

## К МЕТОДИКЕ ИСПЫТАНИЯ УГЛЕЙ В ОТНОШЕНИИ МЕХАНИЧЕСКОЙ КРЕПОСТИ И ТЕРМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ

И. В. ГЕБЛЕР

### I

Механические свойства ископаемых углей, т. е. их сопротивляемость таким воздействиям, как раздавливание, удар, истирание, имеют большое значение в технологии угля. Хрупкие угли дают много мелочи (штыба), что часто представляет неудобство при сжигании угля на обыкновенной колосниковой решетке, между тем как нехрупкие угли доставляют кусковое топливо. При дроблении угля в известных случаях действие дробильных машин приходится соразмерять с хрупкостью, чтобы, с одной стороны, обеспечить измельчение до необходимого предела, а с другой стороны, по возможности избежать образования слишком мелких классов (муки), если это почему-либо является нежелательным. Механические свойства углей используются также при сухом обогащении их в сепараторах трения, где имеет значение округлая форма кусков, свойственная более твердым углям (антрациты), и при так называемом избирательном дроблении в особых дробильных аппаратах, работающих таким образом, что хрупкий уголь при прохождении через них измельчается и отсеивается, в то время как более твердая и труднее измельчающаяся порода проходит без изменения и отделяется от угля.

В связи с этим механическая крепость углей, равно как и зависящая частью от этого их термическая устойчивость, т. е. способность горения в куске без его разрушения в процессе горения, должна являться одним из классификационных признаков при практической маркировке углей.

Механическую крепость углей нельзя поставить в непосредственную связь с их твердостью, так как угли иногда обладают значительным сопротивлением разрушающим воздействиям в силу их вязкости (сапропелиты); в иных случаях разрушаемость углей связана с их текстурой, наличием трещин и т. д. (мятые пласты). Собственно твердость ископаемых углей вообще колеблется от 1 до 3 по минералогической шкале. Наименьшей твердостью обладают бурые угли—землистые бурые угли, наибольшей—антрациты и некоторые сапропелиты. Собственно каменные угли имеют промежуточную твердость и притом различную, соответственно их петрографическому характеру. Матовые угли с преобладанием дурита более тверды, чем блестящие разновидности, которые вместе с тем обладают большей хрупкостью и часто обнаруживают резко выраженное расквашивание.

По исследованию углей в отношении механических свойств имеются следующие материалы. В Сталинском филиале Научно-исследовательского угольного института под руководством академика А. Н. Динника делались определения временного сопротивления сжатию и модуля упругости для некоторых углей Донбасса (пласты Смоляниновский, Буденовского месторождения и Бутовский—Сталинского месторождения) [1]. Эти вели-

чины определялись по трем направлениям, а именно, сжимающая сила направлена: 1) перпендикулярно наслоениям, 2) вдоль наслоений (в зуб), 3) перпендикулярно бокам. Результаты определений приведены в табл. 1,

Таблица 1

Место взятия пробы	Верхняя пачка						Нижняя пачка					
	перпендикулярно наслоениям		в зуб		с боков		перпендикулярно наслоениям		в зуб		с боков	
	К	Е	К	Е	К	Е	К	Е	К	Е	К	Е
1. Смоляниновский пласт, ш. № 12—18 Буденовского месторождения, 7 вост. лава	17	6700	36	5500	26	6030	48	8500	46	8500	31	12000
2. Бутовский пласт, ш. Бутовка Сталинского месторождения, 16 вост. лава	—	—	—	—	—	—	—	—	43	18600	47	23000

где

$K$  — временное сопротивление сжатию  $кг/см^2$

$E$  — модуль упругости  $кг/см^2$ .

На Прокопьевском руднике производились опыты по определению механических свойств углей таким путем: куски угля  $> 100$  мм сбрасывались на чугунную плиту с высоты 2; 2,5 и 3 м. После каждого сбрасывания уголь подвергался грохочению на сите с отверстиями  $36 \times 36$  мм; куски класса  $> 36$  мм вновь сбрасывались, всего до 10 раз. Коэффициентом крепости считали процент класса  $> 36$  мм по отношению к взятой пробе. Результаты этих опытов приведены в табл. 2 (средние цифры)

Таблица 2

Наименование пробы		Коэффициент крепости		
Шахта	Пласт	Высота сбрасывания 2 м	Высота сбрасывания 2,5 м	Высота сбрасывания 3 м.
2	Лутугинский	32,0	22,0	29,3
"	Горелый	—	25,3	19,7
"	Внутренний 1	34,0	33,6	29,3
3	Внутренний 2	40,0	36,6	33,0
2	Внутренний 3	34,0	31,0	24,7
"	Внутренний 4	36,0	36,0	25,0
Штольня 16	Характерный	50,3	40,3	31,0
Центральная—1	Безымянный	63,3	55,6	50,0

В табл. 3 приводятся также следующие данные относительно крепости некоторых углей Кузбасса при испытании на раздавливание и в барабане (типа „Микум“).

По просьбе автора инженером И. К. Мурзиным в механической лаборатории Томского политехнического института было произведено определение временного сопротивления сжатию угля пласта Мощного, Прокопьевского месторождения (Кузбасс); уголь этот относится к особенно крепким и твердым. Полученные цифры таковы (табл. 4) [2].

По данным инженера Баранова, сопротивление углей раздавливанию в отдельных кусках колеблется от 20 до 40  $кг/см^2$ , для антрацита—до 90  $кг/см^2$  [3].

Таблица 3

Наименование пробы Рудник. Шахта. Пласт	Крепость на раздавливание кг/см <sup>2</sup>	Проба в барабане			
		Р а с с е в			
		>40 мм	40—25мм	25—10 мм	<10 мм
Прокопьевский, Черная Гора, Спорный . . . . .	60	173	41	28	163
" " ударный . . . . .	176	138	117	53	102
Аралычевский, Центральная, № 2 .	108	65	35	56	196
Прокопьевский, штольня № 6, Безымянный . . . . .	183	279	29	8	94
" " № 2, Мощный . . . . .	163	260	29	25	95
Киселевский, уклон № 1, Мощный .	147	217	31	27	135

Таблица 4

Направление сжимающей силы	Временное сопротивление сжатию $K$ кг/см <sup>2</sup> (средние значения)	Модуль упругости $E$ кг/см <sup>2</sup> (средние значения)
Перпендикулярно слоям . . . . .	372	32600
Параллельно слоям . . . . .	226	34600
Под углом 45° к направлению слоев .	190	28600

Как видно из вышеприведенных цифр табл. 3 и 4, некоторые угли Кузбасса сильно отклоняются от указанных средних значений по величине сопротивления раздавливанию, значительно превосходя в этом отношении даже антрациты.

