

# Применение многочастотных грохотов для обогащения угольных шламов, в т.ч обезвоживания конечного продукта.

## Цель работы.

На пилотной установке выполнить технологические испытания по двухстадиальному обесшламливанию и обезвоживанию угольных шламов, получить качественно-количественные показатели каждой стадии технологического процесса, выдать рекомендации по оптимальному режиму и схемам обесшламливания, обогащения и обезвоживания, оптимальному составу пульпы перед каждой операцией и рекомендуемую удельную производительность обесшламливающих и обезвоживающих многочастотных грохотов.

## Пилотная установка.

Пилотная установка (см. фото), на которой выполнены испытания, включает чан-мешалку объемом 200 л.; центробежный насос производительностью до 20 м<sup>3</sup>/ч; магнитный расходомер ML110-BOA1B1A0, установленный на нагнетательном трубопроводе центробежного насоса; гидроциклон диаметром 150 мм с углом конусности 10° и комплектом песковых насадок диаметрами (22 – 30) мм; многочастотный грохот размером 1.5 x 0.6 м с полезной площадью рабочей сетки 0.6 м<sup>2</sup>. Подробная характеристика грохота и рабочий режим в каждом опыте приведены в заголовке таблиц технологических результатов мокрого грохочения и обезвоживания. Опыты проведены при положительных углах установки корпуса грохота от 1.5° до 15°.

На рис. 1, 2 приведены результаты измерений ускорений корпуса грохота и рабочей сетки, прижатой грузом, имитирующим массу потока надрешетного материала, при частоте вибраций на вариаторе 52 герца. На рис 1 видно, что величины положительного и отрицательного направления ускорения корпуса одинаковы и равны 3g. Величины положительных и отрицательных ускорений рабочей сетки отличаются по величине: положительные ускорения в среднем равны (35 - 40) g, с пиками до 60 g, отрицательные ускорения равны (100 – 120) g с пиками ускорений до (150 – 190) g.

Fig. 1 Chart of body acceleration, frequency 52 Hz,  
amplitude 0.8mm

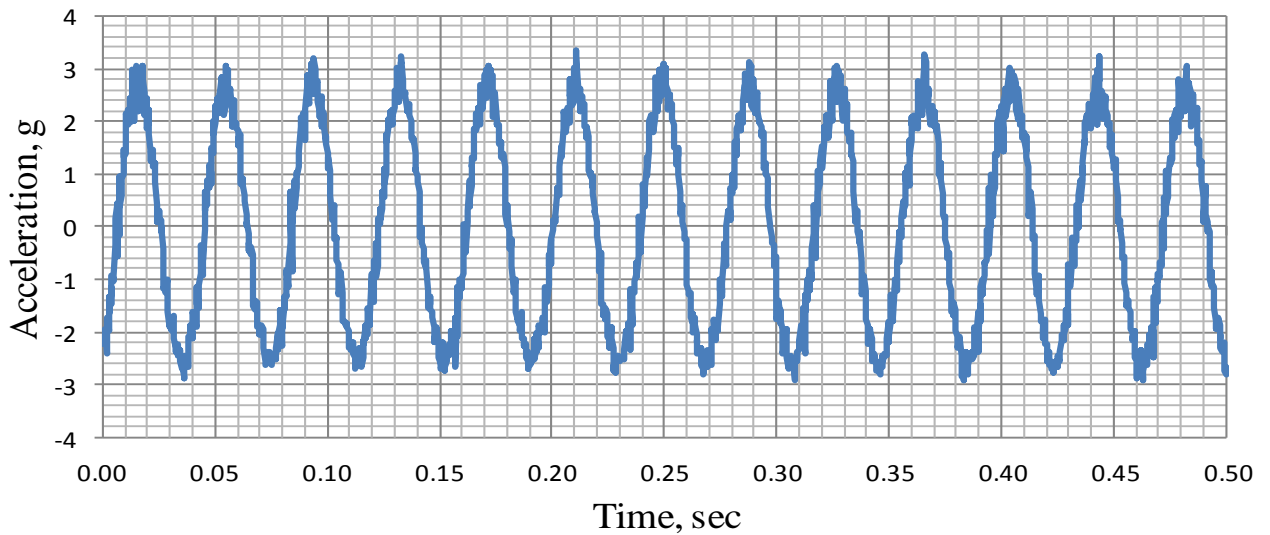
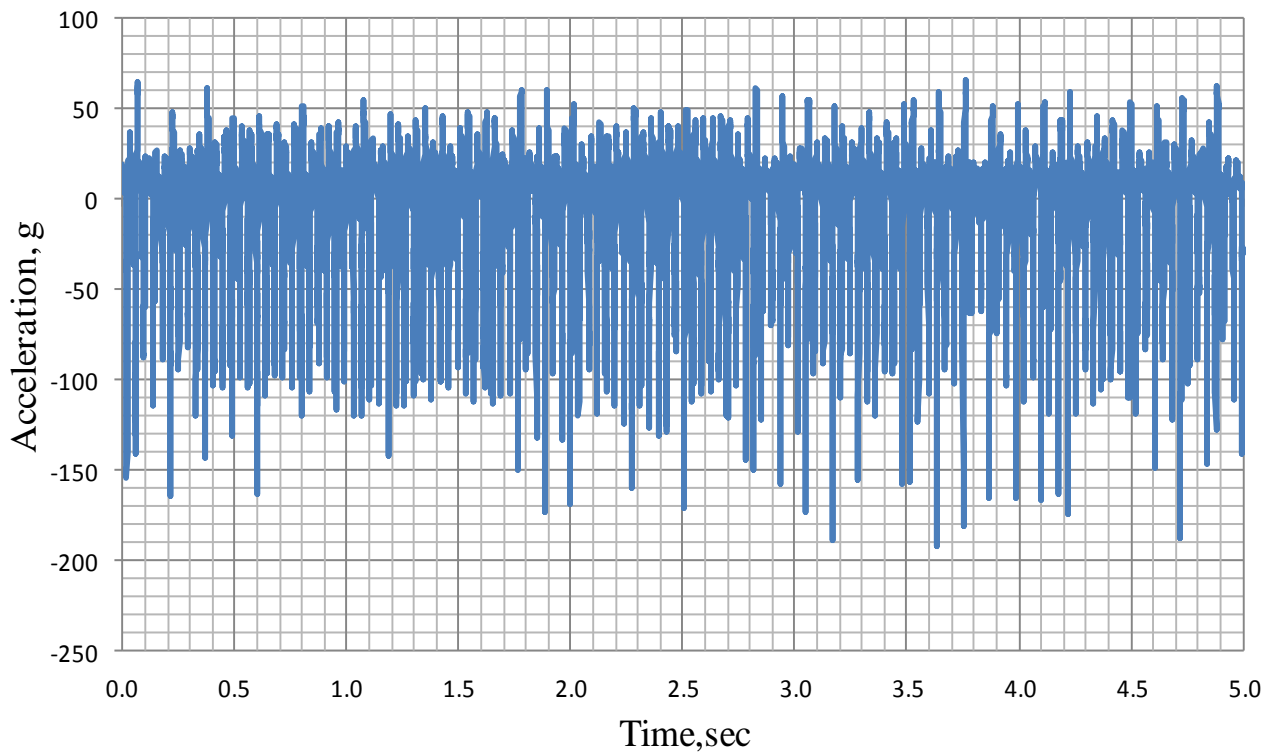


Fig. 2 Chart of sieve acceleration: frequency 52Hz,  
tension 555kg





Пилотная установка: Гидроциклон Д 150 мм,  
многочастотный грохот 1.5 x 0.6 м, мешака 200 л.,  
центробежный насос 20 м<sup>3</sup>/ч.

