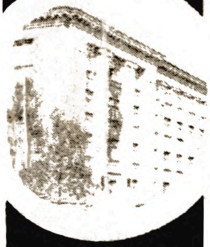
Министерство
угольной промышленности
УССР

РЕКОМЕНДАЦИИ





Ворошиловград,

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ УССР

Украинский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт по обогащению и брикетированию углей

"УкрНИИуглеобогащение"

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОПРОБОВАНИЮ И ИССЛЕДОВАНИЮ ШЛАМОВ

Лаборатория обезвоживания и водно-шламового хозяйства

г. Ворошиловград,
1971

Обработка шламов (улавливание, сгущение и обезвоживание) на углеобогатительных фабриках является одной из важных проблем, решение которой будет способствовать уменьшению потерь топлива с отходами и улучшению технологии обогащения углей.

Сложность этой проблемы обусловила необходимость тщательного контроля этих процессов и проведение исследований шламов.

Между тем опробование водно-шламового хозяйства и широкое исследование различных шламовых продуктов на многих фабриках осуществляются в недостаточной мере и часто по разным методикам. Это приводит к тому, что получаемые результаты не всегда могут быть сравнимы и обобщены.

В связи с этим в настоящей работе приведены *негостированные методики по опробованию водно-шламового* хозяйства, аппаратов, устройств и исследованию свойств различных шламов.

Методики рассмотрены, одобрены и рекомендованы Главуглеобогащением МУП УССР (протокол от 27 мая 1971 г.) для применения их при опробовании водно-шламовых схем и исследовании шламов.

Методики составили: Т.Г. ФОМЕНКО
В.С. БУТОВЕЦКИЙ
Е.М. ПОГАРЦЕВА
Л.С. МЕЛЬНИКОВА

Редактор и ответственный
за выпуск А.М. КОТКИН

С О Д Е Р Ж А Н И Е

Стр.

1. МЕТОДИКИ ОПРОБОВАНИЯ ШЛАМОВ . . . 5

1. Опробование водно-шламовой схемы фабрики 5

2. Опробование продуктов радиального сгустителя 19

3. Опробование продуктов пирамидального классификатора 32

4. Опробование продуктов скребкового классификатора 35

5. Опробование продуктов элеваторных классификаторов (багер-зумпфов) 41

6. Опробование продуктов фильтрующей центрифуги 45

7. Опробование продуктов дугового сита . . 48

8. Опробование продуктов гидроциклона . . 50

9. Опробование продуктов обезвоживающего грохота 52

10. Опробование продуктов осадительной центрифуги 53

11. Опробование продуктов дискового вакуум-фильтра 58

12. Опробование продуктов наружных отстойников 60

Стр.

П. МЕТОДИКИ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ШЛАМОВ 61

1. Исследование гранулометрического состава шлама 61

2. Определение осаждаемости шламов . . 75

3. Определение флокулируемости шламов . . 77

4. Определение фильтруемости шламов . . . 79

5. Определение вязкости суспензий 82

6. Определение предельного напряжения сдвига суспензий 84

7. Определение набухания шламов 87

8. Определение флокулирующей активности реагентов 91

Литература 100

1. МЕТОДИКИ ОПРОБОВАНИЯ ШЛАМОВ

Под опробованием понимается совокупность всех операций отбора и подготовки проб для производства химических, петрографоминералогических, ситовых, седиментометрических, фракционных анализов, для определения свойств и характеристик шламов, определения количественных и качественных характеристик шламообразования на фабриках и составления балансов водно-шламовых схем

1. Опробование водно-шламовой схемы фабрики

Для получения данных, характеризующих работу отдельных сгустительно-осветлительных и классифицирующих аппаратов и устройств и в целом всей водно-шламовой схемы, а также для ее оценки и разработки мероприятий по дальнейшему улучшению полученных показателей производится отбор проб от продуктов в таких местах схемы, чтобы возможно было составить качественно-количественные балансы как по отдельным процессам, так и всей схемы. Это значит, что в результате опробования должны быть получены данные, характеризующие не только продукты, поступающие в отдельные аппараты и устройства, но и продукты, получаемые после этих аппаратов и устройств.

Минимальный вес пробы по твердому, принимая максимальный размер частиц шлама 1 мм, составляет

$$g = 0{,}5\,d^2 = 0{,}5 \cdot 1^2 = 0{,}5 \text{ кг}, \qquad (1)$$

где d – максимальный размер частиц, мм.

Порции в пробу отбираются в течение одной смены работы фабрики с интервалами между отбором в 30 мин., т.е. за смену необходимо отобрать 15 порций.

Минимальный вес порции по твердому равен

$$\frac{500}{15} = 33,6 \sim 35 \text{ г.} \qquad (2)$$

Объем порции в зависимости от содержания твердого в пульпе определяется по кривой 1 (рис. 1).

Объем пробы за рабочую смену равен объему порции, полученному по кривой 1 (рис. 1), умноженному на 15 (кривая 2 рис. 1).

Учитывая возможные колебания в изменениях режимов работы машин и непостоянство питания, опробование водно-шламового хозяйства фабрики производится в течение 3-х смен, в результате чего получают три среднесменные пробы. Каждая из этих трех проб подвергается дальнейшей обработке и анализу самостоятельно.

Полученные по трем пробам результаты позволяют более точно составить баланс по воде, твердому и другим показателям. Эти же пробы служат для производства ситового и других анализов.

Содержание твердого в 1 л пульпы определяется путем отбора пробы объемом не менее 1 л, ее высушивания и взвешивания твердого остатка.

Определение расхода пульпы или технической воды производится, в зависимости от местных условий и мощности потока, двумя способами: отводом потока в специальную емкость объемом $\sim 1,5$ м^3 за определенное время или расходомером.

Объемный метод применим для потоков, дебит которых не превышает 800 м^3/ч, а метод измерения различными расходомерами применим для любых потоков.

Наиболее точный способ измерения - с помощью расходомеров с профилированной щелью (рис. 2).

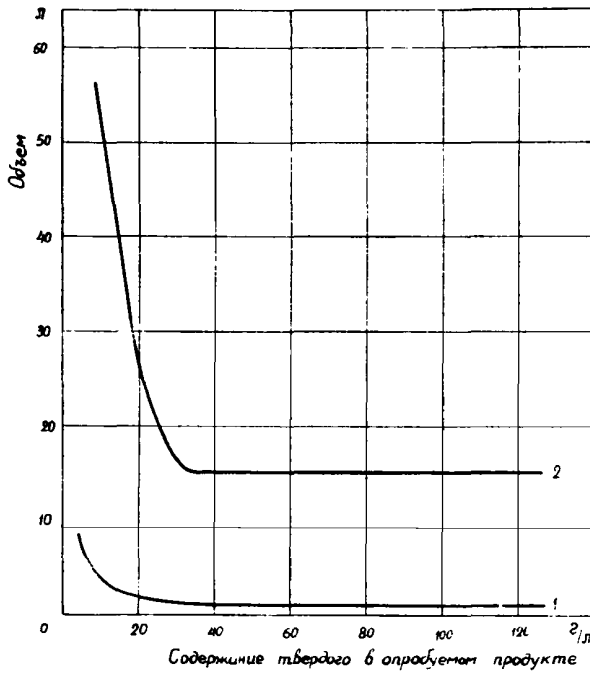


Рис. 1. Зависимость объема пробы от содержания твердого в опробуемом продукте.

1 - объем порции;
2 - объем пробы

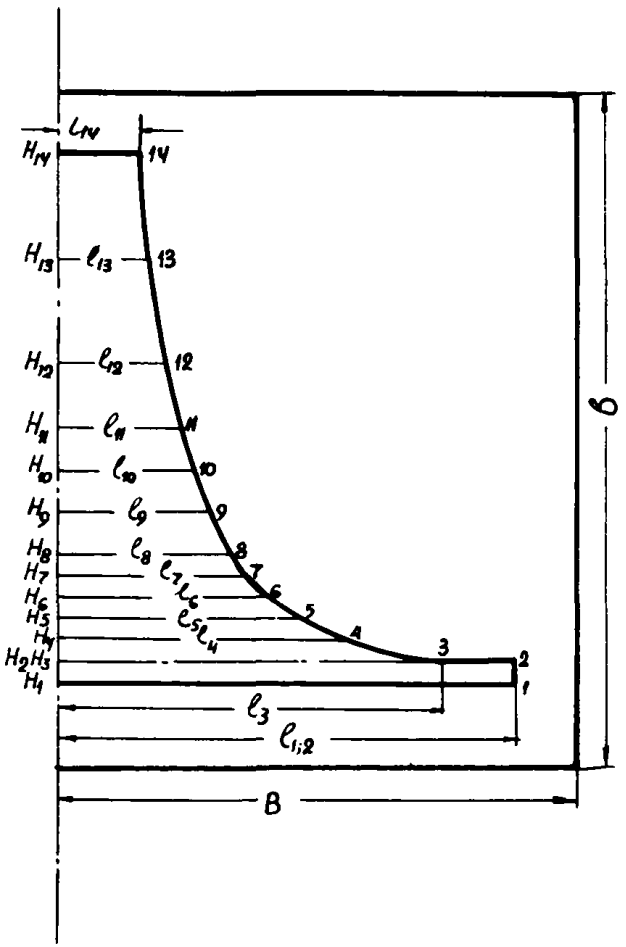


Рис. 2. Расходомер с профилированной щелью

Контуры профиля щели рассчитываются по формуле

$$L = \frac{Q_{мак}}{K\sqrt{2g}\cdot H_{мак}} \cdot \frac{1}{\sqrt{H_i}}, \text{ м}, \quad (3)$$

где $Q_{мак}$ – максимальный расход пульпы, $м^3$/сек,

K – коэффициент истечения, равный 0.58 – 0,68;

g – ускорение силы тяжести, равное 9,81 м/$сек^2$;

$H_{мак}$ – заданный уровень пульпы, м;

H_i – высота, на которой определяется L, м.

Более простым способом измерения расходов потоков является использование водосливов трапецеидального, прямоугольного или треугольного сечения. В этом случае расход определяется по формулам:

для трапецеидального водослива при $tg\alpha = 1/4$ (рис. 3)

$$Q = 3600 \cdot 1,86 \cdot b \cdot H^{\frac{3}{2}} = 6700\, b \cdot H^{\frac{3}{2}}, \ м^3/ч; \quad (4)$$

где α – угол наклона боковой кромки водослива к вертикали, град.;

b – ширина узкой части водослива, м;

H – высота потока, м;

для прямоугольного водослива

$$Q = 3600 \cdot m \cdot b \cdot H^{\frac{3}{2}}\sqrt{2g}, \ м^3/ч, \quad (5)$$

где m – коэффициент расхода водослива [3], равный

$$m = \left(0,405 + \frac{0,0027}{H}\right)\left[1 + 0,55\frac{H^2}{(H+H_в)^2}\right],$$

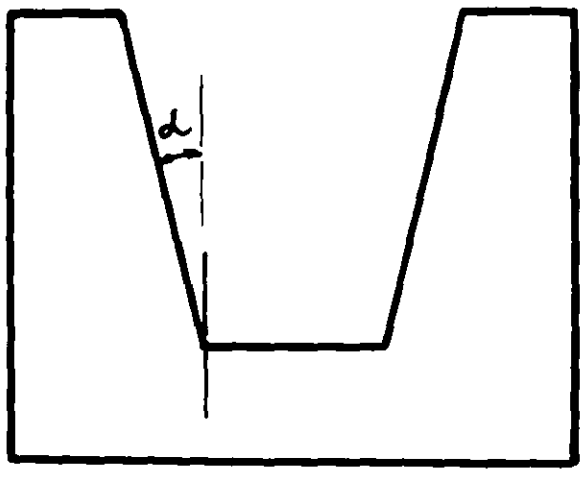


Рис. 3. Трапецеидальный водослив

B - ширина водослива, м;

H - высота уровня воды над сливным порогом, м;

g - ускорение силы тяжести, равное 9,81 м/сек^2;

$H_в$ - высота водослива, м;

для треугольного водослива с углом выреза 90°

$$Q = 3600 \cdot 1{,}4 \cdot H^{\frac{5}{2}} = 5040 \cdot H^{\frac{5}{2}},\ м^3/ч, \qquad (6)$$

где H - высота уровня воды над водосливом, м.

Величина H в формулах (3), (4), (5) и (6) определяется как среднеарифметическое из 15-20 измерений, производимых как при максимальном уровне воды, так и при минимальном в различных точках сливного порога.

Оценка водно-шламовой схемы производится путем определения показателя K, представляющего собой отношение количества шлама, содержащегося в рядовом угле и образовавшегося в процессе обогащения, к количеству шлама, поступающего в процесс с рядовым углем, циркуляционной водой, вновь образовавшегося в процессе обогащения, и энергетического шлама, теряемого со сбросовыми водами, т.е.

$$K = \frac{q_ш}{q_ш + q_ц + q_с}, \qquad (7)$$

где $q_ш$ - количество твердого в подрешетных водах и сливах классификаторов, т/ч;

$q_ц$ - количество твердого в циркуляционной воде, т/ч;

$q_с$ - количество твердого, теряемого в виде шлама, т/ч.

Режим водно-шламового хозяйства считается нормальным в том случае, если значение показателя K равно:

для фабрик, обогащающих антрациты $K > 0,35$;
для фабрик, обогащающих коксовые угли $K > 0,45$;
для фабрик, обогащающих газовые угли $K > 0,50$.

Если значение K меньше указанных величин, то на фабрике водно-шламовая схема не обеспечивает нормальной работы, что влечет за собой большой сброс шлама или чрезмерное загрязнение циркуляционной воды.

При опробовании исходного угля и продуктов обогащения для ситового и других анализов и установления распределения шлама по продуктам минимальный вес порции, в зависимости от крупности кусков, принимается:

Максимальный размер кусков, мм	150	50-150	25-50	< 25	< 1
Минимальный вес порции, кг	150	100	50	25	0,5

Число порций зависит от зольности опробуемого материала:

Зольность, %	10	10-20	> 20
Число порций	18	27	36

Пример. Опробовать водно-шламовую схему фабрики, обогащающей коксовые угли, и дать ее оценку.

Пробы отбираются в соответствии со схемой (рис. 4) в течение трех схем.

В результате отбора, разделки и анализов проб получают данные (табл. 1 и 2), на основании которых строится балансовая водно-шламовая схема (рис. 5).

По данным табл. 1 определяем количество вновь образованного шлама за счет измельчения угля и размокания породы. Всего образовалось 8,9% шлама от рядового угля зольностью 12,3%.

Шлам крупностью менее 0,5 распределился следующим образом:

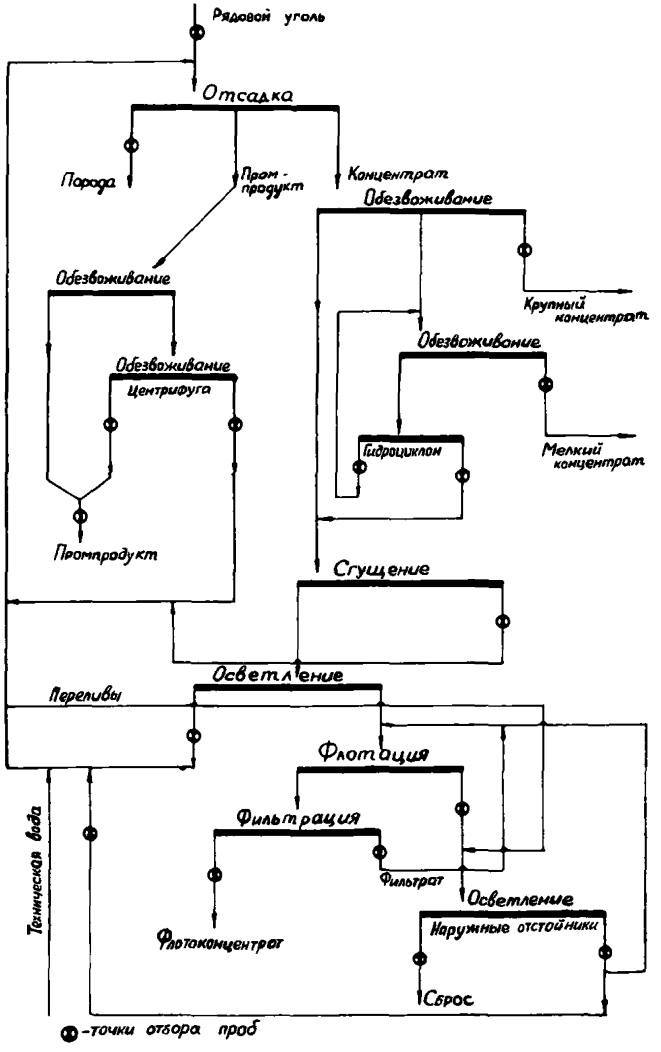


Рис. 4. Технологическая схема Чумаковской ЦОФ с указанием точек отбора проб

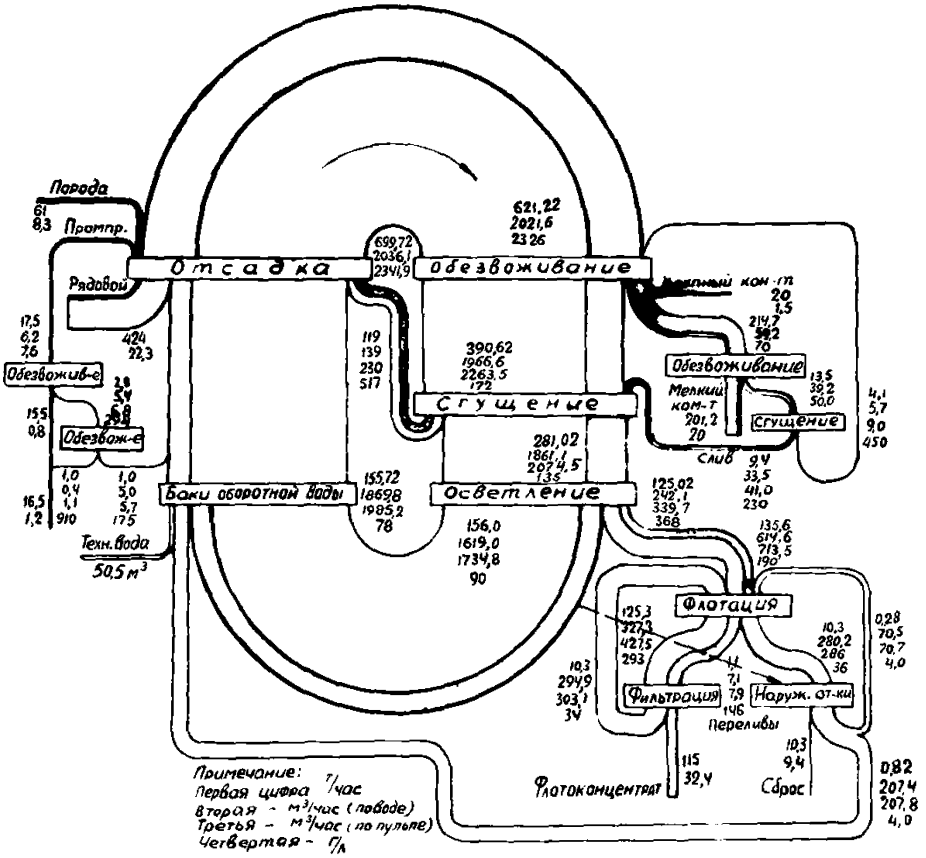


Рис. 5. Водно-шламовая схема Чумаковской ЦОФ

Виды определений	Опробуемые				
	Рядовой уголь		Крупный концентрат		
Вес или объем порции	50 кг		50 кг		
Количество порций, шт	27		18		
Вес (объем)общей пробы	1350 кг		900 кг		
Выход классов крупности в мм к продукту, к исходному и зольность, %					
10-80	20,20	38,79	88,00	4,15	5,31
6-10	11,40	22,17	5,60	0,26	5,63
3-6	10,70	17,53	2,10	0,10	5,27
1-3	27,50	14,32	3,50	0,16	4,04
0,5-1	9,13	11,90	0,42	0,02	6,70
0,25-0,5	8,13	9,80	0,16	0,01	4,90
0,145-0,25	1,66	12,30	0,06	-	6,20
0,06-0,145	5,31	6,30	0,09	0,01	17,40
-0,06	5,97	19,60	0,07	-	16,80
Итого	100,00	19,70	100,00	4,71	5,31
Влажность, %	5,26		7,50		
Содержание твердого,г/л	-		-		
Выход. т/ч	424,00		20,00		
Объем пульпы, $м^3$/ч	-		-		
Объем воды, $м^3$/ч	22,30		1,50		
Содержание и зольность шлама крупностью менее 0,5 мм в продуктах обогащения, %	21,07	11,9	0,38	0,02	10,25

