

**Г.А. МАВРЕНКО, С.О. ФЕДОСЕЕВА,**

**О.А. МОРОЗОВ**, канд. техн. наук

(Украина, Луганск, ГП "Укрнииуглеобогашение"),

**И.А. ЗАГНИЙ, В.Ф. КОСАЧ**

(Украина, Молодогвардейск, ГОФ "Самсоновская")

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ОБРАЗЕЦ МЕХАНИЧЕСКОЙ РАДИАЛЬНОЙ ФЛОТАЦИОННОЙ МАШИНЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ**

Создание эффективной и высокопроизводительной флотационной машины занимает одно из ведущих мест в проблеме повышения технико-экономических показателей флотационного процесса. Увеличение зольности и дисперсности флотируемых шламов, происшедшее вследствие изменения характеристик рядовых углей и вовлечения в переработку некондиционных шламов из отстойников и илонакопителей, отразилось на производительности флотомашин и селективности процесса флотации.

Находящиеся в настоящее время в промышленной эксплуатации на углеобогатительных фабриках Украины флотационные машины преимущественно механического типа созданы в основном в 1975-1985 гг. Они имеют низкую удельную производительность и по показателям энерго- и материалоемкости не соответствуют современным требованиям к флотационному оборудованию: занимают значительные площади, содержат 6...8 аэраторов и соответственно такое же количество электродвигателей общей мощностью 220-300 кВт.

С целью создания флотационной машины нового поколения с пониженным энергопотреблением и металлоемкостью, оптимальными аэрогидродинамическими и технологическими характеристиками, в институте "Укрнииуглеобогашение" проводятся исследования по разработке и испытанию экспериментального образца радиальной перемешивающей механической флотационной машины.

В основу разработки новой флотационной машины положены следующие направления:

1. Создание малогабаритной флотационной машины наиболее рациональной радиальной (круглой) формы.

2. Разработка конструкции аэратора, обеспечивающего поступление в процесс стабильного, достаточного количества воздуха и обладающего высокой перекачивающей способностью по жидкой фазе пульпы при относительно низких энергозатратах.

3. Применение одного аэрирующего устройства с оптимальными аэрогидродинамическими характеристиками, позволяющего сократить материалоемкость машины и затраты на обслуживание, ремонт.

4. Создание в машине зон с различным, соответствующим их технологическому назначению, гидродинамическим режимом.

5. Полупрямоточное движение пульпы в сочетании с новой компоновкой секций машины и одновременным улучшением технологических показателей.

6. Обеспечение во флотационной машине направленных, восходящих с небольшой скоростью пульповоздушных потоков, способствующих интенсификации процесса всплывания минерализованных комплексов.

Экспериментальный образец флотационной машины с общим рабочим объемом 2 м<sup>3</sup> смонтирован в главном корпусе ГОФ "Самсоновская" (рис. 1). Подача питания флотации осуществлялась от расходомерного бака, а продукты флотации возвращались в существующую флотомашину № 4 с целью устранения влияния работы экспериментального образца на качество продуктов флотации обогатительной фабрики. Питанием флотации служил сгущенный продукт 5-й и 6-й ячеек нижних пирамидальных отстойников, сгущенный радиального сгустителя и фильтрат вакуум-фильтров, разбавляемые технической водой.

Конструкция экспериментального образца перемешивающей флотационной машины содержит:

- корпус флотационной машины;
- шибберные устройства между секциями;
- блок-аэратор с импелером радиально-осевого типа, статором, воздухопроводом, корпусом подшипников и электроприводом;
- рама-опора для корпуса флотомашины, на которой расположен мотор-редуктор для привода пеноснимателя;
- загрузочное устройство с отверстием для подачи реагентов и воды;
- разгрузочное устройство с регулятором уровня пульпы;
- приемник флотоконцентрата;
- пеносниматель круговой.