ООО «ТИ-СИСТЕМС» ИНЖИНИРИНГ И ПОСТАВКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ  
Интернет: [www.tisys.ru](http://www.tisys.ru) [www.tisys.kz](http://www.tisys.kz) [www.tisys.by](http://www.tisys.by) [www.tesec.ru](http://www.tesec.ru) [www.ти-системс.рф](http://www.ти-системс.рф)  
Телефоны: +7 (495) 7774788, 7489626, (925) 5007155, 54, 65  
Эл. почта: [info@tisys.ru](mailto:info@tisys.ru) [info@tisys.kz](mailto:info@tisys.kz) [info@tisys.by](mailto:info@tisys.by)

## Оценка результатов мокрого грохочения предварительно необесшламленной угольной пульпы.

Ниже, в таблице 1 приведены качественно-количественные показатели мокрого грохочения рядовой (предварительно необесшламленной) угольной пульпы, выполненные ранее на пилотном грохоте, оборудованном полиуретановой сеткой с ячейкой 0.075 мм. В этой таблице приведены технологические показатели мокрого грохочения угольной пульпы при концентрации твердой фазы угля в питании (17 – 18) % и переменной производительности по потоку пульпы на пилотный грохот (7.26 – 16.01) м<sup>3</sup>/ч. При этом предполагалось, что надрешетный продукт грохотов будет поступать на последующее обезвоживание. Однако практика применения многочастотных грохотов на предприятиях Украины, США и южной Африки показала, что ни на одном предприятии невозможно получить стабильный поток пульпы на грохот с постоянной концентрацией твердой фазы. Как правило, содержание твердой фазы в пульпе, поступающей с обогатительных фабрик в виде сливов (OF) шламовых гидроциклонов, изменяется примерно в пределах (5 – 8) %, а концентрация твердой фазы в пульпе из шламохранилищ - не превышает (12 – 14) %. Вследствие низкой концентрации угля в пульпе невозможно увеличить нагрузку на грохота по твердой фазе и получить обезвоженный конечный продукт.

В этой таблице также показано, что лучшие технологические показатели получены в третьем опыте при концентрации твердой фазы в питании 16.97 %, производительности по пульпе 16.01 м<sup>3</sup>/ч и по твердой фазе 2.98 т/ч. При этом необходимо заметить, что в предварительно необесшламленной пульпе питания пилотного грохота содержалось **69.73 %** фракции мельче 0.075 мм.

Для сравнения, в таблице 2, приведены результаты предварительного гидравлического обесшламливания угольной пульпы в гидроциклоне диаметром 150 мм, содержащей в питании 8.33 % твердой фазы и **69.6 %** фракции – 0.075 мм. После гидравлической классификации этой пульпы в гидроциклоне в песках (UF - сгущенном продукте гидроциклона) получено **17.61 %** твердой фазы и только **37.45 %** фракции мельче 0.075 мм. Понятно, что эффективность мокрого грохочения предварительно обесшламленного сгущенного продукта гидроциклона и дальнейшее обезвоживание такого материала будет производиться с более высокой эффективностью и производительностью.

Поэтому все испытания процесса обезвоживания угольной пульпы на многочастотном грохоте выполнены с предварительным обесшламливанием пульпы в гидроциклоне.

Таблица 1

## Результаты мокрого просеивания угольных шламов на пилотной установке

Грохот: 1.5x 0.6 м, площадь 0.45 м<sup>2</sup>, 2 вибромотора VV 35B/4, 1500 rpm,

N= 0.52 kw, D=100%, угол поворота 42°.

Режим: угол наклона корпуса 10°, ячейка опорной PU сетки 5 x 5 мм,

Рабочая сетка 0.075 мм. Открытая поверхность 24.7 %.

Масса бильной решетки 45.5 кг. Количество адаптеров - 4. Амплитуда корпуса 1.2 мм.

Материал: угольная пульпа, уд. вес твердого 1.9 г/см<sup>3</sup>.

Опыт	Содержание твердой фазы, %			Производительность, м <sup>3</sup> /ч		
	Feed	US	OS	Feed	US	OS
1	18.08	14.93	53.24	7.26	6.75	0.52
2	17.94	14.43	57.75	11.34	10.75	0.59
3	16.97	13.46	48.53	16.01	14.62	1.40
Опыт	Производительность, т/ч			Уд. производ. м <sup>3</sup> /ч*м <sup>2</sup>		
	Feed	US	OS	Feed	US	OS
1	1.45	1.80	0.37	12.10	11.24	0.86
2	2.13	1.66	0.47	18.90	17.91	0.99
3	2.98	2.10	0.88	26.69	24.37	2.33
Опыт	Уд. производ. т/ч*м <sup>2</sup>			Содерж. кл. - 0.075 мм, %		
	Feed	US	OS	Feed	US	OS
1	2.42	1.81	0.61	75.64	95.71	10.56
2	3.56	2.77	0.78	73.28	96.05	9.16
3	4.97	3.50	1.47	69.73	96.58	12.17
Опыт	Средний выход тверд. фазы, %			Извлечение кл. - 0.075 мм, %		
	Feed	US	OS	Feed	US	OS
1	100.00	75.63	24.37	100.00	95.70	4.30
2	100.00	75.23	24.77	100.00	98.61	1.39
3	100.00	70.03	29.97	100.00	96.99	3.01

Таблица 2

## Результаты классификации угольной пульпы в гидроциклоне D 150 мм.

Параметры гидроциклона:

Эквивалентный диаметр входного патрубка 39 мм; диаметр сливной насадки 44 мм;

диаметр песковой насадки - 30 мм; высота свободного вихря 820 мм;

угол наклона корпуса 20°, угол конусности 10°; давление на входе (0.50 - 0.65) бар.

