

О РАЗМЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ КУСКОВОГО СЛАНЦА

М. Я. ГУБЕРГРИЦ,

кандидат технических наук

При термической переработке твердых топлив в агрегатах с внутренним обогревом (генераторы, реторты, шахтные, туннельные и др. печи) значительную роль приобретают явления, связанные с фильтрацией газов в слое кускового материала. К ним относятся: тепло- и массообмен, движение и распределение газовых потоков в рабочем пространстве агрегата, характер их взаимодействия с кусковым материалом.

Общая гидродинамическая характеристика такой системы складывается из соответствующих характеристик движущихся потоков и взаимодействующего с ними слоя. Таким образом, конечные результаты технологического процесса термической переработки топлива в известной мере определяются такими факторами, как 1) газопроницаемость и порозность слоя, 2) суммарная и реакционная поверхность засыпки в нем, 3) крупность, однородность строения, форма составляющих его кусков, степень их шероховатости.

В трудах советских ученых по теории и практике фильтрации газов и жидкостей в пористых средах указывается на необходимость серьезного изучения и учета роли факторов третьей из перечисленных групп. Так, в основных уравнениях фильтрации, предложенных акад. Н. Н. Павловским, акад. Л. С. Лейбензоном, В. Н. Щелкачевым и Б. Б. Лапуком, М. Д. Миллионщиковым и др. ^(6, 12), в той или иной форме учитывается влияние на процесс фильтрации структурной характеристики слоя или порового (свободного) пространства. Эти соображения подтверждаются рядом экспериментальных работ ^(5, 7, 11).

В конкретной области термической переработки и использования твердых топлив изучение этого вопроса было предпринято впервые советскими учеными при разработке гидродинамических методов оценки качества доменного кокса ^(2, 10). Оказалось, что уподобление кусков кокса частицам шарообразной формы влечет за собой существенные расхождения между расчетными и экспериментальными данными. В результате уточнения размерной характеристики кускового металлургического кокса ⁽³⁾ был определен усредненный коэффициент формы для суммы различных классов крупности этого материала; применение его позволило с известной степенью погрешности привести расчетные формулы в соответствие с опытными данными ⁽⁴⁾.

В настоящем сообщении приводятся результаты экспериментальных работ по определению размерной характеристики кускового сланца одного из участков месторождения Эстонской ССР. Они могут послужить для уточнения гидродинамических расчетов, связанных с технологией термической переработки эстонских сланцев.

Методика исследования. Объектом экспериментального исследования явились: 1) технологический сланец (класс крупности 150 — 22 мм) — сырье для промышленных агрегатов термической переработки; 2) крупнокусковой сланец из забоя, взятый для оценки изменения размерной характеристики данного материала по мере его обработки (класс крупности 300 — 38 мм); 3) сланцевая мелочь из забоя шахты (класс 38 — 10 мм); 4) порода крупнокусковая из забоя (класс 300 — 38 мм), для сопоставления свойств и поведения материалов различной механической прочности. (Данные по размерной характеристике породы могут оказаться полезным справочным материалом при решении некоторых вопросов обогащения сланца.)

Метод исследования заключался в обмере кусков сланца или породы с помощью специальной линейки с миллиметровой шкалой (для классов больше 38 мм) и штангенциркуля (для классов меньше 38 мм). При этом измерению подлежали: максимальный размер, или длина — L , поперечник (ширина) — B и средняя толщина кусков — b .

Количество подлежащих обмеру кусков для каждого класса изучаемого материала составляло от 400 до 1000 штук, что обеспечивает правильность получаемых статистических средних величин. Принадлежность каждого обмеренного куска к тому или иному классу крупности определялась не только в результате рассева на ситах, но и по размеру его поперечника (ширины) B . Последний не должен выходить за пределы, характеризующие данный класс крупности.

Для каждого из классов того или иного материала определяются среднеарифметические (из 400—1000 шт.) величины длины, ширины и толщины кусков.

В таблице 1 приведены дополнительные данные по гранулометрическому составу горной массы из забоя шахты (10 параллельных проб по 1000 кг каждая) и технологического сланца (2000 кг), при стандартном расसेве на ситах.