Рис. 1. Общий вид экспериментального образца радиальной флотомашины МФР-2У

## **Флотація**

Кроме того, с целью проведения исследований и определения оптимальных аэрогидродинамических характеристик конструкцией экспериментального образца предусмотрено изменение аэрации не только путем варьирования частоты вращения электропривода с помощью тиристорного преобразователя, но и методом дросселирования воздуха через патрубок воздуховода. Это позволяет без изменения интенсивности перемешивания пульпы регулировать содержание воздуха в объеме камеры.

Технологические испытания экспериментального образца флотационной машины включали следующие этапы.

1. Оценка эксплуатационно-технических показателей машины:

- максимальная объемная производительность по пульпе;
- производительность по твердому продукту;
- удельная производительность;
- удельная энергоемкость;
- удельная металлоемкость;
- технологические показатели.

2. Оценка технико-экономических показателей работы машины и определение оптимальных режимов работы:

- нагрузка машины по питанию флотации;
- содержание твердого продукта в питании флотации и флотоконцентрате;
- зольность питания флотации, флотоконцентрата и отходов флотации;
- выход флотоконцентрата;
- определение динамики изменения зольности камерного продукта по секциям;
- расход флотореагентов;
- объем ежектируемого аэратором воздуха;
- потребляемая мощность электроприводов.

Производительность аэратора по воздуху определялась с помощью анемометра АСО-3. Измерение мощности электродвигателя проводилось комплектом К-50. Скорость вращения привода аэратора измерялась тахометром. Регулирование частоты вращения привода аэратора осуществлялось с помощью тиристорного преобразователя.

При изменении частоты колебаний тока с 20 до 50 Гц под нагрузкой сила тока изменялась с 11,5 до 17,5 А, при этом частота вращения привода аэратора находилась в пределах 285 до 700 об./мин.

Состояние поверхности пенного слоя в период обкатки экспериментального образца флотационной машины на пульпе позволил выбрать возможный интервал изменения частоты вращения аэратора для определения оптимального технологического режима – с 420 до 565 об./мин. При этом расход воздуха изменялся от 110 до 270 м<sup>3</sup>/ч, а сила тока – от 13,5 до 15,5 А.

Результаты промышленных опробований экспериментального образца флотомашины МФР-2У

№ опыта	Нагрузка на флотомашину		Скорость вращения аэратора, об/мин	Расход флото-реагентов, г/т		Место подачи флотореагентов	Зольность, %			Содержание твердого, г/л			Выход концентрата, %	Удельная нагрузка, т/ч·м <sup>3</sup>	
	по пульпе, м <sup>3</sup> /ч	по твер-дому, т/ч		собира-тель (ТС-1)	вспени-ватель (ком-позиц. реагент)		исход-ного	концентрата	отходов	исход-ного	концентрата	отходов		на эксперимент. об-разец	на флотомашину фабрики
Экспериментальный образец радиальной флотомашины															
1	4,8	0,82		880	34	В бак питания	17,2	7,3	74,6	170	204	16	85,3	0,4	0,40
2	6,0	1,02	490	520	66	В пат-рубке аэратора	17,2	10,1	63,3	170	197	26	86,7	0,5	0,40
3	6,0	1,02		720	80	В трубу питания	17,2		71,5	170		21		0,5	0,40
4	11,0	1,38	490	1200	115	В бак питания и в пат-рубке аэратора	18,3	6,6	79,9	125	240	-	84,0	0,77	0,40
5	11,0	1,38	420	1200	115	- // -	18,3	6,7	76,5	125	260		83,4	0,77	0,40
6	12,0	1,32	490	1700	72	В бак питания, в патрубок питания и аэратора	17,8	7,6	80,8	110	217	13	86,1	0,73	0,50
7	12,0	1,32	490	1130	77	В бак питания и в патрубок аэратора	17,8	7,2	75,9	110	246	12	84,6	0,73	0,50
8	12,0	1,32	420	1130	77	- // -	17,8	6,9	69,4	110	256	12	82,6	0,73	0,50
9	14,7	1,66	490	1100	50	- // -	15,9	7,8	63,8	113	196	28	85,5	0,92	0,52
10	14,7	1,66	565	1100	50	- // -	15,9	8,1	61,5	113	217	27	85,4	0,92	0,52
11	10,7	1,64	490	1100	50	- // -	15,9	9,9	64,6	153	236	28	89,0	0,91	0,52
12	10,7	1,64	490	1100	109	- // -	15,9	10,9	71,7	153	219	49	91,8	0,91	0,52
13	16,5	3,0	490	1130	94	В бак пита-ния	17,0	10,2	65,7	180	190	32	87,7	1,7	0,48
14	8,4	1,1	490	1130	94	В бак пита-ния	17,0	9,5	81,5	130	388	22	89,6	0,61	0,48
По 2-й секции флотоотделения фабрики															
15	310	52,7		1700	60	В бак пита-ния и в патрубок 3-го аэра-тора	17,2	9,9	71,7	170	-	14	88,2		0,4