Г. Е. Бакановым и А. Н. Постоенко в конце 1937 г. были проведены в тресте „Кагановичуголь“ опыты по определению относительной крепости угля способом взрывания стандартных зарядов гризутина для нахождения степени сопротивления угля отбойке [4].

Суждение о степени крепости угля того или другого пласта получилось путем сравнения размеров площадей основания, образовавшихся после взрыва воронок выноса. Таким образом был установлен „показатель крепости“ для угля  $\gamma = \frac{1}{F_{cp}}$ , где  $F_{cp}$  — средняя площадь основания воронки в м<sup>2</sup>, получаемая из двух опытов.

В табл. 5 приведены результаты проведенных опытов для различных пластов углей треста „Кагановичуголь“.

В соответствии с показателями крепости для углей авторы дают следующую классификацию их по крепости:

- а) уголь очень крепкий  
при  $F \leq 0,20$  м<sup>2</sup> и  $\gamma = 5,0$ ;
- б) уголь крепкий  
при  $F > 0,20$  до 0,40 м<sup>2</sup> и  $\gamma < 5,0$  до 2,5;
- в) уголь средней крепости  
при  $F > 0,50$  до 0,80 м<sup>2</sup> и  $\gamma < 2,5$  до 1,25;
- г) уголь слабый  
при  $F > 0,80$  до 1,33 м<sup>2</sup> и  $\gamma < 1,25$  до 0,75;
- д) уголь очень слабый  
при  $F > 1,33$  м<sup>2</sup> и  $\gamma < 0,75$ .

Таблица 5

№ п/п	Наименование пластов	Площади оснований воронок выноса в кв. м.			Показатели крепости угля $\gamma = \frac{1}{F_{cp}}$
		$F_1$	$F_2$	$F_{cp} = 1/2 (F_1 + F_2)$	
1	Безымянный, шахта 3	0,087	0,141	0,114	8,8
2	Мощный, шахта 3	0,101	0,140	0,120	8,3
3	Мощный, шахта 4—10	0,145	0,165	0,555	6,4
4	Прокопьевский, шахта 3	0,315	0,828	0,301	3,3
5	II Внутренний, шахта 1—2	0,300	0,401	0,350	2,9
6	Горелый, шахта 4—10	0,350	0,375	0,362	2,8
7	II Внутренний, шахта 3	0,370	—	0,370	2,7
8	II Внутренний, шахта 4—10	0,383	—	0,383	2,6
9	III Внутренний, шахта 4—10	0,383	0,571	0,452	2,2
10	I Внутренний, шахта 3	0,475	0,531	0,503	2,0
11	II Внутренний, шахта 5	0,612	0,447	0,530	1,9
12	III Внутренний, шахта 3	0,587	0,514	0,550	1,8
13	Мощный, шахта 5	0,533	0,577	0,555	1,8
14	Прокопьевский, шахта 4—10	0,502	0,643	0,572	1,8
15	Горелый, шахта 1—2	0,647	0,544	0,595	1,7
16	Характерный, шахта 5	0,818	0,421	0,520	1,6
17	Горелый, шахта 5	0,510	0,759	0,635	1,6
18	Прокопьевский, шахта 5	0,553	0,827	0,690	1,5
19	I Внутренний, шахта 4—10	0,659	—	0,659	1,5
20	III Внутренний, шахта 1—2	0,698	—	0,698	1,4
21	IV Внутренний, шахта 1—2	0,702	0,740	0,721	1,4
22	Характерный, шахта 3	0,702	0,775	0,738	1,35
23	I Внутренний, шахта 1—2	0,715	0,826	0,770	1,3
24	Горелый (выемка „ножек“) шахта 3	0,842	0,833	0,838	1,2
25	II Внутренний бис, шахта 3	0,760	0,358	1,059	0,9
26	IV Внутренний, шахта 3	2,304	1,777	2,04	0,5

Таким образом, угли в отношении механической крепости показывают очень большие различия, в связи с чем является необходимость в определении механических свойств углей, для чего должен быть выработан соответствующий лабораторный метод.

В последнее время К. И. Сысков [5] предложил метод для определения прочности кусковых материалов (уголь, кокс, полукокс), основанный на работе разрушения их, которая может быть подсчитана при сбрасывании груза на испытуемый материал; испытание производится в приборе, состоящем из стального стакана, на дне которого помещается испытуемый материал в определенном гранулометрическом составе, трубы, входящей в стакан, и груза, падающего в трубе на материал. Последний при испытании берется крупностью 25—5 мм в количестве 25 г после предварительного измельчения до прохождения через сито с отверстиями в 25 мм с последующим отсевом мелочи через сито с отверстиями в 5 мм.

После трехкратного сбрасывания груза материал просеивается через сита с круглыми отверстиями в 1 и 3 мм. Полученные классы 25—3 мм, 3—1 мм и 1—0 мм взвешиваются.

Поверхность кусков материала подсчитывается по формуле:

$$S = \Sigma \frac{6 ad^2}{\gamma} \text{ см}^2,$$

где  $a$  — выход данного класса,

$d$  — средний диаметр кусков, см.

$\gamma$  — кажущийся удельный вес материала, г/см<sup>3</sup>.

Далее на основе теории Риттингера подсчитывается работа разрушения в соответствии с поверхностями взятой навески и вновь образовавшейся после ударного воздействия на материал.

Такой метод, разработанный применительно к коксу, вызывает сомнения в точности и сравнимости получаемых цифр при применении его к углям.