Таблица 1

Гранулометрический состав горной массы и технологического сланца

Наименование материала	Выход классов крупности (мм)					
	больше 150	150 — 100	100 — 60	60 — 38	38 — 22	22 — 0
	весов. %					
Горная масса	14,3	28,4	20,2	14,1	5,4	18,6
Сланец технологический	—	14,8	38,4	16,8	14,8	15,2

Результаты исследования. Результаты исследования размерной характеристики сланца и породы приведены в таблице 2. Для каждого класса крупности данного материала приведены усредненные величины длины, ширины и толщины кусков, а также их соотношений.

Анализ данных таблицы 2 показывает, что отношение усредненных размеров к длине, ширине и толщине кусков не одинаково для всех изученных материалов. Более того, оно не является постоянной величиной для данного кускового материала, но изменяется в зависимости от класса крупности. Изменения эти (как видно из таблицы 2) имеют не случайный, а вполне закономерный характер и связаны со специфическими особенностями строения кусков различной крупности данного материала.

В подтверждение этого можно на основании литературных источников привести аналогичные данные и для других кусковых материалов. В таблице 3 приведены обработанные данные экспериментального исследования геометрической характеристики кускового металлургического

Таблица 2

Результаты обмера кускового сланца и породы

№ серии	Наименование материала	Класс крупности мм	Средние размеры кусков (мм)			Отношение к длине		Отношение к ширине		Отношение к толщине	
			L	B	b	B : L	b : L	L : B	b : B	L : b	B : b
I	Сланец технологи- ческий	150 — 100	160	112,5	63,3	0,705	0,395	1,420	0,562	2,530	1,975
		100 — 60	104,6	70,1	40,4	0,670	0,386	1,492	0,576	2,610	1,735
		60 — 38	67,5	43,5	26,7	0,645	0,395	1,550	0,614	2,530	1,630
		38 — 22	48,5	30,1	20,5	0,620	0,421	1,615	0,682	2,370	1,470
II	Сланец крупнокус- ковой из забоя	больше 150	293	215	83,5	0,820	0,322	1,375	0,390	3,520	2,580
		150 — 100	156,5	107	46,5	0,683	0,297	1,462	0,435	3,365	2,305
		100 — 60	124	74,5	38,0	0,601	0,306	1,665	0,510	3,360	1,960
		60 — 38	99,5	48,6	33,5	0,490	0,336	2,040	0,690	2,970	1,450
III	Сланцевая мелочь из забоя	38 — 25	49,7	32,0	21,3	0,644	0,429	1,555	0,666	2,335	1,500
		25 — 10	30,2	20 5	13,25	0,660	0,439	1,470	0,645	2,280	1,545
IV	Порода из забоя	больше 150	325	234	121	0,720	0,372	1,390	0,520	2,770	1,930
		150 — 100	170	113	59	0,667	0,347	1,500	0,520	2,870	1,915
		100 — 60	128	75	47	0,586	0,366	1,710	0,626	2,730	1,595
		60 — 38	100	47	37,2	0,470	0,372	2,130	0,790	2,700	1,260

кокса (3). Они также свидетельствуют о наличии определенной закономерности в соотношениях L, B и b для различных классов крупности.

Вторым примером могут служить результаты обработки данных распада на ситах дробленного известняка (9), приведенные в таблице 4.

Таблица 3

Соотношение геометрических показателей для доменного кокса

Класс крупности мм	Соотношение средних размеров			
	L : B	b : B	L : b	B : b
больше 50	1,94	0,649	2,99	1,54
50 — 40	1,23	0,705	1,75	1,42
40 — 25	1,26	0,716	1,75	1,35
25 — 20	1,29	0,755	1,70	1,32
20 — 10	1,29	0,640	2,01	1,56
10 — 5	1,37	0,700	3,47	1,96

Таблица 4

Размерные показатели для дробленного известняка

Класс крупности мм	L : b	B : b
300 — 215	2,69	2,07
215 — 150	2,27	1,69
150 — 108	2,01	1,46
108 — 75	2,35	1,61
75 — 54	2,95	1,84
54 — 38	3,25	1,91
38 — 26	3,36	2,05
26 — 19	3,69	2,23

Для правильного суждения о характере наблюдаемых закономерностей целесообразно выразить геометрические показатели кусков через некоторый критерий, постоянный для данного класса крупности. Таким критерием является средний диаметр кусков данного класса. Существуют различные воззрения на методы исчисления среднего, «гидравлического» диаметра куска неправильной формы (1, 3, 8, 9).

