, укрупнены шахты и изменены их названия.

Предлагаемая работа состоит из двух частей.

В первой части рассмотрены методы и аппаратура, предназначенные для определения комплекса разработанных показателей, методические приемы расчета показателей пласта по известному содержанию в нем слагающих компонентов и классификации пластов по сопротивляемости резанию, абразивности, способности к измельчению, степени хрупкости углей различных бассейнов и угольной промышленности в целом.

Во второй части приведен фактический справочный материал по отдельным шахтам и пластам. В качестве основной классификационной единицы принят шахтопласт, характеризуемый следующими показателями: наименование (индекс), технологическая марка угля, эксплуатационная мощность, угол падения, выход летучих, литологический тип пород кровли и почвы, тип и характеристика прослойков и твердых включений, сопротивляемость резанию угля и пласта, абразивность пласта, показатели способности к измельчению и хрупкости угля, классы по сопротивляемости резанию угля и пласта, категории по разрушаемости угля и пласта. Предусмотрена возможность использования содержащейся информации для информационного

обеспечения задач в системе АСУ, для чего бассейны, объединения, шахты и шахтопласты снабжены кодами в соответствии с действующим кодификатором.

Такое изложение материала позволит решать различные задачи, требующие знания характеристик разрушаемости угольных пластов как в целом по отрасли и отдельным бассейнам, так и по отдельным шахтам и шахтопластам.

2. КОМПЛЕКС ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ УГЛИ И УГОЛЬНЫЕ ПЛАСТЫ КАК РАЗРУШАЕМЫЕ СРЕДЫ

Как указывалось ранее, знание показателей, характеризующих угли и пласты как разрушаемые среды, необходимо для решения различных задач горного производства, отличающихся по своей физической сущности. С увеличением числа задач, для решения которых разрабатываются инженерные методы расчета [5, 6], естественным явилось создание новых методов оценки углей и пластов, количественно отражающих тот или иной физический процесс.

В настоящее время разработаны методы и аппаратура для определения комплекса следующих показателей [7]:

сопротивляемости углей и пластов резанию;

степени хрупкости углей при резании;

содержания и свойств твердых включений;

абразивности угольных пластов;

способности углей к измельчению.

При разработке методов исходили из общего методологического принципа, что получаемые в процессе экспериментального определения показатели должны отражать структурные особенности, свойства и состояние разрушаемого пласта и одну из главных его особенностей - существенную вариацию свойств.

Разработанные методы позволяют комплексно оценивать пласты как простого, так и сложного строения.

Для пластов простого строения комплекс характеристик может быть ограничен четырьмя показателями - сопротивляемостью угля резанию, абразивностью, степенью хрупкости, способностью к измельчению.

Для пластов сложного строения определению подлежат: сопротивляемость резанию угля, прослойков, включений и пласта в целом; форма, размеры, тип и объемное содержание твердых включений; литологический тип и объемное содержание в пласте прослойков; абра-

зивность угля, включений, прослойков и пласта в целом; степень хрупкости угля; способность угля к измельчению.

В зависимости от типа задач проектирования и эксплуатации используются численные значения тех или иных показателей разрушаемости.

Некоторые задачи, связанные с расчетом и эксплуатацией выемочных машин, и используемые при их решении показатели, а также характеристики углей приведены в табл. I.

Таблица I

Задачи	Используемые показатели и характеристики разрушаемости
Расчет средних и максимальных нагрузок на режущий инструмент и исполнительный орган	$\bar{A}_{пл}$, $\bar{A}_{в}$, $K_{от}$, B, $\bar{A}_{вкл}$, тип, размеры включений, распределение включений
Расчет теоретической и эксплуатационной производительности выемочных машин	$\bar{A}_{пл}$, B, ρ, S^{*}, $\bar{S}$, n, $\nu_{\bar{A}}$
Определение спектра эксплуатационной нагруженности выемочных машин	$\bar{A}_{пл}$, $\bar{A}_{в}$, $\bar{A}_{вкл}$, $K_{от}$, S^{*}, $\nu_{\bar{A}}$, B
Расчет эксплуатационной надежности режущего инструмента	ρ, $\bar{S}$, S^{*}, $\bar{A}_{пл}$
Расчет сортности угля, добываемого выемочными машинами	m, $K_{от}$

Примечание. В таблице обозначены: $\bar{A}_{пл}$ – средняя сопротивляемость пласта резанию, кгс/см; $\bar{A}_{в}$ – сопротивляемость резанию в зоне работы исполнительного органа машины, кгс/см; $K_{от}$ – коэффициент отжима; B – показатель степени хрупкости угля; $\bar{A}_{вкл}$ – сопротивляемость резанию включений, кгс/см; ρ – показатель абразивности угля или пласта, мг/км; S^{*} – удельное содержание в пласте включений или прослойков, %; $\bar{S}$ – среднее значение площади включений, $см^2$; $\nu_{\bar{A}}$ – коэффициент вариации сопротивляемости резанию, %; m – показатель способности угля к измельчению; n – удельное содержание включений, шт/100 м.

3. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ УГЛИ И УГОЛЬНЫЕ ПЛАСТЫ КАК РАЗРУШАЕМЫЕ СРЕДЫ

В разделе приведены методические принципы определения основных показателей, используемых для оценки угольных пластов как сред, разрушаемых механическим способом, в частности горнорежущими инструментами; некоторые специальные приемы определения показателей, пределы их изменения и наиболее часто встречающиеся

значения. Дано описание расчетных методов определения некоторых показателей для пластов сложного строения. Применение таких методов, обеспечивающих достаточную для практики точность, стало возможным благодаря обобщению значительного количества экспериментальных определений с установлением статистически достоверных корреляционных связей.

Применяемая аппаратура и приемы работы подробно описаны в соответствующих методиках [2, 8, 9, I0].

3.I. Определение сопротивляемости резанию углей и угольных пластов

Под сопротивляемостью резанию углей и угольных пластов понимают их способность противостоять механическим воздействиям, возникающим в процессе резания. Сопротивляемость резанию является совокупным критерием, отражающим действие многих факторов, сопутствующих процессу разрушения. Выполненные исследования [3] показали, что основные факторы, влияющие на сопротивляемость угольных пластов резанию, можно разделить на природно-генетические, характеризующие свойства среды, и горнотехнологические, предопределяющие состояние массива в момент добывания. Необходимость учета горнотехнологических факторов вызвана тем, что под действием давления, миграции газа и перераспределения напряженного состояния сопротивляемость резанию существенно меняется. К числу основных природно-генетических факторов относят: исходный материал угленакопления, степень метаморфизма, тип прослойков и твердых минеральных включений, трещиноватость.

Основные горнотехнологические факторы подразделяются на горные, обусловливающие проявление отжима, и технологические, позволяющие в известной степени управлять интенсивностью отжима. К первой группе относят: глубину залегания угольного пласта, свойства и строение боковых пород, мощность и строение пласта, газонасыщенность пласта, геотектонику участка и т.п.;ко второй - ширину призабойного пространства, параметры призабойной крепи, скорость подвигания забоя, наличие целиков в окрестности очистного забоя, способ ведения производственного процесса, время обнажения забоя и т.п. Отмеченные факторы, совокупно действующие в пространстве и во времени, обусловливают как общий уровень сопротивляемости резанию в массиве, так и значительную ее изменчивость, также проявляющуюся в пространстве.

Таким образом, сопротивляемость резанию является не имманентным свойством среды, а функцией, зависящей от природно-генетических факторов и горнотехнологических условий разработки. Этот принцип был положен в основу практического метода определения сопротивляемости резанию.

Исследования, выполненные ИГД им. А.А. Скочинского [I, 3], позволили обосновать в качестве метода определения сопротивляемости резанию проведение в условиях забоя испытаний при помощи специальных приборов, принцип действия которых близок к процессу разрушения угольных пластов исполнительными органами угледобывающих машин.

В качестве показателя сопротивляемости резанию принято приращение силы резания на один сантиметр толщины стружки при резании в стандартных условиях

$$A = \frac{Z}{h}, \qquad (I)$$

где A – показатель сопротивляемости резанию, кгс/см;

Z – сила резания, кгс;

h – толщина стружки, см.

Поскольку в призабойной части действующего очистного забоя за счет ведения горных работ, перераспределения опорного давления и других факторов имеет место изменение сопротивляемости по сравнению с сопротивляемостью резанию в глубине массива, то для получения представительных оценок, необходимых для расчета параметров и определения области применения машин, методикой предусмотрено определение следующих показателей:

I) сопротивляемость резанию в неотжатой зоне массива очистного забоя ($\bar{A}$, кгс/см) – характеристика, определяемая в зоне массива, где практически не проявляется отжим, является наиболее стабильной, в силу чего используется в качестве основного признака при классификации углей по сопротивляемости;

2) сопротивляемость угля резанию в призабойной части массива $\bar{A}_в$, кгс/см. Экспериментально установлено, что в призабойной части массива имеет место снижение сопротивляемости резанию. Зона, в которой наблюдается такое явление, называется зоной отжима. Установлено также, что глубина зоны отжима обычно составляет 0,4–0,6 мощности пласта.

Поскольку исполнительные органы выемочных машин частично или полностью разрушают уголь в пределах зоны отжима, сопротивляемость угля резанию в пределах ширины захвата B исполнительного органа определяется по выражению

$$\bar{A}_B = K_{от} \cdot \bar{A} \text{ кгс/см}, \qquad (2)$$

где $\bar{A}_B$ – сопротивляемость угля резанию в пределах ширины захвата исполнительного органа, кгс/см;

$\bar{A}$ – сопротивляемость резанию в неотжатой зоне массива угля действующего очистного забоя, кгс/см;

$K_{от}$ – коэффициент отжима, учитывающий снижение сопротивляемости резанию при данной ширине захвата по сравнению с сопротивляемостью резанию неотжатого массива и устанавливаемый на основе тех же определений, что и $\bar{A}$, используя которые, можно определить зависимости $K_{от} = f(B)$ или $K_{от} = f(B/H_{пл})$. Последние, как показали исследования, имеют вид

$$K_{от} = K_{от.о} + \frac{B/H_{пл} - C}{B/H_{пл} + d}, \qquad (3)$$

где $K_{от.о}$ – значения коэффициента отжима у кромки забоя;

C и d – коэффициенты, зависящие от свойств угля и горнотехнологических условий выемки.

Расчетные методы определения значения $K_{от}$ для различных условий приведены в работе [3];

3) сопротивляемость резанию в выработках, находящихся в целиках, определяется впереди очистных забоев (в штреках) или во вновь пройденных разрезах лав, т.е. в таких условиях, где изменение сопротивляемости под действием горного давления и горнотехнологических факторов незначительно. Полученный в таких условиях показатель сопротивляемости резанию (A, кгс/см) может использоваться при расчетах машин, работающих в штреках и камерах, расположенных в целиках.

В результате сравнительных определений между показателями A и $\bar{A}$ установлена связь вида $A = \bar{A}/K_{г.р}$, где $K_{г.р}$ – коэффициент, учитывающий изменение сопротивляемости резанию в очистном забое по сравнению с сопротивляемостью резанию угля в выработках, находящихся в целиках. Для углей различных марок экспериментально установленные средние значения $K_{г.р}$ находятся в пределах 0,8–0,95.