Как видно из формулы, при подсчете поверхности зерна материала приняты за кубы, и если это допустимо сколько-нибудь для кокса, то для углей при их неоднородности в отношении петрографического состава и при весьма различных механических свойствах ингредиентов такое допущение нужно считать неосновательным: здесь можно ожидать зерна удлиненной формы, что приведет к большим ошибкам.

Так, для куба с ребром, равным 10 см, поверхность составляет 600 см<sup>2</sup>, для параллелепипеда с ребрами 10 и 20 см поверхность будет 1000 см<sup>2</sup>, а с ребрами 10 и 30 см—1400 см<sup>2</sup>; для тетраэдра же с размерами, соответствующими прохождению через то же сито с отверстиями 10×10 см, поверхность составит только 200 см<sup>2</sup>. Получение сравнимых цифр для различных углей становится таким образом сомнительным.

Разработанный Б. Е. Койфманом микрометод испытания механической стойкости углей [6] дает хорошую сходимость результатов в параллельных опытах.

Однако подготовительное измельчение углей для выделения фракции 5—4 мм, которая берется для определения, может вызвать ослабление угля, так что получаемые цифры могут не вполне соответствовать крепости углей в относительно крупных кусках, что необходимо для практических выводов.

Что касается термической устойчивости, то в этом отношении угли исследованы еще менее, равно как не имеется для такого испытания углей установленного и проверенного метода.

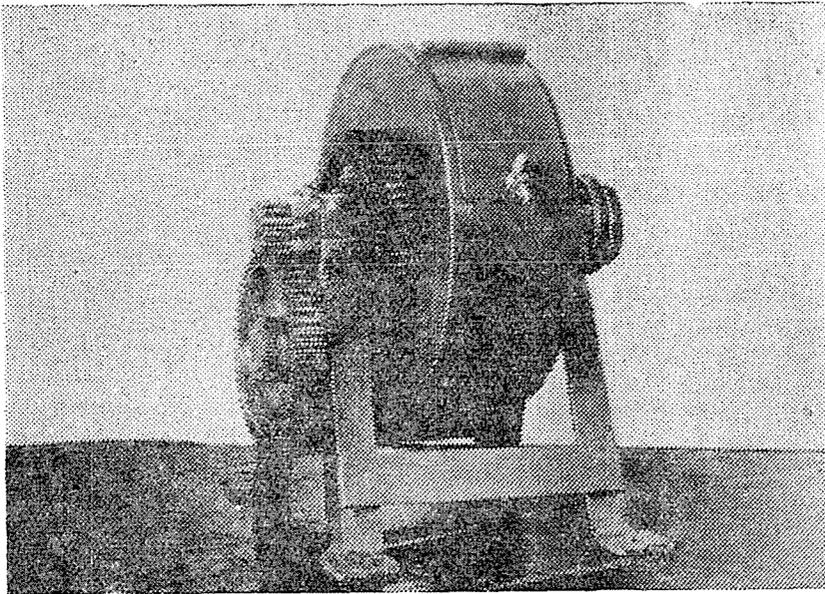
В литературе по этому вопросу удалось найти лишь одно указание о методике определения термической устойчивости углей Харьковского института инженеров транспорта, что производится следующим образом [7]. В электрическую муфельную печь, нагретую до 900°, вносится в кварцевой чашке взвешенный кусок топлива весом 50—70 г, размером 50—30 мм. Печь закрывается слюдяной заслонкой, через которую ведется наблюдение за образцом. Температура печи измеряется термометром. Образец выдерживается в печи при высокой температуре 15 минут, затем извлекается из муфеля и после охлаждения взвешивается. Таким образом вычисляется процент потери в весе. После отсева через сито с четырьмя отверстиями на квадратный сантиметр определяется количество образовавшейся мелочи. Процент потери в весе и мелочи вычисляются по отношению к первоначальному весу образца. Степень термической устойчивости определяется по внешнему виду и крепости куска, вынутого из муфеля. Для определения крепости испытуемый образец помещается на горизонтальную пластинку, а над ними устанавливается железный полый цилиндр высотой 30 см, диаметром 7,5 см. Груз в 250 г опускается на испытуемый образец, и после удара гранулометрический состав образца характеризует его крепость.

В этом методе слабым местом представляется то, что для термического воздействия берется один кусок угля, который после нагревания может изменить форму и размеры, что должно отразиться на точности результатов при последующем воздействии удара, так как этому удару будут подвергаться для различных углей куски, вообще говоря, неодинаковой формы и размеров. Поэтому следует предположить затруднительность получения этим способом сколько-нибудь точных цифр и притом сравнимых для различных углей. В связи с этим мы не нашли нужным воспроизводить соответствующие опыты.

## II

Для испытания углей в отношении механической крепости желательно было бы иметь возможность проводить соответствующие определения в лаборатории с небольшими количествами угля при несложной обстановке, получая при этом показатели, которые характеризовали бы относительную механическую крепость различных углей. Определение сопротивления сжатию представляется недостаточно удобным и практичным, так как при этом необходимо из куска угля изготовлять образец правильной геометрической формы (цилиндр или куб) с точными размерами поперечного сечения, что довольно хлопотливо для практической работы, тем более что, как это видно из вышеприведенных данных, такие определения должны производиться всякий раз в трех направлениях по отношению к слоям, что увеличивает количество определений и усложняет изготовление образца.

Более целесообразным было бы механическое воздействие в определенных условиях по отношению к нескольким кускам угля одновременно с последующим учетом степени разрушения кусков при помощи ситового анализа. Такой прием является более простым, и в то же время при нескольких кусках угля устраняются случайности, могущие быть при опробовании одного куска, и должны получаться средние значения уже при одном опыте.

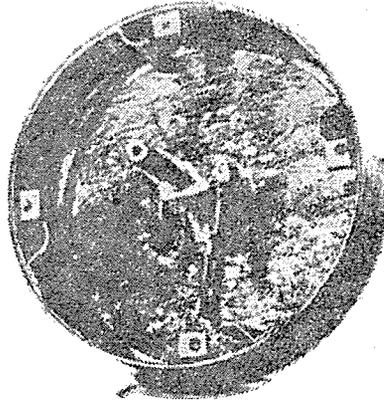


Фиг. 1

В соответствии с этим для механического испытания углей была применена дробилка, рекомендуемая Брохе и Недельманом [8]. Она представляет собою барабан с диаметром 200 мм и шириной 75 мм. На внутренней поверхности барабана имеются симметрично расположенные на каждой четверти 4 железных полоски, изогнутых в виде желоба для захватывания кусков кокса. Ротор дробилки состоит из трех молотков, шарнирно укрепленных на валу (фиг. 1 и 2).