Опыт 2		Измеренные и расчетные технологические показатели		
Крупность фракции, $\mu\text{m}$	Фракц. извлеч. $\varepsilon_i(\text{us})$	Питание	Слив	Пески
		Feed, %	OF, %	UF, %
+ 500	0.00	13.00		27.00
-500+ 300	0.00	8.00		16.68
- 300 + 200	0.00	3.80		7.84
-200+150	0.00	2.20		4.50
-150+100	0.00	1.60		3.19
-100+75	0.00	1.80		3.34
- 75 + 45	30.51	3.60	2.13	5.37
- 45	76.45	66.00	97.87	32.08
Итого фракций		100.00	100.00	100.00
Сумма фракций - 45 $\mu\text{m}$ ., %		66.00	97.87	32.08
Содержание твердого, $S_1$ %		8.33	5.58	17.61
Отношение ж : т		11.00	16.92	4.68
Подача пульпы F, $\text{m}^3/\text{ч}$		14.93	10.50	4.43
Нагрузка по твердой фазе, Q, т/ч		1.41	0.59	0.81
Выход твердой фазы, %:				
по балансу фракций - 45 $\mu\text{m}$ .		100	51.56	48.44
по водному балансу, (ж/т)		100	51.67	48.33
по нагрузке, Q		100	42.19	57.81
Средний выход твердого, $Y_{\text{ср}}$ , %		100	48.48	51.52
$\varepsilon_1$ : Извлечение фр. -45 $\mu\text{m}$ .		100	71.88	28.12
$\varepsilon_2$ : Извлечение фр. +45 $\mu\text{m}$		100	3.04	96.96
Эффективность классификации $(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)$ , %			68.85	

## 1. Результаты полупромышленных испытаний на пилотной установке.

### 1.1 Предварительная гидравлическая классификация угольной пульпы в гидроциклоне.

Ниже, в таблицах 3 и 4 приведены основные технологические показатели предварительной гидравлической классификации (обесшламливания) угольной пульпы перед подачей песков (UF) гидроциклона на обезвоживание в пилотный грохот. Основным переменным параметром, влияющим на состав пульпы, поступающей на последующее обезвоживание, является диаметр песковой насадки гидроциклона, который изменялся от 22 до 30 мм. При этом, средняя концентрация твердой фазы в питании гидроциклона составляла 25.8 %. В этих таблицах видно, что с увеличением диаметра песковой насадки концентрация твердой фазы в песках (UF) гидроциклона уменьшилась с 65.17% до 45.07%, производительность по пульпе увеличилась с 2.5 до 4.52 м<sup>3</sup>/ч, а по твердой фазе – с 1.92 до 2.46 т/ч.

При максимальной песковой насадке гидроциклона диаметром 30 мм концентрация твердой фазы в питании грохота увеличилась с 28.09 % до 48.34 %, а содержание фракции – 0.075 микрон уменьшилось с 51.1 % до 22.9 %. При этом содержание фракции – 0.045 микрон в питании грохота уменьшилось с 47.68 % до 19.79 %. Изменился также гранулометрический состав пульпы, поступающей на последующее обезвоживание: содержание фракции – 0.075 микрона в питании грохота увеличилось с 5.76 % до 22.9 %, а средний выход (UF) увеличился с 43.84 % до 59.33 %. Следует заметить, что при выборе оптимального диаметра песковой насадки гидроциклона, необходимо обеспечить максимальное извлечение самой высокозольной фракции в слив (OF), однако, при этом, минимизировать потери низкозольной фракции. В приведенном примере извлечение фракции – 0.075 микрон в слив (OF) гидроциклона в последнем опыте составило 74.29 %.

Таблица 3

## Результаты обесшламливания угольной пульпы в гидроциклоне D 150 мм

Параметры гидроциклона:

Эквивалентный диаметр входного патрубка 39 мм; диаметр сливной насадки 44 мм;

диаметр песковой насадки - переменный (22, 24) мм; высота свободного вихря 820 мм;

угол наклона корпуса 20°; угол конусности 10°; давление на входе (0.50 - 0.65) бар.

D <sub>uf</sub>	Содержание твердой фазы, %			Производительность, м <sup>3</sup> /ч		
	Feed	OF	UF	Feed	OF	UF
22	26.10	17.43	<b>65.17</b>	16.50	14.00	2.50
22	26.90	16.77	<b>65.00</b>	15.50	12.95	2.56
24	25.39	14.72	<b>63.52</b>	12.95	10.50	2.45
24	25.82	14.91	<b>58.88</b>	12.55	9.80	2.75
D <sub>uf</sub>	Производительность, т/ч			Содержан. кл. - 0.075 мм,%		
	Feed	OF	UF	Feed	OF	UF
22	4.46	2.54	1.92	52.75	88.44	<b>5.76</b>
22	4.21	2.26	1.95	49.77	89.06	<b>7.12</b>
24	3.42	1.60	1.82	47.03	93.01	<b>10.57</b>
24	3.39	1.51	1.88	48.66	93.77	<b>13.34</b>
D <sub>uf</sub>	Содержан. кл. - 0.045 мм,%			Средн. выход твердой фазы,%		
	Feed	OF	UF	Feed	OF	UF
22	48.15	81.06	<b>3.63</b>	100.00	56.16	<b>43.84</b>
22	45.08	82.14	<b>5.19</b>	100.00	51.64	<b>48.36</b>
24	42.68	86.76	<b>8.60</b>	100.00	45.43	<b>54.57</b>
24	45.13	87.95	<b>11.01</b>	100.00	43.99	<b>56.01</b>
D <sub>uf</sub>	Извлечение кл. - 0.075 мм,%			Эффективн. классификации,%		
	Feed	OF	UF	Feed	OF	UF
22	100.00	94.16	5.84		80.42	
22	100.00	92.40	7.60		81.16	
24	100.00	89.84	10.16		83.84	
24	100.00	84.78	15.22		79.44	

D<sub>uf</sub> - диаметр песковой насадки.



Таблица 4

### Результаты обесшламливания угольной пульпы в гидроциклоне D 150 мм

Параметры гидроциклона:

Эквивалентный диаметр входного патрубка 39 мм; диаметр сливной насадки 44 мм;

диаметр песковой насадки - переменный (26, 30) мм; высота свободного вихря 820 мм;

угол наклона корпуса 20°; угол конусности 10°; давление на входе (0.50 - 0.65) бар.

D <sub>uf</sub>	Содержание твердой фазы, %			Производительность, м <sup>3</sup> /ч		
	Feed	OF	UF	Feed	OF	UF
26	25.26	15.58	<b>53.51</b>	14.50	10.51	4.00
26	23.25	13.97	<b>52.79</b>	14.00	10.64	3.36
30	25.50	15.26	<b>45.07</b>	13.75	9.24	4.51
30	28.09	17.50	<b>48.34</b>	13.75	9.23	4.52
D <sub>uf</sub>	Производительность, т/ч			Содержан. кл. - 0.075 мм, %		
	Feed	OF	UF	Feed	OF	UF
26	4.14	1.70	2.44	52.04	92.24	<b>15.02</b>
26	3.55	1.54	2.02	52.50	95.93	<b>15.83</b>
30	3.73	1.46	2.27	52.45	95.59	<b>24.05</b>
30	4.14	1.68	2.46	51.1	93.35	<b>22.9</b>
D <sub>uf</sub>	Содержан. кл. - 0.045 мм, %			Средн. выход твердоц фазы, %		
	Feed	OF	UF	Feed	OF	UF
26	48.68	89.30	<b>12.80</b>	100.00	44.57	<b>55.43</b>
26	49.23	90.98	<b>13.36</b>	100.00	44.91	<b>55.09</b>
30	49.34	91.32	<b>21.58</b>	100.00	39.38	<b>60.62</b>
30	47.68	88.47	<b>19.79</b>	100.00	40.67	<b>59.33</b>
D <sub>uf</sub>	Извлечение кл. - 0.075 мм, %			Эффективн. классификации, %		
	Feed	OF	UF	Feed	OF	UF
26	100.00	80.71	19.29		75.36	
26	100.00	82.07	17.93		78.22	
30	100.00	71.77	28.23		68.11	
30	100.00	74.29	25.71		68.76	

D<sub>uf</sub> - диаметр песковой насадки.