Таблица 1

продукты																	
Мелкий концентрат			Флотоконцентрат			Промпродукт			Флотохвосты и сбросы			Порода			Итого продуктов обогащения		
25 кг			0,5 кг			25 кг			1 л			50 кг			-		
18			18			36			15 л			36			-		
450 кг			9кг			900 кг			15 л			1800 кг			-		
															Выход от рядового,%	A^c,%	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	65,70	9,45	65,86	13,60	47,40	
19,00	9,03	8,02	-	-	-	15,10	0,59	34,02	-	-	-	18,10	2,61	68,27	12,49	21,90	
16,40	7,78	7,10	-	-	-	17,50	0,68	33,91	-	-	-	10,30	1,49	66,98	10,05	17,80	
41,60	19,74	7,46	-	-	-	51,70	2,00	45,24	-	-	-	5,40	0,78	72,19	22,68	13,00	
12,07	5,73	9,55	17,89	4,85	3,3	6,02	0,23	41,80	15,20	0,37	27,30	0,17	0,02	65,40	11,22	8,20	
4,96	2,35	14,30	25,66	6,96	4,5	4,53	0,18	32,40	18,52	0,45	38,65	0,08	0,01	53,90	9,96	8,90	
0,68	0,32	10,85	7,28	1,98	5,4	0,72	0,03	25,50	5,49	0,13	43,68	0,02	-	38,00	2,46	8,40	
2,11	1,00	6,30	19,45	5,28	6,4	2,12	0,08	23,60	20,78	0,51	47,60	0,08	0,01	35,40	6,88	9,70	
3,18	1,51	12,40	29,72	8,06	13,1	2,31	0,09	28,90	40,01	0,97	57,80	0,15	0,02	39,10	10,66	17,30	
100,00	47,46	8,25	100,00	27,13	7,27	100,00	3,88	39,77	100,00	2,43	46,70	100,00	14,39	66,69	100,00	18,41	
	9,95			28,20			7,30			47,70			12,00			-	
	-			-			-			70,80			-			-	
	201,20			115,00			16,50			10,30			61,00			424,00	
	-			92,00			-			-			-			-	
	20,00			32,40			1,20			9,40			8,30			72,80	
10,93	5,18	12,00	82,11	22,28	8,15	9,68	0,38	29,00	84,80	2,06	50,25	0,33	0,05	41,70	29,97	12,03	

Таблица 2

Виды определений	Слив радиального сгустителя		Сгущенный продукт воронки		Слив гидроциклона		Сгущенный гидроциклона		Фильтрат	
Объем порции, л	1		1		1		1		1,0	
Количество порций, шт.	15		15		15		15		15	
Объем общей пробы, л	15		15		15		15		15	
Содержание твердого, г/л	90		517		230		450		34	
Выход твердого, т/ч	156		119		9,4		4,1		10,3	
Объем воды, $м^3$/ч	1619		139		33,5		5,7		294,9	
Объем пульпы, $м^3$/ч	1734,80		230		41,0		9,0		303,1	
Влажность, %	-		-		-		-		-	
Возврат в оборот, $м^3$/ч	-		-		-		-		-	
Ситовый состав, %:										
Выход.	Зольность									
+0,55	-	-	49,89	8,50	5,58	7,10	29,80	4,5	10,74	3,0
0,25 - 0,55	2,15	6,7	24,39	26,00	5,89	11,70	26,06	7,5	26,78	4,4
0,145 - 0,25	1,51	5,4	2,58	26,60	1,74	8,40	4,07	9,2	7,02	4,65
0,06 - 0,145	17,76	4,8	8,46	18,80	19,72	5,00	12,54	10,5	22,60	5,65
- 0,06	78,58	17,7	14,68	21,70	67,07	17,10	27,53	18,2	32,86	14,2
Итого	100,00	14,98	100,00	16,00	100,00	13,69	100,00	10,00	100,00	7,8

Слив наружных отстойников	Хвосты флотации	Подрешетный п/п грохота	Надрешетный п/п грохота
-	1,0	1	25 кг
-	15	15	18
-	15	15	450 кг
4	36	175	
1,1	10,3	1,0	1,0
277,9	280,2	5,0	0,4
278,5	286	5,7	1,1
-	-	-	28,6
207,8	-	-	-

-	-	10,87	15,75
0,75	38,2	22,91	45,00
0,52	44,7	6,15	57,00
7,43	46,8	19,75	57,35
91,30	58,3	40,32	70,43
100,00	57,20	100,00	55,25

с крупным концентратом – 0,02% (зольность 10,25%);

с мелким концентратом – 5,18% (зольность 12,0%);

с промпродуктом – 0,38% (зольность 29,0%);

с породой – 0,05% (зольность 41,7%).

Степень совершенства данной водно-шламовой схемы определяется коэффициентом К, равным

$$K = \frac{q_u}{q_u + q_ц + q_c} = \frac{390,62}{390,62 + 156 + 10,3} = 0,7,$$

т.е. данный режим водно-шламовой схемы обеспечивает относительно нормальную работу фабрики.

Дальнейшее совершенствование водно-шламовой схемы должно обеспечить снижение твердого в циркуляционной воде с 90 до 50 г/л за счет снижения содержания твердого в сгущенном продукте радиального сгустителя с 368 до 250 г/л. Это позволит весь шлам обогащать флотацией и избежать его сбросов в необогащенном виде в наружные отстойники.

2. Опробование продуктов радиального сгустителя

При определении общей эффективности и работы радиального сгустителя достаточно опробовать исходное питание, слив и сгущенный продукт с установлением содержания в них твердого и ситового состава.

К опробованию в этом случае предъявляются общепринятые требования – представительность проб. Отбор проб производится установленным порядком: места отбора должны обеспечивать безопасность и пересечение всего потока приспособлениями необходимой емкости. Обычно применяется литровая кружка на длинной ручке.

Полученные при таком опробовании данные позволяют установить:

содержание твердого в продуктах;

распределение зерен различной крупности в продуктах;

выход продуктов классификации;

общую и удельную нагрузку на сгуститель;

граничный размер зерен классификации и эффективность осветления воды.

Содержание твердого в продуктах определяется путем опробования сгустителя по методике опробования водношламовой схемы.

Ситовый анализ продуктов осуществляется на стандартных ситах и позволяет судить о распределении зерен различной крупности в различных продуктах.

Объемный выход сгущенного продукта и слива рассчитывается из условия баланса

$$\gamma'_{сг} = \frac{100(\rho_1 - \rho_3)}{\rho_2 - \rho_3}, \quad \%, \qquad (8)$$

где ρ_1 – содержание твердого в питании сгустителя, г/л;

ρ_2 – содержание твердого в сгущенном, г/л;

ρ_3 – содержание твердого в сливе, г/л.

$$\gamma'_{сл} = \frac{100(\rho_2 - \rho_1)}{\rho_2 - \rho_3}, \%, \text{ или } 100 - \gamma'_{сг}. \qquad (9)$$

По измеренной одним из водосливов объемной нагрузке Q на радиальный сгуститель определяем нагрузку по твердому G

$$G = Q\rho_1, \quad т/ч. \qquad (10)$$

Количество сгущенного продукта будет

$$G_{сг} = Q\gamma'_{сг} \cdot \rho_2 \ , \ т/ч \ , \qquad (11)$$

Количество твердого в сливе

$$G_{сл} = Q\gamma'_{сл}\rho_3 \quad или \quad G - G_{сг} \ , \ т/ч \ . \qquad (12)$$

Удельная нагрузка на радиальный сгуститель составляет:
по пульпе

$$q_п = \frac{Q}{F} \ , \quad м^3/м^2 \cdot ч \ ; \qquad (13)$$

по воде

$$q_в = \frac{Q_в}{F} \ , \quad м^3/м^2 \cdot ч \ ; \qquad (14)$$

по твердому

$$q_т = \frac{G}{F} \ , \quad т/м^2 \cdot ч \ , \qquad (15)$$

где F - площадь сгустителя, $м^2$;

$Q_в$ - питание сгустителя по воде, $м^3/ч$.

Граничный размер зерен классификации принимается при условии извлечения зерен одинаковой крупности в слив и сгущенный продукт, равного 50%. Для этого строятся кривые извлечений (рис. 6).

Эффективность осветления рассчитывается по формуле

$$E = \frac{100\,(\rho_1 - \rho_3)\,\rho_2}{(\rho_2 - \rho_3)\,\rho_1} \ , \ \% . \qquad (16)$$

При исследовании влияния нагрузки на характер распределения зерен по крупности и влияния зон с одинаковым содержанием твердого в объеме радиального сгустителя прибегают к детальному способу опробования.

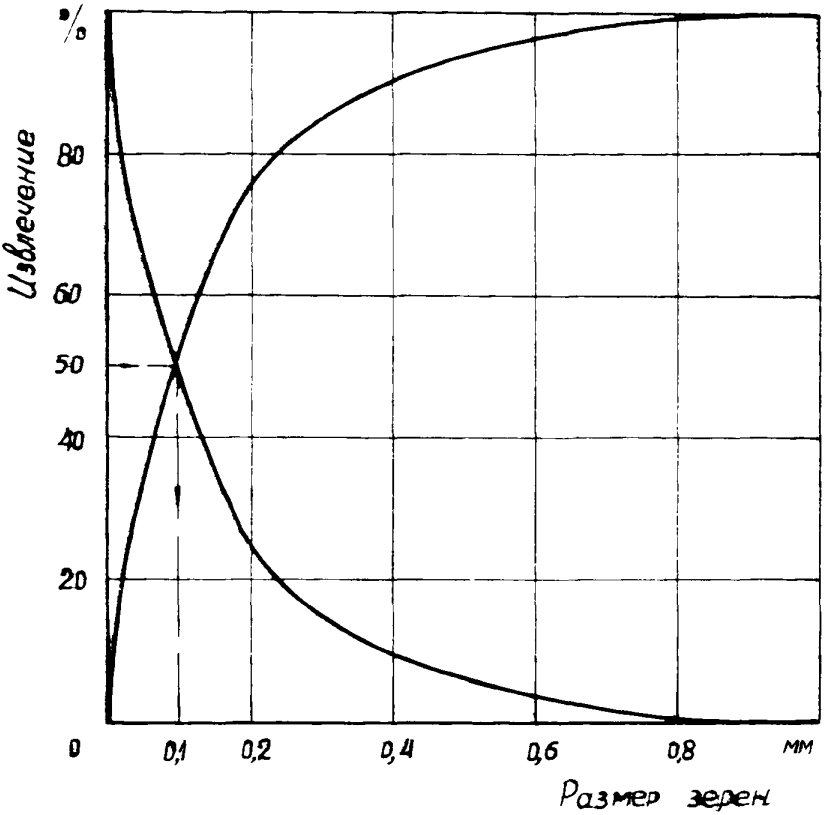


Рис. 6. Определение размера граничного зерна

Для этого сечение сгустителя разбивается на необходимое число точек опробования и затем отбираются пробы, удовлетворяющие требованиям представительности.

Для отбора проб применяются приборы - батометры. Существует несколько типов таких приборов. При опробовании радиального сгустителя может быть использован батометр мгновенного наполнения системы Колле [1] (рис. 7). Он состоит из емкости 1 со скошенными входными отверстиями и системы спусковых устройств.

Перед опусканием батометра в пульпу кольцо 2, соединенное посредством тросовых тяг 3 с крышками 4 батометра, поднимается вверх по штанге и скрепляется с крючком 5. После опускания батометра на нужную глубину и заполнения емкости пульпой необходимо дернуть трос, крючок 5 поднимется, освободит кольцо 2, и крышки батометра закроются натяжением пружин 6. Емкость такого батометра от 1 до 5 л.

Можно пользоваться и батометром-насосом [2], изображенным на рис. 8. Этот прибор состоит из бачка для пробы 1, всасывающей металлической трубки с отметками 2 и лабораторного насоса Комовского с водоотделителем 3.

При отборе проб трубка опускается на определенную глубину, после чего в системе создается разрежение, и пульпа поступает в бачок.

В отобранных пробах определяются содержание и ситовый состав твердого, а также средний размер зерен по методу Когхилла.

По методу Когхилла выхода отдельных классов крупности рассматриваются как параллельные силы, приложенные на определенном расстоянии к рычагу - размеру. Для большей точности "силы" прикладывают к среднему "расстоянию" каждой крупности. Вычисленный средний момент представляет собой среднюю крупность зерен.

При применении флокулянтов для осветления хвостов флотации либо других загрязненных вод осуществляется постоянное наблюдение (через 30 мин.) за осветленным

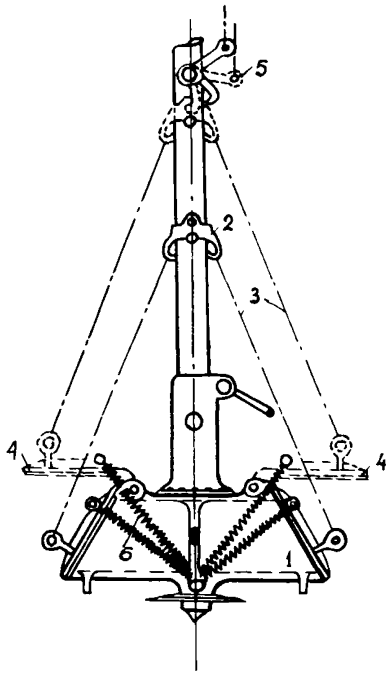


Рис. 7. Батометр Колле

1 – емкость для пробы;

2 – кольцо;

3 – тросовые тяги;

4 – крышки батометра;

5 – крючок;

6 – пружины.

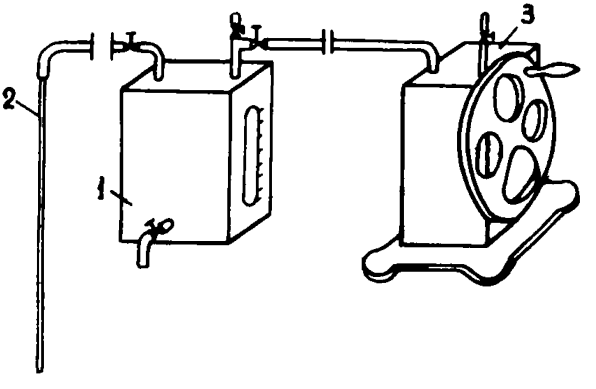


Рис. 8. Батометр-насос

1 - бачок для пробы;

2 - металлическая трубка;

3 - насос Комовского

слоем воды в радиальном сгустителе или другом аппарате. Для этого применяется метровая стеклянная трубка небольшого диаметра (10–15 мм). Она, с закрытым верхним концом, спокойно опускается в воду, затем, после заполнения, также спокойно вынимается. Слив сгустителя при осветлении хвостов флотации должен быть чистым.

Следует также контролировать расход реагента. Для этой цели применяется мерная емкость, время заполнения которой отсчитывается секундомером; расход регулируется по заданной величине Q:

$$Q = q \cdot G \frac{C_{100}}{C_p \cdot 1000 \cdot 60}, \text{ л/мин}, \quad (17)$$

где q – установленный расход реагента 100% концентрации на 1 т твердого, г/т;

G – количество флокулируемого шлама, т/ч;

$\frac{C_{100}}{C_p}$ – индекс концентрации, %;

C_p – концентрация рабочего раствора реагента, %.

Пример. Произвести опробование продуктов радиального сгустителя и определить параметры его работы.

Объемный выход сгущенного продукта определяется по формуле (8), а именно:

$$\gamma'_{сг} = \frac{100\,(135 - 90)}{368 - 90} = 16{,}2\%$$

Объемный выход слива по формуле (9)

$$\gamma'_{сл} = 100 - 16{,}2 = 83{,}8\%.$$

Нагрузка по твердому по формуле (10)

$$G = 2074 \cdot 135 = 281 \text{ т/ч}.$$

Количество сгущенного продукта по формуле (11)

$$G_{сг} = 2074 \cdot 16{,}2 \cdot 368 = 125 \text{ т/ч.}$$

Количество твердого в сливе по формуле (12)

$$G_{сл} = 281 - 125 = 156 \text{ т/ч.}$$

Удельная нагрузка на радиальный сгуститель:

по пульпе - по формуле (13)

$$q_{п} = 2074 : 490 = 4{,}25 \text{ м}^3/\text{ч};$$

по воде - по формуле (14)

$$q_{в} = 1861 : 490 = 3{,}81 \text{ м}^3/\text{ч};$$

по твердому - по формуле (15)

$$q_{т} = 281 : 490 = 0{,}575 \text{ т/ч.}$$

Ситовые анализы продуктов радиального сгустителя приведены в табл. 3.

Граничный размер зерен разделения, как видно из рис. 6, составляет 0,1 мм.