Скорость вращения дробилки и числа передачи несколько изменены.

Как известно, скорость вращения барабана не должна превосходить некоторой критической величины, при которой куски материала, вследствие развития центробежной силы, будут прижиматься к поверхности барабана и вращаться вместе с ним, причем работа дробления будет



Фиг. 2

сведена к нулю. Возможность работы дробления определяется следующим выражением:

$$n < \frac{30}{\pi R} \sqrt{Rg},$$

где  $n$ —угловая скорость вращения барабана (число оборотов в минуту),  $R$ —радиус барабана  $m$ ,  $g$ —ускорение силы тяжести, равное  $9,81 \text{ м/сек}$ .

Для нашего случая имеем:

$$n < \frac{30}{3,14 \cdot 0,1} \sqrt{0,1 \times 9,81} < 91,4,$$

т. е. число оборотов барабана в минуту должно быть меньше 91.

Скорость вращения барабана установлена 60 оборотов в минуту; соответствующая угловая скорость вращения ротора  $810 \text{ об/мин}$ ; окружная скорость вращения самих молотков  $n'$

$$(R' = 0,081 \text{ м}) = \frac{\pi \cdot n' R'}{30} = 6,8 \text{ м/сек}.$$

После ряда опытов был установлен следующий порядок работы. Куски подлежащего испытанию угля при помощи зубила и молотка раскалываются на такие куски, которые проходили бы через сито с круглыми отверстиями диаметром  $25 \text{ мм}$  и задерживались бы на сите с отверстиями диаметром  $15 \text{ мм}$ .

Таким образом, для механического испытания всегда берется класс  $25-15 \text{ мм}$ ;  $100 \text{ г}$  таких кусков, что составляет  $20-23$  куска, помещаются в дробилку, где они подвергаются дроблению в продолжение  $10$  секунд (по секундомеру).

После этого дробилка опорожняется, и уголь подвергается ситовому рассеву на ситах с круглыми отверстиями диаметром  $15, 10, 7, 5, 3$  и  $1 \text{ мм}$ . Выход классов в процентах характеризует сопротивляемость угля разрушению его в данных условиях или его относительную механическую крепость. Для наглядного представления о ситовом составе дробленого

продукта вычерчивается график рассева. Так как весьма характерным является количество класса больше 15 мм, то крепость угля может быть кратко выражена количеством этого класса в процентах, что и принимается как коэффициент механической крепости угля  $K_m$  (в круглых цифрах <sup>1)</sup>)

Испытанию по вышеописанной методике были подвергнуты следующие угли Кузбасса (табл. 6).

Таблица 6

№ пробы	Наименование пробы	$W_a$ %	$A_c$ %	$V^2$ %	Спекаемость по Геблеру (М)
1	Трест Сталинуголь, ш. „Черная Гора“, пл. Безымянный; время набора пробы 12.X—40 г.	1,29	4,54	11,21	4
2	Трест Сталинуголь, ш. „Черная Гора“, пл. Мощный; время набора пробы 12.X—40 г.	1,58	4,57	11,92	2
3	Трест Куйбышевуголь, ш. имени Орджоникидзе, пл. I Западный, лава 4; время набора пробы 14.X—40 г.	1,30	8,26	8,36	0
4	Трест Куйбышевуголь, ш. имени Орджоникидзе, пл. III Внутренний, лава 3; время набора пробы 14.X—40 г.	1,26	9,90	7,63	0
5	Трест Куйбышевуголь, ш. имени Орджоникидзе, пл. III Западный, лава 18; время набора пробы 14.X—40 г.	1,00	9,16	7,53	0
6	Трест Кемеровоуголь, ш. Центральная, пл. Волковский, Верхняя Пачка, Северное крыло, гор. 260 м; время набора пробы 10.X—40 г.	1,47	5,22	21,42	3
7	Трест Сталинуголь, ш. „Черная Гора“, Товарной марки „СС“, грохоченный; время отбора пробы 13.X—40 г.	0,90	8,93	11,53	5

В дальнейшем угли для краткости обозначаются по номерам в соответствии с табл. 6.

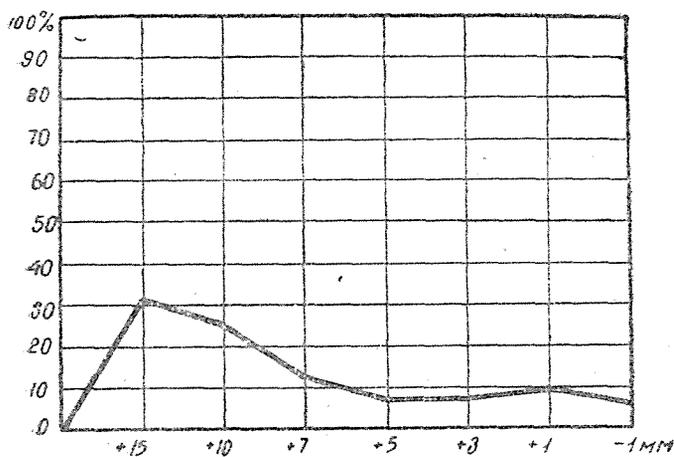
Угли № 3, 4 и 5 совершенно не спекающиеся, остальные обладают ничтожной спекаемостью.

Результаты обработки углей в дробилке приведены в табл. 7 и на фиг. 3—9.

