

**О.П. САЙКО, А.С. КОФАНОВ**, канд. техн. наук,

**В.Г. ТЮТЮННИК, В.И. ДРОБЧЕНКО**

(Украина, Луганск, ГП "ГПКИ ОО "Гипромашуглеобогащение")

### **ВЫБОР МАГНИТНЫХ СИСТЕМ ШКИВНЫХ ЖЕЛЕЗОТДЕЛИТЕЛЕЙ НА ПОСТОЯННЫХ МАГНИТАХ**

Шкивные железоотделители, разработанные ГП "ГПКИ ОО "Гипромашуглеобогащение", применяются на обогатительных предприятиях для защиты технологического оборудования от попадания в него посторонних ферромагнитных предметов, встречающихся в потоках угля или горной массы, транспортируемых ленточными конвейерами.

Шкивной железоотделитель встраивается в конвейер вместо приводного барабана. Ферромагнитные предметы извлекаются за счет воздействия на них неоднородного магнитного поля, создаваемого магнитной системой железоотделителя. При попадании в зону действия магнитного поля они притягиваются к поверхности железоотделителя и, перемещаясь одновременно с конвейерной лентой, в точке отрыва нижней ветви ленты от поверхности железоотделителя сбрасываются в специальный приемник.

В настоящее время на большинстве предприятий применяются электромагнитные шкивные железоотделители типа Ш, серийно выпускаемые отечественной промышленностью, в которых магнитное поле создается электромагнитом постоянного тока, запитываемого от выпрямительного устройства.

В разработанных институтом шкивных железоотделителях типа ЗШкМ магнитное поле сгенерировано системой из постоянных магнитов, поэтому они имеют ряд преимуществ по сравнению с электромагнитными, таких как: нет необходимости в затратах на создание и поддержание магнитного поля, в выпрямительных устройствах, токораспределительных коробках и соединительных кабелях, что дает ощутимую экономию. Железоотделители на постоянных магнитах обладают высокой степенью надежности и не требуют постоянного технического обслуживания. Отсутствие электропитания делает железоотделитель взрывобезопасным.

В ГП "ГПКИ ОО "Гипромашуглеобогащение" накоплен солидный опыт создания подвесных железоотделителей на постоянных магнитах [1, 2], который и был использован при разработке ЗШкМ. С экономической точки зрения, как показано в [2], в железоотделителях целесообразно применять магнитные системы из ферритовых магнитов, так как стоимость их значительно ниже, чем из редкоземельных магнитов (Nd-Fe-B) при одинаковых показателях извлечения. Особенностью шкивных железоотделителей является то, что их габариты строго зафиксированы и определяются габаритом приводного барабана конвейера. Последующие расчеты показали, что заданные объемы достаточны для размещения в них магнитных систем из ферритовых магнитов, обеспечивающих тре-

буемые характеристики магнитного поля.

Так как железоотделители на постоянных магнитах предназначены для работы в тех же условиях, что и электромагнитные, то они должны обеспечивать те же показатели извлечения, что и электромагнитные.

При анализе и выборе параметров и конструкции магнитной системы были рассмотрены возможные варианты, приведенные на рис. 1. На рис. 1, а изображена магнитная система с чередованием полюсов по окружности. Такие системы применяются в магнитных сепараторах, предназначенных для обогащения сильномагнитных руд. На рис. 1, б – магнитная система, состоящая из полюсов, расположенных в шахматном порядке. Подобные системы характеризуются высоким градиентом, что повышает пондеромоторную силу магнитного поля. На рис. 1, в магнитная система представлена в виде магнитных блоков, намагниченных вдоль оси вращения магнитной системы и состыкованных одноименными полюсами.

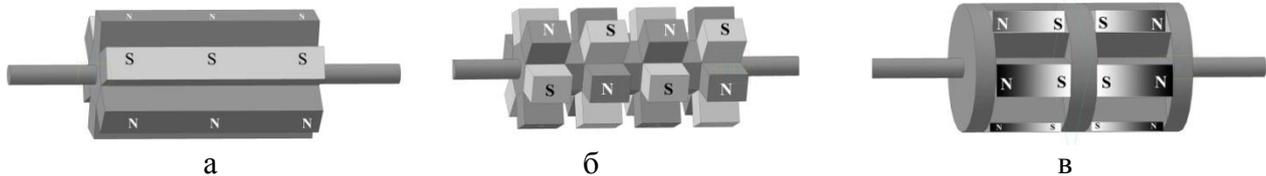


Рис. 1. Типы систем на постоянных магнитах

Для каждого из типов магнитных систем, приведенных на рис. 1, расчетным путем был выбран оптимальный вариант. В качестве переменных параметров принимались геометрические размеры полюсов и блоков магнитов, их количество и относительное расположение, а за параметр оптимизации была принята величина удельной магнитной силы ( $H \cdot \text{grad}H$ ), где  $H$  – модуль напряженности магнитного поля в рассчитываемой точке. Расчеты производились по компьютерной программе, в основу которой положен метод интегральных уравнений, позволяющий рассчитывать трехмерные структуры.