## 1.2 Обезвоживание песков гидроциклона (UF) на многочастотном грохоте.

Как видно ниже из таблиц 5, 6 на пилотной установке было проведено 8 опытов по обезвоживанию песков гидроциклона (UF) на грохоте при разных углах наклона корпуса и составе питания грохота.

При диаметрах песковой насадки гидроциклона 22, 24, 26 и 30 мм было проведено по 2 опыта при углах наклона корпуса  $10^\circ$  и  $15^\circ$ . Целью этих испытаний было определение влияния уменьшения концентрации твердой фазы в питании грохотов и содержания класса – 0.075 мм при одновременном увеличении нагрузки и разных углах наклона корпуса грохота на производительность по надрешетному обезвоженному продукту и его влажность..

Концентрация твердой фазы в питании грохота при углах наклона корпуса  $10^\circ$  и  $15^\circ$  и увеличении диаметра песковой насадки с 22 до 26 мм уменьшилась с 65.17 % до 52.79 %. Однако содержание твердой фазы в надрешетном продукте (OS) при этом оставалось постоянным и составляло (74.67 – 74.6) %, что соответствовало влажности (25.33 – 25.4) %. Необходимо также указать, что с увеличением диаметра песковой насадки гидроциклона снижается не только концентрация твердой фазы в питании грохота, но и увеличивается содержание в нем тонких классов – 0.075 мм с 5.76 % до 15.83 %. Несмотря на это, влажность надрешетного продукта не увеличивалась. Удельная нагрузка по обезвоженному продукту увеличилась с 2,95 т/ч\*м<sup>2</sup> до 3.23 т/ч\*м<sup>2</sup>.

Только при диаметре песковой насадки 30 мм и концентрации твердой фазы в питании грохота (45.04 – 48.28) % влажность надрешетного продукта (OS) несколько увеличилась и составила (29.17 – 30.31) % при содержании твердого (70,83 -69,69) %. В этом случае на грохот поступала пульпа с содержанием класса – 0.075 мм (24.05 – 22.39) % . Как видно в таблице 6, в этих опытах получена максимальная нагрузка на грохот: (2.45 – 2.63) т/ч по питанию или (2.09 – 2.28) т/ч по надрешетному продукту, что соответствует максимальной удельной нагрузке по обезвоженному продукту (3.48 – 3.8) т/ч\*м<sup>2</sup>.

Выполненная работа показала, что для получения обезвоженного продукта необходимой влажности на многочастотном грохоте при высокой производительности, главную роль играют 3 фактора: содержание в нем тонких классов – (0.045 – 0.075) мм, содержание твердой фазы в питании и угол наклона корпуса. При угле наклона корпуса  $10^\circ$  -  $15^\circ$  получена максимальная удельная нагрузка по обезвоженному продукту.

Необходимо также подчеркнуть, что обязательным дополнительным требованием является стабилизация расхода пульпы на грохот.

Таблица 5

## Результаты обезвоживания песков гидроциклона на грохоте

Грохот: ULS 1.5x 0.6 м, площадь просеивания 0.6 м<sup>2</sup>, 2 вибромотора VV 35B/4,1500 rpm,

N= 0.52 kw, дебалансы D=100%, угол поворота вибромоторов 42°.

Режим: угол наклона корпуса 10° - 15°, ячейка опорной тросовой PU сетки 5x5 мм, зазор 5 мм.

Масса бильной решетки 45.5 кг, количество адаптеров - 4.

Рабочая сетка: литая полиуретановая 0.075 мм, открытая поверхность 24.7%.

Материал: угольные шламы, удельный вес породы 1.3 г/см<sup>3</sup>.

Натяжение опорной сетки 555 кг.

Грохот	Гидроцикл.	Содержание твердой фазы, %			Производительность, м <sup>3</sup> /ч		
		Feed	US	OS	Feed	US	OS
Угол корп.	D <sub>uf</sub> , μm						
10°	22	<b>65.17</b>	19.44	74.67	2.50	0.54	1.96
10°	22	<b>65.00</b>	17.54	74.79	2.56	0.56	2.00
15°	24	<b>63.52</b>	17.52	74.30	2.45	0.57	1.88
15°	24	<b>58.88</b>	17.58	73.83	2.75	0.94	1.81
		Производительность, т/ч			Удельная производ. м <sup>3</sup> /ч*м <sup>2</sup>		
Угол корп.	D <sub>uf</sub> , μm	Feed	US	OS	Feed	US	OS
10°	22	1.88	0.11	1.77	<b>4.16</b>	0.90	3.27
10°	22	1.91	0.10	1.81	<b>4.26</b>	0.93	3.33
15°	24	1.79	0.10	1.68	<b>4.08</b>	0.95	3.13
15°	24	1.79	0.17	1.61	<b>4.59</b>	1.57	3.02
		Удельная производ. т/ч*м <sup>2</sup>			Содержание фракц. - 0.075 мм		
Угол корп.	D <sub>uf</sub> , μm	Feed	US	OS	Feed	US	OS
10°	22	3.13	0.18	<b>2.95</b>	5.76	93.12	5.32
10°	22	3.18	0.17	<b>3.01</b>	7.12	93.26	5.58
15°	24	2.98	0.17	<b>2.80</b>	10.57	92.37	5.35
15°	24	2.98	0.29	<b>2.69</b>	13.34	92.07	5.44
		Извлечение кл. - 0.075 мм, %			Эффективн. грохочения, %		
Угол корп.	D <sub>uf</sub> , μm	Feed	US	OS	по классу - 0.075 мм, %		
10°	22	100.00	61.72	38.28		61.44	
10°	22	100.00	51.17	48.83		50.88	
15°	24	100.00	49.75	50.25		49.27	
15°	24	100.00	61.68	38.32		60.86	

Таблица 6

## Результаты обезвоживания песков гидроциклона на грохоте

Грохот: ULS 1.5x0.6 м, площадь просеивания 0.6 м<sup>2</sup>, 2 вибромотора VV 35B/4,1500 rpm,

N= 0.52 kw, дебалансы D=100%, угол поворота вибромоторов 42<sup>0</sup>.