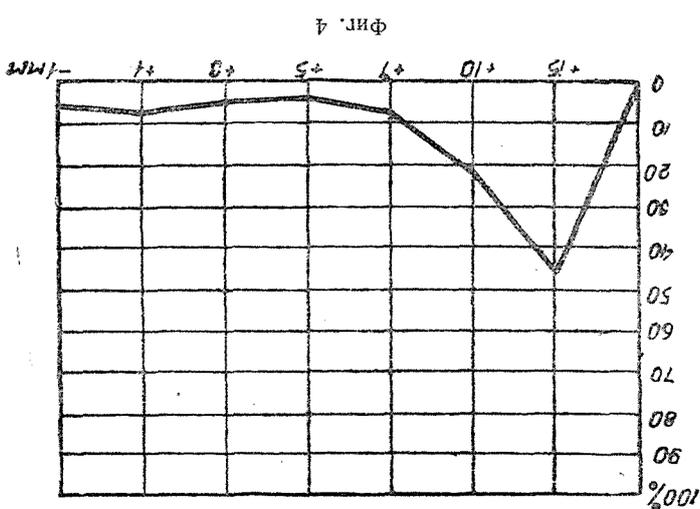
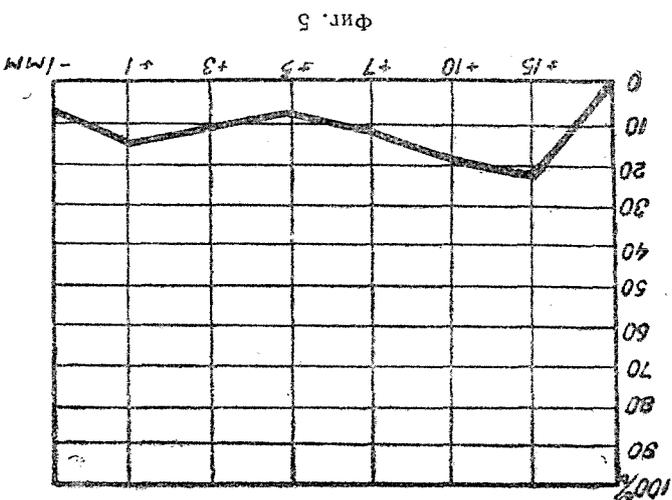
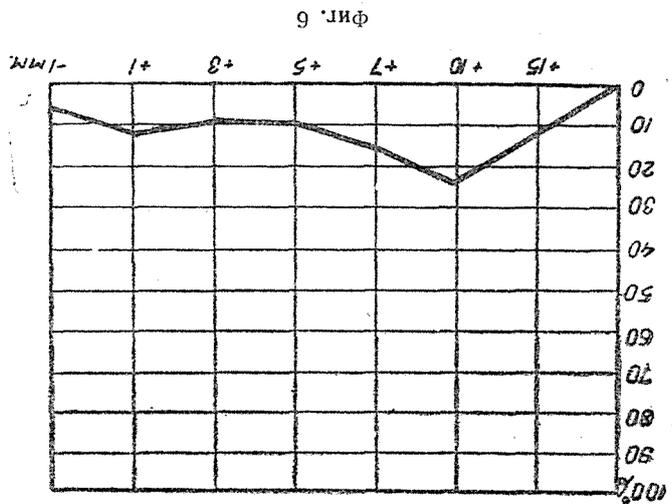
<sup>1)</sup> Для характеристики образования мелких фракций может быть принят выход класса 3—1 мм как дополнительный показатель.

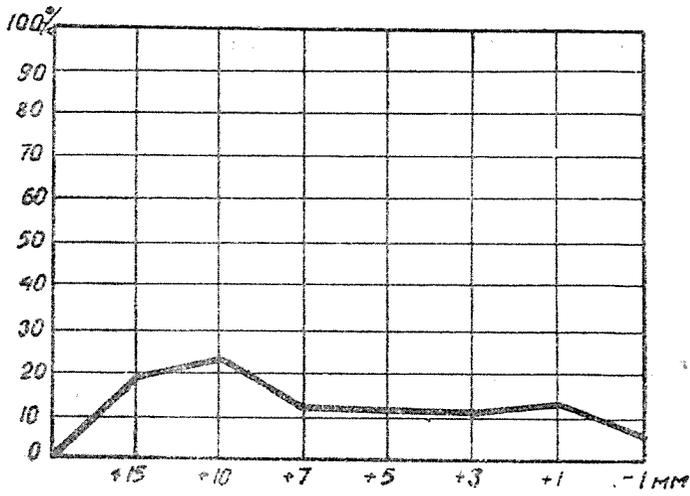
Таблица 7

№ углей	Опыты	Выход классов в %						
		мм >15	15—10	10—7	7—5	5—3	3—1	1—0
1	1	38,5	17,2	14,1	7,1	5,8	9,1	5,9
	2	34,8	23,9	11,2	6,6	6,5	9,6	5,9
	среднее	36,6	20,5	12,6	6,8	6,6	9,3	5,9
2	1	47,1	21,8	7,9	4,0	5,0	7,8	5,1
	2	48,6	23,6	6,7	3,3	4,4	7,4	4,9
	среднее	47,8	22,7	7,3	3,6	4,7	7,6	5,0
3	1	22,4	24,7	13,4	7,9	9,9	13,5	7,0
	2	26,4	13,8	11,7	7,4	13,3	17,5	7,0
	среднее	24,6	19,2	12,5	7,6	11,6	15,5	7,0
4	1	22,2	22,1	15,6	10,5	9,8	12,9	6,2
	2	21,0	26,0	15,5	8,9	9,5	12,2	5,6
	среднее	21,6	24,0	15,5	9,7	9,6	12,6	5,9
5	1	21,0	23,2	10,9	10,4	11,8	15,1	6,4
	2	17,6	24,7	13,3	13,9	11,5	13,1	5,9
	среднее	19,3	23,9	12,1	11,8	11,6	14,1	6,0
6	1	55,5	16,2	4,9	5,7	4,7	6,4	4,2
	2	58,4	13,8	5,0	4,8	3,5	5,2	3,5
	среднее	56,9	15,0	4,9	5,2	4,1	5,8	3,8
7	1	40,4	21,2	8,9	5,5	7,3	9,0	6,0
	2	37,1	19,8	7,3	6,6	5,9	9,9	4,8
	среднее	38,7	20,5	8,1	6,1	6,6	8,9	5,4