Приборы для определения сопротивляемости резанию. Определение показателей сопротивляемости резанию производится при помощи аппаратуры, разработанной ИГД им. А. А. Скочинского: приборов типа ДКС [I] и динамометрического сверла СДМ-I [2]. Как показала многолетняя практика исследований, при помощи установки ДКС могут быть получены все характеристики, необходимые для расчета исполнительных органов угледобывающих машин. Однако из-за громоздкости, сложности проведения испытаний и трудности определения показателей сопротивляемости резанию на различных глубинах в пределах захвата исполнительного органа машины установки ДКС используются в основном для исследовательских целей. Для практических целей широкое применение нашли динамометрические сверла СДМ-I, посредством которых выполнены все измерения, приведенные в настоящей работе. Принцип действия прибора СДМ заключается в разбуривании предварительно пробуренного шпура специальной коронкой диаметром 62 мм с постоянной подачей и с записью момента сопротивления резанию. В настоящее время ИГД им. А.А. Скочинского и ДонУГИ разработана усовершенствованная аппаратура АСР.

Классификация углей по сопротивляемости резанию. Изложенный метод оценки сопротивляемости уже более 15 лет является основным и применяется всеми институтами отрасли. Систематизация и обобщение экспериментальных данных показали, что средние значения сопротивляемости резанию $\bar{A}$ находятся в границах от 10–15 до 480–500 кгс/см. Специальным анализом с привлечением методов математической статистики была обоснована возможность применения классификационной шкалы, приведенной в табл. 2, в соответствии с которой все угли по сопротивляемости резанию разделены на 8 классов. В соответствии с этой шкалой произведено разделение шахтопластов на классы (см. II часть работы).

Таблица 2

Классы	I		II		III		IУ	У	УI	УII	УIII
Сопротивляемость угля резанию, кгс/см	0 – 60		6I–I20		I2I–I80		I8I–240	24I–300	30I–360	36I–420	42I и более
Подклассы	*а*	*б*	*а*	*б*	*а*	*б*	–	–	–	–	–
Сопротивляемость угля резанию, кгс/см	0–30	3I–60	6I–90	9I–I20	I2I–I50	I5I–I80					

Определение сопротивляемости резанию пластов, содержащих прослойки. Средняя сопротивляемость резанию пластов, содержащих прослойки, в общем случае может быть определена по формуле

$$\bar{A}_{пл} = \frac{\Sigma \bar{A}_{уг} h_{уг} + \Sigma \bar{A}_{пр} h_{пр}}{h_{уг} + h_{пр}} \text{ кгс/см}, \qquad (4)$$

где $\bar{A}_{уг}$, $\bar{A}_{пр}$ – сопротивляемость резанию угольных пачек и породных прослойков, кгс/см;

$h_{уг}$, $h_{пр}$ – соответственно мощность пачек угля и прослойков, м.

В случаях, когда сопротивляемость резанию прослойков соизмерима с сопротивляемостью резанию углей ($A \leqslant 500$ кгс/см), значения $\bar{A}_{пр}$ могут быть определены экспериментально при помощи приборов СДМ, а величины $\bar{A}_{пл}$ достаточно точно рассчитываются по формуле (4).

Для более крепких пород, а также при отсутствии экспериментальных значений $\bar{A}_{пр}$ можно приближенно определить величины $\bar{A}_{пр}$. В табл.3 для типичных пород, слагающих прослойки и твердые включения, приведены осредненные данные по сопротивляемости резанию, полученные ИГД им.А.А.Скочинского и бассейновыми институтами. Минимальные значения относятся к слабым, максимальные – к крепким разновидностям пород и твердых включений.

Таблица 3

Бассейны	Пределы изменения сопротивляемости резанию углей, прослойков и твердых включений (А, кгс/см)						
	уголь (сланец)	углистый аргиллит	аргиллит	алевролит	песчаник	известняк	твердые включения
Донецкий (УССР)	20–400	70–250	120–350	200–500	380–1000	300–600	500–2000
Донецкий (РСФСР)	80–340	70–250	150–400	250–550	400–1100	–	
Кузнецкий	50–300	150–200	170–250	300–600	800–950	–	600–900
Карагандинский	70–200	150–200	250–400	400–700	600–1000	–	–
Кизеловский	140–540	150–300	200–400	350–600	–	–	–
Челябинский	50–150	150–200	100–250	100–350	–	–	500–1000
Прибалтийский сланцевый	200–300	–	–	–	–	400–700	400–700

Для ускорения и упрощения расчетов сопротивляемости резанию угольного пласта разработана номограмма (рис. 1), имеющая две серии шкал – сопротивляемости резанию (горизонтальные) и объемного содержания прослойков (наклонные). Расчет сопротивляемости угольного пласта резанию при известных значениях $\bar{A}_{уг}$, $\bar{A}_{пр}$ и процентного содержания прослойков в пласте производится следующим

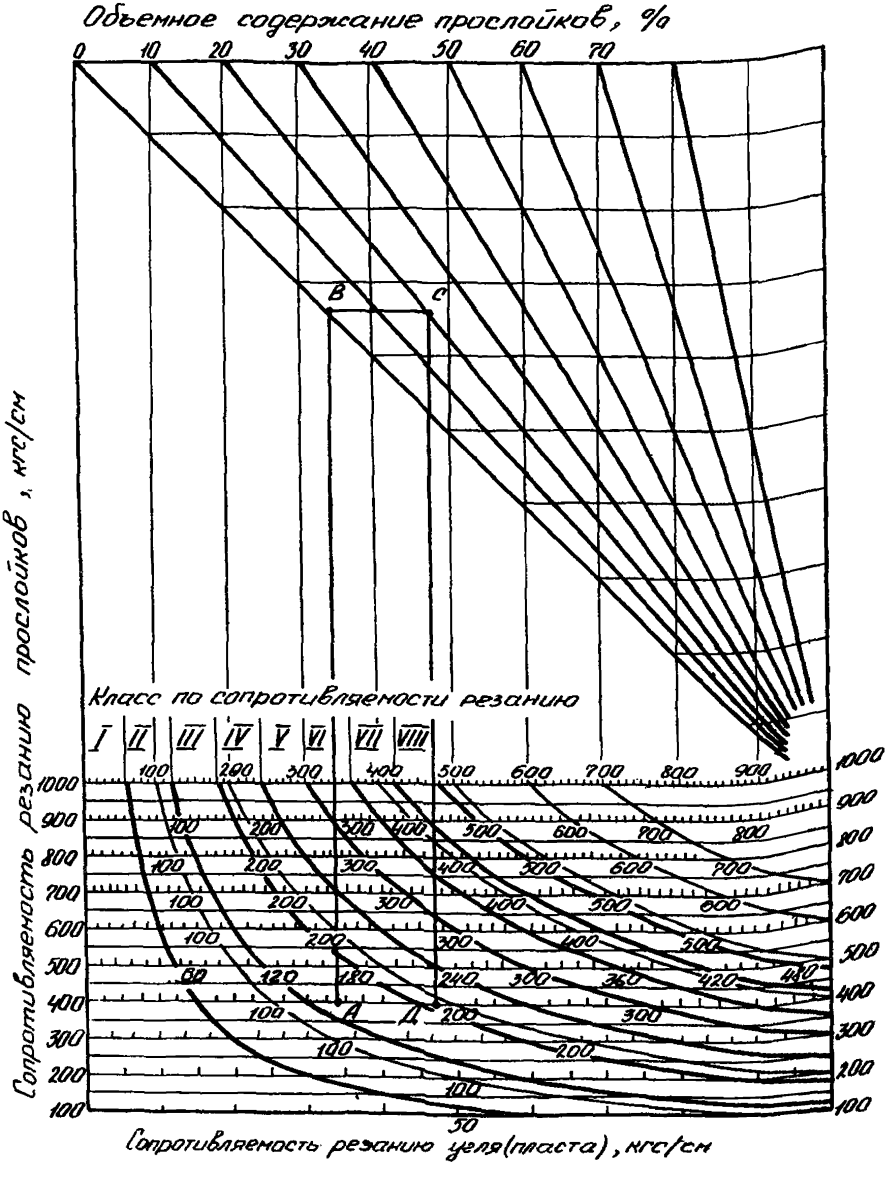

Рис. I. Номограмма для определения сопротивляемости резанию пластов, содержащих прослойки

образом. На горизонтальной шкале, соответствующей сопротивляемости резанию прослойка, отмечают точку, соответствующую средней сопротивляемости резанию угля данного пласта $\bar{A}_{уг}$ (точка A), из которой восстанавливают перпендикуляр до пересечения с наклонной прямой нулевого содержания (точка B). Из точки B проводят горизонтальную прямую до пересечения с прямой объемного содержания прослойков (точка C) и опускают перпендикуляр на исходную шкалу. Значение сопротивляемости резанию в точке пересечения $Д$ является искомой величиной $\bar{A}_{пл}$.

Приведенная методика использована во втором разделе работы для определения значений $\bar{A}_{пл}$ в случаях, когда экспериментальные значения $\bar{A}_{пр}$ отсутствовали. Анализ показал, что наибольшее влияние прослойки на изменение сопротивляемости резанию $\bar{A}_{пл}$ оказывают на пластах с углями малой (I–III класса) сопротивляемости резанию $\bar{A}_{уг}$.

Определение сопротивляемости резанию пластов, содержащих твердые включения. Поскольку в угольных пластах встречаются твердые включения различных генетических типов, размеров и формы в расчете сопротивляемости пласта резанию $\bar{A}_{пл}$ используются значения сопротивляемости резанию включений, их размеры и содержание в пласте. При этом выделено три характерных случая.

I. Мелкие включения (0,5–3,0 см) относительно равномерно распределены по всему пласту. Резание таких включений резцами, как правило, не вызывает значительных мгновенных нагрузок в трансмиссиях выемочных машин. Определение сопротивляемости резанию пласта, состоящего из угля и большого количества вкрапленных в него включений такой крупности, возможно существующими приборами (например СДМ) с достаточной точностью. Значения $\bar{A}_{пл}$ определяется как среднее из определений $\bar{A}_{уг}$ по пласту.

2. Значительная часть пластов содержит включения, сопротивляемость резанию которых превышает 500 кгс/см, а размеры превышают размеры шпура, буримого прибором СДМ. В этом случае экспериментальное определение значений $\bar{A}_{вкл}$ затруднено и величины $\bar{A}_{пл}$ рассчитываются с использованием данных, полученных с помощью установок ДКС.

Накопленные в настоящее время экспериментальные данные позволили сделать обобщения (табл. 4), характеризующие влияние твердых включений средних размеров на сопротивляемость пластов резанию. Используя эти данные, сопротивляемость резанию пластов,

содержащих включения средних размеров, приближенно можно определять по выражению

$$\bar{A}_{пл} = (1 \pm K_н \cdot \nu_d) \cdot d \cdot \bar{A}_{уг} \text{ кгс/см}, \qquad (5)$$

где $K_н$ – стандартное отклонение.

Значение $K_н$ и знак в скобках должны приниматься в зависимости от удельного содержания включений в сечении пласта и необходимой точности решений. Для целей горной технологии достаточно принимать $K_{н\,max} = 2\text{–}2{,}5$, а значения d и ν_d для разных $\bar{A}_{уг}$ могут быть взяты из табл. 4.

Таблица 4

Показатели	Классы угля по сопротивляемости резанию						
	I	II	III	IУ	У	УI	УII
Средняя сопротивляемость резанию $\bar{A}_{уг}$, кгс/см	30	90	I50	2I0	270	330	390
Пределы изменения сопротивляемости резанию пластов с включениями $A_{пл}$, кгс/см	40–I20	I00–I70	I50–2I0	2I0–260	270–320	330–370	390–430
Средние значения	55	I35	I80	235	295	350	4I0
Отношение $d = \frac{\bar{A}_{пл}}{\bar{A}_{уг}}$	I,90	I,50	I,20	I,I2	I,09	I,06	I,03
Коэффициент вариации ν_d значений d	0,I30	0,090	0,060	0,035	0,028	0,0I9	0,0I5

Наличие рассматриваемых включений наиболее существенно увеличивает среднюю сопротивляемость резанию пластов со слабыми углями.