## **Флотация**

Дальнейшие технологические промышленные испытания экспериментально го образца осуществлялись при изменении (табл. 1):

- частоты вращения от 420 до 565 об./мин,
- нагрузки по пульпе на машину с 4,8 до 16,5 м<sup>3</sup>/ч,
- содержания твердого в питании флотации от 110 до 180 г/л;
- производительности машины по твердому с 0,82 до 3,0 т/ч.

Так испытания, проведенные при скорости вращения вала аэратора 420 об./мин (опыт № 5 и № 8 ) и 565 об./мин (опыт № 10) показали, что зольность отходов и выход флотоконцентрата в сопоставимых условиях опытов ниже, чем при скорости вращения вала аэратора 490 об./мин. При этом объем ежектируемого аэратором воздуха равен соответственно 110 м<sup>3</sup>/ч и 270 м<sup>3</sup>/ч. Поэтому, оптимальной скоростью вращения вала аэратора в экспериментальном образце радиальной флотационной машины следует считать 490 об./мин, а объем ежектируемого аэратором воздуха 170 м<sup>3</sup>/ч.

Флотационные реагенты добавлялись одновременно с пульпой из бака питания флотации почти во всех испытаниях, кроме опытов № 2 и 3. С целью обеспечения сопоставимых условий флотации шламов в экспериментальном образце и промышленных машинах ФЛ-7 в опытах № 4-12 дополнительно в воздушный патрубок аэратора добавлялся вспениватель, а в опытах № 3 и № 6 в загрузочное устройство дополнительно добавлялся собиратель для компенсации дробной дозировки реагентов, осуществляемой в третьи камеры флотомашин ФЛ-7. При этом видно, что дополнительная подача реагентов в указанные точки является эффективной и улучшает технологические показатели процесса флотации углей.

Как следует из данных таблицы, технические возможности экспериментального образца радиальной флотационной машины равны, а по некоторым показателям превышают данные стандартных промышленных флотационных машин с шестью аэраторами.

Так, при обогащении питания флотации ГОФ "Самсоновская" в экспериментальном образце радиальной флотационной машины в количестве 4,8-6,0 м<sup>3</sup>/ч (0,82-1,0 т/ч) и подаче реагентов в бак питания флотации в количестве 700-900 г/т собирателя и 30-80 г/т вспенивателя зольность отходов флотации составляла 74,6 и 71,5% (опыт Удельная нагрузка по твердому продукту при этом равнялась 0,4-0,5 т/ч м<sup>3</sup>, что соответствует удельной нагрузке флотомашин ФЛ-7 на фабрике и приравнивается к их технологическим показателям. Повышение объемной производительности экспериментального образца по пульпе до 12,0 м<sup>3</sup>/ч (1,32-1,38 т/ч) при увеличении суммарного расхода реагентов (в бак питания флотации и воздушный патрубок аэратора) до 1100-1700 г/т собирателя и до 70-115 г/т вспенивателя позволяет извлечь в концентрат максимальное количество угольных частиц. Зольность отходов флотации при этом составляет 75,9, 80,8% (испытание № 6, № 7). Дальнейшее же увеличение объемной производительности по пульпе до 14,7 м<sup>3</sup>/ч (1,66 т/ч, опыт №9, 10) или до 16,5 м<sup>3</sup>/ч (3,0 т/ч, опыт №13) не приводит к получению необходимых качественно-количественных показателей флотации, зольность отходов при этом снижается до 63,8...65,7%.