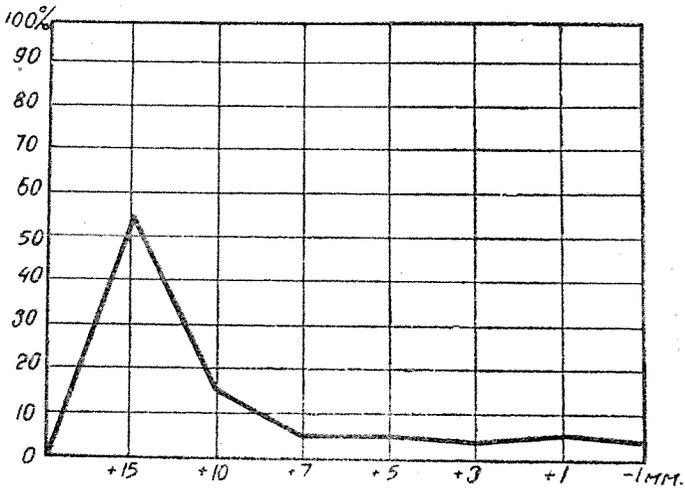


Фиг. 3

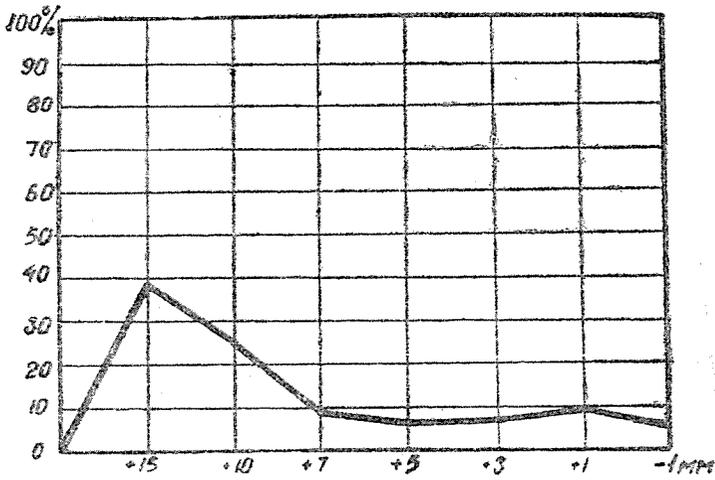




Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9

Как видно, угли отчетливо характеризуются по гранулометрическому составу после обработки в дробилке. Коэффициенты в вышеуказанном выражении имеют для них нижеследующие значения (в круглых цифрах):

Угли	$K_m$
1	37
2	48
3	25
4	22
5	19
6	57
7	39

Наиболее крепким из данных углей оказывается уголь верхней пачки Волковского пласта, за ним следует уголь пласта Мощного; товарный уголь марки „СС“ по шахте Черная Гора и пласта Безымянного по той же шахте близки между собою по крепости; наименьшей крепостью обладают тощие угли треста Куйбышевуголь.

Характер полученных цифр совпадает с теми представлениями о крепости углей, которые имеются на основании отдельных испытаний их иными способами.

### III

Как уже указывалось выше, под термической устойчивостью понимается то сопротивление, которое оказывает уголь в условиях горения, не разрушаясь при этом на более мелкие куски. Это свойство имеет особое значение для неспекающихся или очень мало спекающихся углей в различных условиях их сжигания. При сжигании на колосниковой решетке образующаяся при горении мелочь способствует увеличению потерь топлива в виде провала и уноса. В шахтных печах, а также и в газогенераторах накопление мелочи затрудняет движение газа и нарушает правильную работу печей, в соответствии с чем для последней цели термически устойчивые угли являются наиболее пригодными.

Разрушаемость куска угля под влиянием высокой температуры в условиях горения должна обуславливаться внутренними напряжениями, возникающими в куске угля при термическом воздействии, что влечет за собой появление трещиноватости и, как следствие этого, разрушаемость куска и образование мелочи уже в самом процессе горения. Малая эластичность и, следовательно, большая хрупкость угля способствуют этому явлению, в связи с чем следует предположить, что угли с большей механической крепостью будут обладать и большей термической устойчивостью.

Если горение угля прервать после некоторого времени воздействия высокой температуры на куски угля, то последние, очевидно, должны показать меньшую крепость по сравнению с первоначальной, и таким путем может быть определена термическая устойчивость углей.

После ряда ориентировочных опытов в этом направлении была установлена следующая методика работы.

Уголь в кусках тот же, от которого отбирались пробы для механического испытания (класс 25—15 мм), в количестве 200 г помещается в плоскую фарфоровую чашку и ставится затем в муфельную печь, в которой перед тем устанавливается температура, равная 800°C. Подходящие размеры самого муфеля, например, таковы: ширина—20 мм, длина—290—300 мм, высота—120 мм. Уголь выдерживается в муфеле ровно 10 минут, после чего чашка извлекается, и горящий уголь немедленно закрывается другой фарфоровой (опрокинутой) чашкой соответствующего (несколько

меньшего) размера. После охлаждения куски угля просеиваются через сито с отверстиями диаметром 25 мм<sup>1)</sup> и отбирается класс больше 15 мм; 100 г кусков этого класса подвергаются обработке в дробилке и последующему рассеву точно в тех же условиях, что и при определении механической крепости углей (время обработки в дробилке 10 секунд, рассев на ситах 15, 10, 7, 5, 3, 1 мм).

Гранулометрический состав дробленого продукта дает общую картину поведения термически обработанного угля при механическом на него воздействии, к учету же принимается выход в процентах класса больше 15 мм, что характеризует механическую крепость угля и дает значение коэффициента механической крепости  $K_m^1$  для термически обработанного угля; термическую же устойчивость углей будем считать по крепости углей после нагревания, выражая ее в процентах от первоначальной, что и даст коэффициент термической устойчивости углей  $K_T$ .