Для упрощения расчетов за средний диаметр в данном случае принят арифметический средний от размеров куска: $d_{ар} = \frac{1}{3} (L + B + b)$. Произведенные подсчеты показывают, что характер получаемых зависимостей не изменяется существенно при замене среднеобъемного или эквивалентного диаметра арифметической средней величиной.

В таблице 5 приведены данные по отнесенным к среднему диаметру размерам кусков сланца и породы. На основе этих данных построены соответствующие кривые (рис. 1—3).

Обсуждение результатов и выводы. Анализ кривых для технологического сланца (рис. 1) показывает, что изменение размерной характеристики кусков, по мере перехода от одного класса крупности к другому, весьма незначительно; этот вывод относится, в особенности, к приведенной длине и толщине кусков. Приведенная (отнесенная к сред-

Размерная характеристика сланца и породы

№ серии	Наименование материала	Класс крупности мм	Средний диаметр мм	Отношение к среднему диаметру		
				L	B	b
I	Сланец техно- логический	150 — 100	111,9	1,430	1,030	0,565
		100 — 60	71,6	1,460	0,978	0,565
		60 — 38	46,0	1,460	0,945	0,580
		38 — 22	33,1	1,450	0,910	0,620
II	Сланец крупно- кусовой из забоя	больше 150	197,0	1,485	1,090	0,421
		150 — 100	103,3	1,515	1,030	0,450
		100 — 60	78,9	1,580	0,945	0,484
		60 — 38	60,5	1,645	0,805	0,554
III	Сланцевая мелочь из забоя	38 — 25	34,4	1,445	0,932	0,620
		25 — 10	21,3	1,415	0,961	0,622
IV	Порода из забоя	больше 150	226,5	1,430	1,020	0,530
		150 — 100	114,0	1,500	1,00	0,510
		100 — 60	83,2	1,540	0,940	0,565
		60 — 38	61,4	1,630	0,767	0,651

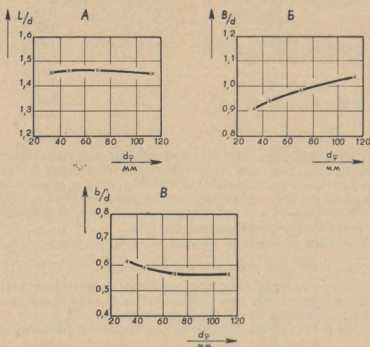


Рис. 1. Размерная характеристика технологического сланца (серия I).

нему диаметру) ширина кусков технологического сланца — В заметно снижается по мере перехода от крупных фракций к мелочи. Таким образом, для практических целей представляется возможным принимать

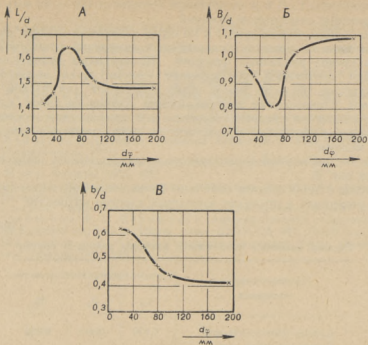


Рис. 2. Размерная характеристика сланца из забоя (серия II, III).

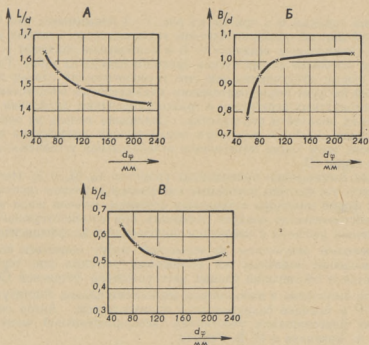


Рис. 3. Размерная характеристика породы из забоя (серия IV).