3. Часть пластов содержит консолидированные крупные твердые включения в форме линз, окатышей и реже валунов. Такие условия являются наиболее трудными для применения выемочных машин. Трудность разрушения пласта связана не столько с общим ростом сопротивляемости его резанию, сколько с резким увеличением общего расхода горнорежущего инструмента в связи с возникновением кратковременных максимальных нагрузок высокого уровня. Если известны сопротивляемость резанию твердых включений и их объемное содержание в пласте, то с некоторыми допущениями среднюю сопротивляемость резанию пласта можно рассчитать по формуле (6)

$$\bar{A}_{пл} = \bar{A}_{уг}\left(1 + K' \frac{\Sigma V_{вкл}}{B H_{пл} L}\right) \text{ кгс/см}, \qquad (6)$$

где $\Sigma V_{вкл}$ – объем крупных твердых включений в пласте, м^3;

$(BH_{пл}L)$ – объем вынимаемой полосы угля, м^3;

$K' = \frac{\bar{A}_{вкл}}{\bar{A}_{уг}}$ – коэффициент, учитывающий увеличение сопротивляемости резанию твердого включения по сравнению с углем [6].

В первом приближении в качестве меры, характеризующей относительное содержание в пласте крупных твердых включений, может быть принята величина

$$S^* = \Sigma S / L H_{пл},$$

где ΣS – суммарная площадь включений в плоскости лавы, м^2;

$LH_{пл}$ – продольное сечение вынимаемой полосы угля, м^2.

С учетом изложенного расчетное выражение (6) может быть представлено в виде

$$\bar{A}_{пл} = A_{уг}(1 + S^* K') \text{ кгс/см}. \qquad (7)$$

Определение значений S^* производится путем натурных измерений по специальной методике [8]. Удельное содержание включений S^* находится в пределах 0,002-0,030, а сопротивляемость резанию твердых включений достигает 1600-2000 кгс/см. Исходя из этих данных определены значения отношений $A_{пл}/A_{уг}$, используя которые возможно установить среднюю сопротивляемость резанию пластов, имеющих крупные твердые включения различного содержания S^* (рис. 2).

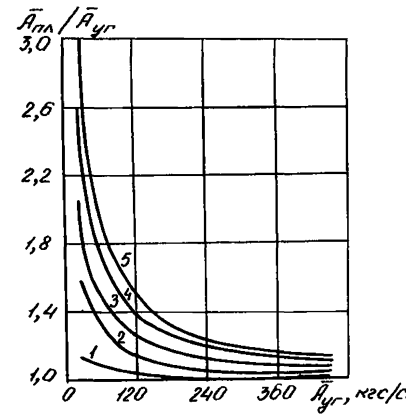

Рис. 2. Отношение сопротивляемости резанию пласта $\bar{A}_{пл}$ и угля $\bar{A}_{уг}$ при различных содержаниях S^* крупных твердых включений:

1 – $S^* = 0{,}002$; 2 – $S^* = 0{,}008$;
3 – $S^* = 0{,}014$; 4 – $S^* = 0{,}022$;
5 – $S^* = 0{,}028$

4. Среднюю сопротивляемость резанию пластов сложного строения, содержащих как прослойки, так и включения, возможно определять, используя выражения (4), (5) и (7). Для большинства обследованных пластов во II части работы приведены значения сопротивляемости резанию с учетом наличия прослойков и включений.

При классификации угольных пластов по сопротивляемости резанию целесообразно использовать те же количественные и качественные критерии, которые принимались для углей. Наличие прослойков и включений приведет лишь к изменению численных значений классов сопротивляемости резанию, принцип же оценки по существу не изменится. Следуя этому принципу, при классификации пластов по сопротивляемости резанию (см. II часть работы) использована шкала, приведенная в табл. 2.

Изменчивость сопротивляемости угля резанию. В пределах выемочной полосы, снимаемой угледобывающей машиной, изменчивость показателей сопротивляемости резанию, приведенная к исполнительному органу, с точностью, достаточной для инженерных расчетов, может быть описана нормальными статистическими распределениями с плотностью вероятности [3]

$$\varphi(\bar{A}_{Bи.o}) = \frac{}{\sqrt{2\pi\left(\frac{\sigma_{Ai}}{n_{PP}} + \sigma_L^2\right)}} \exp\left[-\frac{(\bar{A}_{Bi} - \bar{A}_B)^2}{2\left(\frac{\sigma_{Ai}}{n_{PP}} + \sigma_L^2\right)}\right], \qquad (8)$$

где σ_{Ai} – среднее квадратичное отклонение сопротивляемости резанию по площади выемки в отдельной точке, кгс/см;

σ_L – среднее квадратичное отклонение сопротивляемости резанию по длине лавы, кгс/см;

n_{PP} – число одновременно режущих резцов;

В соответствии с (8) могут быть определены значения:

суммарной дисперсии сопротивляемости угля резанию

$$\sigma^2_{\bar{A}_{Bи.o}} = \frac{\sigma^2_{Ai}}{n_{PP}} + \sigma_L^2 ; \qquad (9)$$

частных и суммарного коэффициентов вариации показателей сопротивляемости угля резанию

$$\left.\begin{aligned} \nu_{Ai} &= \frac{\sigma_{Ai}}{\bar{A}_B\sqrt{n_{PP}}} \\ \nu_L &= \frac{\sigma_L}{\bar{A}_B} \\ \nu_{Aи.o} &= \frac{\sigma_{\bar{A}_{Bи.o}}}{\bar{A}_B} = \sqrt{\frac{\nu^2_{Ai}}{n_{PP}} + \nu^2_L} \end{aligned}\right\} \qquad (10)$$

пределов изменения показателей сопротивляемости угля резанию для исполнительного органа

$$П_{и.о} = \bar{A}_в \pm 2\sigma_{\bar{A}в и.о} = \bar{A}_в (1 \pm 2 V_{\bar{A}и.о}); \qquad (II)$$

относительного коэффициента изменчивости

$$K_{изм.и.о} = \frac{\bar{A}_в + 2\sigma_{\bar{A}в и.о}}{\bar{A}_в - 2\sigma_{\bar{A}в и.о}} = \frac{1 + 2V_{\bar{A}и.о}}{1 - 2V_{\bar{A}и.о}}. \qquad (12)$$

Анализ экспериментальных данных показал [3], что в зависимости от сопротивляемости резанию и степени хрупкости угля значения V_{A_i} находятся в пределах 0,47-0,25, а V_L - 0,25-0,12 (как правило, большие значения соответствуют хрупким углям малой сопротивляемости резанию), а с увеличением значений средней сопротивляемости резанию степень их изменчивости снижается. В табл. 5 приведены осредненные данные значений коэффициентов вариации сопротивляемости резанию углей различных типов.

Таблица 5

Категория угля	Коэффициенты вариации $V_{\bar{A}и.о}$ при сопротивляемости угля резанию $\bar{A}$, кгс/см				
	60	120	180	240	300
Вязкий	0,26	0,20	0,18	0,15	0,13
Хрупкий	0,44	0,38	0,35	0,29	0,23

Используя приведенные данные, можно прогнозировать не только средние значения показателей сопротивляемости резанию, но и закономерности их изменчивости в пределах выемочной полосы. Установлено, что наибольшую изменчивость показателей сопротивляемости угля резанию имеют слабые угли коксовых марок и антрациты. У вязких углей марок Г, Д в Донецком, Карагандинском и Кузнецком бассейнах она несколько ниже и, как показывают расчеты, значения $K_{изм_{и.о}}$ не выходит за пределы 2,5-3,0. Значения $K_{изм}$, равные 3,0-3,5, могут использоваться в качестве исходных при расчетах, связанных с изменчивостью показателей сопротивляемости резанию в пределах выемочной полосы.

3.2. Определение степени хрупкости углей

Известно, что производительность угледобывающих машин при прочих равных условиях существенно зависит от энергоемкости процесса резания, которая обусловлена, с одной стороны, действующи-

ми усилиями, т.е. сопротивляемостью угля резанию, а с другой – сечениями срезаемых стружек, зависящими от степени хрупкости угля.

Согласно принятой методике расчета усилий и энергоемкости при резании [I, II], хрупкость углей определяется по величине углов бокового развала борозды резания резцом прибора ДКС в стандартном режиме с поверхности забоя.

Удельные энергозатраты на резание при этом определяются по выражению

$$H_w = \frac{Z \cdot L}{V} = \frac{A}{b + h\,tg\psi} \text{ кгс.см/см}^3, \qquad (13)$$

где V – объем разрушенного угля, см^3;

b = 2 см – ширина режущей части резца ДКС;

h – толщина стружки, см;

Z – усилие резания, кгс;

A – показатель сопротивляемости угля резанию, кгс/см;

L – путь резания, см;

ψ – угол бокового развала борозды резания, град.

Экспериментально установлено [I2], что величина угла бокового развала зависит от толщины стружки

$$tg\psi = B h^{-0,5} \qquad (14)$$

и, следовательно,

$$H_w = \frac{A}{b + h^{0,5} B} \text{ кгс.см/см}^3. \qquad (15)$$

Из анализа выражения (I5) следует, что при постоянных режимных параметрах bh величина удельных энергозатрат на резание всецело определяется сопротивляемостью резанию A и величиной B, которая может трактоваться как показатель степени хрупкости угля при резании. Чем больше величина B, тем меньше, при прочих равных условиях, энергозатраты на резание и тем более хрупким является разрушаемый уголь.

Таким образом, под степенью хрупкости угля применительно к формированию удельных энергозатрат на резание следует понимать его способность разрушаться с определенной удельной энергией при одной и той же сопротивляемости резанию и постоянных режимных параметрах. При этом в соответствии с (I4) и (I5) величина B трактуется как показатель, характеризующий степень хрупкости угля, инвариантный к режимам резания. Количественно величина показате-

ля B равна тангенсу угла бокового развала при толщине стружки, равной I см.

Значения показателя степени хрупкости B для конкретных угольных пластов могут определяться по формуле (I4). При этом $tg\psi$ определяется с помощью установок типа ДКС [I]. В связи с трудоемкостью производственных испытаний такие определения, выполненные в ограниченном объеме, были использованы при обосновании качественного деления углей на три группы по степени хрупкости (вязкие, хрупкие, весьма хрупкие) [3, 4]. При разделении учитывались также косвенные характеристики - степень метаморфизма угля и особенности залегания пластов в различных бассейнах страны. Такое разделение, достаточное для проектировочных расчетов, не позволяет точно относить конкретные шахтопласты к той или иной группе.