Таким образом имеем:

$$K_T = \frac{K_m^1}{K_m} \times 100.$$

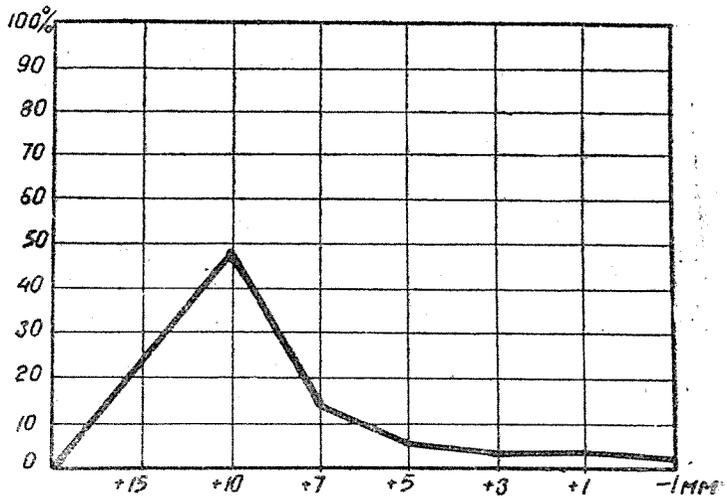
Для общей же характеристики механических свойств углей учитываются все три коэффициента, т. е.  $K_m$ ,  $K_m^1$  и  $K_T$ .

Для исследуемых углей при испытании их в указанных условиях получены цифры, приведенные в табл. 8 и на фиг. 10—16.

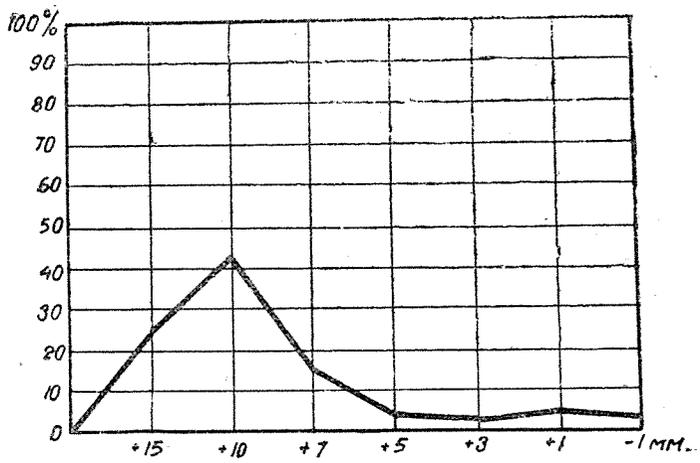
Таблица 8

№ углей	Опыты	Выход классов в %						
		мм > 15	15—10	10—7	7—5	5—3	3—1	1—0
1	1	18,3	55,8	12,2	3,4	2,4	3,2	2,4
	2	27,3	41,2	13,7	6,7	3,3	4,1	3,0
	среднее	22,8	48,5	12,9	5,0	2,8	3,7	2,7
2	1	25,8	43,1	16,0	5,0	3,7	4,9	3,0
	2	24,0	43,4	14,6	4,6	3,4	4,5	3,15
	среднее	24,9	43,2	15,3	4,8	3,5	4,7	3,7
3	1	0,0	18,5	28,4	20,1	13,7	12,9	4,1
	2	1,6	23,2	25,8	19,8	13,8	14,1	4,6
	среднее	0,8	20,8	27,1	19,9	13,7	13,5	4,3
4	1	1,9	20,3	31,2	16,3	12,2	13,0	4,6
	2	1,4	19,7	27,8	18,3	13,4	13,2	4,1
	среднее	1,6	20,0	29,5	17,3	12,8	13,1	4,3
5	1	3,5	16,4	29,3	18,2	14,1	12,7	4,1
	2	0,0	18,7	26,2	22,3	14,4	12,7	3,9
	среднее	1,7	17,6	27,8	20,3	14,3	12,7	4,0
6	1	24,4	48,3	8,7	3,8	3,2	5,6	4,3
	2	23,9	45,0	8,2	3,5	3,5	5,1	4,3
	среднее	24,1	46,7	8,5	3,6	3,4	5,3	4,3
7	1	32,2	31,1	9,6	6,7	5,1	7,8	5,8
	2	33,2	31,6	9,9	5,7	4,3	5,5	4,8
	среднее	32,7	31,4	9,8	6,2	4,7	6,7	5,4

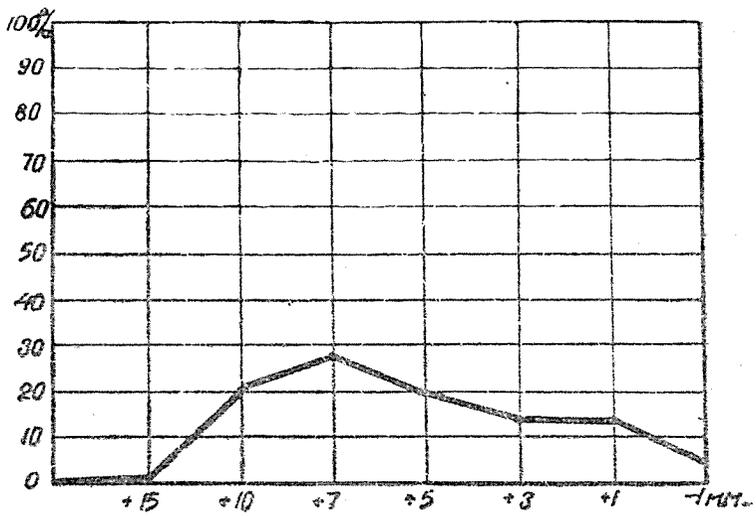
<sup>1)</sup> Если куски угля несколько слиплись, что может быть и при очень слабо спекающихся углях, то слипшиеся куски осторожно разъединяются руками.