Эффективность осветления воды согласно формуле (16) равна

$$E = \frac{100\,(135 - 90) \cdot 368}{(368 - 90) \cdot 135} = 44{,}5\%.$$

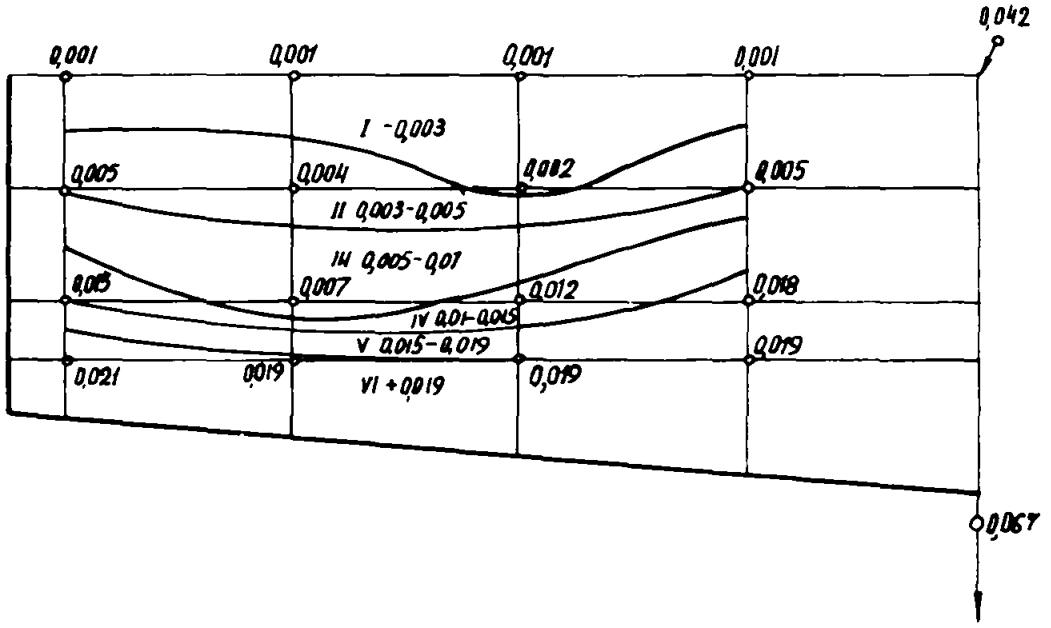
В табл. 4 приведен метод определения средней крупности питания радиального сгустителя по данным табл. 3.

В данном примере средняя крупность зерен равна 0,14 мм. Опробование сгустителя с целью сравнения произведено при разных удельных нагрузках - 1,2 и 2,6 $м^3/м^2 \cdot ч$. При остальных исследованиях нагрузки и шаг между ними должны определяться по методике планирования эксперимента [6]. Результаты такого опробования видны из рис. 9. При нагрузке 1,2 $м^3/м^2 \cdot ч$ (рис. 9а) распределение материала по крупности

Таблица 3

Крупность, мм	Питание		Слив				Сгущенный			
	Выход, %	Зольность, %	Выход к продукту, %	Выход к питанию, %	Извлечение, %	Зольность, %	Выход к продукту, %	Выход к питанию, %	Извлечение, %	Зольность, %
0,55-1	4,63	3,50	-	-	0	-	10,36	4,63	100	3,5
0,25-0,55	12,58	6,40	2,15	1,19	9,5	6,7	25,60	11,39	90,5	6,2
0,145-0,25	3,56	7,40	1,51	0,84	23,5	5,4	6,12	2,72	76,5	8,5
0,06-0,145	20,32	6,90	17,76	9,86	48,5	4,8	23,52	10,46	51,5	10,5
-0,06	58,91	18,82	78,58	43,61	74,0	17,7	34,40	15,30	26,0	20,1
Итого	100,00	13,68	100,00	55,50	-	14,98	100,00	44,50	11,85	-
Содержание твердого, г/л	135			90				368		
Объемный выход, %	100			83,8				16,2		
Выход твердого, т/ч	281			156				125		

а



б

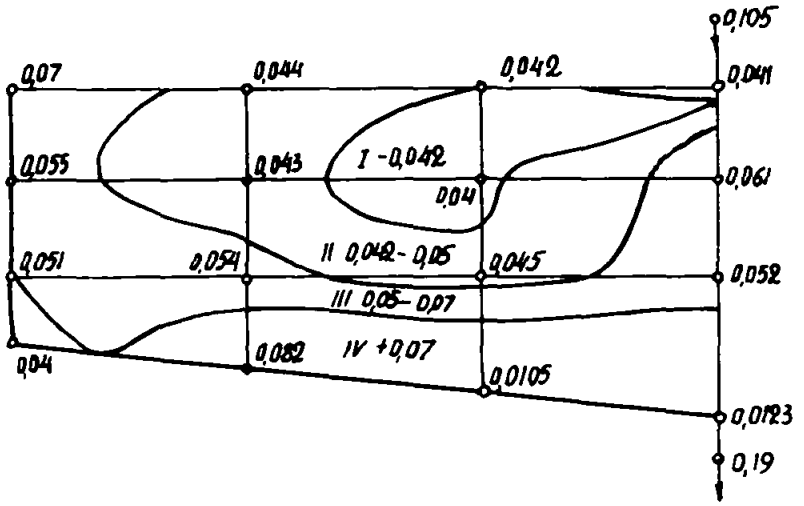


Рис. 9. Распределение зерен по крупности в объеме радиального сгустителя при удельной нагрузке в $м^3/м^2 . ч$:
а - 1,2; б - 2,6

Таблица 4

Крупность, мм	Плечо	Выход, % (силы)	Момент
0,55 - 1,00	0,775	4,63	3,58
0,25 - 0,55	1,175	12,58	14,76
0,145 - 0,25	1,375	3,56	4,90
0,06 - 0,145	1,475	20,32	30,00
- 0,06	1,505	58,91	88,70
Итого	-	100,00	141,94

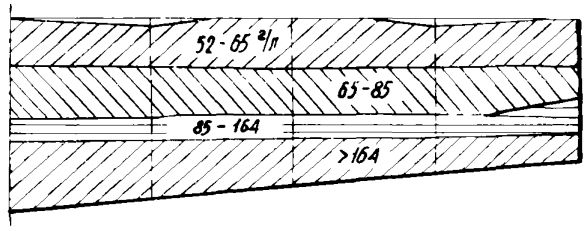
естественное и равномерное: в зоне осветления находятся наиболее тонкие зерна, в зоне уплотнения - наиболее крупные. Иная картина наблюдается при удельной нагрузке 2,6 $м^3/м^2.ч$ (рис. 9б). Наглядно влияние скорости движения потоков в сгустителе: естественное распределение зерен по крупности нарушается, и только зерна крупнее 0,07 мм, обладающие достаточной силой тяжести, преодолевают скоростное давление потока.

Аналогичная картина наблюдается в случае выявления в объеме сгустителя зон с одинаковым содержанием твердого (рис. 10а - при удельной нагрузке 1,2; 10б - - при удельной нагрузке 2,6 $м^3/м^2.ч$).

Подобное опробование и анализ результатов позволяют заключить, что приемлемой нагрузкой на радиальный сгуститель, обеспечивающей достаточно эффективное осветление загрязненной воды, является 1,2-1,5 $м^3/м^2.ч$. При более высоких нагрузках процесс осветления нарушается и эффективность падает.

Если на фабрике флокулируется 10 т/ч хвостов флотации, при расходе полиакриламида 12 г/т, то минутный расход гидролизованного раствора 0,05% концентрации согласно формуле (17) должен быть

а



б

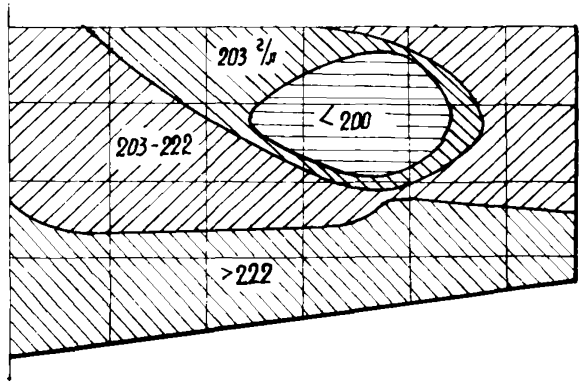


Рис. 10. Расположение зон с одинаковым содержанием твердого в объеме радиального сгустителя при удельной нагрузке в $м^3/м^2 . ч$:
а – 1,2; б – 2,6

$$Q = 12 \cdot 10 \cdot \frac{100}{0{,}05 \cdot 1000 \cdot 60} = 4 \text{ л/мин},$$

т.е. за 30 секунд должна заполняться емкость объемом 2 литра.

При нормальной работе радиального сгустителя при осветлении шламовых вод содержание твердого в сливе должно быть меньше 100 г/л, в сгущенном - около 250 г/л.

3. Опробование продуктов пирамидального классификатора

Опробование пирамидального классификатора производится с целью установления эффективности классификации в нем шлама. Для этого достаточно опробовать, как и в радиальном сгустителе, питание и продукты классификации - слив и сгущенный с определением в них содержания и ситовых анализов твердого.

Методика опробования аналогична методике опробования радиального сгустителя.

Усредненный сгущенный продукт отбирается из сборного желоба. При установлении крупности шлама в сгущенных продуктах каждой секции отбирают пробы и определяют в них содержание и ситовый анализ твердого соответственно из каждой ячейки отдельно.

Эффективность классификации шлама в пирамидальном классификаторе, который включен в схему для отделения крупнозернистого (> 0,5 мм) шлама, определяется по формуле

$$E = \frac{\gamma_{сл}\beta \cdot \theta \cdot \gamma_{сг}}{100\alpha(100-\alpha)}, \%, \qquad (18)$$

где $\gamma_{сл}$ – выход твердого в слив, %;

β – содержание зерен крупностью менее 0,5 мм в сливе, %;

α – содержание зерен крупностью менее 0,5 мм в исходном, %;

$\gamma_{сг}$ – выход твердого в сгущенный продукт, %;

θ – содержание зерен крупностью более 0,5 мм в сгущенном продукте, %;

$(100-\alpha)$ – содержание зерен крупнее 0,5 мм в исходном, %.

Пример. В результате опробования пирамидального классификатора получены данные, приведенные в табл. 5.

При этом объемный выход продуктов по формулам (8) и (9) составит

$$\gamma'_{сг} = \frac{100\ (320 - 300)}{418 - 300} = 17\ \%;$$

$$\gamma'_{сл} = \frac{418\ (418 - 320)}{418 - 300} = 83\ \%.$$

Нагрузка на пирамидальный классификатор по твердому согласно формуле (10) равна

$$G = 1800 \cdot 320 = 576\ т/ч.$$

Количество сгущенного продукта по формуле (11) будет

$$G_{сг} = 1800 \cdot 17 \cdot 418 = 128\ т/ч$$

Количество твердого в сливе по формуле (12) составит

$$G_{сл} = 1800 \cdot 83 \cdot 300 = 448\ т/ч.$$

Таблица 5

Крупность, мм	Питание		Слив				Сгущенный			
	Выход, %	Зольность, %	Выход, %	Выход к исх., %	Извлечение, %	Зольность, %	Выход, %	Выход к исх., %	Извлечение, %	Зольность, %
+1,0	1,00	7,0	–	–	0	–	4,48	1,00	100	7,0
0,50 – 1,00	15,86	13,0	2,9	2,26	14	11,80	60,90	13,60	86	13,2
0,25 – 0,50	10,48	14,7	10,0	7,76	74	12,88	12,17	2,72	26	19,8
0,15 – 0,25	6,94	20,2	7,4	5,76	83	18,20	5,25	1,18	17	30,0
0,06 – 0,15	20,35	23,4	23,5	18,31	90	22,30	9,10	2,04	10	32,7
– 0,06	45,37	43,2	56,2	43,56	96	42,80	8,10	1,81	4	55,3
Итого	100,00	29,44	100,00	77,65	–	32,20	100,00	22,35	–	19,8
Нагрузка, $м^3/ч$	1800			1493				307		
Нагрузка, т/ч	576			448				128		
Содержание твердого, г/л	320			300				418		
Выход объемный, %	100			83				17		
Граничный размер, мм				0,53						

Удельная нагрузка на пирамидальный классификатор:

по пульпе - формула (13) - 1800 : 350 =5,15 $м^3/м^2.ч$;
по твердому - формула (15) - 576 : 350 = 1,65 $т/м^2.ч$.

Граничный размер классификации определяется таким же образом, как и для радиального сгустителя, либо по равному содержанию зерен в продуктах классификации.Для этого строятся дифференциальные кривые выходов классов крупности слива и сгущенного продукта, взятых к исходному. По данным табл. 5 такие кривые построены на рис.11, из которого видно, что граничный размер составляет 0,53 мм.

Эффективность классификации определяется по данным табл. 5 и формуле (17)

$$E = \frac{77,65 \cdot 97,1 \cdot 22,35 \cdot 65,38}{100 \cdot 83,14 (100 - 83,14)} = 78\%.$$

4. Опробование продуктов скребкового классификатора

Целью опробования классификатора является определение основных технологических показателей его работы.

Опробованию подвергаются питание, слив и сгущенный продукт с последующим определением объемов, содержания твердого и влажности, ситового состава твердого.

Данные опробования позволяют оценить работу классификатора и установить технологические характеристики классификации:

содержание твердого и влажность обезвоженного продукта;

распределение зерен различной крупности в продуктах, взаимное засорение слива и осадка не свойственными по крупности зернами;

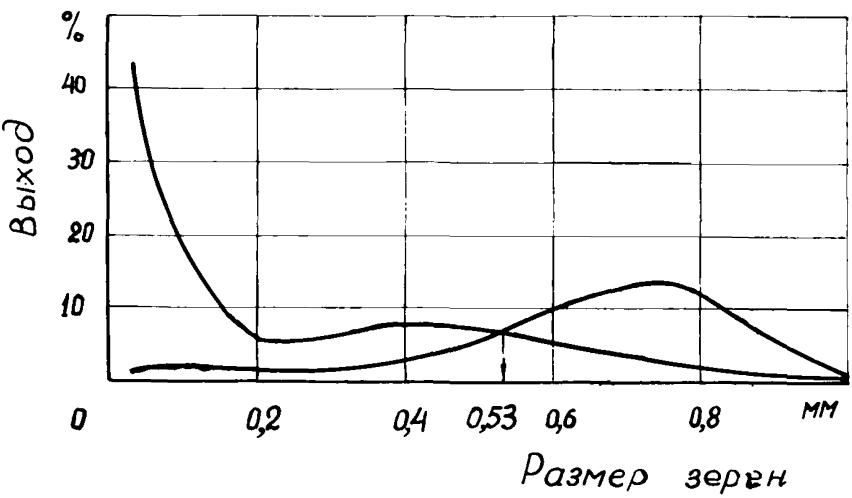


Рис. 11. Определение размера граничного зерна классификации в пирамидальном классификаторе

нагрузку на отстойник;
граничный размер и эффективность классификации.

Опробование производится в течение одной-двух смен с частотой отбора 30-60 минут. Слив отбирается из желоба кружкой с длинной ручкой, обезвоженный продукт в месте разгрузки либо с конвейера - пробоотборником ящичного типа. Объем порции пробы слива - 1 л, вес порции пробы обезвоженного продукта - 5 кг.

Содержание твердого и влажность определяются стандартным методом высушивания и взвешиваний, а ситовый анализ - путем рассева на ситах со стандартными ячейками материала крупнее 1 мм - сухим способом, мельче 1 мм - мокрым.

Объемная производительность классификатора по сливу рассчитывается по формуле прямоугольного водослива (5), где B-общая ширина сливных окон.

Производительность классификатора по обезвоженному продукту, в зависимости от местных условий отбора проб (либо со сборного транспортера пробоотборником-ящиком, который ставится на ленту, либо в месте разгрузки обезвоженного продукта), рассчитывается по-разному.

В первом случае производительность по твердому определяется по формуле

$$G_{cr} = 3{,}6 \frac{v \sum_{i}^{n} q_i}{B \cdot n} \cdot \frac{100 - W^p}{100}, \text{ т/ч}, \quad (19)$$

где v - скорость конвейера, м/сек;

q_i - вес отобранной порции пробы, кг;

B - ширина пробоотборника (вдоль оси конвейера), м;

n - число порций, шт;

W^p - влажность обезвоженного продукта, %.

В случае отбора и взвешивания обезвоженного продукта, выдаваемого из классификатора одним скребком, производительность можно рассчитать следующим образом

$$G_{cr} = 3{,}6 \frac{B \cdot q}{b t} \cdot \frac{100 - W^{p}}{100}, \text{ т/ч}, \qquad (20)$$

где B - длина скребка цепи классификатора, м;

b - ширина пробоотборника (0,2 - 0,25) мм;

t - время между двумя разгрузками, сек.

Объемная производительность классификатора представляет собой сумму объема слива установленного с помощью формулы (5), и объема обезвоженного продукта, определенного следующим образом

$$Q_{cr} = \frac{G_{cr}}{\delta} \cdot \frac{G_{cr} W^{p}}{100 - W^{p}}, \text{ м}^3/\text{ч}, \qquad (21)$$

где δ - плотность твердого обезвоженного продукта, т/м^3, которая может быть определена стандартным либо более простым способом и подсчитана по формуле

$$\delta = \frac{q}{1 - \frac{q_u + q_в - q}{\Delta}}, \text{ кг/дм}^3, \qquad (22)$$

где q_u - вес исходной пробы, взятой для определения плотности, кг;

q - вес высушенной пробы, кг;

$q_в$ - вес воды, добавленной до объема 1 л, кг;

Δ - плотность воды, кг/м^3.

Таким образом, объемная производительнссть классификатора равна

$$Q = Q_{сл} + Q_{сг} = 3600 m b H^{\frac{3}{2}} \sqrt{2g} + \frac{G_{сг}}{\delta} + \frac{G_{сг} W^{р}}{100 - W^{р}}, м^3/ч. \quad (23)$$

Производительность классификатора по твердому составит

$$G = G_{сг} + G_{сл} = G_{сг} + \frac{Q_{сл} \rho_{з}}{1000}, т/ч, \quad (24)$$

где $\frac{Q_{сл} \rho_{з}}{1000}$ - количество твердого в сливе, т/ч.

Удельная производительность как по пульпе, так и по твердому определяется делением нагрузок на рабочую площадь классификатора.

Граничный размер классификации в скребковом классификаторе устанавливается по данным ситового состава продуктов таким же образом, как при классификации в других аппаратах.

Эффективность определяется по приведенной ранее формуле (18).

Пример. Рассчитать основные технологические характеристики классификации в скребковом классификаторе по данным опробования (табл. 6).

В результате опробования установлены:

содержание твердого в сливе, равное 35 г/л,
влажность осадка, равная 30,4%,
распределение зерен в продуктах классификации.

Объемная производительность классификатора по сливу определяется по формуле (5) и составляет при коэффициенте расхода, равном

$$m = 0{,}405 + \frac{0{,}0027}{0{,}075} = 0{,}441,$$

и средней высоте сливающегося потока, равной 0,075 м,-

$$Q_{сл} = 3600 \cdot 0{,}441 \cdot 4{,}44 \cdot 0{,}075 \cdot \sqrt[\frac{3}{2}]{2.9{,}81} = 640 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Общая длина слива при шести открытых окнах, за вычетом ширины пазов шиберов и винтов, составляет 4,44 м.