средние величины L , B и b (в пределах крупности 150 — 22 мм) без внесения в расчеты заметных искажений.

На рис. 2 даны кривые для II и III серий измерений (сланец из забоя). Они указывают на наличие существенных изменений размерной характеристики кусков различных фракций. Приведенная длина L остается практически постоянной для крупных кусков, затем возрастает для кусков классов 100 — 38 мм и резко снижается для кусков классов 38 — 10 мм. Приведенная ширина кусков сланца из забоя снижается по мере уменьшения среднего диаметра и возрастает для мелочи. Наконец, приведенная толщина возрастает по мере перехода от крупных кусков к мелким.

Изменение размерной характеристики для породы из забоя показано на кривых рис. 3.

В таблице 6 даны средние величины приведенных размеров кусков для каждого материала в пределах изученных классов крупности.

Таблица 6

Средние величины приведенных размеров сланца и породы

Наименование материала	Средние приведенные размеры		
	L_d	B_d	b_d
Сланец технологический	1,450	0,965	0,582
Сланец из забоя, крупнокусовой	1,555	0,967	0,478
Сланец из забоя, мелочь	1,430	0,945	0,620
Порода из забоя	1,525	0,930	0,565

Данные таблицы 6 и кривые на рис. 1—3 показывают, что наиболее устойчивой формой обладают частицы технологического сланца и мелочи из забоя (наименьшая величина — L и наибольшие значения — B и b). Наименее устойчива форма кусков крупного сланца из забоя. Такие различия в форме объясняются тем, что технологический сланец представляет собой продукт последовательного механического воздействия в процессе многократных перегрузок и транспортирования, дробления и сортировки перед подачей в переработку. Сланцевая мелочь из забоя образуется в зоне наиболее активного механического воздействия на целик при добыче; этим также объясняется относительная устойчивость формы кусков в серии III.

Анализ соотношения приведенных размеров L_d , B_d и b_d (таблица 6) показывает, что частицы изучаемых материалов в пределе приближаются скорее к форме цилиндра с овальным сечением, нежели шара или куба.

Это обстоятельство следует учитывать при соответствующих гидродинамических расчетах с введением поправочного коэффициента формы.

Изложенные результаты исследований могут оказаться полезными для проведения подобных же уточненных расчетов при термической переработке и обогащении сланца месторождения Эстонской ССР.

Работа выполнена в лаборатории технологии сланца Института химии АН ЭССР в порядке сотрудничества с производством. Автор сообщения выражает благодарность участникам экспериментальной части работы инж. О. А. Бокучава и И. В. Рейман.

1. С. Е. Андреев, Исчисление среднего диаметра, «Горный журнал», № 4, 1950, стр. 28.
2. А. С. Брук и др., Исследование аэродинамических свойств насыпных масс кокса, «Сталь», № 2, 1947, стр. 101.
3. Я. О. Габинский, З. И. Баданова, Об объемах кусков кокса и их суммарной поверхности, «Кокс и химия», № 8, 1936, стр. 24.
4. М. Я. Герман и др., Аэродинамические свойства насыпных масс кокса. Научн. отчет Днепропетровского Метал. ин-та, 1951.
5. Н. М. Жаворонков и др., Гидравлическое сопротивление и плотность упаковки зернистого слоя, «Журнал физической химии», т. 23, вып. 3, 1949, стр. 22.
6. Л. С. Лейбензон, Движение природных жидкостей и газов в пористой среде, Гостехиздат, 1947.
7. Г. М. Ломизе, Фильтрация в трещиноватых породах, ГЭИ, 1951.
8. М. Д. Минц, Фильтры АКХ, 1951.
9. «Справочник по обогащению полезных ископаемых» под ред. А. Таггарта, т. IV, Метиздат, 1950.
10. К. И. Сысков, Теория поведения кокса в доменном процессе, Изд. АН СССР, 1949.
11. С. Л. Цейтлина, Р. С. Бериштейн, Аэродинамическое сопротивление слоя дробленого материала. Научн. отчет ЦКТИ, № 174, Ленинград, 1947.
12. В. Н. Щелкачев, Б. Б. Лапук, Подземная гидравлика, Госуд. научно-техническое издательство, 1949.