При расчетах приняты магниты марки 28СА250 со следующими магнитными характеристиками: остаточная индукция  $B_r=0,39$  Тл, коэрцитивная сила  $H_c=256$  кА/м, энергетическое произведение  $(BH)_{\max}=28,2$  кДж/м<sup>3</sup>.

Анализ результатов выполненных расчетов показал, что магнитная система, представленная на рис. 1, в обладает наибольшей глубиной поля. Так, для шкивного железоотделителя диаметром 800 мм и длиной обечайки 1000 мм удельная сила магнитного поля на расстоянии 300 мм от поверхности железоотделителя в этом варианте на 32-45% выше, чем у магнитных систем, изображенных на рис. 1, а и б. На небольших расстояниях (до 50 мм), наблюдается обратная картина – сила магнитного поля в вариантах а) и б) выше на 15-22% чем у магнитной системы по варианту в). Учитывая, что высокие значения магнитной силы вблизи поверхности железоотделителя являются отрицательным фактором, так как в этом случае затрудняется разгрузка извлеченных ферромагнитных тел и усиливается износ транспортерной ленты, можно сделать выбор в **Збагачення корисних копалин, 2012. – Вип. 50(91)**

## **Магнітна і електрична сепарація**

пользу магнитной системы с расположением магнитов по варианту 1, в.

Данный тип магнитной системы был положен в основу конструкции шкивных железоотделителей типа ЗШкМ. Полученные результаты можно продемонстрировать на конкретном типоразмере шкивного железоотделителя ЗШкМ-1×0,8, предназначенного для установки на конвейерах с шириной ленты 1000 мм и являющегося аналогом электромагнитного железоотделителя Ш100-80М. Опытный образец (рис. 2) был изготовлен на опытно-экспериментальном производстве института "Гипромашуглеобогащение". В железоотделителе магнитная система находится внутри цилиндрической обечайки из немагнитной нержавеющей стали, которая с торцов закрыта дисками из магнитомягкой стали, служащими для ограничения потоков рассеяния и концентрации основного магнитного потока в рабочей зоне. Для исключения возможных нежелательных эффектов, вызванных постоянным намагничиванием, вал железоотделителя выполнен из немагнитной стали.

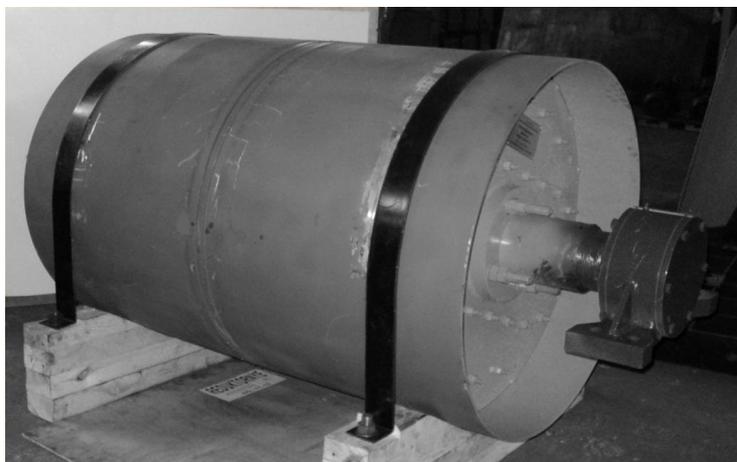


Рис. 2. Шкивной железоотделитель ЗШкМ-1×0,8 на постоянных магнитах

Железоотделитель ЗШкМ-1×0,8 полностью взаимозаменяем с электромагнитным железоотделителем Ш100-80М, имеет те же габариты и привязочные размеры. Поэтому установка железоотделителя на постоянных магнитах взамен электромагнитного не требует дополнительных затрат. Масса железоотделителя ЗШкМ-1×0,8 составляет 1950 кг, что на 450 кг меньше, чем у Ш100-80М.

Железоотделитель на постоянных магнитах может работать в любых климатических условиях, в том числе и на открытом воздухе при температуре окружающей среды от  $-40^{\circ}$  до  $+45^{\circ}\text{C}$ . Намагниченность применяемых постоянных магнитов за 20 лет эксплуатации изменяется не более чем на 0,5%. Отсутствие обмотки возбуждения и токораспределительной коробки делает конструкцию более надежной и упрощает техническое обслуживание. Кроме того, применение железоотделителя на постоянных магнитах взамен электромагнитного позволит сэкономить до 4000 кВт/ч электроэнергии в год.