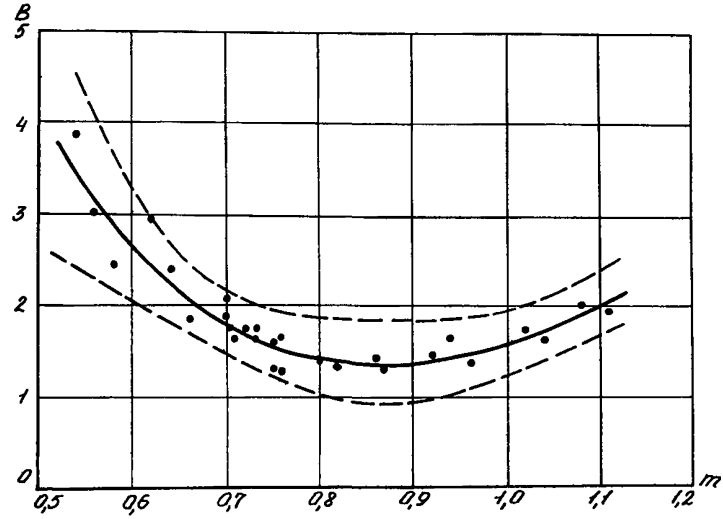

Рис. 3. Корреляционная зависимость показателей степени хрупкости угля B и способности его к измельчению m

В результате выполненных экспериментальных исследований разработан инженерный метод определения показателя степени хрупкости угля [I2], основанный на установленной корреляционной связи (рис. 3) этого показателя с величиной показателя способности угля к измельчению m:

$$B = \frac{e^{2,3m}}{m^2} - 8,4. \qquad (I6)$$

Значения показателя способности угля к измельчению[x] определяются по результатам ситовых анализов эксплуатационных проб, отобранных по ГОСТ I6094-70 при работе угледобывающих машин, основанных на принципе резания.

Во II части работы для обследованных шахтопластов приведены значения показателя степени хрупкости, определенные по настоящей методике. Значения B для различных углей изменяются в пределах I,35-7,3.

При использовании градации, принятой в ОСТ I2.47.00I-73, к группе вязких следует относить шахтопласты при значениях B менее 2,I; к группе хрупких - при B от 2,I до 3,5 и к группе весьма хрупких - при B более 3,5.

3.3. Установление категорий разрушаемости углей и угольных пластов

Под разрушаемостью при резании следует понимать способность углей и угольных пластов при прочих равных условиях разрушаться режущими инструментами с определенными удельными энергозатратами на резание.

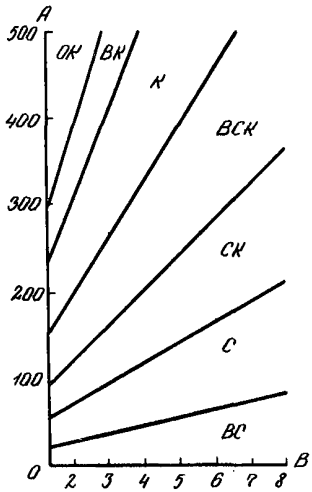

Рис. 4. Номограмма для определения категорий разрушаемости углей и пластов

В соответствии с формулой (I5) характеристиками, определяющими, при равных режимных параметрах, уровень удельных энерго-

x) См. п. 3.6.

затрат на резание, являются показатели сопротивляемости резанию и степени хрупкости. С учетом этих факторов в работах [3, 4] предложено делить все угли (пласты) на семь категорий по разрушаемости – от весьма слабых до особо крепких. За основу при делении принималась относительная энергоемкость резания.

Разработка метода количественной оценки степени хрупкости углей позволяет существенно уточнить определение категории разрушаемости углей и угольных пластов.

На рис. 4 приведена номограмма для определения категории разрушаемости угля или угольного пласта. Количество категорий, как и ранее [3, 4], принято равным семи, а линии, ограничивающие зоны каждой категории, представляют собой линии равных удельных энергозатрат. Относительные энергоемкости резания углей (пластов) разных категорий (в долях от энергоемкости наиболее распространенной категории ВСК) приведены в табл. 6.

Таблица 6

Категория разрушаемости углей	Весьма слабые (ВС)	Слабые (С)	Средней крепости (СК)	Выше – средней крепости (ВСК)	Крепкие (К)	Весьма крепкие (ВК)	Особо крепкие
Относительная энергоемкость резания	0,I5	0,35	0,65	I,00	I,45	I,95	До 3,I

Определение категории шахтопласта по разрушаемости производится следующим образом: на номограмму наносится точка с координатами $\overline{A}_{уг}$ ($\overline{A}_{пл}$) и B и по ее положению на графике определяется категория разрушаемости.

По данной методике во П части работы для большинства обследованных шахтопластов установлены категории разрушаемости углей и пластов.

3.4. Определение свойств породных прослойков и твердых включений и их содержания в пластах

При расчете сопротивляемости резанию угольных пластов использованы показатели, характеризующие свойства прослойков и твердых включений и их содержание в пласте. Для определения этих показателей разработаны экспериментальные методы.

Определение содержания в пласте прослойков и их свойств. С целью получения информации о свойствах прослойков и их содержании в пласте разработана методика проведения замеров в действующих забоях [8], предусматривающая определение:

вынимаемой мощности пласта;

мощности каждой угольной пачки;

литологического типа прослойков;

мощности каждого типа прослойков;

изменчивости мощности пласта и прослойков по длине забоя;

сопротивляемости резанию прослойков или отбор проб прослойков для уточнения литотипа, петрографического описания и определения показателей физико-механических свойств прослойков.

Измерения мощности угольных пачек и прослойков производят с помощью линейки (рулетки) с ценой деления шкалы I см. Точность замеров не должна быть меньше цены деления линейки.

Средняя мощность пачек угля и прослойков определяется как средняя арифметическая величина из всех замеров по длине лавы при частоте измерений через I0–I5 м (но не менее I0 измерений). В случае, если мощность прослойков резко изменяется по длине лавы, участки увеличения (уменьшения) мощности в журнале наблюдений выделяются особо, с привязкой по длине лавы и мощности пласта. Особо выделяются также участки пережима пласта и выклинивания прослойков аргиллита и алевролита.

Погрешность измерения длины участков увеличения мощности прослойков не должна превышать 5%.

Шахтные наблюдения и измерения подлежат статистической обработке, в результате которой определяют:

а) среднюю мощность H (м) отдельных прослойков или пачек угля, рассчитываемую по формуле

$$H = \frac{\sum_{i=1}^{n} H_i}{n} = \frac{H_1 + H_2 + \ldots + H_n}{n}, \qquad (I7)$$

где H_i – значения мощности в точках измерения, м;

n – количество замеров;

б) среднюю вынимаемую мощность пласта

$$H_{пл} = \Sigma H_{у.п} + \Sigma H_{пр}, \qquad (I8)$$

где $H_{у.п}$ – суммарная мощность пачек угля;

$H_{пр}$ – суммарная мощность прослойков;

в) минимальные и максимальные значения мощностей пласта, угольных пачек и прослойков;

г) объемное содержание в пласте угля и прослойков;

д) сопротивляемость резанию прослойков $A_{пр}$ или средние значения прочности при сжатии, растяжении, контактной прочности;

е) литологический тип пород, слагающих прослойки;

ж) объемное содержание и характеристику пород на участках замещения и пережимов пласта и увеличение мощности прослойков с оценкой типа и крепости замещающих пород.

В случае, если в забое производится присечка кровли (почвы), выемка присухи (земника), отмечается литологический тип присекаемых пород, их мощность, соотношение объемов присечки угля.

Данные о наличии прослойков и пластах приведены во II части работы. С их учетом определены значения показателей сопротивляемости резанию пластов сложного строения.

Определение содержания в пласте твердых включений и их свойств. Твердыми включениями называют локализированные минеральные образования в пласте, сопротивляемость резанию которых значительно выше чем угля.

При оценке содержания и свойств твердых включений предусматривается [8]:

изучение минерало-петрографического состава, распространенности, особенностей расположения включений в пластах;

установление их размеров, формы, характера сцепления с массивом угля, закономерностей распределения включений по размерам;

определение сопротивляемости резанию или прочностных свойств включений, их литологического типа и минерало-петрографического состава;

установление закономерностей распределения твердых включений по мощности пласта, простиранию и падению.

Эти данные используются при установлении степени влияния типов и разновидностей твердых включений, их размеров и содержания на сопротивляемость угольных пластов резанию, производительность угледобывающих машин, надежность горнорежущего инструмента, технико-экономические показатели работы забоя.

Для определения размеров и типов включений в методике [8] принят метод планшетной съемки размеров включений на обнаженной поверхности забоя, представляющей собой случайное сечение пласта плоскостью. Учету подлежат все включения мощностью более 1,0 см и длиной более 5 см, включения, площадь среза которых более 5 см^2,

и твердые минеральные образования мощностью более 0,5 см, имеющие вытянутую форму (по напластованию или вкрест напластования).

При планшетной съемке измерению и определению подлежат: длина и мощность включений; расположение включения в плоскости забоя; форма и ориентировка включений; тип включения (литологическая разновидность).

Разнообразные формы включений (в сечении) для простоты сведены к трем типовым (кругу, эллипсу, прямоугольнику). Возникающие при измерениях ошибки носят случайный характер и подчиняются закону случайных величин.

Трещины шириной 0,5 см и более, заполненные крепкой породой (кальцит, кварц, пиритизированный материал), принято относить к включениям с регистрацией всех указанных параметров. При планшетной съемке каждое учитываемое включение привязывается в пространстве по двум координатам – расстояниям от начала лавы и от кровли пласта. Установлено [8], что для получения представительных данных планшетную съемку достаточно производить в течение трех циклов выемки, чередующихся через 1–2 цикла.

В результате обобщения данных наблюдений было установлено, что отношение суммы площадей всех включений в сечении забоя к суммарной площади поверхности забоя (удельное содержание, %) можно принять равным объемному содержанию включений в пласте, используемому при расчетах сопротивляемости резанию пласта.

Согласно методике [8] характеристиками содержания твердых включений в угольном пласте являются средние значения: удельного содержания (%), поперечного сечения ($см^2$), линейных размеров (длина и мощность, см), удельного количества (шт/100 м забоя). Поскольку в пределах выемочной полосы эти характеристики существенно варьируют, они должны описываться соответствующими статистическими распределениями.

Установлено, что средние значения удельного содержания, поперечного сечения и удельного количества твердых включений различных выемочных полос мало отличаются в пределах одного участка пласта, вследствие чего могут использоваться как классификационные признаки шахтопласта.

Обобщенные данные, характеризующие пределы изменения средних значений характеристик твердых включений в основных бассейнах страны, приведены в табл. 7.

Таблица 7

Бассейны	Пределы изменения средних значений основных параметров твердых включений				
	Удельное содержание, %	Поперечное сечение, $см^2$	Размеры, см		Количество включений, шт/100 м
			длина	мощность	
Донецкий	0,01-0,4	5-150	5-25	1-6	10-120
Кузнецкий	0,4-2,0	60-4300	50-110	10-50	10-30
Кизеловский	0,02-0,2	4-50	5-15	1-4	10-100
Челябинский	0,1-2,4	900-3900	30-100	30-50	5-20
Подмосковный	0,1-0,7	3-10	3-5	1-2	600-2700

Во II части работы для значительного количества обследованных шахтопластов приведены размеры и содержание твердых включений, использованные при определении сопротивляемости резанию пластов сложного строения.

3.5. Определение абразивности угольных пластов

Абразивность - специфическое свойство материалов. В процессе разрушения угольного пласта абразивность является основной причиной изнашивания инструментов и деталей машин при контактировании их с углем и минеральными составляющими пласта. Угольный пласт выступает как изнашивающая среда, а горнорежущий инструмент, узлы и детали машин - как элементы, подвергаемые износу. Определение абразивной способности угольных пластов осложнено тем, что пласт представляет собой сложную среду, состоящую из нескольких компонентов (уголь различного петрографического состава, прослойки пород, твердые минеральные включения различного типа), отличающихся на несколько порядков по способности изнашивать контактирующие с ними материалы. Кроме того, содержание отдельных компонентов, слагающих пласты, существенно варьирует. Эти обстоятельства обусловили ряд специфических требований, которые учитывались при разработке метода и аппаратуры оценки абразивности угольных пластов.