Производительность классификатора по сгущенному продукту (сухому) определяем по формуле (20). Период времени между двумя разгрузками осадка – 2 сек; длина скребка 1,75 м; ширина пробоотборника 0,195 м; средний вес пробы – 9,62 кг.
Тогда

$$G_{сг} = 3{,}6 \frac{1{,}75 \cdot 9{,}62}{2 \cdot 0{,}195} \cdot \frac{100 - 30{,}4}{100} = 108 \text{ т/ч}.$$

Объем пульпы осадка при установленной по формуле (22) плотности, равной 1,47 г/см^3, составит

$$Q_{сг} = \frac{108}{1{,}47} + \frac{108 \cdot 30{,}4}{100 - 30{,}4} = 122 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Объем исходной пульпы равен сумме объемов

$$Q = Q_{сл} + Q_{сг} = 640 + 122 = 762 \text{ м}^3/\text{ч},$$

а нагрузка по твердому на классификатор составит

$$G = 108 + \frac{640 \cdot 35}{1000} = 131 \text{ т/ч}.$$

Удельная нагрузка как по пульпе, так и по твердому определяется делением часовой производительности на рабочую площадь классификатора, равную 20 м^2, и составляет по пульпе 38 м^3/м^2.ч и по твердому – – 6,5 т/м^2.ч.

Граничный размер классификации определяется так же, как и в предыдущих случаях, и составляет 0,3 мм.

Эффективность рассчитывается по формуле (18)

$$E = \frac{17,3 \cdot 95,62 \cdot 82,7 \cdot 95,32}{100 \cdot 20,43 \,(100 - 20,43)} = 80\%.$$

Данные опробования и результаты подсчетов приведены в табл. 6.

При нормальной работе скребкового классификатора содержание зерен крупностью более 0,5 мм в сливе не должно превышать 10-15%.

5. Опробование продуктов элеваторных классификаторов (багер-зумпфов)

Эффективность работы элеваторных классификаторов определяется по результатам опробования продуктов. С этой целью опробуют слив и осадок классификатора с установлением в них содержания и ситового состава твердого. Опробование осуществляют в течение 3-х смен. Пробы за каждую смену разделываются отдельно. Интервал отбора проб 30-60 минут. Объем порции пробы слива 1 л, вес порции пробы осадка 25 кг. Ситовый состав питания устанавливается аналитическим путем по производительности классификатора и выходам твердого в сливе и осадок.

Производительность багер-элеватора по сливу рассчитывается по формуле прямоугольного водослива (5), для чего замеряют высоту уровня воды над сливными окнами также с интервалом 30-60 минут и устанавливают среднее значение величины H.

Производительность по осадку определяется количеством разгружаемых ковшей элеватора.

$$G = \frac{n q \,(100 - W^{p})}{1000 \cdot 100}, \text{ т/ч,} \qquad (25)$$

где n - количество разгружаемых в час ковшей, шт;

Таблица 6

Крупность, мм	Питание		Осадок				Слив		
	Выход, %	Зольность, %	Выход, %	Выход к исх., %	Зольность, %	Извлечение, %	Выход, %	Выход к исх., %	Зольность, %
+ 6	22,85	27,70	27,65	22,85	27,7	100	-	-	-
3 - 6	31,21	19,80	37,75	31,21	19,8	100	-	-	-
1 - 3	20,22	20,00	24,00	19,85	20,3	98,3	2,15	0,37	6,7
0,5 - 1	5,29	23,80	5,92	4,90	24,3	92,6	2,23	0,39	17,7
0,125 - 0,5	5,10	28,30	3,40	2,82	43,4	55,3	13,20	2,28	9,7
- 0,125	15,33	60,81	1,28	1,07	58,3	7,0	82,42	14,26	61,0
Итого	100,00	28,58	100,00	82,7	23,67	-	100,00	17,3	52,09

Содержание твердого, г/л	172	886	35
Влажность, %	-	30,4	-
Объемный выход по пульпе, %	100	16	84
Объем пульпы, $м^3/ч$	762	122	640
Выход твердого, т/ч	131	108	22,4
Удельная нагрузка по пульпе, $м^3/м^2.ч$	38		
по твердому, $т/м^2.ч$	6,5		
Граничный размер классификации, мм		0,3	

q – средний вес продукта одного ковша, кг, устанавливаемый путем взвешивания продукта;

W^p – влажность осадка, определяемая по соответствующему ГОСТ'у.

Граничный размер классификации в багер-элеваторе определяется уже описанным ранее способом.

Эффективность классификации – по формуле (18).

Пример. Определить технологические показатели работы багер-элеватора (элеватор ЭОБ-10) по данным опробования – табл. 7, в которую для удобства занесены и расчетные данные.

Производительность по сливу при трех сливных окнах общей длиной 3 м и средней высоте уровня воды над сливным порогом 0,08 м согласно формуле (5) составит

$$Q_{сл} = 3600\left(0{,}405 + \frac{0{,}0027}{0{,}08}\right) 3 \cdot 0{,}08 \sqrt[\frac{3}{2}]{2 \cdot 9{,}81} =$$

$$= 476 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

При содержании твердого в сливе 84 г/л (по данным опробования) количество твердого в сливе будет

$$G_{сл} = \frac{476 \cdot 84}{1000} = 40 \text{ т/ч}.$$

Производительность багер-элеватора по осадку определяем по формуле (25). Согласно характеристике элеватора ЭОБ-10 n = 10000 ковшей в час. Средний вес концентрата влажностью 22,5% одного ковша – 155 кг. Тогда

$$G_{ос} = \frac{1000 \cdot 155}{1000} \cdot \frac{100 - 22{,}5}{100} = 120 \text{ т/ч}.$$

Общая производительность классификатора по твердому

$$G = G_{сл} + G_{ос} = 40 + 120 = 160 \text{ т/ч}.$$

Таблица 7

Крупность, мм	Питание		Осадок				Слив		
	Выход, %	Зольность, %	Выход, %	Выход к пит., %	Зольность, %	Извлечение %	Выход, %	Выход к пит., %	Зольность %
+ 6	3,67	4,95	4,9	3,67	4,95	100	-	-	-
3 - 6	11,23	6,30	15,0	11,23	6,30	100	-	-	-
1 - 3	40,44	7,30	53,9	40,44	7,30	100	-	-	-
0,5 - 1	13,80	7,15	16,4	12,32	7,40	89,4	5,94	1,48	5,2
0,25 - 0,5	3,19	8,24	3,0	2,25	9,70	70,6	3,75	0,94	4,7
- 0,25	27,67	31,80	6,8	5,09	12,60	18,3	90,31	22,58	36,2
	100,00	13,89	100,00	75,00	7,50	-	100,00	25,00	33,1

Содержание твердого, г/л 84

Влажность, % 22,5

Выход твердого: в слив $\frac{40}{160}$ = 25% и в осадок $\frac{120}{160}$ = 75%.

Зная выход твердого в слив и осадок, составляем ситовый состав питания, а затем по данным ситовых анализов продуктов рассчитываем граничный размер и эффективность классификации.

Граничный размер - 0,3 мм.

Эффективность классификации

$$E = \frac{25 \cdot 94,06 \cdot 75 \cdot 90,2}{100 \cdot 30,86 (100 - 30,86)} = 74,5\%.$$

6. Опробование продуктов фильтрующей центрифуги

Об эффективности работы фильтрующей центрифуги, обезвоживающей мелкий концентрат или промпродукт, можно судить по ее производительности, влажности обезвоженного продукта и содержанию твердого в фугате.

Опробованию подвергаются два продукта: обезвоженный и фугат. Ситовый состав питания устанавливается аналитически.

Опробование производится в течение 3-х смен через 1 час с разделкой проб за каждую смену. Фугат отбирается из потока литровой кружкой, обезвоженный продукт - с транспортирующей ленты. Вес порции пробы обезвоженного продукта 25 кг, объем порции фугата - 1 литр. Обе пробы подвергаются ситовому анализу, определяется также содержание в них влаги.

Объем фугата замеряется мерной емкостью, заполняющейся за определенное время. Количество обезвоженного продукта определяем по весу пробы, взятой с 1 пог.м транспортера, и скорости движения ленты:

$$G = 3.6\ q\ V\ \frac{100 - W^{p}}{100}\ ,\ т/ч.$$

Измельчаемость продукта в центрифуге подсчитываем по следующей формуле [5]:

$$И = \frac{d_{ср.п} - d_{ср.п.ц.}}{d_{ср.п.}} \cdot 100\ ,\ \%, \qquad (26)$$

где $d_{ср.п.}$ - средний размер частиц питания, мм;

$d_{ср.п.ц.}$ - суммарный средний размер частиц продуктов центрифуги - осадка и фугата, равный

$$d_{ср.п.ц.} = \frac{\gamma_{ос} \cdot d_{ср.ос} + (100 - \gamma_{ос}) d_{ср.ф.}}{100}\ , \qquad (27)$$

$d_{ср.ос}, d_{ср.ф}$ - средний размер частиц осадка и фугата, мм;

$\gamma_{ос}$ - выход твердого в осадок, %.

Пример. Охарактеризовать работу центрифуги НВВ-1000, обезвоживающей мелкий концентрат, по данным опробования обезвоженного продукта и фугата, приведенным в табл. 8.

Выход твердого в продукты определяется исходя из замеренного объема фугата - 7,7 м^3/ч (2 т/ч) и производительности по обезвоженному, равной

$$G = 3.6\ .\ 11\ .\ 1,2\ \frac{100 - 9,5}{100} = 43\ т/ч.$$

Выход твердого в фугат $\frac{2,0}{43 + 2} = 4.5\%$,

выход обезвоженного продукта $\frac{43}{45} = 95,5\%$.

Таким образом, нагрузка на центрифугу составляет 45 т/ч по сухому продукту и 55 т/ч по влажному.

Влажность обезвоженного продукта 9,5%, содержание твердого в фугате 260 г/л.

Для определения измельчаемости подсчитываем средний размер частиц питания, фугата и обезвоженного.

$$d_{ср.п.} = \frac{6 \cdot 69,91 + 0,75 \cdot 11,75 + 0,375 \cdot 8,98 + 0,2 \cdot 2,36 + 0,075 \cdot 7}{100} =$$

$$= 4,33 \text{ мм.}$$

Аналогично по данным ситовых составов определяются $d_{ср.ф.} = 0,16$ мм, $d_{ср.об.} = 4,51$.

По формуле (27)

$$d_{ср.п.ц.} = \frac{95,5 \cdot 4,51 + 4,5 \cdot 0,16}{100} = 4,32 \text{ мм}$$

Тогда по формуле (26) степень измельчения

$$И = \frac{4,33 - 4,32}{4,33} \cdot 100 = 0,23\%.$$

Для удобства расчетные данные также помещаются в табл. 8.

Таблица 8

Крупность, мм	Питание	Обезвоженный		Фугат	
	Выход, %	Выход, %	Выход к пит., %	Выход, %	Выход к пит., %
+ 1	69,91	73,2	69,9	0,2	0,01
0,5 - 1	11,75	12,3	11,7	1,2	0,05
0,25 - 0,5	8,98	7,6	7,3	37,2	1,68
0,15 - 0,25	2,36	2,4	2,3	1,4	0,06
- 0,15	7,00	4,5	4,3	60,0	2,70
Итого	100,00	100,00	95,5	100,00	4,5
Содержание твердого, г/л	-	-			260
Влажность, %	19,3	9,5		-	

7. Опробование продуктов дугового сита

Опробование дугового сита осуществляется с целью установления эффективности классификации и размера граничного зерна. Опробованию подвергаются надрешетный и подрешетный продукты с установлением ситового состава твердого, содержания твердого в одном литре пульпы и производительности по надрешетному.

Опробование производится в течение трех смен с интервалом отбора 1 час. Пробы за каждую смену разделываются отдельно. Порция пробы подрешетного продукта 1 л, надрешетного - 0,5 кг, если дуговое сито работает на шламе, и 25 кг - на мелком концентрате.

Производительность по надрешетному рассчитывается путем отбора пробы на лоток за определенное время и последующего провеса. По подрешетному продукту производительность определяется мерной емкостью, заполняющейся в течение измеряемого времени.

Рассеваются продукты дугового сита на стандартных ситах с размером отверстий верхнего сита в 1 мм. По данным опробования и выходам твердого в продукты устанавливаются эффективность классификации материала по зерну 0,5 мм по формуле (18) и фактический размер граничного зерна. На дуговом сите периодически замеряется фактический размер щели сита и определяется состояние граней, как факторы, влияющие на качество классификации материала.

Пример. Определить эффективность работы дугового сита, обезвоживающего мелкий концентрат. по данным опробования - табл. 9. Все расчетные данные также занесены в эту таблицу.

По замеренному объему подрешетного продукта 46,5 $м^3$/ч с содержанием твердого 435 г/л и весу надрешетного продукта влажностью 33% - 89,5 т/ч устанавливаем производительность дугового сита и выход твердого в продукты.

$$G = G_{подр.} + G_{надр.} = 46{,}5 \cdot 0{,}435 + 89{,}5\,\frac{100-33}{100} = 80 \text{ т/ч}$$

Выход твердого в надрешетный составит 74,7, в подрешетный - 25,3%. По известным выходам и ситовым анализам продуктов составляем ситовый состав питания сита. Затем подсчитываем извлечение отдельных классов крупности в надрешетный продукт и принятым способом определяем граничный размер классификации - 0,36 мм.

Эффективность классификации

$$E = \frac{74,7 \cdot 87,41 \cdot 25,3 \cdot 73,1}{27,97 \cdot 100 (100 - 27,97)} = 60\%$$

Таблица 9

Крупность, мм	Питание	Надрешетный			Подрешетный	
	Выход, %	Выход, %	Выход к пит., %	Извлечение, %	Выход, %	Выход к пит., %
+ 1	40,44	52,86	39,42	98,0	4,04	1,02
0,45 - 1	31,59	34,55	25,82	82,0	22,86	5,77
0,25 - 0,45	4,66	3,00	2,26	48,7	9,50	2,40
0,125 - 0,25	12,83	6,44	4,83	37,6	31,60	8,00
0,9 - 0,125	2,71	1,25	0,95	35,0	6,96	1,76
- 0,09	7,77	1,90	1,42	18,3	25,04	6,35
Итого	100,00	100,00	74,70	-	100,00	25,30
Содержание твердого, г/л	665		810		435	
Влажность, %	-		33		-	
Граничный размер, мм			0,36			

8. Опробование продуктов гидроциклона

Опробование гидроциклона производится с целью установления эффективности классификации в нем материала. Опробованию подвергаются сгущенный продукт, слив и питание с определением содержания и ситового состава твердого. Производительность гидроциклона складывается из замеряемых с помощью мерной емкости объемом 1,5м^3 расходов слива и сгущенного.

Опробование продуктов гидроциклона осуществляется в течение трех смен с интервалом в 1 час. Объем порции проб всех продуктов 1 литр. Пробы обрабатываются за каждую смену отдельно. Для отбора проб слива и питания трубы должны иметь патрубки с кранами.

При опробовании гидроциклона фиксируются давление на входе в циклон (в случае не самотечной подачи питания) и состояние пескового насадка, как факторы, меняющиеся во времени и влияющие на эффективность работы гидроциклона.

Граничный размер классификации в циклоне определяется по 50% извлечения зерен в слив и сгущенный.

Эффективность классификации определяется по формуле (16), если гидроциклон выполняет роль осветлителя, и по формуле (18), если он работает как классификатор.

Пример. По данным опробования (табл. 10) определить основные показатели работы гидроциклона.

Содержание твердого в продуктах и производительность гидроциклона установлены опробованием.

Объемный выход продуктов подсчитывается по формулам (8) и (9).

$$\gamma_{сг} = \frac{100 \cdot (360 - 180)}{800 - 180} = 29\% \quad и$$

$$\gamma_{сл} = 100 - 29 = 71\%.$$

По размерному объему сгущенного продукта или слива находим, зная значение выходов $\gamma_{сг}$ и $\gamma_{сл}$, объемы слива, питания и сгущенного, выход твердого в слив и сгущенный (см. табл. 10).

Граничный размер классификации - 0,17 мм.

Эффективность классификации определяется по формуле (18)

$$E = \frac{35,5 \cdot 99,03 \cdot 64,5 \cdot 49,88}{100 \cdot 67,89 \,(100 - 67,89)} = 52\%.$$

Таблица 10

Крупность, мм	Питание	Слив		Сгущенный продукт		
	Выход, %	Выход, %	Выход к пит., %	Выход, %	Выход к пит., %	Извлечение, %
+ 3	2,74	-	-	4,25	2,74	100,00
1 - 3	9,02	-	-	13,98	9,02	100,00
0,5 - 1	20,35	0,97	0,34	31,65	20,41	98,4
0,25 - 0,5	25,61	17,34	6,16	30,14	19,45	76,0
0,15 - 0,25	11,61	14,92	5,30	9,17	5,91	52,7
0,06 - 0,15	7,32	12,31	4,37	4,58	2,95	40,3
- 0,06	23,35	54,46	19,33	6,23	4,02	17,2
Итого	100,00	100,00	35,5	100,00	64,5	-
Содержание твердого, г/л	360	180		800		
Объемный выход, %	100	71		29		
Объем пульпы, $м^3/ч$	450	320		130		
Выход твердого, т/ч	162	58		104		
Граничный размер, мм		0,17				

9. Опробование продуктов обезвоживающего грохота

Опробование грохота, обезвоживающего шлам, производится для установления эффективности его работы: граничного зерна классификации и степени обезвоживания.

Опробованию подвергаются питание, подрешетный и обезвоженный продукты грохота с определением в них содержания твердого; ситовому анализу - подрешетный и обезвоженный продукты. Обезвоженный продукт отбирается еще для установления производительности грохота. Ситовый состав питания грохота устанавливается аналитически по имеющимся ситовым характеристикам подрешетного и надрешетного продуктов.

Пробы отбирают в течение одной - трех смен с интервалом 30 мин - 1 час. Подрешетный продукт отбирается обычным способом - пробоотборником с длинной ручкой. Объем порции пробы 1 литр.

Обезвоженный шлам отбирается лотком, длина которого равна ширине грохота. При ширине грохота более 1,5м отбирать пробы лучше то с одной, то с другой половины лотком длиной, равной половине ширины грохота. Время отбора пробы отмеряется секундомером. Отобранный шлам взвешивается и от него отбираются пробы на ситовый анализ и влажность. Вес порции пробы обезвоженного шлама 0,5 кг, концентрата - 25 кг.

Степень обезвоживания определяется по формуле

$$\eta = \frac{W^{MMB}}{W^{P}} \cdot 100, \ \%, \qquad (28)$$

где W^{MMB} - максимальная молекулярная влажность, равная для шлама 8,1 + 9,2% [4];

W^{P} - влажность шлама после обезвоживания, %.

Эффективность классификации определяется по формуле (18). На обезвоживающих грохотах необходимо вести наблюдение за состоянием сит, размером отверстий.

Пример. Определить эффективность работы шламового грохота по данным опробования (табл. 11).

Производительность грохота по обезвоженному продукту, определяемая взвешиванием пробы, отобранной за данное время, составила 13,0 т/ч, влажность - 25%. Нагрузка по сухому - 13,5 т/ч.

Количество твердого в подрешетном продукте рассчитывается по балансовому уравнению и по известным содержаниям твердого в продуктах грохота.

$$\frac{G_{\text{подр.}}}{0,33} + \frac{13,5}{0,80} = \frac{G_{\text{подр.}} + 13,5}{0,45}$$

Откуда $G_{\text{подр.}} = 16,5$ т/ч. Общая нагрузка на обезвоживающий грохот составит 13,5 + 16,5 = 30 т/ч. Объем пульпы, поступающей на грохот, будет равен 30 : 0,45 = = 67 $м^3$/ч.