Режим: угол наклона корпуса 15<sup>0</sup> - 10<sup>0</sup>, ячейка опорной тросовой PU сетки 5x5 мм, зазор 5 мм.

Масса бильной решетки 45.5 кг, количество адаптеров - 4.

Рабочая сетка: литая полиуретановая 0.075 мм, открытая поверхность 24.7 %.

Материал: угольные шламы, удельный вес породы 1.3 г/см<sup>3</sup>.

Натяжение опорной сетки 555 кг.

Грохот	Гидроцикл.	Содержание твердой фазы, %			Производительность, м <sup>3</sup> /ч		
		Feed	US	OS	Feed	US	OS
Угол корп.	D <sub>uf</sub> , μm						
15 <sup>0</sup>	26	<b>53.51</b>	17.84	74.36	3.36	1.20	2.15
15 <sup>0</sup>	26	<b>52.79</b>	16.73	74.60	3.36	1.20	2.15
10 <sup>0</sup>	30	<b>45.04</b>	18.05	70.83	4.39	1.93	2.47
10 <sup>0</sup>	30	<b>48.28</b>	18.81	69.69	4.52	1.77	2.75
		Производительность, т/ч			Удельная производ. м <sup>3</sup> /ч*м <sup>2</sup>		
Угол корп.	D <sub>uf</sub> , μm	Feed	US	OS	Feed	US	OS
15 <sup>0</sup>	26	2.16	0.22	1.93	<b>5.59</b>	2.01	3.59
15 <sup>0</sup>	26	2.15	0.21	1.94	<b>5.59</b>	2.01	3.59
10 <sup>0</sup>	30	2.45	0.36	2.09	<b>7.32</b>	3.21	4.11
10 <sup>0</sup>	30	2.63	0.35	2.28	<b>7.53</b>	2.96	4.58
		Удельная производ. т/ч*м <sup>2</sup>			Содержание фракц. - 0.075 мм		
Угол корп.	D <sub>uf</sub> , μm	Feed	US	OS	Feed	US	OS
15 <sup>0</sup>	26	3.59	0.37	<b>3.32</b>	15.02	94.31	5.83
15 <sup>0</sup>	26	3.58	0.35	<b>3.23</b>	15.83	93.04	5.23
10 <sup>0</sup>	30	4.09	0.60	<b>3.48</b>	24.05	94.65	7.50
10 <sup>0</sup>	30	4.38	0.58	<b>3.8</b>	22.39	94.67	8.21
		Извлечение кл. - 0.075 мм,%			Эффективн. грохочения,%		
Угол корп.	D <sub>uf</sub> , μm	Feed	US	OS	по классу - 0.075 мм,%		
15 <sup>0</sup>	26	100.00	69.23	30.77		68.49	
15 <sup>0</sup>	26	100.00	66.15	33.85		65.22	
10 <sup>0</sup>	30	100.00	70.00	30.00		68.74	
10 <sup>0</sup>	30	100.00	64.91	35.09		63.85	

D<sub>uf</sub> - диаметр песковой насадки.

1.2

ООО «ТИ-СИСТЕМС» ИНЖИНИРИНГ И ПОСТАВКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Интернет: [www.tisys.ru](http://www.tisys.ru) [www.tisys.kz](http://www.tisys.kz) [www.tisys.by](http://www.tisys.by) [www.tesec.ru](http://www.tesec.ru) [www.ti-sistems.com](http://www.ti-sistems.com)

Телефоны: +7 (495) 7774788, 7489626, (925) 5007155, 54, 65

Эл. почта: [info@tisys.ru](mailto:info@tisys.ru) [info@tisys.kz](mailto:info@tisys.kz) [info@tisys.by](mailto:info@tisys.by)

### 1.3 Результаты полупромышленных испытаний процесса обезвоживания угольной пульпы на многочастотном грохоте при уменьшении угла наклона корпуса с $10^\circ$ до $1.5^\circ$ .

Необходимость проведения такой серии опытов продиктована тем, что как в США, так и в южной Африке, грохота были смонтированы под малыми углами наклона корпусов, исключая возможность их увеличения до оптимального значения. Это явилось причиной низких технологических показателей обесшламливания и обезвоживания угольной пульпы. Как показано ниже, только при предварительной гидравлической классификации угольной пульпы с отводом тонких шламов (мельче 0.045 – 0.075 мм) возможно несколько улучшить технологические показатели при значительном снижении удельной производительности по надрешетному продукту. Предварительная гидравлическая классификация угольной пульпы проводилась в гидроциклоне диаметром 150 мм при диаметре песковой насадки 26 мм (при углах наклона корпуса  $10^\circ$  и  $4.5^\circ$  и при диаметре песковой насадки 30 мм при угле наклона корпуса  $1.5^\circ$ ). Сводные качественно-количественные показатели приведены в таблицах 7 и 8. Испытания проведены при низкой концентрации твердой фазы в пульпе, аналогичной составу отвальных сливов гидроциклонов обогатительной фабрики.

В таблице 7 приведены результаты предварительной гидравлической классификации угольной пульпы, содержащей (8.3 – 11.5)% твердой фазы. В зависимости от диаметра песковой насадки гидроциклона в отвальном сливе содержалось (81.28 – 97.87) % класса – 0.045 мм, который во всех случаях является высокозольным и должен быть направлен в хвостохранилище. При этом концентрация твердой фазы в песках увеличилась до (17.61 – 23.78) %, а содержание класса мельче 0.045 мм уменьшилось более чем в 2 раза и составило всего (23.31 – 32.08) %. Такой гранулометрический состав угольной пульпы обеспечил получение приемлемых технологических показателей процесса обезвоживания на многочастотных грохотах при небольших углах наклона корпуса. Технологические показатели процесса обезвоживания песков гидроциклона приведены в таблице 8. Даже при предварительной гидравлической классификации угольной пульпы в гидроциклоне прослеживается четкая зависимость удельной производительности по надрешетному продукту от угла наклона корпуса. Уменьшение угла наклона корпуса с  $10^\circ$  до  $4.5^\circ$  приводит к снижению производительности по надрешетному продукту на (30 – 50)%, а снижение угла наклона до  $1.5^\circ$  снижает производительность по надрешетному продукту почти в 2 раза.

Таблица 7

## Результаты обесшламливания угольной пульпы в гидроциклоне D 150 мм

Параметры гидроциклона:

Эквивалентный диаметр входного патрубка 39 мм; диаметр сливной насадки 44 мм;

диаметр песковой насадки - переменный 26, 30 мм; высота свободного вихря 820 мм;

угол наклона корпуса 20°; угол конусности 10°; давление на входе (0.36- 0.4) бар.