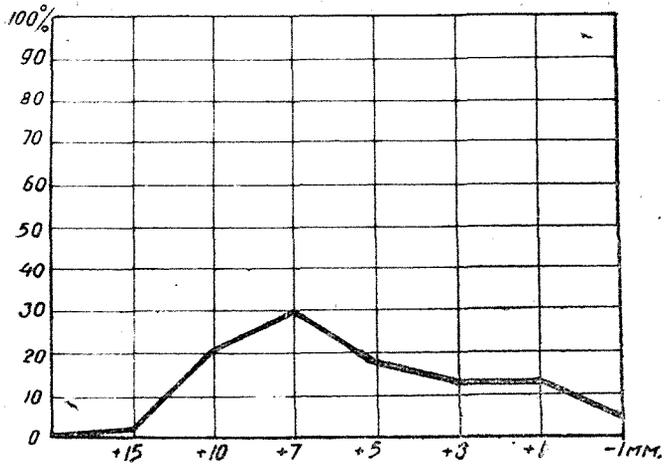
Фиг. 10



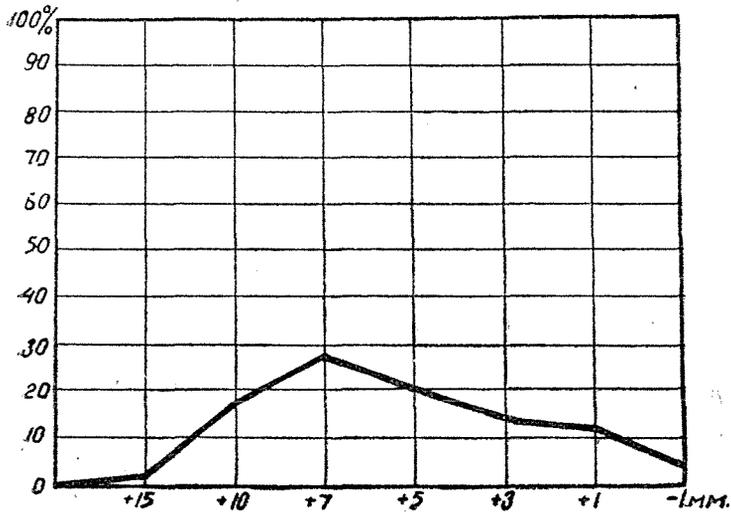
Фиг. 11



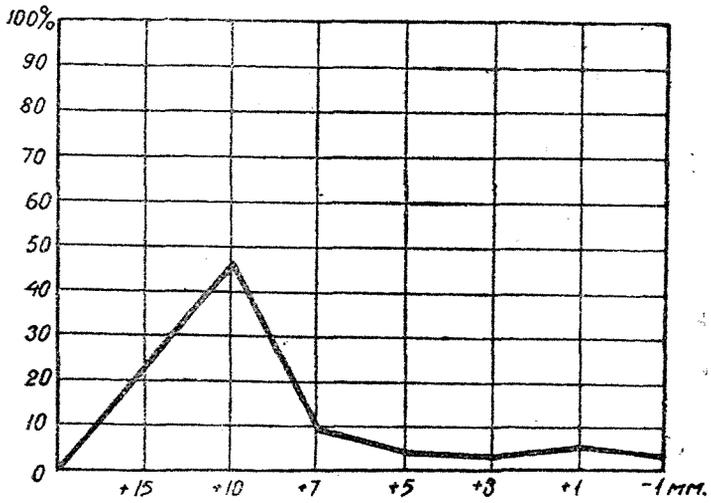
Фиг. 12



Фиг. 13



Фиг. 14

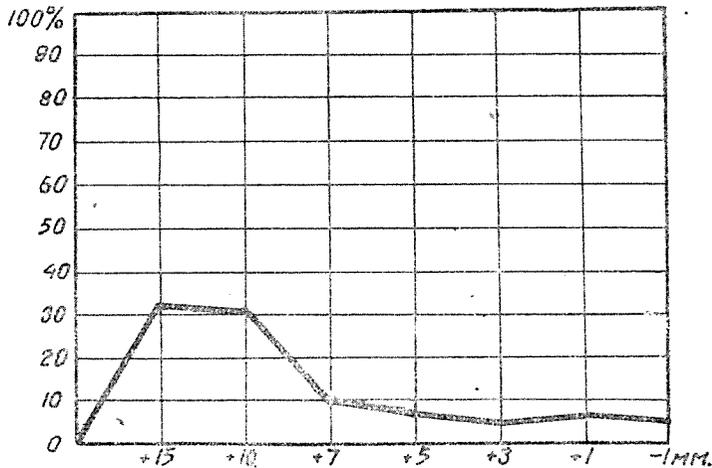


Фиг. 15

Значения коэффициента термической устойчивости для углей будут следующие:

Угли	$K_T$
1	60
2	52
3	3
4	7
5	9
6	42
7	84

Таким образом, наименьшей термической устойчивостью обладают тощие угли треста Куйбышевуголь, которые в то же время являются и наиболее слабыми в отношении механической крепости.



Фиг. 16

Более крепкие угли обладают гораздо большей термической устойчивостью. Уголь № 7 показывает некоторое отклонение: при средней механической крепости он имеет наибольшую термическую устойчивость. Возможно, что это обстоятельство находится в связи с его несколько большей коксующей способностью; после нагревания наблюдается большее слипание кусков и большее изменение вида их поверхности. Закоксовавшиеся куски обладают большей механической крепостью и, следовательно, большим значением  $K_T$ .

### Заключение

Разработан быстрый и несложный метод для испытания в лабораторных условиях неспекающихся или очень слабо спекающихся углей в отношении механической крепости и термической устойчивости.

Установлены показатели для выражения указанных свойств углей.

Даны описания установок для механического опробования углей.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Песковатский А. А. Уголь (Уголь и железо) № 99, стр. 144, 1933.
2. Мурзин И. К. Уголь (Уголь и железо) № 106—107, стр. 123, 1934.
3. Левенсон Л. В. Машины для обогащения полезных ископаемых, стр. 387, 1933.
4. Баканов Г. Е. и Постоенко А. Н. Изв. Томского индустр. ин-та, т. 60, вып. 2, 1940.
5. Сысков К. И. Заводская лаборатория, стр. 1202, 1947.
6. Койфман Б. Е. Заводская лаборатория, т. XIII, стр. 741, 1947.
7. Теплотехника, под редакцией проф. В. П. Наумова, т. I, стр. 26, 1938.
8. Брехе Г. Т. и Недельман Г. Глюкауф, № 35, стр. 769, 1932.