Степень обезвоживания по формуле (28);

$$\eta = \frac{8,65 \cdot 100}{25} = 34,6\%.$$

Эффективность классификации по зерну, равному размеру щели сита 0,5 мм, рассчитанная по формуле (18), составит

$$E = \frac{45 \cdot 87,8 \cdot 55 \cdot 83,84}{100 \cdot 55,62 (100 - 55,62)} = 74\%.$$

10. Опробование продуктов осадительной центрифуги

Опробование осадительной центрифуги производится с целью установления производительности по осадку, влажности обезвоженного шлама, эффективности осветления, граничного зерна разделения.

Таблица 11

Крупность, мм	Питание		Шлам с грохота				Подрешетный продукт		
	Выход, %	Зольность, %	Выход, %	Выход к исх., %	Зольность, %	Извлечение, %	Выход, %	Выход к исх., %	Зольность, %
+ 3	8,25	4,93	18,30	8,25	4,62	100,00	–	–	–
1 – 3	19,63	5,32	38,50	17,31	5,38	88,5	4,20	2,32	7,64
0,45 – 1	27,74	12,16	31,00	13,90	7,47	50,3	25,20	13,84	15,47
0,256 – 0,45	7,19	26,28	4,00	1,81	25,21	25,2	9,80	5,38	31,26
0,145 – 0,256	11,34	38,67	2,80	1,28	22,10	11,28	18,30	10,06	42,26
0,06 – 0,145	6,30	26,64	1,10	0,51	16,42	8,10	10,50	5,79	24,82
– 0,06	19,55	36,35	4,30	1,94	33,70	9,90	32,00	17,61	35,10
Итого	100,00	19,89	100,0	45,00	8,50	–	100,00	55,00	29,20

Содержание твердого, г/л	450	800	330
Влажность, %	–	25,0	–
Нагрузка по:			
твердому, т/ч	30	13,5	16,5
пульпе, $м^3$/ч	67	17,0	50,0
Граничный размер, мм		0,7	

Опробованию центрифуги, как и других аппаратов, предшествует подготовка как самой центрифуги, так и необходимых приспособлений. Питание центрифуги отбирается из специального патрубка с краном, установленным на питающей трубе. Фильтрат отбирают или так же, как и питание, или из трубы, подающей фильтрат в сборник. Обезвоженный осадок отбирается с транспортера.

Опробование центрифуги осуществляется в течение одной или трех смен с интервалом отбора проб соответственно 30 мин. - 1 час пробоотборниками нужной емкости (для питания и фильтрата - 1 литр); вес порции пробы обезвоженного шлама 0,5 кг. В питании и фильтрате определяют содержание и ситовый состав твердого. Осадок отбирается с целью установления производительности, ситового состава и влажности. При этом пользуются лотком, длина которого равна ширине транспортирующей ленты. По весу отобранного осадка и скорости движения транспортера определяется производительность центрифуги по осадку

$$G = 3{,}6\, q \cdot v \frac{100 - W^P}{100} = \text{т/ч},$$

где q - вес пробы с 1 пог. м транспортера, кг;

v - скорость ленты, м/сек.

Степень осаждения шлама в центрифуге рассчитывается по формуле [5].

$$\eta' = \left(1 - \frac{\rho_3}{\rho_1}\right) 100, \%,$$

где ρ_3 и ρ_1 - содержание твердого в фугате и питании соответственно, г/л.

Эффективность осадительной центрифуги может быть определена по формуле (16).

Степень обезвоживания определяется по формуле (28), а степень измельчения - по формулам (26) и (27).

Пример. Имеются результаты опробования (табл. 12) центрифуги УЦМ, обезвоживающей флотационный концентрат. Оценить работу центрифуги.

Производительность по осадку при скорости движения ленты 0,8 м/сек, весе пробы с 1 пог. м транспортера 9,6 кг и влажности продукта 26% (960 г/л) составит

$$G_{oc} = 3,6 \cdot 9,6 \cdot 8 \frac{100 - 26}{100} = 20,4 \text{ т/ч.}$$

Общая нагрузка по твердому на центрифугу определится из балансового уравнения

$$\frac{20,4}{0,96} + \frac{G - 20,4}{0,0525} = \frac{G}{0,27}$$

Откуда $G = 25$ т/ч или $24 : 0,27 = 90$ м^3/ч.
Объем фугата составит

$$\frac{24 - 20,4}{0,0525} = 68,7 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Выход твердого в продукты центрифуги будет равен:

в фугат - $3,6 : 24 = 15\%$,

в осадок - $20,4 : 24 = 85\%$.

По известным содержаниям твердого в продуктах центрифуги и формуле (16) находится эффективность разделения

$$E = \frac{100 \cdot (120 - 52,5) \cdot 960}{(960 - 52,5) \cdot 270} = 85,5\%.$$

Степень осаждения по формуле (30)

$$\eta' = \left(1 - \frac{52,5}{270}\right) \cdot 100 = 80,6\%.$$

Таблица 12

Крупность, мм	Питание	Осадок			Фугат	
	Выход, %	Выход, %	Выход к пит., %	Извлечение, %	Выход, %	Выход к пит., %
+ 0,42	17,00	20,00	17,00	100	-	-
0,16- 0,42	42,76	48,80	41,50	97,3	8,40	1,26
0,06 - 0,16	12,04	12,70	10,80	88,3	8,30	1,24
0,03 - 0,06	25,06	17,40	14,80	59,0	68,40	10,26
0,01 - 0,03	2,49	0,98	0,80	32,1	11,25	1,69
- 0,01	0,65	0,12	0,10	15,4	3,65	0,55
Итого	100,00	100,0	85,0	-	100,0	15,0
Содержание твердого, г/л	270		960			52,5
Влажность, %	-		26			-
Граничный размер, мм			0,04			

Степень обезвоживания определяется по формуле (28). При значении $W^{ммв} = 12\%$ для флотоконцентрата она будет равна

$$\eta_W = \frac{W^{ммв}}{W^{p}} \cdot 100 = \frac{12 \cdot 100}{26} = 46{,}2\%.$$

Граничный размер, определяемый 50%-ным извлечением зерен в фугат и осадок, составил 0,04 мм.

Степень измельчения рассчитывается по формулам (26) и (27). Средний размер частиц питания, фугат и осадок подсчитывается как среднединамический.

$$d_{ср.п.}=\frac{0,71\ .\ 17 + 0,29\ .\ 42,76 + 0,11\ .\ 12,04 + 0,045\ .\ 25,06}{100} +$$

$$+ \frac{0,02\ .\ 2,49 + 0,005\ .\ 0,65}{100} = 0,27 \text{ мм},$$

аналогично $d_{ср.ф.} = 0,06$ мм, $d_{ср.ос.} = 0,3$ мм.

По формуле (27)

$$d_{ср.п.ц.} = \frac{85\ .\ 0,3 + 15\ .\ 0,06}{100} = 0,264 \text{ мм}.$$

Степень измельчения составит

$$И = \frac{(0,27 - 0,264)\ 100}{0,27} = 2,22\%.$$

11. Опробование продуктов дискового вакуум-фильтра

Работу дискового вакуум-фильтра можно оценить по трем основным качественно-количественным показателям: производительности по обезвоженному продукту и его влажности и содержанию твердого в фугате.

Опробованию подвергаются питание фильтра и фильтрат с определением ситового состава и содержания твердого, обезвоженный продукт с определением его количества, влажности и ситового состава.

Опробование производится в течение одной-двух смен с частотой 1 час. Объем порций проб питания и фильтрата – 1 литр, вес порции пробы обезвоженного 0,5 кг. Пробы питания и фильтрата отбираются из специальных патрубков с кранами. В случае применения раздельного вакуума фильтрат отбирается отдельно в зоне фильтрации и просушки. Обезвоженный продукт отбирается специальным лотком с дисков фильтра, влажность этого продукта

определяется по ГОСТ'у 11014-64, ситовый анализ - по усредненной пробе.

При опробовании вакуум-фильтра должны быть отмечены: тип фильтровальной сетки и размер ее отверстий, величина вакуума, давление воздуха при отдувке. Фильтровальная сетка должна быть в хорошем состоянии.

Производительность фильтра может быть определена различными способами в зависимости от местных условий:

по времени заполнения специальной емкости обезвоженным концентратом;

по производительности конвейера, транспортирующего флотоконцентрат;

взвешиванием осадка с двух секторов смежных дисков.

При определении производительности первым способом пользуются формулой

$$G = \frac{q\,\frac{100 - W^P}{100}}{t}, \text{ т/ч,} \qquad (31)$$

где q - вес накопленной пробы, т, равный

$$q = V \cdot M ;$$

V - объем емкости, $м^3$;

M - насыпная плотность флотоконцентрата, $т/м^3$;

W^P - влажность обезвоженного флотоконцентрата, %;

t - время накопления осадка, час.

При отборе проб с конвейера пользуются другой формулой (19). Чаще производительность определяется взвешиванием осадка, отбираемого специальным лотком с секторов фильтра. Лоток устанавливается между

двумя дисками, и во время отдувки на него попадает кек с двух секторов смежных дисков. Рассчитывается производительность следующим образом:

$$G = 0{,}06 \cdot a \cdot b \cdot n \cdot q \frac{100 - W^P}{100}, \text{ т/ч, (32)}$$

где a - количество дисков фильтра, шт;

b - количество секторов в диске, шт;

n - скорость вращения дисков, об/мин;

q - средний вес пробы с одного сектора, кг.

Удельная производительность q вакуум-фильтра определяется делением общей производительности на рабочую площадь фильтрования F

$$q = \frac{G}{F}, \text{ т/м}^2\text{.ч.}$$

Эффективность фильтрования определяется по формуле (16).

Пример. Определить эффективность фильтрования флотоконцентрата, если содержание твердого в питании 270г/л, в фильтрате 20 г/л, во флотоконцентрате - 910 г/л (влажность 25%). Эффективность равна

$$E = \frac{100\ (270 - 20)\ 910}{(910 - 20)\ 270} = 95\%.$$

12. Опробование продуктов наружных отстойников и илонакопителей

Об эффективности осветления шламовых вод в наружном отстойнике или илонакопителе можно судить по составу и содержанию твердого в сливе и питании. Поэтому опробованию,как правило, подвергаются питание и слив.

Пробы отбираются в течение двух-трех смен три дня подряд с накоплением суточных проб и их ежедневной разделкой. Интервал отбора порций проб 1 час. Объем проб - 1 литр

Нагрузка на наружный механизированный отстойник измеряется с помощью водослива (прямоугольного или другого профиля), вставляемого в приемный карман. Нагрузка на илонакопитель измеряется также с помощью водослива, вмонтированного в питающий или в сливной желоб, в зависимости от местных условий. Если в илонакопителе замеряется объем слива, то устанавливается еще содержание твердого в осадке. Для определения ситового состава и зольности шлама пробы отбираются в различных точках илонакопителя.

Зная содержания твердого во всех продуктах илонакопителя и объем слива, по балансовому уравнению можно установить объем питания.

П. МЕТОДИКИ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ШЛАМОВ

Под исследованием шламов понимается производство различных анализов и измерений, позволяющих установить те или иные характеристики и свойства исследуемых шламов.

Это необходимо для установления свойств шламов, оценки эффективности работы отдельных аппаратов, устройств, процессов, схем, а также для составления балансов продуктов, расчета основного и вспомогательного оборудования.

1. Исследование гранулометрического состава шлама

Под гранулометрическим составом шлама понимается распределение зерен всей совокупности по крупности.

В практике обогащения и при проведении исследований гранулометрический состав шламов определяется ситовым и седиментометрическим анализами.

Ситовый анализ заключается в рассеве пробы шлама на нескольких ситах с различными размерами отверстий.

Ситовый анализ шлама осуществляется на встряхивателях, общий вид которых показан на рис. 12.

Механический встряхиватель (рис. 12) предназначен только для сухого рассева материала. Он состоит из набора сит 1, корпуса 2, приводного механизма, сообщающего ситам качательные движения в горизонтальной плоскости. На валике 3 закреплен кулачок 4. Каждый оборот валика вызывает подъем штока 5 ударника 6, который при опускании и ударе по верхней крышке интенсивно встряхивает сита. Приводной механизм заключен в масляную ванну 7.

Шлам насыпается на верхнее сито и в результате горизонтальных качаний и встряхиваний сит разделяется на классы. Нижний класс собирается в поддоне.

Встряхиватель (рис. 13) предназначен как для сухого, так и для мокрого рассева шлама. Мокрый рассев шлама более точен, так как устраняет погрешности, вызываемые комкованием и слипанием просеиваемого материала.

Вибровстряхиватель состоит из деревянной рамки 1, электродвигателя 2 (мощность 0,2 квт, 750 об/мин), дебалансного устройства 3, набора сит 5 и подвижного прижимного кольца 4.

Работа встряхивателя этой конструкции осуществляется в следующем порядке. После включения двигателя на верхнее сито небольшими порциями кружкой загружается мокрый материал. Туда же непрерывно подается малой струйкой чистая вода. Вес первоначальной пробы шлама принимается равным 0,5 кг. Рассев и подача воды производятся до тех пор, пока в сборный бачек 6 не пойдет чистая вода. Затем вибровстряхиватель останавливается,

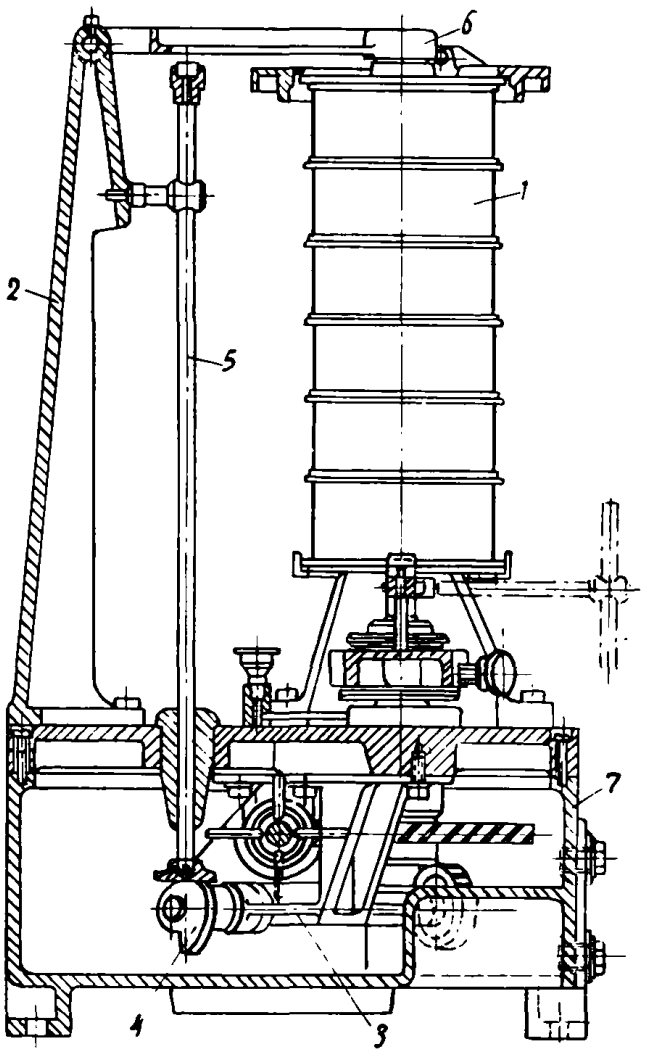


Рис. 12. Механический встряхиватель

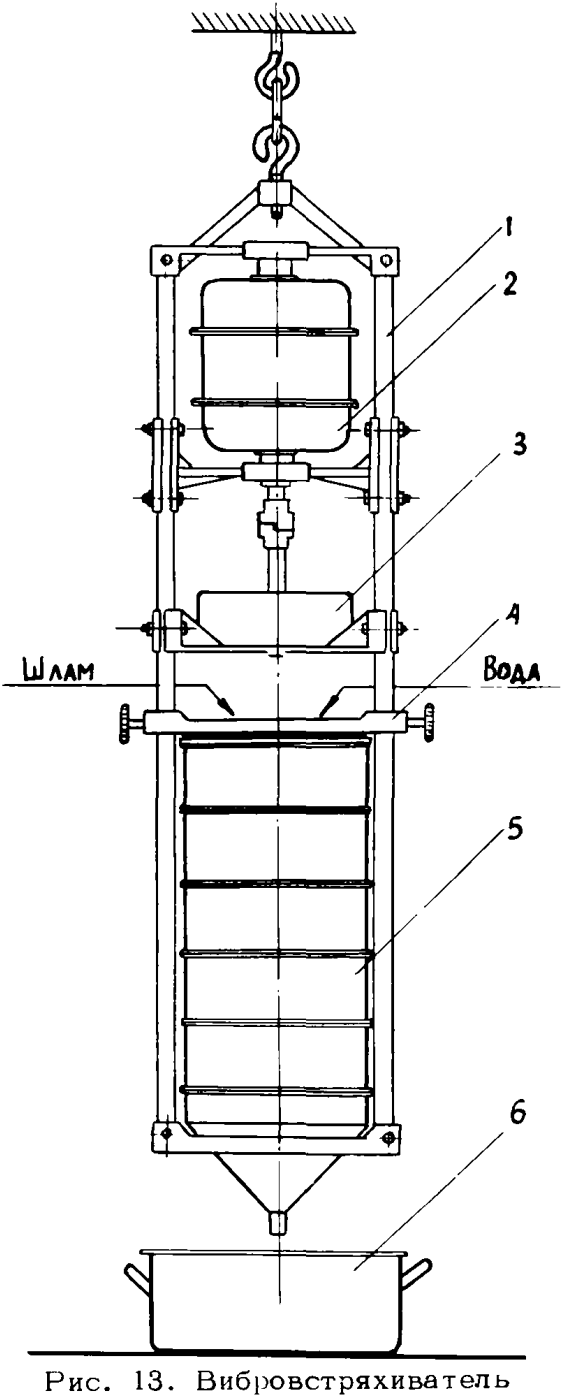


Рис. 13. Вибровстряхиватель

и материал с каждого сита осторожно смывается в отдельные противни. Каждый класс исследуемой пробы высушивают, взвешивают, затем отбирают пробы для определения зольности и, в случае необходимости, содержания серы.

Тонкий класс, попавший в бачок 6, отстаивается; чистая вода удаляется сифоном, а от высушенного осадка отбираются пробы для определения содержания золы и серы.

Рассев проб шлама, как правило, производится на ситах с размером отверстий – 1; 0,5; 0,25; 0,125; 0,1; 0,074; 0,044 мм. Размеры отверстий сит в случае необходимости могут быть приняты и другие.

Для более полного представления о характере распределения зерен по крупности в данной смеси шлама результаты ситовых анализов, помимо записи в таблицы, могут быть изображены в виде кривых – суммарной (интегральной) 2 и дифференциальной 1 (рис. 14).

Суммарная кривая позволяет получить выход любого промежуточного класса (см. рис. 14), а дифференциальная дает представление о характере исследуемого шлама. Она указывает на преобладание в смеси той или иной крупности зерен шлама. Из рис. 14 видно, что в данной смеси шлама преобладают мелкие зерна.