Таким образом, оптимальной производительностью экспериментального образца радиальной флотационной машины по пульпе следует считать 11-12 м<sup>3</sup>/ч, что при содержании твердого в исходном около 120 г/л соответствует производительности 1,3-1,4 т/ч. Удельная производительность экспериментального образца флотомашин по твердому составляет 0,8 т/ч·м<sup>3</sup>, что более чем в 1,5 раза превышает эти показатели по сравнению с флотационными машинами ФЛ-7.

Результаты ситового анализа исходного и продуктов флотации (опыт 6) свидетельствуют о равной флотуемости шламовых частиц различных классов крупности в экспериментальном образце (табл. 2). Так, зольность частиц шлама крупностью 0,125-0,25 мм при флотации уменьшается с 10,4 до 4,9%, класса 0,063-0,125 мм с 10,8 до 5,5% и класса 0-0,063 мм с 23,5 до 11,8%, т.е. приблизительно в 2 раза. Угольные частицы меньшей зольности крупностью 0,25-1,0 мм попадают во флотоконцентрат, а в отходах флотации количество тонких частиц крупностью 0-0,063 мм зольностью 83,0% составляет около 97%.

*Таблица 2*

Гранулометрический состав питания и продуктов флотации экспериментального образца радиальной флотомашин

Класс крупности, мм	Питание флотации		Флотоконцентрат		Отходы	
	Выход, %	Зольность, %	Выход, %	Зольность, %	Выход, %	Зольность, %
+1,0	0,03	3,2	0,02	2,5	–	–
0,5-1,0	1,56		2,46		–	–
0,25-0,5	12,34	4,9	17,04	3,8	–	–
0,125-0,25	18,93	10,4	27,83	4,9	1,02	44,5
0,063-0,125	9,25	10,8	11,65	5,5	2,05	
-0,063	57,89	23,5	41,00	11,8	96,93	83,0
ИТОГО	100,00	17,2	100,00	7,6	100,00	81,8

С целью определения эффективности обогащения питания флотации в отдельных секциях (камерах) экспериментального образца радиальной флотомашин при испытании (опыт № 13) были отобраны пробы продукта из каждой секции и установлена динамика изменения характеристик камерного продукта по секциям (табл. 3). Данные таблицы свидетельствуют о постепенном изменении характеристики камерного продукта как со стороны зольности, так и со стороны содержания твердого продукта по секциям.

Таким образом, предложенный тип радиальной флотационной машин является перспективным и актуальным направлением в создании принципиально нового оборудования для флотации угля.

Динамика изменения характеристик камерного продукта по секциям  
экспериментального образца флотационной машины

Показатели	Номер секции флотомашины						Отходы флотации
	1	2	3	4	5	6	
Зольность, %	61,8	53,5	55,7	57,2	60,0	61,7	65,7
Содержание твердого, г/л	33	38	36	35	34	33	32

1. По своим удельным показателям (производительность по твердому, энергоемкость) и техническим возможностям (степень аэрации, поступление в процесс стабильного и достаточного количества воздуха) экспериментальный образец радиальной флотационной машины с одним аэратором радиально-осевого типа превышает серийные образцы флотационных машин с шестью аэраторами.

2. Аэратор радиально-осевого типа интенсивно диспергирует и равномерно распределяет воздух по всему объему флотуруемой пульпы. Возможность регулирования расхода воздуха на аэрацию во флотомашине позволяет изменять гидродинамические условия в зависимости от характеристик исходного материала и, как следствие, качественно-количественные показатели продуктов флотации.

3. Использование одного блока-аэратора снижает потребление электроэнергии и металлоемкость по сравнению с существующими образцами флотационных машин в 1,5-2 раза, сокращает расходы на обслуживание и ремонт флотационного оборудования, что является актуальным.

© Мавренко Г.А., Федосеева С.О., Морозов О.А., Загний И.А., Косач В.Ф., 2010

*Надійшла до редколегії 25.04.2010 р.  
Рекомендовано до публікації д.т.н. О.Д. Полуляхом*