Наклон корпуса	Гидроцикл. D <sub>uf</sub> , μm	Содержание твердой фазы, %			Производительность, м <sup>3</sup> /ч		
		Feed	OF	UF	Feed	OF	UF
10°	26	11.51	6.78	<b>23.78</b>	15.19	10.58	4.61
4.5°	26	10.71	6.76	<b>22.90</b>	10.50	8.17	2.33
4.5°	26	8.86	5.79	<b>21.01</b>	10.70	8.36	2.34
1.5°	30	8.33	5.58	<b>17.61</b>	14.93	10.50	4.43
Наклон корпуса	D <sub>uf</sub> , μm	Производительность, т/ч			Содержан. кл. - 0.075 мм,%		
		Feed	OF	UF	Feed	OF	UF
10°	26	1.89	0.73	1.16	57.52	93.60	<b>26.80</b>
4.5°	26	1.12	0.56	0.56	63.02	98.95	<b>28.62</b>
4.5°	26	1.01	0.49	0.52	64.79	97.60	<b>27.90</b>
1.5°	30	1.41	0.59	0.81	69.6	100	<b>37.45</b>
Наклон корпуса	D <sub>uf</sub> , μm	Содержан. кл. - 0.045 мм,%			Средн. выход твердой фазы,%		
		Feed	OF	UF	Feed	OF	UF
10°	26	54.25	81.28	<b>23.31</b>	100.00	42.36	<b>57.64</b>
4.5°	26	59.70	96.03	<b>24.36</b>	100.00	48.82	<b>51.18</b>
4.5°	26	61.41	95.20	<b>23.55</b>	100.00	51.25	<b>48.75</b>
1.5°	30	66	97.87	<b>32.08</b>	100.00	48.48	<b>51.52</b>
Наклон корпуса	D <sub>uf</sub> , μm	Извлечение кл. - 0.075 мм,%			Эффективность классификации по классу - 0.075 мм,%		
		Feed	OF	UF			
10°	26	100.00	68.94	31.06		62.55	
4.5°	26	100.00	76.66	23.34		78.27	
4.5°	26	100.00	79.45	20.55		73.08	
1.5°	30	100.00	69.65	30.35		69.64	

### Результаты обезвоживания песков гидроциклона на грохоте

Грохот: ULS 1.5x 0.6 м, площадь просеивания 0.6 м<sup>2</sup>, 2 вибромотора VV 35B/4,1500 rpm,

N= 0.52 kw, дебалансы D=100%, угол поворота вибромоторов 42<sup>0</sup>.

Режим: угол наклона корпуса **1.5<sup>0</sup>, 4.5<sup>0</sup>, 10<sup>0</sup>**, ячейка опорной тросовой PU сетки 5x5 мм, зазор 5

Масса бильной решетки 45.5 кг, количество адаптеров - 4.

Рабочая сетка: литая полиуретановая 0.075 мм, открытая поверхность 24.7 %.

Материал: угольные шламы, удельный вес породы 1.3 г/см<sup>3</sup>.

Натяжение опорной сетки 555 кг.

Наклон корпуса	Гидроцикл. D <sub>uf</sub> , μm	Содержание твердой фазы, %			Производительность, м <sup>3</sup> /ч		
		Feed	US	OS	Feed	US	OS
<b>10<sup>0</sup></b>	<b>26</b>	<b>23.78</b>	8.59	69.98	2.44	1.74	0.70
<b>4.5<sup>0</sup></b>	<b>26</b>	<b>22.90</b>	9.08	71.57	2.33	1.80	0.53
<b>4.5<sup>0</sup></b>	<b>26</b>	<b>21.01</b>	7.89	71.66	2.34	1.88	0.45
<b>1.5<sup>0</sup></b>	<b>30</b>	<b>17.61</b>	8.06	73.52	4.43	3.74	0.69
Наклон корпуса	D <sub>uf</sub> , μm	Производительность, т/ч			Удельная производ. м <sup>3</sup> /ч*м <sup>2</sup>		
		Feed	US	OS	Feed	US	OS
<b>10<sup>0</sup></b>	<b>26</b>	0.74	0.15	0.58	<b>4.07</b>	2.91	1.16
<b>4.5<sup>0</sup></b>	<b>26</b>	0.62	0.17	0.45	<b>3.89</b>	3.01	0.88
<b>4.5<sup>0</sup></b>	<b>26</b>	0.54	0.15	0.39	<b>4.67</b>	3.77	0.91
<b>1.5<sup>0</sup></b>	<b>30</b>	0.92	0.31	0.61	<b>7.38</b>	6.23	1.15
Наклон корпуса	D <sub>uf</sub> , μm	Удельная производ. т/ч*м <sup>2</sup>			Содержание фракц. - 0.075 мм		
		Feed	US	OS	Feed	US	OS
<b>10<sup>0</sup></b>	<b>26</b>	2.45	0.51	<b>1.94</b>	26.80	93.60	2.52
<b>4.5<sup>0</sup></b>	<b>26</b>	2.07	0.56	<b>1.51</b>	28.62	93.81	1.93
<b>4.5<sup>0</sup></b>	<b>26</b>	1.80	0.50	<b>1.30</b>	27.90	93.23	1.60
<b>1.5<sup>0</sup></b>	<b>30</b>	1.53	0.52	<b>1.02</b>	37.45	91.93	1.90
Наклон корпуса	D <sub>uf</sub> , μm	Извлечение кл. - 0.075 мм,%			Эффективн. грохочения,% по классу - 0.075 мм,%		
		Feed	US	OS			
<b>10<sup>0</sup></b>	<b>26</b>	100.00	86.87	13.13		84.69	
<b>4.5<sup>0</sup></b>	<b>26</b>	100.00	94.95	5.05		92.44	
<b>4.5<sup>0</sup></b>	<b>26</b>	100.00	96.34	3.66		93.64	
<b>1.5<sup>0</sup></b>	<b>30</b>	100.00	91.67	8.33		86.85	

D<sub>uf</sub> - диаметр песковой насадки **26** мм, площадь сетки 0.3 м<sup>2</sup>.

## 2. Рекомендуемые технологические схемы обогащения угольных шламов различного гранулометрического и вещественного состава.

В основе рекомендуемых технологических схем обогащения угольных шламов, различного гранулометрического и вещественного состава, включающих многочастотные грохота, положены результаты изложенных выше технологических испытаний и мировой опыт обогащения угольных шламов различного состава.

Ниже рассмотрены 3 варианта технологических схем:

- обогащение угольных шламов, извлекаемых из старых шламохранилищ, и содержащих малоугольные крупные фракции + (0.1- 0.15) мм, обогащающиеся гравитационными методами, например, на спиральных сепараторах;
- обогащение сухих угольных шламов из старых отвалов, также содержащих материал, пригодный для обогащения на спиральных сепараторах;
- обогащение тонкозернистых угольных шламов, поступающих непосредственно с обогатительной фабрики в виде низкоконцентрированных сливов шламовых гидроциклонов, содержащих всего (5-8) % твердой фазы.