Пример. Чтобы определить содержание класса крупности материала, например 8 – 16 мм, воспользуемся интегральной кривой. Восстановив перпендикуляры до пересечения с кривой в точках a и b, проводим две горизонтали, отсекающие на оси ординат выход данного класса – – 8 %.

Седиментометрический анализ применяется для определения крупности тонкого материала. Этот анализ осуществляется методом декантации или отбора небольших порций из отстоявшихся слоев жидкости через определенные промежутки времени.

Метод седиментации и декантации является наиболее простым. Пульпа интенсивно взбалтывается в сосуде, отстаивается, и вода со взвешенными частицами сливается.

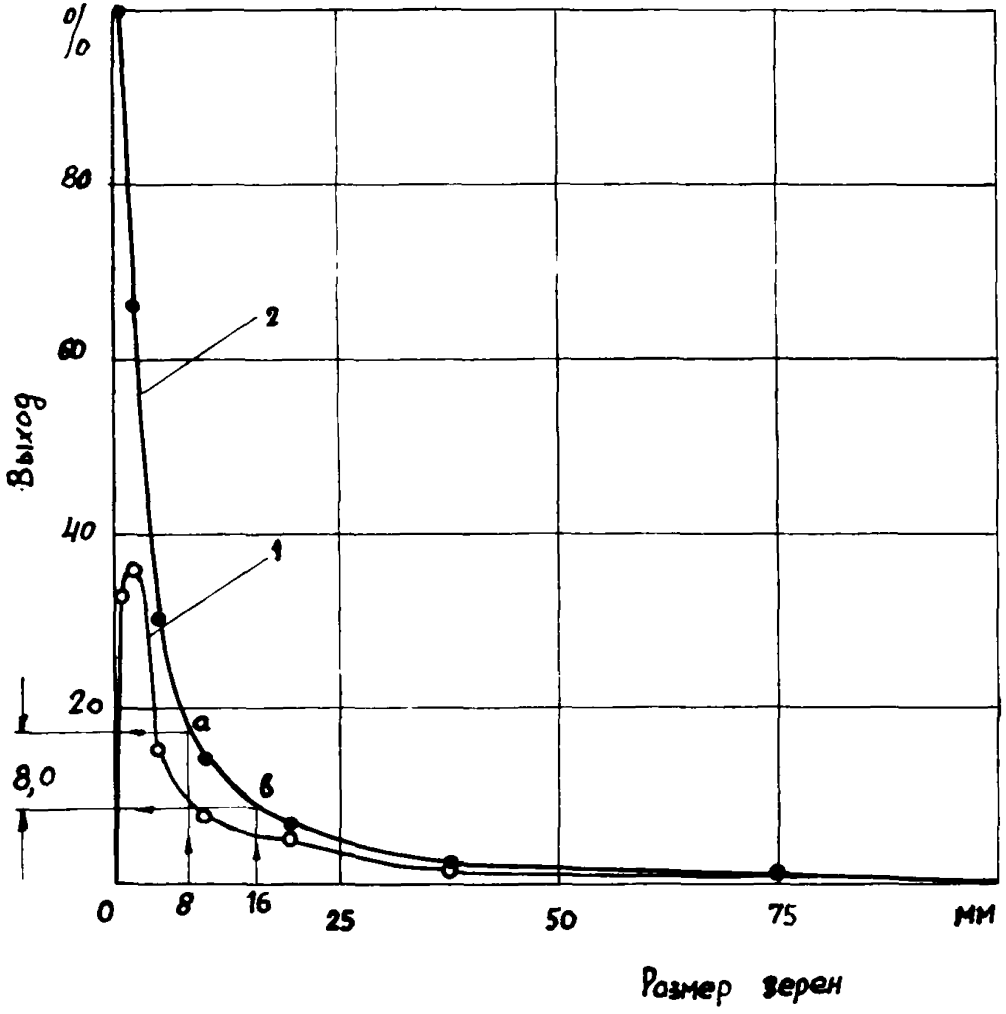


Рис. 14. Кривые ситового состава:

1 – дифференциальная;

2 – интегральная (суммарная)

Затем сосуд снова наполняется водой до установленного уровня, пульпа взбалтывается, отстаивается и вновь сливается. Эта операция продолжается до тех пор, пока верхний слой воды после отстаивания не будет прозрачным. Полученные фракции высушиваются и взвешиваются.

Для седиментометрического анализа методом декантации применяется прибор Сабанина (рис. 15). В градуированный сосуд А помещается навеска материала из расчета не более 4 г/л. Для сливания отстоявшегося слоя воды в сосуд С служит сифонная трубка В. После многократного сливания до полного осветления воды в сосуде А остается фракция крупнее заданного размера, а в сосуде С фракция мельче заданного размера. Заданный размер зерна определяется в зависимости от времени отстаивания и высоты осаждения.

Пример. Угольный шлам плотностью 1390 кг/м^3 и крупностью менее 65 мкм требуется разделить на классы: 40-65, 20-40, 10-20 и менее 10 мкм. Глубина осаждения 30 см.

Определяем скорость осаждения зерен класса 10 мкм по формуле

$$v_o = \frac{0{,}545 d^2 (\delta - \Delta)}{\mu}, \qquad (33)$$

где d - диаметр зерен, м;

δ - плотность зерен, кг/м^3;

Δ - плотность воды, кг/м ;

μ - вязкость воды, н.сек/м^2.

Тогда

$$v_o = \frac{0{,}545 \cdot 0{,}00001^2 \ (1390 - 1000)}{0{,}001} = 0{,}0000213 \text{м/сек}$$

Продолжительность осаждения частиц размером 10 мкм на глубину 0,3 м составит

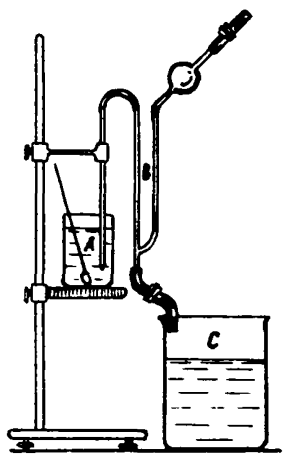


Рис. 15. Прибор Сабанина

$$t = \frac{L}{v_o} = \frac{0,3}{0,0000213} = 14084 \text{ сек, или } 234 \text{ мин } 44 \text{ сек.}$$

После отстаивания пульпы в течение этого времени в сливе будут содержаться зерна крупностью менее 10 мкм.

Таким же образом определяется скорость и время осаждения зерен для других классов шлама.

Класс 10-20 мкм:

$$v_o = \frac{0,545 \cdot 0,00002^2 (1390 - 1000)}{0,001} = 0,0000852 \text{ м/сек,}$$

$$t = \frac{0,3}{0,0000852} = 3521 \text{ сек, или } 58 \text{ мин } 41 \text{ сек.}$$

Класс 20-40 мкм:

$$v_o = \frac{0,545 \cdot 0,00004^2 (1390 - 1000)}{0,001} = 0,0003408 \text{ м/сек,}$$

$$t = \frac{0,3}{0,0003408} = 880 \text{ сек, или } 14 \text{ мин и } 40 \text{сек.}$$

Класс 40-65 мкм:

$$v_o = \frac{0,545 \cdot 0,000065^2 (1390 - 1000)}{0,001} = 0,0009 \text{ м/сек,}$$

$$t = \frac{0,3}{0,0009} = 333 \text{ сек, или } 5 \text{ мин и } 33 \text{ сек.}$$

В табл. 13 приведены размеры зерен различной плотности и время их осаждения на глубину 30 см. Следует иметь в виду, что данными табл. 13 можно пользоваться только при производстве седиментометрического анализа в приборах, осаждение в которых происходит в свободных условиях.

Таблица 13

Время осаждения, мин	Диаметр падающих частиц (мкм) при плотности, кг/м³			
	1350	1550	2000	2500
1	161,9	127,00	95,78	78,20
2	114,8	91,05	67,72	55,30
3	93,5	74,53	55,30	45,16
4	80,89	64,52	47,90	39,10
5	72,50	57,72	42,84	34,98
7	61,20	48,84	36,20	29,56
10	51,20	40,12	30,30	24,73
15	41,70	33,36	24,74	20,19
20	36,19	28,83	21,42	17,19
30	29,61	23,60	17,49	14,28
60	20,90	16,71	12,37	9,10
120	14,79	11,79	7,95	6,14
180	12,06	9,56	5,65	4,03
240	9,50	7,18	3,01	2,05
300	7,32	4,88	2,03	1,52
360	4,23	1,95	0,71	0,58

Глубинно-пипеточный метод. Для определения крупности классов тонкого материала часто пользуются более сложным прибором, основанным на глубинно-пипеточном принципе отбора проб и измерении размера зерен с помощью микроскопа.

Прибор такого типа (рис. 16 и 17) состоит из сосуда А, пипетки Б, трубки В, емкости Г и сосуда Д с насосом. Нижний конец пипетки запаян, а на небольшой высоте от конца расположены 4 боковых отверстия, через которые проба попадает в пипетку. Выше пипетка переходит в резервуар 1, за которым расположен трехходовой кран 2. Еще выше находится резервуар 3, также заканчивающийся трехходовым краном 4. Кран 4 имеет два патрубка - для подачи воды и создания вакуума в пипетке. Кран 2 снабжен специальным патрубком 5 с двумя концами: один для допуска воздуха, другой - для отвода излишков пробы. Емкость пипетки принята равной 30 $см^3$ (сюда входит емкость ствола пипетки и резервуара 1 вплоть до трехходового крана 2).

Работа на приборе производится в следующем порядке. В систему прибора при помощи емкости Д и насоса заливаются 10 литров пульпы с содержанием твердого 20 г/л. После перемешивания пульпы в течение одной минуты насос останавливается и закрывается кран на трубке, служащей для подачи пульпы из сосуда Г в сосуд А, из которого ведется отбор проб пипеткой. С помощью штатива пипетка погружается в пульпу на 50 мм от уровня слива. Кран 4 должен занимать такое положение, при котором в пипетке с помощью верхнего сосуда емкостью 2,5 л создается вакуум. Когда пипетка установлена в рабочее положение, открывается кран 2 и пульпа всасывается в пипетку. После заполнения пипетки выше уровня нижнего крана 2 последний перекрывается таким образом, чтобы через патрубок 5 могли быть удалены излишки пробы. Верхняя часть пипетки до крана 2 промывается чистой водой через кран 4. Пипетка с пробой вынимается из сосуда А и содержимое ее выпускается в чистый стаканчик. В него же смываются остатки пробы со стенок пипетки. Пробы высушиваются, взвешиваются вместе со стаканчиком, затем взвешивается чистый стаканчик и таким образом определяется вес каждой пробы. После просушки отобранная проба просматривается под микроскопом и устанавливается размер наиболее крупных зерен, преобладающих в смеси.

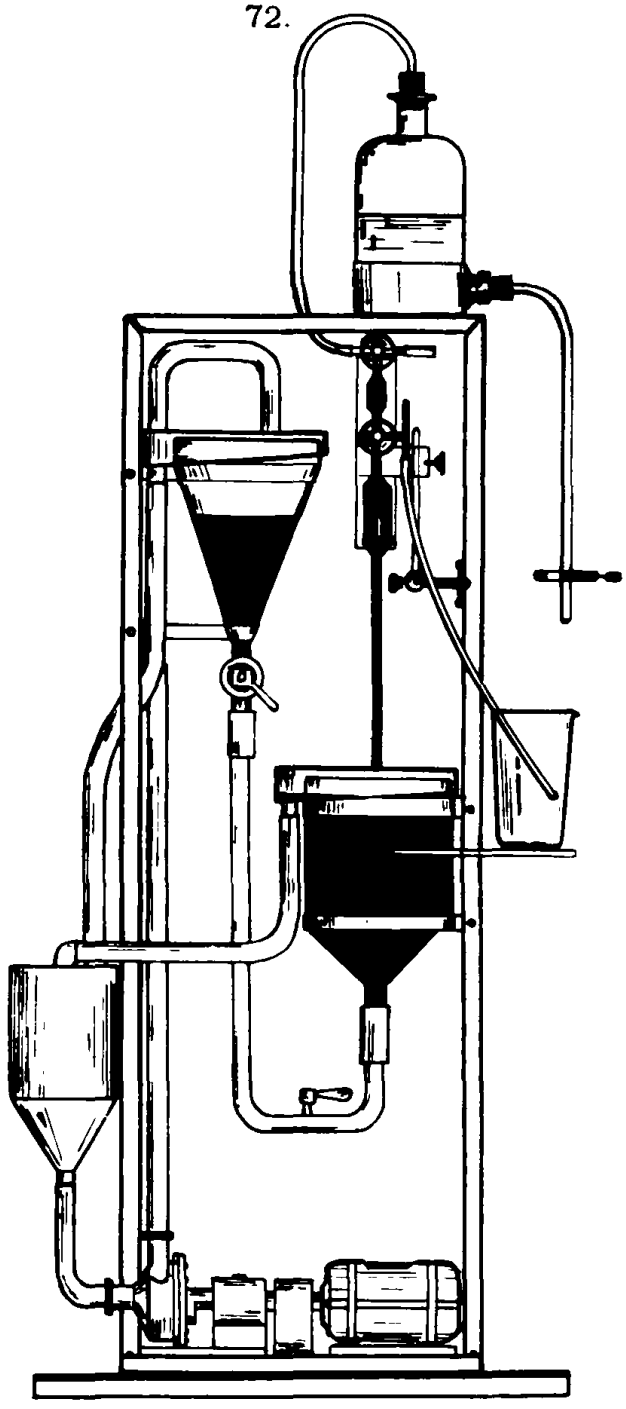


Рис. 16. Общий вид пипеточного анализатора крупности

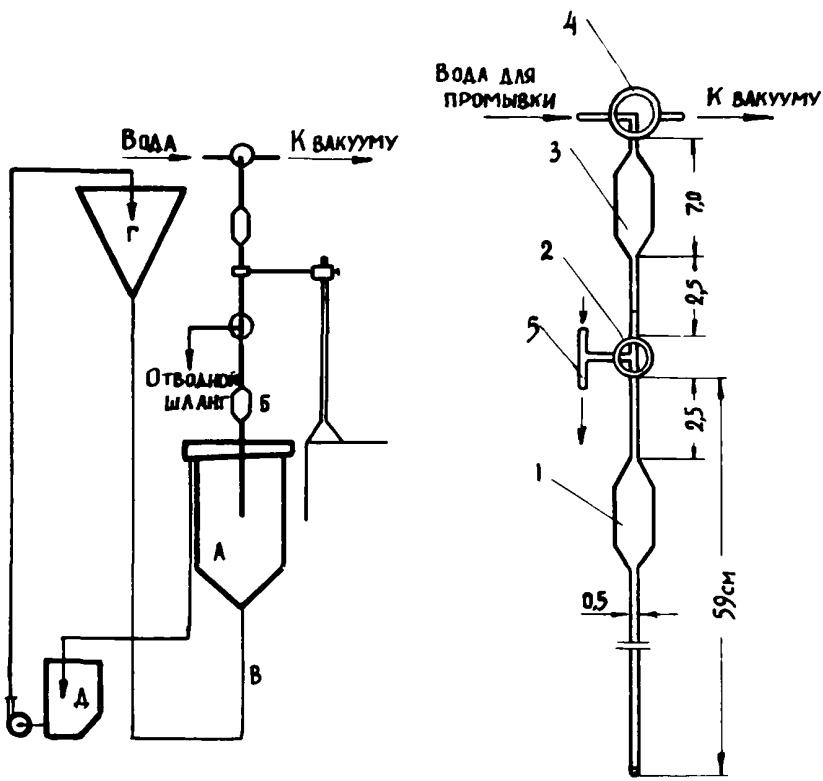


Рис. 17. Схема пипеточного анализатора крупности

Аналогичным образом через определенные промежутки времени отбирается необходимое количество проб. Частота отбора проб диктуется желаемым интервалом крупности частиц шлама. Полученные данные позволяют составить гранулометрическую характеристику исследуемого материала.

Пример. Предположим, что отбор проб производится через 1, 5, 15, 30, 60, 120 и 240 минут, т.е. имеем 8 классов шлама по крупности. Максимальный размер частиц в двух смежных пробах означает верхний и нижний пределы крупности класса. Например, указанным интервалам времени отбора проб соответствуют следующие размеры классов: более 150, 150-72, 72-42, 42-30, 30-20, 20-15, 15-10 и менее 10 мкм.

Вес каждого класса материала определяется следующим образом. От первоначального веса твердого (0,6 г), содержащегося в объеме пульпы, равном объему пипетки - 30 $см^3$, вычитается вес твердого, содержащегося в первой отобранной пробе. Разница в весе представляет собой вес частиц, ушедших за это время из зоны опробуемой пульпы. Вес второго класса крупности получается вычитанием веса второй пробы из веса первой пробы и т. д.

Например,

0,6 г	-	исходный вес
0,52 г	-	вес первой пробы
0,08 г	-	вес класса более 150 мкм
0,52 г	-	вес первой пробы
0,48 г	-	вес второй пробы
0,04 г	-	вес класса 72-150 мкм и т.д.

Вес материала последнего класса определяется вычитанием суммы всех классов из первоначального веса пробы.

От каждого полученного класса отбираются пробы для определения зольности. Если окажется, что вес пробы как кого-нибудь класса недостаточен для отбора пробы на зольность, то прибор включается снова и вновь пипеткой отбираются пробы. Новые пробы соединяются с уже полученными и от них отбирают пробы на зольность.

2. Определение осаждаемости шламов

Для определения степени осаждаемости шлама в воде пользуются прибором, изображенным на рис. 18. Он состоит из бачка 1 емкостью 2,5 л, воронки 2 емкостью 4,5 л и диаметром 165 мм. На трубке слива этой воронки имеется трехходовой кран для отбора проб.

При определении осаждаемости различных шламов удельная нагрузка на воронку принимается равной 3 $м^3/м^2 \cdot ч$, содержание твердого в исходной пульпе – 100 г/л, объем пульпы – 10 л.

Приготовленная пульпа заливается в бачок 1, после этого включается насос для перемешивания пульпы в течение одной минуты. Затем от слива отбираются одна за другой три пробы. Каждую пробу отбирают в мерный стакан с целью определения объема отобранной пробы. После этого все три пробы высушиваются и взвешиваются для определения содержания твердого в 1 литре слива.

Далее аппарат готовится к определению осаждаемости другого шлама, для чего с помощью насоса из системы прибора выпускается оставшаяся пульпа, а прибор промывается чистой водой.

