

J. Gerlici, И.А. Шведчикова, И.В. Никитченко, Ю.А. Романченко

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНФИГУРАЦИИ МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ СЕПАРАТОРА НА ПОСТОЯННЫХ МАГНИТАХ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В РАБОЧЕЙ ЗОНЕ

*У роботі проведено дослідження впливу конфігурації магнітної системи (форми та розмірів постійних магнітів) на просторовий розподіл індукції магнітного поля в робочій зоні магнітного сепаратора нового конструктивного виконання. Поставлені задачі вирішені з використанням чисельного метода скінчених елементів. Показано, що кільцеві постійні магніти з прямокутною формою поперечного перетину забезпечують найбільш високі показники магнітної індукції в робочих повітряних проміжках на необхідних відстанях від поверхні магнітів. За результатами аналізу просторового розподілу індукції магнітного поля встановлено, що в міжполюсному робочому об'ємі сепаратора створюється достатньо інтенсивне магнітне поле з високим значенням градієнта магнітної індукції. Відзначено доцільність використання результатів досліджень для вибору раціональних конструктивних параметрів магнітної системи та визначення силових характеристик сепаратора. Бібл. 11, рис. 8.*

*Ключові слова:* магнітний сепаратор, постійний магніт, магнітне поле, метод скінчених елементів.

*В работе проведено исследование влияния конфигурации магнитной системы (формы и размеров постоянных магнитов) на пространственное распределение индукции магнитного поля в рабочей зоне магнитного сепаратора нового конструктивного исполнения. Поставленные задачи решены с использованием численного метода конечных элементов. Показано, что кольцевые постоянные магниты с прямоугольной формой поперечного сечения обеспечивают наиболее высокие показатели магнитной индукции в рабочих воздушных зазорах на требуемых расстояниях от поверхности магнитов. В результате анализа пространственного распределения индукции магнитного поля установлено, что в межполюсном рабочем объеме сепаратора образуется достаточно интенсивное магнитное поле с высоким значением градиента индукции. Отмечена целесообразность использования результатов исследования для выбора рациональных конструктивных параметров магнитной системы и определения силовых характеристик сепаратора. Библ. 11, рис. 8.*

*Ключевые слова:* магнитный сепаратор, постоянный магнит, магнитное поле, метод конечных элементов.

**Введение.** В последние годы в электромеханических устройствах технологического назначения (сепараторы, питатели) широко используются высококоэрцитивные редкоземельные постоянные магниты (ПМ) на основе NdFeB (неодим-железо-бор). При относительно низкой стоимости они обладают высокой остаточной магнитной индукцией  $B_r$  (до  $B_r = 1,44$  Тл); характеризуются температурной стабильностью при температурах до  $150$  °С; имеют малый объем, приходящийся на единицу энергии; устойчивы к воздействию размагничивающих полей [1, 2].

Разнообразие форм, конструктивных компоновок и направлений намагниченности ПМ позволяет создавать новые магнитные системы электромеханических устройств с необходимой топологией магнитного поля в рабочих зазорах. Электромеханические устройства с ПМ могут не только успешно конкурировать с их электромагнитными аналогами, но и иметь расширенные функциональные возможности.

**Анализ литературных данных и постановка проблемы.** Анализ распределения магнитного поля является важным этапом проектирования сепарирующих устройств на основе ПМ. Характер распределения магнитного поля в рабочих зазорах таких устройств существенно зависит от конфигурации магнитной системы, которая должна быть оптимизирована по массе ПМ.

В высокопроизводительных магнитных сепараторах, как показано в [3, 4], применяются, в основном, магниты цилиндрической или кольцевой формы. В [3] предложена математическая модель распределения скалярного магнитного потенциала, создаваемого

в окружающем пространстве цилиндрическим или кольцевым ПМ. Данная модель основана на представлении ПМ в виде эквивалентного соленоида, содержит в явной форме параметры ПМ и может быть использована для анализа внешнего поля магнитов в однородной среде.

В работе [5] выполнены экспериментальные исследования распределения индукции магнитного поля в простейшем случае – для одиночных и спаренных магнитных элементов в различных модулях магнитных сепараторов. Показана возможность и практическая целесообразность использования принципа суперпозиции для установления результирующей характеристики индукции поля между противостоящими магнитными элементами для замены реального моделирования расчетным.