На рис. 3 показан первый вариант схемы, включающий:

- земснаряд, подающий пульпу на дуговой грохот для вывода крупного глинистого материала и мусора из технологической схемы;
- зумпф с центробежным шламовым насосом для усреднения твердой фазы и стабилизации потока пульпы, направляющегося на первичное обесшламливание в гидроциклоны;
- гидроциклон или батарею гидроциклонов для предварительного обесшламливания пульпы, поступающей из шламохранилища, по классу (0.045 – 0.063) мм;
- многочастотные грохота (или один грохот) для поперечного обесшламливания и последующего обезвоживания обогащенного мелкого угля.

На рис. 4 показан второй вариант технологической схемы для обогащения аналогичных по гранулометрическому и вещественному составу угольных шламов из высохших шламохранилищ.

Перед подачей сырья в зумпф центробежного насоса технологическая схема должна быть дополнена: бункером для сухого материала, конвейером и питателем для дозированной подачи сухого материала в зумпф центробежного насоса.

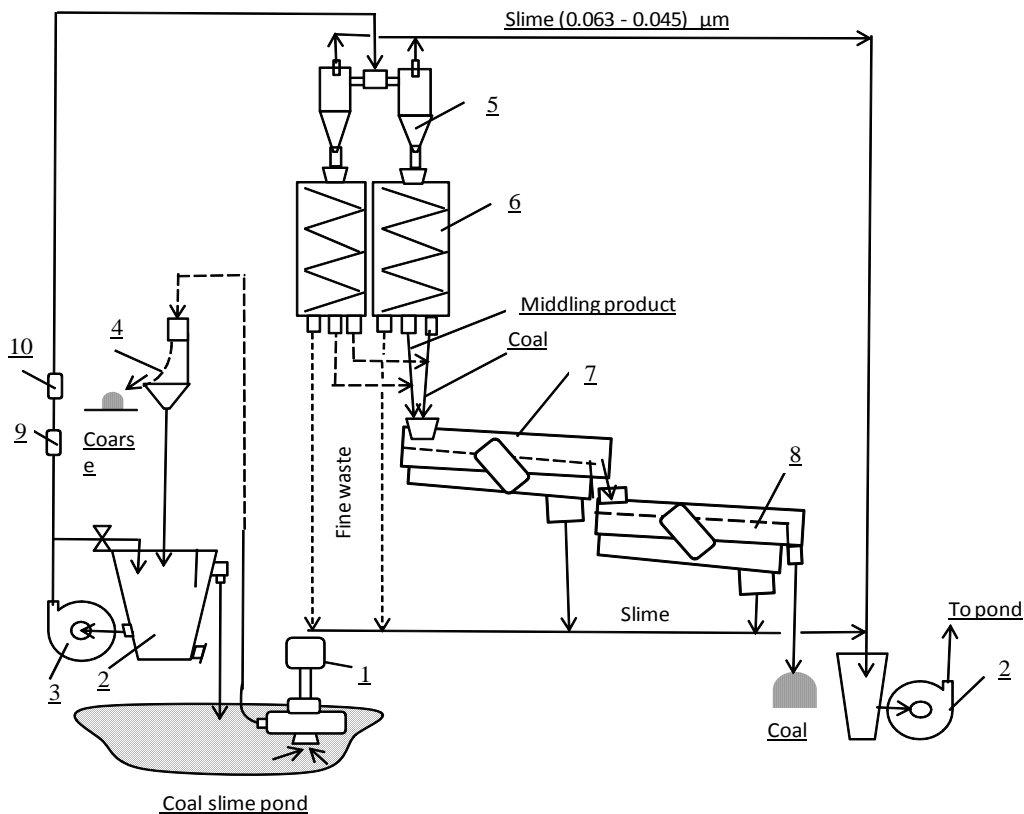


На рис. 5 показан третий вариант технологической схемы для обогащения тонкозернистых угольных шламов, поступающих непосредственно с обогатительной фабрики. Это самая простая схема цепи аппаратов, включающая зумпф с центробежным насосом, гидроциклон или батарею гидроциклонов для первичного обесшламливания и многочастотные грохота для обезвоживания обогащенного угля. Расчет типо-размеров оборудования для каждой технологической схемы должен производиться на основе изучения гранулометрического и вещественного состава исходного сырья, требований к качеству конечной продукции и производительности установки в целом.

#### Выводы.

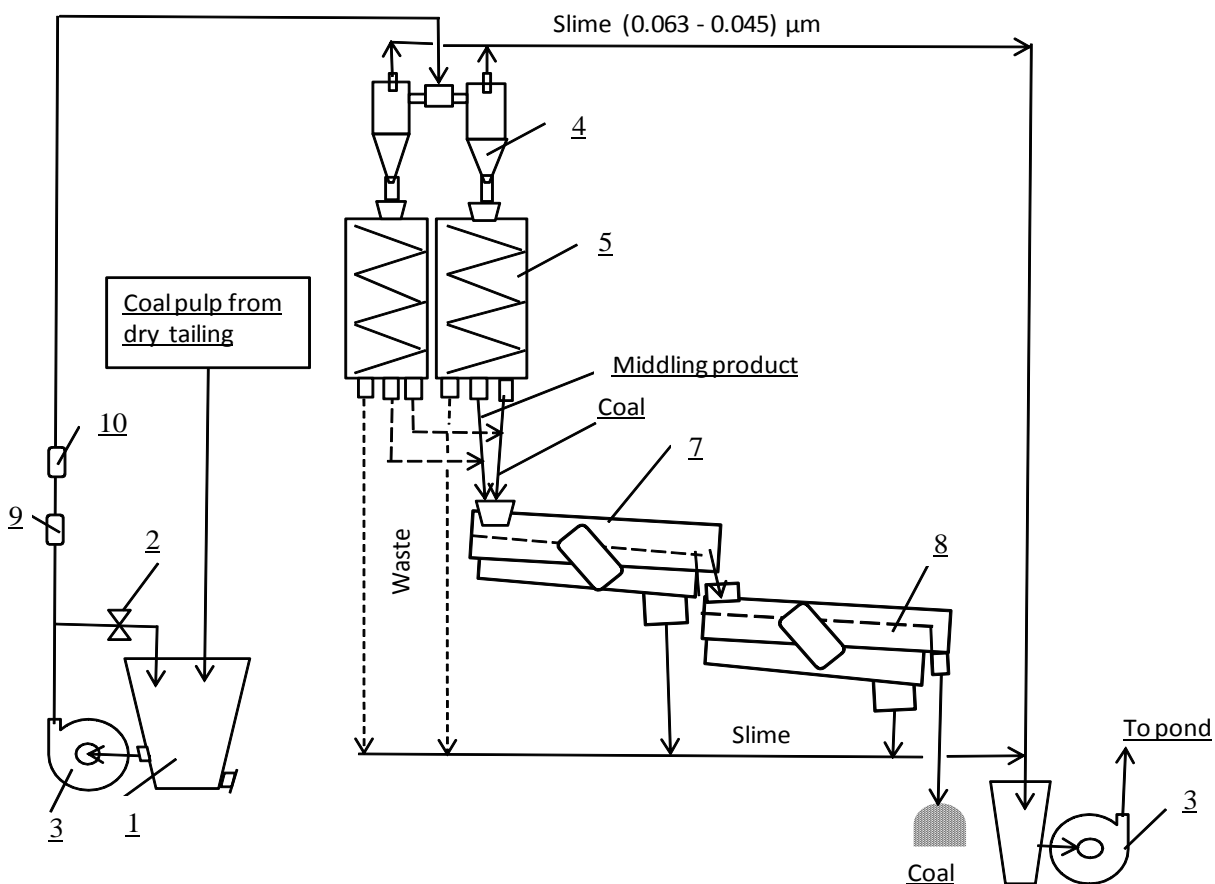
1. Многочастотные грохоты могут успешно использоваться не только для обесшламливания, но и для обезвоживания угольной пульпы. Однако эффективное обезвоживание угольной пульпы может производиться исключительно на предварительно обесшламленном материале по классу (0.045 – 0.075) мм.
2. Для предварительного обесшламливания угольной пульпы по тонким классам наиболее целесообразно использовать гидравлическую классификацию в гидроциклонах.
3. Для получения высокой производительности по обезвоженному продукту (при требуемой влажности надрешетного продукта) наиболее целесообразно работать при положительных углах установки корпусов грохотов 10° - 15°. В зависимости от концентрации твердого в питании грохота удельная производительность по надрешетному продукту в опытах достигнута (1.94 – 3.8) т/ч\*м<sup>2</sup> и это не предел.
4. При уменьшении угла установки корпуса грохота ниже 10° уменьшается удельная производительность по надрешетному продукту. Испытанный минимальный угол установки корпуса грохота равен 1.5°. Однако при таком наклоне корпуса удельная производительность по обезвоженному материалу уменьшилась почти в 2 раза (даже при условии предварительного обесшламливания пульпы, поступающей на грохот, в гидроциклоне).
5. Установка гидроциклонов в голове схемы позволяет стабилизировать нагрузку на грохота и заменить тонкие нейлоновые и полиэстровые сетки на износостойкие полиуретановые сетки с ячейками 75 мкм и открытой поверхностью 24.7 % и с ячейками 100 мкм и открытой поверхностью 27.2 %.