Имеющиеся данные позволяют определить показатель осаждаемости К, представляющий собой отношение разности содержаний твердого в исходном продукте и сливе к содержанию твердого в исходном. Показатель К может быть выражен в процентах или в долях единицы:

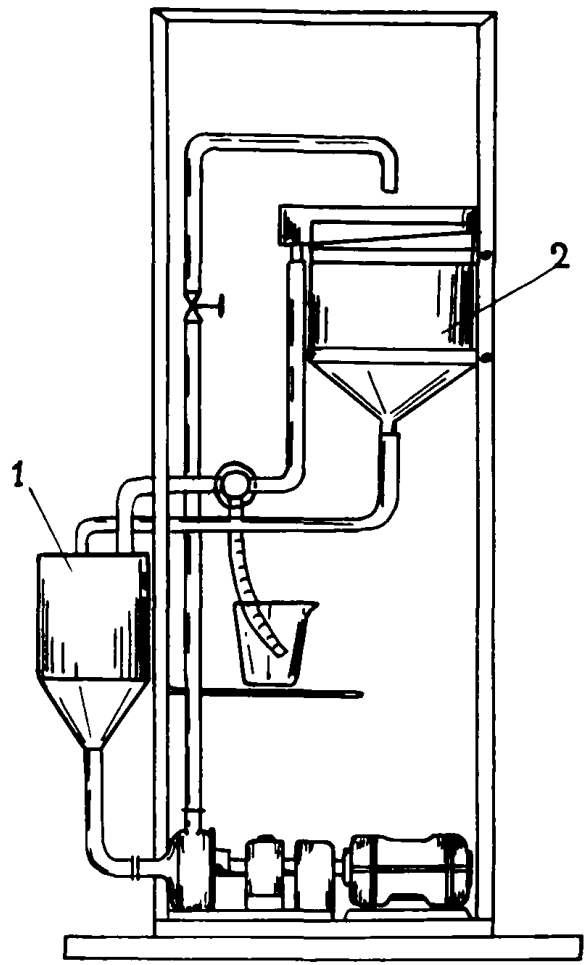


Рис. 18. Прибор для определения осаждаемости шламов

$$K = \frac{100 - \rho_3}{100}, \qquad (34)$$

где ρ_3 - содержание твердого в сливе, г/л.

В случае, когда осаждения шлама не произошло и ρ_3 = 100 г/л, показатель осаждаемости будет равен 0. При идеальной классификации - ρ_3 = 0 показатель осаждаемости будет равен 1. При содержании твердого в сливе 50 г/л, что считается вполне приемлемым в практике, значение К будет 0,5. Следовательно, если значение К больше 0,5, шлам характеризуется относительно легкой осаждаемостью, и чем значение К ближе к 1, тем более легкую осаждаемость имеет шлам. При значении К менее 0,5 шлам осаждается трудно, и чем значение К ближе к 0, тем более трудную осаждаемость имеет шлам.

3. Определение флокулируемости шлама

В стеклянный цилиндр емкостью 0,5 л заливают флокулируемую суспензию, содержащую 25 г твердого. В суспензию пипеткой добавляется 0,03 $см^3$ раствора негидролизованного полиакриламида 0,15% концентрации. Затем трижды перевернув цилиндр, пульпу тщательно перемешивают. Во время отстаивания пульпы ведется наблюдение за изменением высоты неосветленного слоя и высоты осадка, образующегося на дне цилиндра.

С течением времени высота неосветленного слоя уменьшается, а высота осадка увеличивается (рис. 19). Время, когда линии неосветленного слоя пульпы и осадка совместятся, косвенно характеризуют флокулируемость данного шлама, так как для различных шламов это время будет разным.

При исследовании флокулируемости различных шламов емкость цилиндра, высота его, содержание твердого в

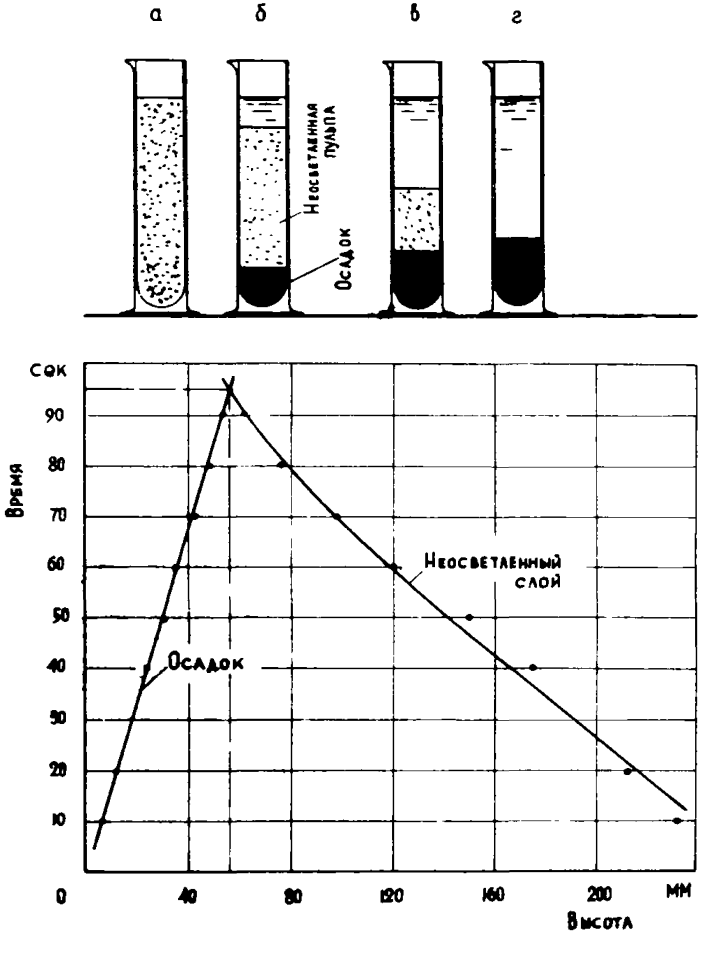


Рис. 19. Изменение высоты осадка и неосветленного слоя пульпы в зависимости от времени отстаивания

пульпе, температура пульпы и расход флокулянта остаются постоянными.

Принимая минимальное время совмещения линий неосветленного слоя и осадка равным 1 минуте, можно всегда судить о флокулируемости того или иного шлама. Чем ближе по своему значению время совмещений линий неосветленного слоя и осадка к значению времени, равному одной минуте, тем лучшую флокулируемость имеет шлам, и, наоборот, чем это время больше одной минуты, тем шлам хуже флокулируется.

На рис. 19 показан пример построения кривых изменения линий неосветленного слоя и осадка по следующим данным:

Время, сек	10	20	40	60	80	90	95
Высота неосветленного слоя, мм	232	213	175	120	76	61	56
Высота осадка, мм	6	11	23	34	48	53	56

Этим методом можно сравнивать эффективность различных флокулянтов. Для этого на одном и том же шламе испытываются различные флокулянты при одинаковых и различных расходах, соблюдая все остальные условия опыта постоянными. Полученное время совмещения линий неосветленного слоя и осадка сравнивают со временем флокуляции этого шлама негидролизованным полиакриламидом.

4. Определение фильтруемости шламов

Для определения фильтруемости шлама можно пользоваться установкой, изображенной на рис. 20. Фильтровальная установка предназначена для проведения лабораторных исследований необогащенных и обогащенных

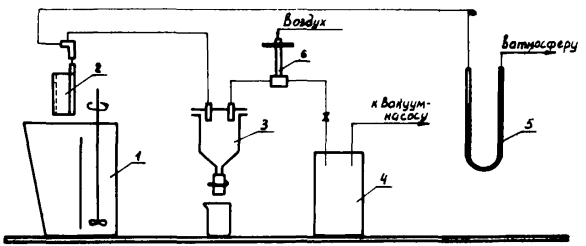


Рис. 20. Схема лабораторной фильтровальной установки

шламов крупностью менее 1 мм. Такая установка может быть использована и для определения фильтрующей способности сеток с различным размером отверстий и изготовленных из разных материалов.

Установка состоит из мешалки 1, фильтровального элемента 2, сборника фильтрата 3, вакуумресивера 4, вакуумметра 5, приспособления для подсоса воздуха 6.

Фильтровальный элемент представляет собой металлический прямоугольник площадью 100 $см^2$. Одна сторона покрыта латунной сеткой с размером отверстий 0,20 мм, другая - закрыта.

Для проведения опыта приготавливается пульпа с содержанием твердого 370 г/л. Опыт нужно повторить три раза, для чего из исследуемого шлама сразу берутся три-четыре навески материала.

Шлам загружают в мешалку, доливают воду до необходимого объема пульпы. Причем, следует соблюсти отношение объема пульпы ($м^3$) к площади фильтровального элемента ($м^2$) в пределах 0,15 - 0,2, что соответствует промышленным условиям фильтрования. С помощью мешалки пульпа тщательно перемешивается. Закрыв пробковый кран на ресивере, включают насос. При достижении вакуума 450 - 500 мм рт.ст. вертикально опускают в подготовленную пульпу фильтровальный элемент и открывают кран на ресивере. Процесс фильтрования должен протекать при постоянном вакууме и постоянной температуре пульпы. По истечении определенного времени фильтровальный элемент из мешалки вынимают и под действием того же вакуума необходимое время просушивают полученный осадок. Время фильтрования и просушки принимается соответствующим 16 об/ч дискового вакуум-фильтра, т.е. 110 и 90 сек.

По окончании цикла фильтрования закрывают пробковый кран на ресивере и замеряют толщину образовавшегося осадка. После этого осадок полностью снимают с фильтровального элемента, взвешивают, высушивают и снова взвешивают.

Результаты опытов оцениваются по весу осадка, его толщине, влажности, объему фильтрата и содержанию в нем твердого.

5. Определение вязкости суспензий

Для измерения вязкости суспензий, содержащих частицы с различной кинематической устойчивостью, применяются вискозиметры - воронки с большим диаметром выпускного отверстия типа ВЗ.

Чтобы повысить точность измерения времени истечения суспензии, вискозиметр блокируется с электрическим секундомером, что позволяет замерять время с точностью до 0,01 сек.

Автоматическое фиксирование времени осуществляется через два датчика, установленных на разных уровнях суспензии в вискозиметре, соответствующих точно установленному объему - 100 $см^3$ (рис. 21). Оба датчика реагируют на изменение уровня суспензии в воронке вискозиметра - верхний датчик, срабатывающий на начало истечения установленного объема суспензии, включает секундомер, нижний, фиксирующий момент окончания истечения 100 $см^3$ суспензии, выключает секундомер.

Для одного опыта необходимо 150 $см^3$ суспензии, однако для получения надежных данных опыт следует повторить несколько раз, поэтому приготавливается сразу 400 - 500 $см^3$ суспензии.

Оптимальное содержание твердого для вискозиметра типа ВЗ составляет 50 - 75 г/л.

В качестве эталонной жидкости используется дистиллированная вода.

В опытах на одном шламе постоянными должны быть ситовый состав, содержание твердого в суспензии, температура.

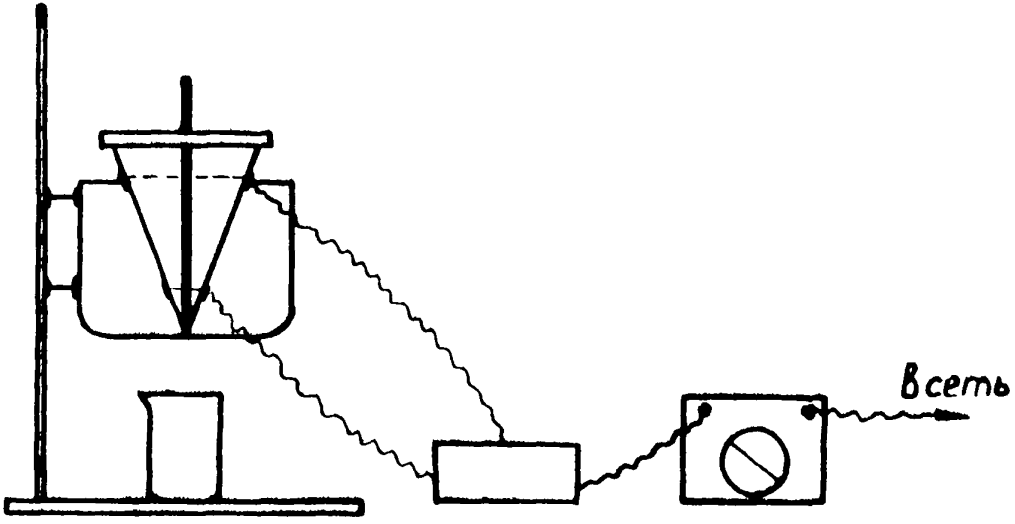


Рис. 21. Схема установки вискозиметра

Опыт на вискозиметре типа ВЗ с автоматическим фиксированием времени истечения суспензии сводится к приготовлению суспензии, поднятию штырька, перекрывающего выпускное отверстие воронки, и снятию показаний секундомера.

Величина эффективной вязкости определяется отношением времени истечения 100 $см^3$ исследуемой суспензии ко времени истечения такого же объема дистиллированной воды, вязкость которой при температуре опыта известна:

$$\mu = \mu_0 \frac{t}{t_0} \cdot \frac{\rho}{\rho_0}, \quad н.сек/м^2, \qquad (35)$$

где μ_0, t_0, ρ_0 – вязкость (н. сек/$м^2$), плотность (кг/$м^3$), время истечения (сек) воды;

μ, ρ, t – вязкость, плотность и время истечения исследуемой суспензии.

6. Определение предельного напряжения сдвига суспензий

Предельное напряжение сдвига суспензий определяется с помощью основанного на принципе вискозиметра с соосными цилиндрами прибора СНС-2 (рис. 22). Прибор состоит из наружного цилиндра 1, установленного на вращающемся столике 5. Подвижная система прибора включает внутренний неподвижный цилиндр 2 из нержавеющей стали с продольными рисками для устранения скольжения. На нижнем торце цилиндра имеется чашеобразное углубление для устранения трения при помощи воздушной подушки 8. Средний радиус внутреннего цилиндра 2 см, высота 6 см, средняя толщина зазора рабочего пространства 1 см.

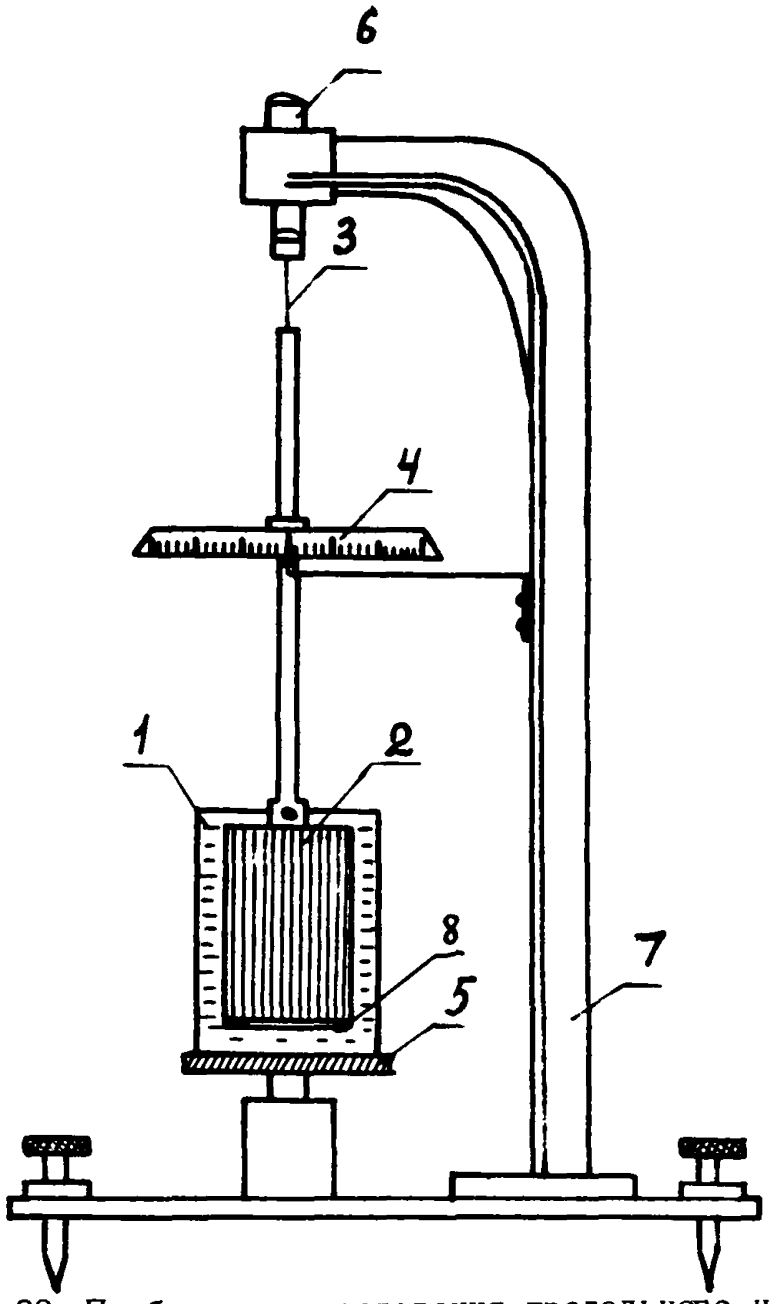


Рис. 22. Прибор для определения предельного напряжения сдвига шламовых суспензий СНС-2

Внутренний цилиндр подвешивается к стойке 7 с помощью винта 6 на сменных стальных нитях диаметром 0,25, 0,3, 0,4, 0,5, 0,8 и 1 мм, соответствующих различным содержаниям твердого в суспензии – большему содержанию твердого соответствует нить большего диаметра. С течением времени упругость нитей уменьшается, поэтому периодически производят контрольную градуировку методом крутильных колебаний. При этом устанавливается величина предельного напряжения сдвига при угле закручивания нити на 1° – $\tau_{o_{1^{\circ}}}$. Угол закручивания нити снимается с градуированного диска 4.

Работа с прибором состоит в следующем. Суспензия в определенном объеме заливается в установленный на вращающемся столике наружный цилиндр, куда на нити заданного диаметра, в зависимости от содержания твердого в испытуемой суспензии, погружается внутренний цилиндр. Погружают цилиндр точно до верхнего края суспензии.

При вращении внешнего цилиндра от электромотора со скоростью 0,2 об/мин вращающаяся вместе с ним суспензия увлекает за собой подвешенный цилиндр до тех пор, пока момент закрученной нити не станет равным крутящему моменту, зависящему от вязкости исследуемой суспензии, а угол закручивания нити остается постоянным. После этого снимается с градуированного диска 4 угол закручивания нити и определяется величина предельного напряжения сдвига суспензии – τ_o :

$$\tau_o = \tau_{o_{1^{\circ}}} \cdot \alpha \,, \quad н/м^2, \qquad (36)$$

где $\tau_{o_{1^{\circ}}}$ – величина напряжения сдвига нити определенного диаметра при угле закручивания на 1°;

α – угол закручивания нити в градусах.

Пример. Определить предельное напряжение сдвига хвостов флотации Куйбышевской ЦОФ с зольностью класса $<$ 63 мкм 74,1%.

Суспензия исследуется при различных содержаниях в ней твердого и при этом используются нити различных диаметров с известными $\tau_{o_{1^\circ}}$.

При содержании в суспензии твердого 300 г/л и диаметре нити 0,3 мм средний из трех замеров угол закручивания составил 14,77°.