В 1970-1976 гг. в ИГД им.А.А.Скочинского проведен комплекс исследований, в результате которого разработаны [9, 13]:

метод определения абразивности угольных пластов;

аппаратура УИАМ-1 для определения показателя абразивности;

методика отбора проб, адекватных по строению пластам;

расчетный метод определения показателя абразивности пластов сложного строения.

Метод и аппаратура для определения абразивности прошли опытно-промышленную проверку в основных бассейнах страны, которая проводилась совместно с бассейновыми институтами ДонУГИ, ШахтНИУИ, КузНИУИ, НИИОГР, ПермНИУИ.

Метод определения абразивности базируется на изнашивании в заданном режиме эталонного материала из стали 45, нормированной твердости (HRC 24±I). В качестве изнашивающего материала используется проба, состоящая из раздробленных компонентов и адекватная пласту по объемному содержанию всех слагающих его компонентов. В процессе изнашивания поверхность контакта изнашивающая среда (проба) - эталон непрерывно обновляется путем вывода из рабочей зоны продуктов износа, а давление в контакте сохраняется постоянным. Такой процесс изнашивания в основном моделирует условия изнашивания горнорежущего инструмента при разрушении угольного пласта угледобывающими машинами. Основные положения метода осуществлены в установке УИАМ-I [9].

В качестве показателя абразивности принят весовой износ эталона Δ (мг) на пути трения ℓ, равном I км: $[\rho$ (мг/км)].

Методика отбора проб. Для определения абразивности угольного пласта в забое отбираются пробы всех компонентов, слагающих пласт. При этом основным требованием является структурное соответствие пробы исследуемому пласту.

Перед отбором пробы должна быть установлена фактическая структурная колонка пласта, в соответствии с которой определяется количество точек отбора по мощности пласта. При составлении фактической структурной колонки должны учитываться: сведения об объемном содержании всех компонентов, слагающих пласт (в том числе объемное содержание твердых включений по результатам планшетной съемки - п.3.4), и данные о петрографических характеристиках угля и литотипах пород и твердых включений. Количество точек отбора по мощности пласта должно быть не менее двух (на пластах простого строения, не разделенных на пачки).

По длине лавы пробы отбираются на пластах:

простого строения - с интервалами 40-50 м, не менее чем в трех точках;

сложного строения - с интервалами 25-35 м, не менее чем в пяти точках.

В каждой точке по длине лавы вес пробы должен составлять не менее 2,5 кг, а вес компонентов из отдельных пачек - не менее

0,5 кг. При наличии в пласте твердых включений отбираются образцы всех типов общим весом не менее 0,5 кг.

Определение абразивности пласта состоит из следующих этапов:

раздельного дробления каждой пробы (уголь, прослойки, твердые включения) и последующего рассева с выделением фракций 2-5 мм для угля и 1-2 мм для пород и твердых включений;

формирования рабочей пробы для определения абразивности, заключающегося в смешении исходных компонентов пропорционально их объемному содержанию (со структурной колонке в данной точке) и тщательном перемешивании;

разделения пробы на навески, используемые для определения абразивности на установке УИАМ-I;

проведения опытов по изнашиванию эталонов в режиме, указанном в технической характеристике установки.

Для получения достоверных средних значений показателей абразивности по каждой пробе производится не менее 6 определений.

Среднее значение показателя абразивности $\bar{\rho}_j$ для отдельной пробы рассчитывается по формуле

$$\bar{\rho}_j = \frac{\sum_{i=1}^{n} \rho_i}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta_i / \ell_i}{n}, \qquad (19)$$

где ρ_i - показатель абразивности в единичном опыте,

Δ_i - потеря веса эталона (в мг) за время единичного опыта;

ℓ_i - путь трения в единичном опыте, км;

n - количество единичных опытов.

Показатель абразивности угольного пласта $\bar{\rho}_{пл}$ определяется как средняя величина из всех определений по отдельным пробам:

$$\bar{\rho}_{пл} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \rho_j}{N}, \qquad (20)$$

где N - количество отдельных проб.

Абразивность компонентов, слагающих угольный пласт. В табл.8 приведены результаты определения показателей абразивности компонентов, входящих обычно в угольные пласты. Из приведенных данных видно, что абразивность песчаников и пиритизированных пород отличается на I-2 порядка от абразивности углей, а абразивность кварца выше абразивности угля на 3 порядка.

Таблица 8

	Компоненты пласта	Средние пределы изменения абразивности ρ, мг/км	Примечания
Уголь	Чистый слабоминерализованный	20–40	Преимущественно Кузнецкого, Челябинского и Донецкого бассейнов
	Минерализованный. Микровключения пирита практически отсутствуют	60–80	Донецкого, частично Кизеловского и Подмосковного бассейнов
	С небольшим содержанием микровключений пирита	I00–I20	Частично Донецкого, преимущественно Подмосковного, Кизеловского и Печорского бассейнов
	Высокопиритизированный	I40–I60	Преимущественно Кизеловского и Печорского бассейнов
Прослойки	Аргиллит углистый	35–65	
	Крепкий аргиллит. Аргиллит с микровключениями пирита	II0–I90	
	Пиритизированный аргиллит Включения пирита от небольших зерен до включений размером 1х3 см	205–295	
	Алевролит	400–580	
	Переходные разности: алевролит – песчаник	I800–3200	
	Песчаник	4200–7400	
Твердые включения	Карбонатные	I00–370	Преимущественно в Донецком, Кузнецком, Челябинском бассейнах
	Карбонатно-пиритные	800–I400	Преимущественно в Донецком бассейне
	Пиритные	2260–3930	Преимущественно в Кизеловском, Подмосковном, частично в Донецком бассейнах
	Кремнистые	I9680–27920	Встречаются в восточной части Донецкого бассейна

Расчетный метод определения абразивности угольных пластов. Накопленный экспериментальный материал по оценке абразивности угольных пластов по пластовым пробам и отдельным компонентам, слагающим пласт, позволил обосновать возможность применения менее трудоемкого расчетного метода.

Если определено содержание (%) в пласте угля, прослойков и включений, то, не прибегая к формированию адекватной пласту навески, можно определить абразивность отдельных компонентов, а абразивность пласта определить по выражению

$$\bar{\rho}_{пл} = \bar{\rho}_{уг} h_{уг} + \rho_{пр} h_{пр} + \rho_{вкл} h_{вкл}, \qquad (21)$$

где $h_{уг}, h_{пр}, h_{вкл}$ – удельное содержание (в долях от единицы) каждого из компонентов.

Проведенные сравнительные исследования показали, что отклонения значений показателей абразивности, определяемых расчетным методом, находятся в пределах ±20% от значений, получаемых при экспериментальном определении этого показателя на установке УИАМ-I.

Для случая, когда значения абразивности отдельных компонентов не определены экспериментально с известными допущениями, значения $\rho_{пл}$ могут быть рассчитаны по средним значениям показателей абразивности углей, пород и включений, ранее установленным экспериментально для данного бассейна (см. табл. 8).

Таблица 9

	Компоненты пласта	Среднее значение абразивности ρ, мг/км	Коэффициент вариации ν, %
Прослойки	Аргиллит углистый	50	26,8
	Крепкий аргиллит		
	Аргиллит с микровключениями пирита	I50	27,6
	Пиритизированный аргиллит	250	I8,3
	Алевролит	490	I8,0
	Переходные разности:		
	алевролит-песчаник	2500	28,0
	Песчаник	5800	27,5
Твердые включения	Карбонатные включения	220	43,0
	Карбонатно-пиритные включения	II00	27,0
	Пиритные	3I00	27,0
	Кремнистые	24300	I9,0

В табл. 9 приведены средние значения показателей абразивности прослойков и включений и соответствующие им значения коэффициентов вариации. В случае, если геологический тип прослойка или включения установлен достаточно четко, а показатели абразивности угля определены экспериментально, расчетный метод дает удовлетво-

рительную сходимость с экспериментальными данными. Результаты расчетов, в которых используются средние значения показателей абразивности углей (см. табл. 8), должны рассматриваться как ориентировочные.

Во II части работы для конкретных шахтопластов приведены значения показателей абразивности $\rho_{m\lambda}$. Использование показателей абразивности в первую очередь связано с установлением закономерностей изнашивания и расхода инструментов, что в конечном счете сказывается на производительности выемочных машин.

3.6. Определение показателя способности угольных пластов к измельчению

Из практики добычи угля известно, что при работе однотипных комбайнов с одинаковой скоростью подачи в различных горногеологических условиях выход разрушенного угля одного и того же класса неодинаков. Запыленность воздуха в забоях тоже может быть существенно различна. Это в значительной мере объясняется различной способностью углей измельчаться при разрушении.

В результате специальных исследований установлено [10, 14], что в диапазоне крупности от -0,01 до +100 мм распределение зерен по их размерам в общей массе разрушенного резанием угля подчиняется статистическому закону распределения Вейбулла

$$W = 1 - exp\left(-\lambda d^{m}\right), \qquad (22)$$

где W – суммарный выход (в долях веса всей пробы) разрушенного угля, прошедшего через сито с отверстиями размером d, мм;

λ – параметр степени измельчения, зависящий от принятых способов и режимов резания;

m – постоянный для данного угля (пласта) параметр, характеризующий его способность к измельчению и не зависящий от способов и режимов резания.

Показатель способности угля к измельчению характеризует свойство распадаться в процессе резания на элементы (куски, зерна), образующие в совокупности определенную, присущую только данному типу угля, форму распределения гранулометрического состава, не зависящую от способа и режима резания.

По данным выполненных исследований, значения показателей способности угля к измельчению находятся в диапазоне от 0,4 до 1,3 при наиболее часто встречающихся показателях $m = 0{,}6 \div 0{,}85$. Угли с малыми (0,4–0,6) значениями показателя m характеризуются,

при прочих равных условиях, повышенным выходом мелких и пылевых (до 6 мм) классов, угли с m более 0,9 характерны малым выходом как крупных, так и мелких классов.

Определение среднего значения показателя способности угля к измельчению для конкретного шахтопласта производят в соответствии с методикой [10] графическим или расчетным методом путем обработки результатов ситового анализа не менее чем трех эксплуатационных проб необогащенного угля, отобранных в соответствии с ГОСТ 16094-70 из данного шахтопласта при работе угледобывающих машин, основанных на принципе резания. Отбор эксплуатационной пробы по ГОСТ 16094-70 в данном забое (лаве) должен осуществляться равномерно порциями в течение всего выемочного цикла. При отборе, доставке и хранении порций и эксплуатационных проб не допускается дополнительное переизмельчение угля.

Анализ эксплуатационных проб необогащенного угля производится на ситах с квадратными отверстиями размерами 1, 3, 6, 13, 25, 50 мм. Если используются сита с круглыми отверстиями, их размеры необходимо пересчитать по формуле $a = 0{,}71d$, где a – размер квадратных отверстий.

Рассев эксплуатационной пробы производится на каждом сите в отдельности (начиная с сита с наибольшим размером ячеек) до равномерного выпадения зерен, трудно проходящих через ячейки сита. Взвешивание подрешетного материала каждого класса выполняется с погрешностью не более 0,1%.