В процессе приемочных испытаний железоотделителя ЗШкМ-1×0,8 были проведены измерения индукции магнитного поля в рабочей зоне, сравнение которых с расчетными позволили сделать вывод об адекватности расчетной модели. Измерения производились в точках, расположенных на расстояниях

## Магнітна і електрична сепарація

$h=0...300$  мм с шагом 50 мм при четырех значениях координаты  $Z$ , совпадающей с осью вращения магнитной системы. Точка  $Z_0$  соответствует середине магнитной системы, а точка  $Z_3$  – ее краю. Точки  $Z_1$  и  $Z_2$  расположены на расстояниях 160 и 320 мм от точки  $Z_0$ . Результаты сравнения расчетных значений магнитной индукции с опытными в мТл приведены в таблице.

h, мм	$Z_0=0$			$Z_1=160$			$Z_2=320$			$Z_3=500$		
	Опыт	Расчет	Погрешность, %	Опыт	Расчет	Погрешность, %	Опыт	Расчет	Погрешность, %	Опыт	Расчет	Погрешность, %
0	200	189	-5,4	213	189	-11,3	74,1	70,5	-4,8	220	196	-10,7
50	97,0	97,0	0,0	98,0	96,3	1,8	55,5	55,6	0,2	75,5	81,1	7,3
100	63,3	64,9	2,4	62,0	63,5	2,5	41,1	41,7	1,3	46,0	47,4	2,9
150	40,0	42,4	6,0	38,3	42,4	10,8	30,2	30,5	1,1	31,8	32,1	0,9
200	26,7	29,0	8,8	24,3	26,8	10,1	22,7	22,5	-0,6	24,2	23,4	-3,3
250	23,0	20,7	-10,1	21,3	21,0	-1,6	18,4	16,7	-9,2	18,0	17,8	-1,3
300	17,0	15,3	-9,8	16,3	15,0	-8,2	13,2	12,5	-5,8	13,6	14,0	2,6

Как видно из таблицы, погрешность расчетных данных по отношению к опытным не превышает  $\pm 11,3\%$ . С учетом того, что при составлении расчетной модели был сделан ряд упрощающих допущений, а разброс магнитных свойств применяемых магнитов может достигать 7-8%, полученные результаты можно интерпретировать как положительные, подтверждающие возможность использования вышеописанной методики для инженерных расчетов.

Также представляет интерес сравнение характеристик магнитного поля железоотделителя ЗШкМ-1 $\times$ 0,8 с соответствующими характеристиками его электромагнитного аналога Ш100-80М. Распределение индукции магнитного поля в рабочей зоне железоотделителей на расстояниях от поверхности 50, 100, 200 и 300 мм изображено на рис. 3.

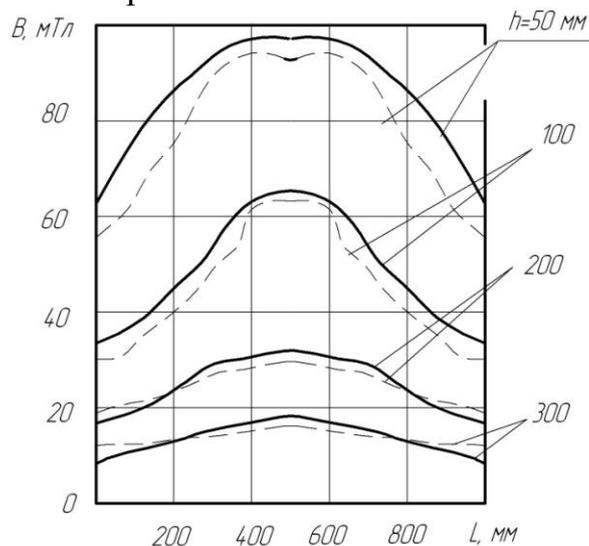


Рис. 3. Кривые распределения индукции магнитного поля ( $B$ ) вдоль длины обечайки ( $L$ ) железоотделителей ЗШкМ-1 $\times$ 0,8 (сплошные линии) и Ш100-80М (пунктирные линии) на различных расстояниях  $h$  от ее поверхности

## **Магнітна і електрична сепарація**

---

На рисунку видно, що магнітна індукція в більшості точок робочої зони у залізоотделителя ЗШкМ рівна або перевищує відповідні значення електромагнітного залізоотделителя. Виняток становить невеликий ділянку на відстанях вище 100 мм на краю магнітної системи. Так як сепаруєму матеріал на ленті конвеєра розташований нерівномірно – товщина шару зменшується до її краю (т.е. в цій області сепаруєму матеріал відсутній), її можна виключити з розгляду і зробити висновок про те, що залізоотделитель ЗШкМ-1×0,8 по індукції магнітного поля, як мінімум, не поступає електромагнітному по всій області робочої зони. Порівняльний аналіз експериментальних даних індукції магнітного поля також дозволяє зробити висновок про те, що по вилучаючій здатності шківний залізоотделитель на постійних магнітах відповідає і навіть перевищує електромагнітний.

Виконані розрахунки та дослідження систем на постійних магнітах дозволили створити типорозмірний ряд шківних залізоотделителей з діаметрами обечайки від 315 до 1000 мм, призначених для установки на конвеєрах з шириною ленти від 500 до 1600 мм.

### **Список літератури**

1 Сайко О.П., Тютюнник В.Г., Подорожний С.В. Підвісні залізоотделители на постійних магнітах // Уголь України. – 2006. – №12 – С.35-37.

2 Сайко О.П., Кофанов А.С., Дробченко В.И. Магнітні системи підвісних залізоотделителей // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2011. – Вип. 45(86) – С. 137-139.

© Сайко О.П., Кофанов А.С., Тютюнник В.Г., Дробченко В.И., 2012

*Надійшла до редколегії 23.04.2012 р.  
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*