$\tau_{o_{1^\circ}}$ для данной нити составляет 0,417 мг/см^2, или 0,0417 н/м^2. Предельное напряжение сдвига будет

$$\tau_o = 0{,}0417 \cdot 14{,}77 = 0{,}591 \text{ н/м}^2.$$

При содержании в суспензии 800 г/л твердого и диаметре нити 1 мм угол закручивания составил 18,17°. Предельное напряжение сдвига при $\tau_{o_{1^\circ}} = 5{,}2543$ н/м^2 составит

$$\tau_o = 5{,}2543 \cdot 18.17 = 95{,}47 \text{ н/м}^2.$$

7. Определение набухания шламов

Набухание или самопроизвольная деформация материала, зависящая, главным образом, от влажности и температуры окружающей среды, может быть определено с помощью прибора ПНГ (рис. 23). Прибор состоит из перфорированного диска 7, на который помещается исследуемый образец, кольца 5 с насадкой 4, соединительной скобы 2, индикатора часового типа 1, винтов 6 и 8, поршня 3 и ванночки 9, в которую заливается вода.

Предварительно из исследуемого шлама готовится суспензия с содержанием твердого примерно 700 г/л, затем суспензия высушивается при непрерывном перемешивании при температуре 80-85°С. Объем суспензии берется из расчета получения высушенного коржа площадью не менее 100 см^3 и толщиной не менее 1,5 см.

Перед началом опыта прибор разбирается: отделяются индикатор и соединительная скоба, кольцо снимается с диска.

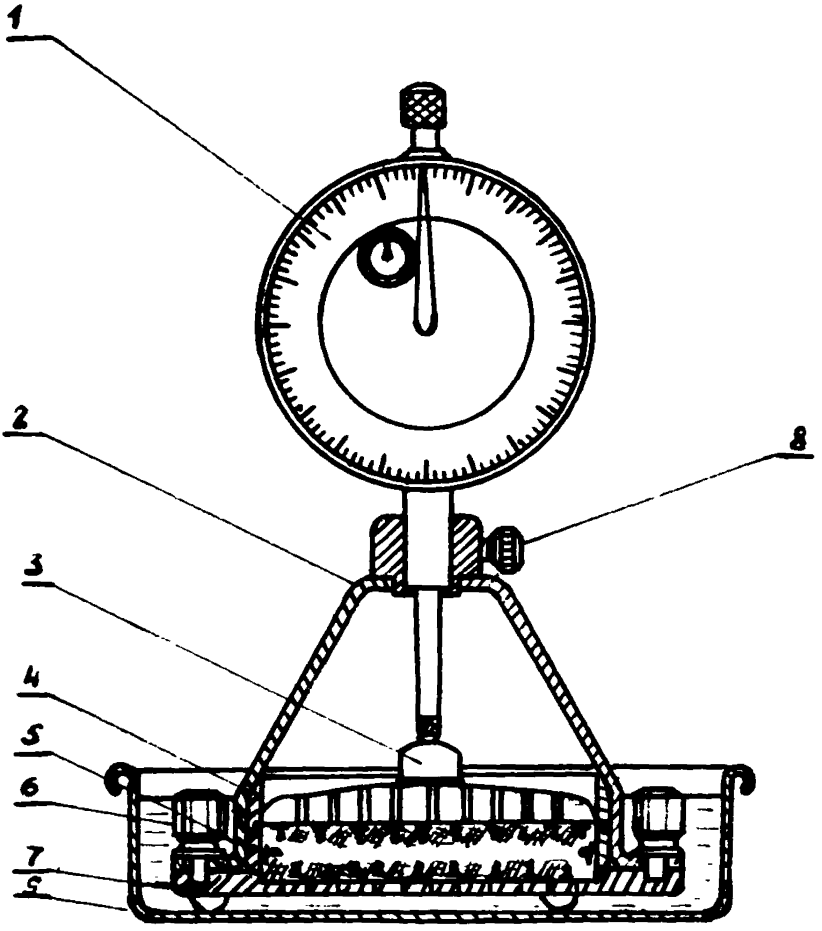


Рис. 23. Прибор для определения набухания шламов

Кольцо прибора острым краем насадки устанавливается на корж высушенной суспензии и вдавливается в него. Затем кольцо с насадкой снимают, а образец аккуратно срезается ножом вровень с краями кольца. Прибор собирается в таком порядке: в углубление диска кладется смоченный водой бумажный фильтр диаметром, равным внутреннему диаметру режущего кольца. На фильтровальную бумагу кладется образец и покрывается таким же фильтром. Затем устанавливается поршень. Собранный прибор устанавливают в ванночку, в которую заливается водопроводная вода; температура воды (20-21°С) постоянна для всех опытов. Фиксируется нулевое показание индикатора и отмечается время заливки воды в ванночку. Показания индикатора записывают через промежутки времени: до 10 мин - через 1 минуту, до 1 часа - через 5 минут, до 6 часов - через 30 минут.

Флотационные хвосты по своему минералогическому составу представлены в основном группой каолинита, водопоглощение которого обусловлено только капиллярным всасыванием, происходящим быстро, в течение 2-4 часов. На графике кинетики набухания через 2-4 часа кривые идут параллельно времени, и опыты после истечения 6 часов практически можно прекратить.

Снятые показания индикатора позволяют определить величину набухания по формуле

$$\gamma = \frac{m}{h} \cdot 100, \ \%, \qquad (37)$$

где γ - величина набухания, отнесенная к начальному объему образца, %.

m - число делений шкалы индикатора, пройденное за время опыта, мм;

h - начальная высота образца, мм.

Кроме величины набухания, могут быть определены начальная влажность образца и влажность набухания.

Для этого кольцо с набухшим образцом взвешивают, затем сушат при температуре 105°С до постоянного веса, охлаждают в эксикаторе и взвешивают.

Начальная влажность

$$W^{P}_{нач} = \frac{q_2 - q_4}{q_4 - q_1} \cdot 100\%,$$

влажность набухания

$$W^{P}_{наб} = \frac{q_3 - q_4}{q_4 - q_1} \cdot 100\%,$$

где q_1 – вес кольца, г;

q_2 – вес кольца с образцом, г;

q_3 – вес кольца с набухшим образцом, г;

q_4 – вес кольца с образцом, высушенным при температуре 105°С, г.

Пример. Определить величину набухания хвостов флотации Криворожской ЦОФ, если первоначальная толщина коржа была 10 мм, а показание индикатора после 5 часов набухания m = 1,967 мм.

Тогда $$\gamma = \frac{1,967}{10} \cdot 100 = 19,67\%.$$

Имея вес кольца q_1 = 44,77 г, вес кольца с образцом q_2 = 88,6 г, q_3 = 103,8 г и q_4 = 87,67 г, определим начальную влажность образца

$$W^{P}_{нач} = \frac{88,6 - 87,67}{87,67 - 44,77} \cdot 100 = 2,16\%$$

и влажность набухания

$$W^{P}_{наб} = \frac{103,8 - 87,67}{87,67 - 44,77} \cdot 100 = 37,6\%.$$

8. Определение флокулирующей активности реагентов

Для установления эффективности любого флокулянта и выявления режима его применения результаты, полученные при естественном осаждении шлама, сравниваются с результатами, полученными при применении полиакриламида.

В процессе изучения флокулянтов важное значение имеет качественно-количественный их учет. Для этого все сведения о поступившем на исследование флокулянте заносятся в специальный журнал, где фиксируется его наименование, изготовитель, полная характеристика, внешний вид, стоимость, методика приготовления раствора и режим применения, рекомендуемый изготовителем или другими организациями.

Имеет значение также подготовка шлама для проведения опытов. Хвосты флотации представляют собой жидкотекучий продукт, требующий сгущения, поэтому во избежание осаждения крупных частиц необходимо постоянно его перемешивать при температуре просушивания 80-85°С. Этим достигается весьма большая однородность материала.

Угольные шламы необходимо тщательно перемешивать после их просушки. От подготовленной таким образом массы отбирается проба для определения зольности и гранулометрического состава. Суспензия готовится на водопроводной воде с предварительным измерением в ней концентрации водородных ионов - pH. Действие флокулянтов испытывается в различных средах, а именно: кислой, нейтральной и щелочной с pH соответст-

венно равным 4,7 и 10. Щелочная среда получается за счет добавления извести $NaOH$, кислая – соляной кислоты HCl.

Для приготовления необходимого объема раствора флокулянта нужной концентрации пользуются правилом смещения ("правило креста") или равенством

$$q = \frac{V\ C_p}{C_{исх} - C_p}, \text{ г}, \qquad (38)$$

где q – количество флокулянта в г исходной концентрации $C_{исх}$, которое необходимо взять, чтобы приготовить раствор в объеме V см с рабочей концентрацией C_p.

Например, необходимо приготовить 1000 см^3 раствора флокулянта 0,05% концентрации. Для этого нужно

$$q = \frac{100\ .\ 0.05}{8\ .\ 0.05} = 6.3 \text{ г}$$ полиакриламида 8% концентрации.

Сначала устанавливается скорость осаждения несфлокулированного шлама, затем определяется флокулирующая активность полиакриламида на такой же суспензии. Результаты этих опытов служат в дальнейшем для сравнения активности флокулянтов. Исследуемые флокулянты опробуются при тех же исходных условиях: характеристика шлама, содержание твердого в суспензии, температура, расход флокулянта.

Опыты по определению флокулирующей активности реагентов проводят в градуированных цилиндрах емкостью 0,5 л; температура среды 21 °С; содержание твердого в литре 25 г, что соответствует навеске материала 12,5 г; опыты повторяют 3 раза; перемешивание трехкратное с поворотом цилиндра на 180°.

Количество раствора флокулянта q приготовленной концентрации C_p в мл, которое нужно добавить в

суспензию, подсчитывается следующим образом:

$$q = \frac{P \cdot \rho \cdot 100}{C_P \cdot 1000000}, \text{ г}, \qquad (39)$$

где P - расход флокулянта 100% концентрации на 1 кг твердого.

Если известен расход в г/м^3 суспензии, то он пересчитывается

$$P = \frac{P^2/м^3 \cdot 1000}{\rho}, \text{ г/т}.$$

Плотность раствора флокулянта принимается равной 1000 кг/м^3.

Например:

Определить количество раствора полиакриламида 0,05% концентрации, необходимое для осаждения хвостов флотации в литровом сосуде с содержанием твердого 25 г/л, при расходе флокулянта 100% концентрации 1 г/м^3. Расход в г/т будет $\frac{2 \cdot 1000}{25} = 40$ г/т.

Тогда

$$q = \frac{40 \cdot 25}{1000000} \cdot \frac{100}{0,05} = 2 \text{ г, или}$$

2 мл раствора на 1 л суспензии.

Исследуемый флокулянт испытывается при расходах: 5, 10, 20, 40, 60, 80, 100, 200, 400, 600 и 800 г/т. Высокоэффективные флокулянты расходуют от 5 до 80 г/т.

Опыты по определению флокулирующей активности реагентов начинаются с максимального расхода. В процессе проведения опытов фиксируются четкость раздела осветленного слоя и осадка, форма и размер флокул. Продолжительность опыта 10 мин. Рекомендуемый интервал времени отсчета представлен в табл. 14. Интервал времени

отсчета и продолжительность опыта со слабыми флокулянтами увеличиваются. И наоборот, при весьма высокоэффективных флокулянтах и больших расходах их интервал отсчета резко сокращается. Данные наблюдений заносят в табл. 14. Среднюю скорость осаждения определяют следующим образом: вычисляют "частные скорости" до интервала и там, где происходит замедление скорости более чем на 5%, определяют общую величину осветленного слоя с начала опыта и делят её на общее время осаждения. В данном случае высота осветленного слоя составляет 170мм, время 2 мин. 40 сек., а средняя скорость

$$v_o = \frac{170}{160} = 1{,}0625 \text{ мм/сек, или}$$

63,75 мм/мин.

Для изучения флокулирующей активности реагентов в режиме уплотнения наблюдения ведутся за осевшим шламом. Визуально область компрессии представляет собой зону, в которой движение флокул на первый взгляд прекратилось. На самом же деле здесь проходит медленное осаждение по мере нарастающего уплотнения слоя под давлением вновь осевших частиц.

Отсчет величины слоя компрессии ведется от дна сосуда. Разность величин столба первоначальной суспензии и зоны компрессии, деленная на время в точке соединения верхней границы компрессии с осветленным слоем, есть скорость осаждения данного флокулянта. Преимущество этого метода - простота и оперативность. Недостаток - при малых расходах и на эффективных флокулянтах плохо просматривается верхняя граница зоны компрессии.

В табл. 15 даны сравнительные результаты определения скорости осаждения по границе осветленного слоя и величине компрессии.

Флокулян: - ГПАА, концентрация раствора 0,05%.
Содержание твердого 50 г/л, расход 50 г/т.

Таблица 14

Время осаждения, мин, сек	Высота осветленного слоя, см				Частная скорость осаждения, мм/сек	Средняя скорость, мм/мин
	№ № опытов			Среднее значение 3-х опытов		
	1	П	Ш			
1	2	3	4	5	6	7
1 мин 10	0,9	1,0	0,9	0,9		
20	2,7	2,3	2,6	2,6	1,7	
30	4,5	4,1	4,4	4,4	1,8	
40	6,6	6,9	6,6	6,7	2,3	
50	8,7	8,0	8,4	8,4	1,7	
60	10,5	9,9	10,4	10,1	1,7	
2 мин 10	13,0	11,8	12,4	12,4	2,3	
20	14,9	13,5	14,2	14,2	1,8	
30	16,6	15,2	15,9	15,9	1,7	
40	17,9	16,3	17,0	17,0	1,7	63,75
50	18,4	17,1	17,6	17,7	0,7	
60	18,7	17,6	18,0	18,1	0,4	
3 мин 10	19,0	18,0	18,3	18,4		
20	19,2	18,2	18,5	18,6		
30	19,4	18,4	18,7	18,8		
40	19,5	18,6	18,85	18,9		
50	19,65	18,7	19,0	19,0		
60	19,70	18,85	19,1	19,1		
4 мин 10	-	-	-	-		
20	-	-	-	-		
30	-	-	-	-		

1	2	3	4	5	6	7
40	-	-	-	-		
50	-	-	-	-		
60	20,35	19,53	19,7	19,8		
5 мин 10	-	-	-	-		
20	-	-	-	-		
30	-	-	-	-		
40	-	-	-	-		
50	-	-	-	-		
60	20,4	19,9	20,1	20,2		
6 мин	20,8	20,2	20,35	20,4		
7 мин	20,95	20,4	20,5	20,6		
8 мин	21,1	20,6	20,7	20,8		
9 мин	21,15	20,7	20,8	20,9		
10 мин	21,3	20,8	20,95	21,0		

Таблица 15

Время опыта, сек	Средняя величина осветленного слоя, см	Высота осадка, см	Частная скорость, мм/сек	Средняя скорость осаждения, мм/мин	Средняя величина компрессии, см	Средняя скорость осаждения, мм/мин
1	2	3	4	5	6	7
5	1,40	23,00	2,8		0,60	
10	2,60	21,80	2,4		0,80	
15	3,60	20,80	2,0		1,00	
20	4,80	19,60	2,4		1,40	
25	6,10	18,30	2,6		1,80	
30	7,40	17,00	2,6		2,35	

1	2	3	4	5	6	7
35	8,60	15,80	2,4		2,80	
40	9,90	14,50	2,6		3,40	
45	11,30	13,10	2,8		3,90	
50	13,20	11,20	3,8		4,30	
55	14,65	9,75	2,9		4,90	
60	15,65	8,75	2,0		5,40	
65	16,90	7,50	2,5	156,40	5,80	
70	17,80	6,60	1,8		6,60	153,4
120	19,55	4,85				
180	20,15	4,25				
240	20,42	3,98				
300	20,60	3,80				
360	20,75	3,65				
420	20,80	3,60				
480	20,85	3,55				
540	20,90	3,50				
600	20,95	3,45				

Степень разрушения флокул, образуемых исследуемыми флокулянтами, определяется по результатам измерения скорости седиментации до и после перемешивания во флотационной машине сфлокулированной суспензии из шлама крупностью менее 90 мкм (табл. 16).

Из таблицы видно, что при механическом перемешивании суспензии, состоящей из угольного шлама, в течение 5 мин. скорость осаждения уменьшается до скорости осаждения без полиакриламида. Скорость осаждения необогащенного шлама даже после интенсивного перемешивания в течение 8 мин оставалась примерно в 2 раза большей, чем без применения полиакриламида.

Скорость осаждения флотохвостов с увеличением времени перемешивания также уменьшалась, оставаясь, однако, в конце опытов выше скорости осаждения несфлокулированного шлама.

Таблица 16

Время перемешивания, мин	Наименование продукта	Скорость осаждения, мм/сек	
		без полиакриламида	с полиакриламидом
0	Угольный шлам	0,182	0,363
5	-"-		0,182
0	Породный шлам	0,158	0,66
5			0,24
10			0,19
15			0,18
20			0,18
0	Необогащенный шлам	0,035	0,485
1			0,280
5			0,180
10			0,130
15			0,120
20			0,110
40			0,082
60			0,078
80			0,065

Методика проведения опыта заключается в том, что после определения скорости осаждения несфлокулированного и сфлокулированного шламов сфлокулированный шлам подвергают механическому воздействию в мешалке. Интервал времени и число оборотов мешалки приводятся ниже (табл. 17).

Перемешанный таким образом осадок выливают в градуированный цилиндр и определяют скорость осаждения по описанной методике.

Флокулирующая активность исследуемого реагента определяется сравнением скоростей осаждения сфлокулированного шлама при одинаковых условиях исследуемым флокулянтом и полиакриламидом. Активность полиакриламида принимается равной единице.

Таблица 17

Время перемешивания, мин	Скорость осаждения мм/мин при числе оборотов в мин.		
	400	1450	2200
1			
3			
5			
10			
15			

Например, если скорость осаждения шлама, сфлокулированного полиакриламидом, 70 мм/мин, а исследуемый флокулянтом 35 мм/мин, то его относительная активность равна

$$\frac{35}{70} \cdot 1 = 0{,}5.$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Быков В.Д. Гидрометрия, Гидрометеоиздат, Л., 1949.

2. Фоменко Т.Г., Бутовецкий В.С. и др. Изучение работы пирамидальных отстойников и радиальных сгустителей. Труды ин-та УкрНИИуглеобогащение. Изд. "Недра", М., 1964.

3. Киселев П.Г. Справочник по гидравлическим расчетам. Госэнергоиздат, М., 1961.

4. Бейлин М.И. Теоретические основы процессов обезвоживания углей. Изд. "Недра", М., 1969.

5. Борц М.А., Бочков Ю.Н., Зарубин Л.С. Шнековые осадительные центрифуги для угольной промышленности. Изд. "Недра", М., 1970.

6. Инструкция по планированию эксперимента. УкрНИИуглеобогащение, 1969.

7. Рекомендации по водно-шламовому хозяйству углеобогатительных фабрик. УкрНИИуглеобогащение, 1969.

8. Фоменко Т.Г., Благов И.С., Коткин А.М., Бутовецкий В.С. Шламы, их улавливание и обезвоживание. Изд. "Недра", М., 1968.

БВ № 02368

R - 3. № 603840. Заказ 93 . Тираж 300 экз.
Формат 60х90 1/16. Отпечатано на ротапринте института УкрНИИуглеобогащение 25. IX. 1971 г.

gost.e-ecolog.ru