Определение показателя способности угля к измельчению графическим методом осуществляется по следующей схеме:

по данным ситового анализа для каждой эксплуатационной пробы определяют суммарный выход (в процентах) подрешетного продукта (выход классов 0-1, 0-3, 0-6 мм и т.д.);

для каждого класса крупности определяют среднеарифметический (по числу проб) выход подрешетного продукта;

значения среднего выхода подрешетного продукта наносят на функциональную сетку гранулометрического состава (рис. 5) против соответствующих размеров отверстий сит;

через нанесенные на график точки по методу наименьших квадратов проводят прямую линию;

определяют показатель m, равный на графике тангенсу угла наклона прямой к оси абсцисс.

Определение показателя m аналитическим методом производят по формуле

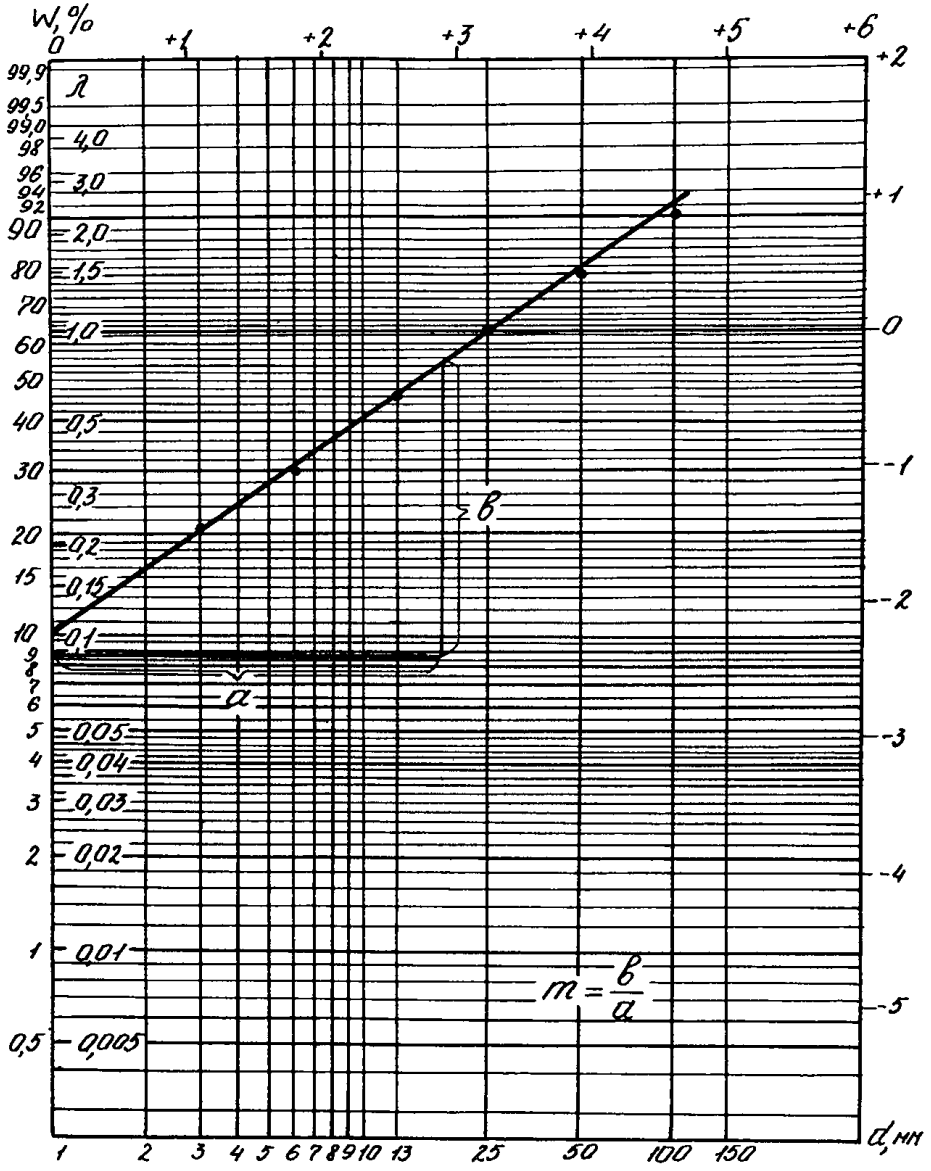

Рис. 5. Функциональная сетка гранулометрического состава

$$m = \frac{n\sum_{i=1}^{n} x_i y_i - \sum_{i=1}^{n} x_i \sum_{i=1}^{n} y_i}{n\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)^2},$$

где $x = \ln a$;

$y = \ln[-\ln(1-W)]$;

W – среднеарифметическое (из числа проб) значение выхода подрешетного продукта в долях среднего веса пробы;

a – размер отверстия сита, мм;

n – количество сит (классов крупности).

В случае использования для определения показателя способности угля к измельчению данных ситового анализа эксплуатационных проб, полученных ОТК шахты в течение предшествующих лет, должны быть выполнены следующие требования:

эксплуатационные пробы должны быть отобраны с опробуемого шахтопласта в соответствии с ГОСТ 16094-70 при работе угледобывающих машин;

количество проб должно быть не менее пяти;

отклонение показателя m, полученного по данным ситового анализа отдельной эксплуатационной пробы, не должно превышать ±15% его среднего значения. В противном случае данная эксплуатационная проба из расчета исключается.

4. КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА УГЛЕЙ И УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ОСНОВНЫХ БАССЕЙНОВ КАК РАЗРУШАЕМЫХ СРЕД

Методики, приведенные в предыдущем разделе, широко применяются для определения показателей свойств углей и угольных пластов в различных бассейнах страны. Накопленный при этом опыт показал, что несмотря на изменчивость свойств и горногеологических условий залегания пластов в пределах выемочного участка, столба, шахтного поля, средние характеристики пласта в пределах шахты относительно устойчивы. По этой причине при систематизации результатов определений в качестве классификационной единицы принят шахтопласт – часть пласта в пределах поля одной шахты.

Во II части работы приведены данные, характеризующие шахтопласты Донецкого, Кузнецкого, Карагандинского, Кизеловского и Челябинского бассейнов.

При составлении классификации учтены пласты, разрабатывающиеся в 1976 г. Геологическая характеристика шахтопластов приведена по данным структурных колонок производственных объединений, характеристики свойств – по результатам экспериментальных исследований, выполненных по приведенным методикам. В классификации каждый шахтопласт характеризуется следующими показателями: наименование (индекс), технологическая марка угля, эксплуатационная мощность, угол падения, выход летучих, тип пород кровли, почвы, количество, мощность и тип прослойков, характеристика твердых включений, сопротивляемость резанию угля и пласта (количественные значения и классы), абразивность пласта, степень хрупкости угля и его способность к измельчению, категории разрушаемости угля и пласта.

4.1. Характеристики строения угольных пластов

Обобщение материалов, приведенных в II части работы, показывает, что преимущественное распространение имеют пласты сложного строения. Пласты с чистыми углями составляют в Донбассе (УССР) только 13,1%, в Восточном Донбассе (РСФСР) – 4,7%, в Кузбассе – 27,5%, в Карагандинском бассейне – 1,9%.

В Донецком бассейне разрабатываются пласты с суммарной мощностью прослойков от нескольких сантиметров до 0,5 м и более. Шахтопласты с прослойками мощностью более 0,2 м составляют около 37% в Украинском Донбассе, а в Восточном Донбассе (РСФСР) – 22,6%. Пласты с прослойками алевролита и песчаника, отличающиеся повышенной сопротивляемостью резанию и абразивностью, составляют соответственно 12,3 и 13%. Объемное содержание прослойков в 43,6% шахтопластов Украинского Донбасса и в 22% шахтопластов Восточного Донбасса превышает 15%.

Из табл. 7, где приведены сведения о содержании и размерах твердых включений, следует, что в Донбассе среднее количество включений колеблется от 10 до 120 шт/100 м, а средние размеры включений изменяются: по длине – от 5 до 25 см, мощности – от 1 до 6 см, по поперечному сечению – от 5 до 150 $см^2$. Среднее объемное содержание включений в пластах колеблется от 0,01 до 0,4%.

В Кузнецком бассейне около 27% шахтопластов содержат прослойки мощностью более 15 см, 50% шахтопластов – крепкие прослойки алевролита и песчаника и в 22% шахтопластов объемное содержание прослойков превышает 15% общей мощности пласта. Около 30% шахто-

пластов бассейна содержат твердые включения. В отличие от Донецкого в пластах Кузнецкого бассейна содержится меньшее количество (I0-30 шт/I00 м) включений, но средняя длина их достигает I м и более, средняя мощность - 0,5 м, а средняя площадь поперечного сечения - 4300 $см^2$. Среднее объемное содержание карбонатных включений обычно изменяется в пределах 0,4-2,0%.

Для шахтопластов Карагандинского бассейна характерно наличие большого количества (до I0 в отдельных пластах) прослойков малой мощности. Около 53% шахтопластов содержат прослойки суммарной мощностью более 0,2 м, а в 20,3% шахтопластов объемное содержание прослойков составляет более I5% мощности пласта.

В Кизеловском бассейне пласты с прослойками суммарной мощностью более 0,2 м составляют 77%, причем в 54% пластов содержатся прослойки алевролита. В 75% шахтопластов объемное содержание прослойков превышает I5% мощности пласта. Характерным для бассейна является очень большое содержание мелких, преимущественно пиритных, твердых включений. Размеры включений, регистрируемых при планшетной съемке, приведены в табл. 7. Их среднее объемное содержание в пластах колеблется в пределах 0,02-0,2%. Однако основное содержание приходится на мелкие включения с поперечным сечением менее 5 $см^2$, обусловливающие высокую общую пиритизацию пластов, достигающую 8%, сопротивляемость резанию и абразивность углей.

Все пласты Челябинского бассейна сложного строения, 24,4% пластов содержат прослойки суммарной мощностью более 0,2 м, 5,6% - прослойки алевролита и песчаника, I6,3% - имеют объемное содержание прослойков более I5%. Для разрабатываемых шахтопластов бассейна характерны два вида включений: образования удлиненной неправильной формы, получившие в бассейне название "запека", и образования шарообразной формы - "валуны". Размеры последних изменяются в пределах: средняя длина 30-I00 см, средняя мощность 30-50 см, среднее поперечное сечение 900-3000 $см^2$. Число включений колеблется от I до 30 (в среднем 5-20) шт/I00 м забоя, а среднее объемное содержание - 0,I-2,4%. Валунные включения, имеющие высокую крепость ($f > 6 \div 8$), как правило, не разрушаются современными выемочными машинами (извлекаются при помощи буровзрывных работ).

В целом по обследованным основным бассейнам:

более одной трети разрабатываемых шахтопластов содержат породные прослойки, объемное содержание которых в пласте превышает I5% вынимаемой мощности пласта;

около 17% шахтопластов содержат крепкие породные прослойки алевролита и песчаника;

около 30% шахтопластов содержат одновременно прослойки и включения.

В связи с изложенным необходимо учитывать характеристики строения пластов как при определении их средневзвешенной сопротивляемости, так и при установлении особенностей применения выемочных машин на пластах сложного строения. Наличие, например, в пласте крупных твердых включений не столько сказывается на нагрузке электропривода (следовательно, на возможной машинной производительности), сколько влияет на устойчивость движения машин и расход инструмента, т.е. приводит к снижению эксплуатационной производительности и нагрузки на лаву.

4.2. Сопротивляемость резанию углей и пластов

Сопротивляемость резанию углей характеризуется данными, приведенными в табл. 10.