**Fig 3. Mechanical flowsheet for fine coal beneficiation  
by spiral separators and dewatering by multifrequency screeners**



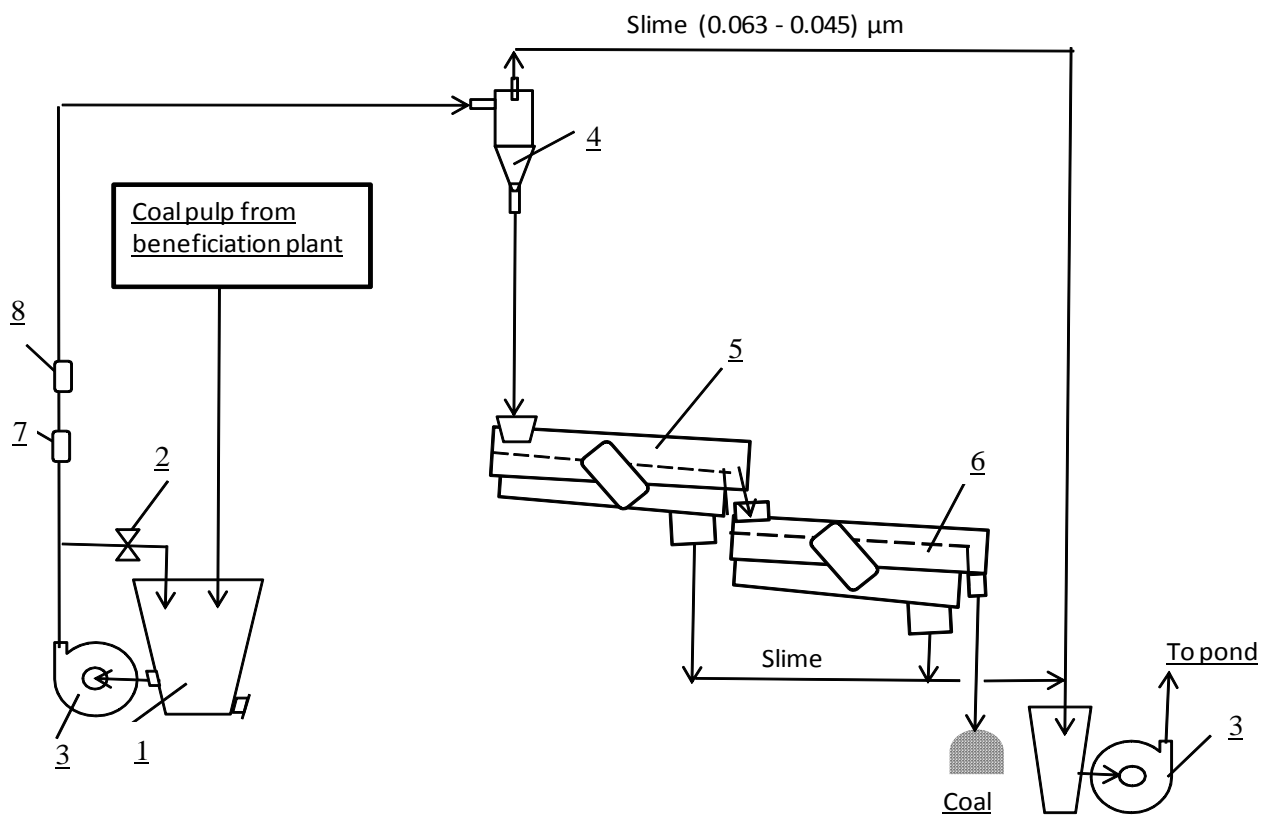
1. Vertical pump. 2. Accumulating sump. 3. Centrifugal pump. 4. Sieve bend . 5. Hydrocyclones battery. 6. Spiral separators. 7. Disliming screen. 8. Dewatering screen.  
9. Densimeter. 10. Flowmeter.

**Fig 4 Mechanical flowsheet for fine coal beneficiation by spiral separators and multifrequency screeners.**



1. Accumulating sump. 2. By-pas. 3. Centrifugal pump. 4. Hydrocyclones battery. 5. Spiral separators. 7. Disliming screen. 8. Dewatering screen. 9. Densimeter. 10. Flowmeter.

Fig 5. Mechanical flowsheet for fine coal desliming and dewatering by multifrequency screeners.



1. Accumulating sump. 2. By-pas. 3. Centrifugal pump. 4. Hydrocyclones.  
5. Disliming screens. 6. Dewatering screens. 7. Densimeter. 8. Flowmeter.

Grigory Kosoy - Mineral processing Eng., D.Sc.