В Донецком бассейне (УССР) представлены угли всех классов по сопротивляемости резанию (от 30 до 450 кгс/см). Преобладают (более 60%) угли с сопротивляемостью резанию 60-240 кгс/см (П-IУ классы). Угли с сопротивляемостью резанию до 60 кгс/см составляют 11%, более 300 кгс/см (УI-УШ классы) - порядка 3,5%.

Высокая сопротивляемость резанию характерна для углей (преимущественно антрацитов) Восточного Донбасса - более 80% шахтопластов сопротивляемостью резанию 120-360 кгс/см (Ш-УI классы).

В Кузнецком бассейне практически все шахтопласты пологие (до 35^{0}), угли сопротивляемостью резанию 120-240 кгс/см (Ш-IУ классы). Сопротивляемость резанию углей крутых пластов (Прокопьевский район), по данным несистематизированной выборки, имеет тот же порядок, что и на пологих.

Сопротивляемость резанию преимущественного большинства углей Карагандинского бассейна 60-180 кгс/см (П-Ш классы).

Угли Кизеловского бассейна отличаются самой высокой сопротивляемостью резанию - угли более 70% шахтопластов У-УШ классов (свыше 240 кгс/см).

Сопротивляемость резанию бурых углей Челябинского бассейна в основном 60-180 кгс/см (П-Ш классы).

В целом из обследованных 1039 шахтопластов указанных бассейнов к I-П классам относится 26,3% углей, к Ш-IУ - 65% и к У-УШ (более 240 кгс/см) - 8,7%.

Таблица 10

Бассейны	Распределение, %, углей шахтопластов								Доля шахтопластов от всей совокупности, %
	Классы								
	I	II	III	IУ	У	УI	УII	УIII	
	Сопротивляемость резанию, $\bar{A}_{уд}$, кгс/см								
	0-60	60-120	120-180	180-240	240-300	300-360	360-420	>420	
Донбасс (УССР)	11,0	29,3	30,1	17,5	8,7	2,6	0,4	0,4	47,4
Донбасс (РСФСР)	-	19,4	25,8	33,9	17,7	3,2	-	-	6,0
Кузнецкий	-	1,7	81,8	16,2	0,3	-	-	-	33,2
Карагандинский	-	41,7	55,5	2,8	-	-	-	-	6,9
Кизеловский	-	-	4,5	22,8	40,9	18,2	4,5	9,1	2,1
Челябинский	4,3	54,4	41,3	-	-	-	-	-	4,4
Всего по бассейнам	5,4	20,9	48,7	16,3	6,2	1,8	0,3	0,4	100

Для ориентировочной оценки сопротивляемости резанию углей шахтопластов других бассейнов и месторождений могут быть использованы данные табл. II.

Таблица II

Бассейн, месторождение	Сопротивляемость угля резанию, кгс/см		Наиболее распространенные классы сопротивляемости резанию углей
	Пределы изменения	Преимущественно встречающиеся значения	
Подмосковный	90-240	I20-I50	Ш
Воркутинский	60-240	I20-I50	Ш
Дальнего Востока	30-300	60-I50	II-Ш
Львовско-Волынский	I50-300	I50-2I0	Ш-IУ

Сопротивляемость резанию пластов ($\bar{A}_{пл}$, кгс/см) характеризуется данными, приведенными в табл, I2. За счет наличия более крепких прослойков и включений сопротивляемость резанию пластов закономерно увеличивается по сравнению с сопротивляемостью резанию углей. По отдельным шахтопластам сопротивляемость резанию пластов на I-Ш класса выше, чем углей (особенно на пластах с малыми значениями $\bar{A}_{уг}$).

В среднем наличие прослойков и включений повышает средневзвешенную сопротивляемость резанию пластов на I5-30%.

В Донецком бассейне (УССР) количество шахтопластов, имеющих сопротивляемость резанию менее I20 кгс/см (I-II классы), уменьшилось с 40,3% до 23,3%, соответственно на I4% увеличилось количество шахтопластов с сопротивляемостью резанию пластов более I80 кгс/см (IУ-УШ классы). В Восточном Донбассе (РСФСР) количество таких шахтопластов увеличилось с 54,8 до 70,5%.

В Кузнецком бассейне 4I,I% пластов имеют сопротивляемость резанию более I80 кгс/см против I6,5% по углям.

Более 80% пластов Карагандинского бассейна имеют сопротивляемость резанию более I20 кгс/см (против 58,3% по углям).

В Кизеловском бассейне 55% шахтопластов имеют весьма высокую сопротивляемость резанию - более 300 кгс/см (УI-УШ классы).

Данные по Челябинскому бассейну приведены без учета крупных валунных включений, не разрушаемых исполнительными органами выемочных машин. При относительно невысокой сопротивляемости ре-

занию пластов (более 90% шахтопластов имеет $\bar{A}_{пл} <$ 180 кгс/см) наличие валунов существенно осложняет выемку, резко снижает нагрузки на лавы. Пласты с валунными включениями по условиям добывания следует относить к наиболее трудным.

Таблица 12

Бассейны	Распределение, %, шахтопластов							
	Классы							
	I	II	III	IУ	У	УI	УII	УIII
	Сопротивляемость резанию, $A_{пл}$, кгс/см							
	0-60	60-120	120-180	180-240	240-300	300-360	360-420	более 420
Донбасс (УССР)	3,1	20,2	33,2	27,4	11,8	3,3	0,6	0,4
Донбасс (РСФСР)	-	13,1	16,4	41,0	23,0	4,9	-	1,6
Кузнецкий	-	0,9	58,0	36,1	4,7	0,3	-	-
Карагандинский	-	19,7	67,6	12,7	-	-	-	-
Кизеловский	-	-	-	25,0	20,0	35,0	10,0	10,0
Челябинский[x)]	-	55,8	37,2	7,0	-	-	-	-
Всего по бассейнам	1,5	14,4	42,4	29,2	8,9	2,6	0,5	0,5

x) Без учета сопротивляемости резанию крупных валунных включений, не разрушаемых исполнительными органами выемочных машин.

В целом пласты обследованных бассейнов распределяются по классам следующим образом: I-II классы (до 120 кгс/см) - 16,9%, III-IУ классы (120-240 кгс/см) - 70,6%, У-УIII классы - 12,5%.

4.3. Степень хрупкости углей

В табл. 13 приведено распределение шахтопластов основных бассейнов по степени хрупкости углей.

Показатели степени хрупкости отдельных шахтопластов приведены во II части работы.

Большинство углей Кузнецкого и Карагандинского бассейнов относятся к группе вязких, что, несмотря на относительно невысокие значения сопротивляемости резанию пластов, обусловливает достаточно высокую энергоемкость их разрушения.

Значительная часть антрацитов Восточного Донбасса относится к группе весьма хрупких, что и предопределяет возможность применения струговой выемки.

Таблица I3

Бассейны	Распределение, %, шахтопластов по степени хрупкости углей		
	Вязкие $B<2,15$	Хрупкие $2,15<B<3,5$	Весьма хрупкие $B>3,5$
Донецкий (УССР)	54,6	32,5	I2,9
Донецкий (РСФСР)	I9,0	43,0	38,0
Кузнецкий	66,0	27,5	6,5
Карагандинский	72,5	20,9	6,6
Челябинский	84,6	I5,4	-

По остальным бассейнам в настоящее время полные данные отсутствуют.

Обследованные шахтопласты Кизеловского бассейна относятся к группе вязких ($\bar{B}$ = I,44).

Угли Подмосковного бассейна, Воркутинского месторождения и месторождений Дальнего Востока практически всех степеней хрупкости (B = I,35–7,3). Подавляющее большинство углей Подмосковного бассейна ($\bar{B}$ = I,6) и месторождений Дальнего Востока ($\bar{B}$ = = I,9) следует отнести к группе вязких, а Воркутинского месторождения ($\bar{B}$ = 2,25) - к группе хрупких.

4.4. Распределение углей и пластов по категориям разрушаемости

В соответствии с методическими положениями, изложенными в п.3.3, во II части работы отдельные шахтопласты классифицированы[x] по разрушаемости (раздельно по углям и пластам). В табл. I4 приведены данные о распределении шахтопластов ряда бассейнов.

Рассматривая приведенные данные, можно отметить наличие в каждом бассейне шахтопластов, требующих повышенных энергозатрат на резание. В Украинском Донбассе таких шахтопластов (категории К, ВК и ОК) 37,I%, в Восточном Донбассе (РСФСР) - 27,9%, в Карагандинском - I6,9%, в Кузнецком - 34,2%.

Эти данные должны учитываться как при установлении энерговооруженности выемочных машин, так и при установлении их производительности.

x) В Кизеловском бассейне в случае отсутствия данных по конкретным шахтопластам, угли отнесены к группе вязких.

Таблица I4

Бассейны	Распределение (%) углей и угольных пластов по категориям разрушаемости						
	Весьма слабые (ВС)	Слабые (С)	Средней крепости (СК)	Вышесредней крепости (ВСК)	Крепкие (К)	Весьма крепкие (ВК)	Особо крепкие (ОК)
Донбасс (УССР)	4,7/I,2	I7,9/9,I	28,4/23,7	23,0/28,9	I7,7/23,7	6,9/II,3	I,4/2,I
Донбасс (РСФСР)	-	4,8/3,3	42,0/27,8	33,9/4I,0	I7,7/4I,0	I,6/3,3	- /I,6
Карагандинский	-	5,6/2,8	47,2/26,8	4I,6/53,5	5,6/I5,5	- /I,4	-
Кузнецкий	-	-	II,9/7,6	75,0/58,2	I3,I/3I,6	- /2,6	-
Кизеловский	-	-	-	-	22,7/25,0	59,I/45,0	I8,2/30,0
Челябинский	-	6,5/-	52,2/27,9	39,I/53,5	2,2/I8,6	-	-
В целом по основным бассейнам	2,2/0,6	9,5/4,7	25,5/I8,5	42,4/4I,6	I4,7/25,5	4,6/7,4	I,I/I,7

Примечание. Значения в числителе - доля углей (в % от всей совокупности), в знаменателе - доля пластов.

4.5. Абразивность угольных пластов

Данные, приведенные во II части, получены двумя путями: экспериментально (по методике и на установке УИАМ-I) и расчетным путем с использованием средних значений абразивности слагающих пласт компонентов угля, прослойков, включений и их объемного содержания.

Распределение угольных пластов по абразивности приведено в табл. I5.

Таблица I5

Бассейны	Распределение, %, пластов по абразивности ρ, мг/км						
	До 60	60-I00	I00-200	200-300	300-400	400-500	> 500
Донбасс (УССР)	I6,2	38,9	29,4	8,3	3,5	I,7	2,0
Донбасс (РСФСР)	26,6	29,7	3I,2	9,4	3,I	-	-
Кузнецкий	8I,2	II,9	4,3	2,0	0,3	0,3	-
Карагандинский	87,2	II,9	0,9	-	-	-	-
Кизеловский	-	20,0	55,0	I5,0	5,0	5,0	-
Челябинский	93,3	6,7	-	-	-	-	-
Всего по бассейнам	43,3	26,8	I9,3	5,7	2,2	I,I	I,I

В Донецком бассейне абразивность пластов изменяется от I0-I5 до 550-600 мг/км. Отмечен случай, когда абразивность достигла I460 мг/км. Широкий диапазон изменения показателей абразивности объясняется разнообразием условий угленакопления, предопределяющих различную минерализацию угля. При пиритной и кварцевой минерализации абразивность угольных пластов оказывается наиболее высокой. Более 60% шахтопластов бассейна имеют абразивность 60-200 мг/км. Абразивность пластов Кузнецкого бассейна в основном низкая - I0-40 мг/км. Однако ряд пластов, содержащих прослойки песчаников или алевролитов, имеют абразивность до 300 мг/км и более.

В Кизеловском бассейне 80% шахтопластов с абразивностью более I00 мг/км. Пласты бассейна содержат большое количество мелких включений пирита, что и обусловливает их высокие абразивные свойства.

Абразивность угольных пластов Карагандинского бассейна составляет 30-50 мг/км и при наличии в пластах прослойков алевролитов и песчаников увеличивается до I00-200 мг/км.

Наименее абразивны пласты бурых углей Челябинского бассейна, абразивность более 90% пластов 10–40 мг/км.

Около 70% всех пластов обследованных бассейнов имеют абразивность до 100 мг/км и примерно 4,5% – более 300 мг/км.

При определении норм и расхода режущих инструментов различие в значениях показателей абразивности должно учитываться в первую очередь.

5. ТИПИЗАЦИЯ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ПО УСЛОВИЯМ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫЕМОЧНЫХ МАШИН

Разнообразные условия применения выемочных машин достаточно полно могут определяться комплексом показателей, характеризующих угольные пласты как разрушаемые среды. Каждый из показателей отражает весьма существенные факторы, обусловливающие, в конечном счете, эффективность применения выемочных машин:

сопротивляемость резанию углей и пластов характеризует среднюю силовую нагруженность привода выемочных машин;

степень хрупкости углей при прочих равных условиях определяет уровень энергозатрат на резание;

категория пластов по разрушаемости совокупно отражает сопротивляемость резанию пластов и степень хрупкости угля, определяя тем самым возможную минутную (машинную) производительность выемочной машины с учетом загрузки электропривода;

содержание и размеры более крепких прослойков и твердых включений оказывают влияние как на величину средневзвешенной сопротивляемости резанию пласта, так и, особенно, на динамическую нагруженность трансмиссий, устойчивость машин в процессе движения, стойкость режущего инструмента;

абразивность угольных пластов влияет на расход режущего инструмента и обусловливает потери времени, связанные с его заменой.

Таким образом, указанный комплекс характеристик позволяет учесть влияние свойств разрушаемой среды как на теоретическую, так и на эксплуатационную производительность выемочной машины.

Показатель способности угля к измельчению является автономной характеристикой, используемой при определении полного гранулометрического состава угля, добываемого машиной [11, 14], и пылеобразующей способности шахтопластов [16].

Обобщение результатов работы современных выемочных машин в различных условиях позволяет установить границы показателей, по которым каждый пласт возможно относить к той или иной группе типовых условий.

Выделено три группы типовых условий применения выемочных машин:

I группа – шахтопласты, на которых могут работать все серийные выемочные комбайны, струговые установки без ограничения производительности;

II группа – шахтопласты, на которых серийные выемочные комбайны применяются с ограничением производительности по динамической нагруженности трансмиссий и устойчивости машин при движении;

Таблица 16

Группа типовых условий по применению выемочных машин	Средства выемки и ожидаемая производительность	Характеристика пластов по категориям разрушаемости, содержанию прослойков и твердых включений (S^*, %), абразивности ρ, мг/км	Класс по расходу резцов
I	Все виды выемочных машин, включая струги, с высокой производительностью	Категория ВС и С со слабыми глинистыми прослойками и микровключениями, $\rho < 100$	I
	Преимущественно узкозахватные комбайны без ограничения производительности	Категория ОС с прослойками углисто-глинистых сланцев или с раздробленными включениями незначительного содержания ($S^* < 0{,}5\%$), $\rho < 200$	I–2
		Категория ВСК без прослойков и включений при $\rho < 100$ или категории СК с раздробленными включениями при $S^* < 1\%$ и $\rho < 200$	2–3
II	Комбайн с ограничением производительности по динамической нагруженности и устойчивости	Категории СК и ВСК, но содержащие более крепкие прослойки или нераздробленные включения при S^* до 2,5% и $\rho < 200$	3
		Категории К без прослойков и включений при $\rho < 200$ или категории ВСК, содержащей крепкие прослойки или нераздробленные включения при S^* до 2,5% и $\rho < 300$	2–4
IIIа	Комбайны со значительным ограничением производительности по динамической нагруженности, устойчивости и стойкости инструмента	Категории ВК без прослойков и включений при $\rho < 100$ или пласты категорий ВСК и К, содержащие прослойки песчанистого сланца, песчаника, известняка или консолидированные включения при $S^* < 2{,}5\%$, $\rho < 400$	3–5
IIIб	Комбайны со значительным ограничением производительности при применении средств предварительного ослабления забоя или при обходе крупных включений исполнительными органами	Категории ОК без включений при $\rho < 100$	3
		Категории ВСК, К, ВК, содержащие крепкие прослойки или крупные включения сечением до 1000 см^2 содержанием S^* = 2,5–5% при ρ до 500	4–5
		Любых категорий, содержащих крепкие породные прослойки мощностью более 0,15 м и крупные включения сечением более 1000 см^2 при $S^* > 5\%$ и $\rho > 500$	5

III группа – трудноразрушаемые шахтопласты. В этой группе выделены 2 подгруппы: IIIа – пласты, на которых применяют комбайны со значительным ограничением производительности, IIIб – пласты, выемка которых комбайнами может производиться при условии применения дополнительных технологических операций – ослабления забоя взрывным способом, нагнетания воды в пласт с целью снижения сопротивляемости, дробления или обхода крупных твердых включений.

В табл. I6 для каждой группы типовых условий приведены характеристики пластов по категории разрушаемости (сопротивляемости резанию и степени хрупкости), содержанию прослойков и твердых включений и абразивности. Там же указаны классы очистных комбайнов по расходу режущего инструмента [I5].

По обследованным бассейнам к I группе типовых условий относятся 45% шахтопластов, ко II – около 40%, к IIIа – 8–I0% и IIIб – менее 7%.

В отдельных бассейнах количество трудноразрушаемых пластов III группы весьма существенно. К этой группе относятся практически все пласты Прибалтийского сланцевого бассейна, свыше 70% пластов Кизеловского бассейна, более 50% шахтопластов Челябинского бассейна, некоторые шахтопласты Кузнецкого и Донецкого бассейнов.

В отличие от классификаций, приведенных в разделе 4 и отражающих свойства угольных пластов как разрушаемых сред безотносительно к средствам выемки, типизация условий применения выемочных машин связана с их техническими характеристиками и может, естественно, меняться по мере совершенствования техники.

Если для современных выемочных комбайнов сложными следует считать условия III группы, то область эффективного применения струго в ограничивается частью условий I группы.

Приведенные в работе данные могут быть использованы при создании угледобывающих машин и горнорежущего инструмента, разработке рекомендаций по рациональной эксплуатации машин, установлении объемов производства машин и горнорежущего инструмента, установлении норм расхода режущего инструмента и нагрузки на забой.

ЛИТЕРАТУРА

I. Берон А. И. и др. Резание угля. М., Госгортехиздат, 1962.

2. Позин Е. З. Инструкция по определению показателей сопротивляемости углей разрушению при резании с помощью динамометрического сверла СДМ-I. М., ИГД им. А.А.Скочинского, 1964.

3. Позин Е. З. Сопротивляемость углей разрушению при резании. М., "Наука", 1972.

4. Классификация по сопротивляемости углей и угольных пластов основных бассейнов СССР. М., ИГД им. А.А.Скочинского, 1970.

5. Позин Е. З. Совершенствование методов и средств механического разрушения угольных пластов. – В сб. "Технологический прогресс в области технологии и механизации добычи угля" (научные сообщения, вып. 145). М., ИГД им. А.А.Скочинского, 1977, с. 116–125.

6. Позин Е. З. Использование в инженерных расчетах показателей, характеризующих разрушаемость угольных пластов. – В сб. "Горнотехнологические свойства пород и прикладные вопросы геотехнической механики" (научные сообщения, вып. 125). М., ИГД им. А.А.Скочинского, 1974, с. 10–21.

7. Позин Е. З., Кунтыш М. Ф. К методике комплексной оценки разрушаемости угольных пластов инструментами. – В кн. "Проблемы горного дела". М., "Недра", 1974, с. 279–286.

8. Берон А. И., Позин Е. З., Кунтыш М. Ф. Методика определения содержания и свойств твердых включений в угольных пластах. М., ИГД им. А.А.Скочинского. М., 1971.

9. Позин Е. З., Кунтыш М. Ф., Девятков А. А. Методика и аппаратура оценки абразивности угольных пластов. М., ИГД им. А.А.Скочинского, 1973.

10. Позин Е. З., Меламед В. З., Азовцева С. М. Методика определения показателя способности угля к измельчению. М., ИГД им. А.А.Скочинского, 1974.

11. ОСТ 12.47.001-73. "Комбайны очистные. Выбор параметров и расчет сил резания и подачи на исполнительных органах. Методика", М., 1973.

12. Позин Е. З., Меламед В. З., Азовцева С. М. Оценка степени хрупкости угля по его способности к измельчению. – В сб. "Физико-механические свойства углей и горных пород и методы их разрушения" (научные сообщения, вып. 155). М., ИГД им. А.А.Скочинского, 1977.

13. Позин Е. З., Девятков А. А., Баронская Э. И. К определению абразивности угольных пластов. – В сб. "Механизация горных работ" (научные сообщения, вып. 110). М., ИГД им. А.А.Скочинского, 1973.

14. Позин Е. З., Меламед В. З., Азовцева С. М. Измельчение углей при резании. М., "Наука", 1977.

15. Единая методика и алгоритм расчета норм расхода и потребности в горнорежущем инструменте для угледобывающих машин. М., ИГД им. А.А.Скочинского, 1974.

16. Временное методическое руководство по определению пылеобразующей способности шахтопластов. М., ИГД им. А.А.Скочинского, 1975.

СОДЕРЖАНИЕ

I. Введение 3

2. Комплекс показателей, характеризующих угли и угольные пласты как разрушаемые среды 5

3. Методы оценки показателей, характеризующих угли и угольные пласты как разрушаемые среды 6

3.I. Определение сопротивляемости резанию углей и угольных пластов 7

3.2. Определение степени хрупкости углей I7

3.3. Установление категорий разрушаемости углей и угольных пластов 20

3.4. Определение свойств породных прослойков и твердых включений и их содержания в пластах 2I

3.5. Определение абразивности угольных пластов 25

3.6. Определение показателя способности угольных пластов к измельчению 30

4. Комплексная оценка углей и угольных пластов основных бассейнов как разрушаемых сред 33

4.I. Характеристики строения угольных пластов 34

4.2. Сопротивляемость резанию углей и пластов 36

4.3. Степень хрупкости углей 39

4.4. Распределение углей и пластов по категориям разрушаемости 40

4.5. Абразивность угольных пластов 42

5. Типизация угольных пластов по условиям применения выемочных машин 43

Литература 46

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ И КЛАССИФИКАЦИЯ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАЗРУШАЕМОСТИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ
ОСНОВНЫХ БАССЕЙНОВ СССР

Часть I. Методика определения показателей разрушаемости
углей и угольных пластов

Редактор Л.В.Труханова

Т-09875 Тираж 800 Цена 23 коп. Изд. № 7861 Заказ № 1830

Типография Института горного дела им. А.А.Скочинского
.л. Подписано к печати 5/УП 1978 г.

gost.e-ecolog.ru