Результаты экспериментальных исследований распределения магнитных сил в рабочих зонах цилиндрических магнитных систем барабанных сепараторов представлены в работе [6]. Влияние основных рабочих параметров на производительность высокоградиентного сепаратора на ПМ исследовано в работе [7].

Значительная часть публикаций посвящена использованию компьютерного моделирования для исследования магнитных полей, создаваемых ПМ в рабочих зазорах магнитных сепараторов.

В [8] приведены результаты расчета и внедрения в производство барабанного сепаратора на ПМ. Для решения задачи по выбору оптимальных параметров магнитной системы был использован пакет конечно-элементного моделирования дифференциальных

© J. Gerlici, И.А. Шведчикова, И.В. Никитченко, Ю.А. Романченко

уравнений в частных производных FEMLAB. При этом рассматривалась плоскопараллельная аналогия, что с учетом длины сепаратора достаточно хорошо отображает реальную пространственную картину распределения поля.

В работе [9] предложена новая конструкция магнитного сепаратора с трансверсально намагниченными дисковыми постоянными магнитами. Расчет магнитного поля выполнен с использованием метода конечных элементов. Показано, что наибольшие значения силового фактора (около 600 Тл<sup>2</sup>/м) достигаются в районах наибольшей плотности магнитного поля.

Как показал анализ публикаций [3-9], расчет магнитного поля в рабочих межполюсных зазорах магнитных сепараторов является достаточно сложной задачей, которая для большинства конфигураций магнитных систем так и не решена до настоящего времени аналитически, а экспериментальные методы достаточно трудоемки. При разработке новых конструкций магнитных сепараторов для получения информации о распределении индукции магнитного поля в рабочих зазорах целесообразно использовать численные расчеты с применением соответствующих компьютерных программ.

**Цель работы** заключается в исследовании численными методами влияния конфигурации магнитной системы (формы и размеров ПМ) на пространственное распределение индукции магнитного поля в рабочей зоне магнитного сепаратора нового конструктивного исполнения.

**Материал и результаты исследований.** Исследование влияния конфигурации магнитной системы на топологию магнитного поля было проведено для новой конструкции дискового сепаратора [10, 11], предложенной авторами статьи. Дисковый сепаратор предназначен для извлечения ферромагнитных включений из сыпучих сред, транспортируемых ленточными конвейерами. В рабочем режиме устройство устанавливается над поверхностью сыпучего материала. Магнитная система сепаратора включает кольцеобразные магниты, расположенные по спирали Архимеда на равных расстояниях друг от друга с чередованием полярности полюсов в радиальном направлении и в направлении разворачивания спирали. При этом между соседними витками спирали, образующими ее шаг, также выдерживается одно и то же расстояние. При такой конфигурации магнитной системы создаются условия для самоочистки рабочей поверхности диска от извлеченных ферромагнитных включений, что значительно упрощает процесс их разгрузки без остановки рабочего процесса сепарации.

На рис. 1 показан фрагмент спиральной магнитной системы дискового сепаратора, содержащий четыре кольцеобразных магнита, с указанием основных конструктивных параметров:  $\delta$  – воздушный зазор;  $a$  – поперечный размер (ширина) магнита;  $b$  – расстояние между соседними витками спирали;  $t$  – толщина магнитов (принималась неизменной, равной  $t = 12,5$  мм).

Магнитное поле в системе с ПМ при отсутствии электрического тока описывается системой уравнений Максвелла, которая в магнитоэлектростатическом приближении имеет вид [10]:

$$\begin{aligned} \nabla \times \mathbf{H} &= 0, \\ \nabla \cdot \mathbf{B} &= 0, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $\mathbf{H}$  – вектор напряженности магнитного поля;  $\mathbf{B}$  – вектор магнитной индукции.

Уравнение состояния для постоянных магнитов:

$$\mathbf{B} = \mu_0 \mu_r \mathbf{H} + B_r, \quad (2)$$

где  $\mu_r$ ,  $B_r$  – относительное значение магнитной проницаемости и остаточная индукция ПМ, соответственно;  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м – магнитная постоянная.

Уравнение состояния для ферромагнитных элементов и окружающей среды (воздух):

$$\mathbf{B} = \mu_0 \mu_r \mathbf{H}, \quad (3)$$

где  $\mu_r$  – относительное значение магнитной проницаемости для ферромагнитного материала и воздуха ( $\mu_r = 1$ ), соответственно.

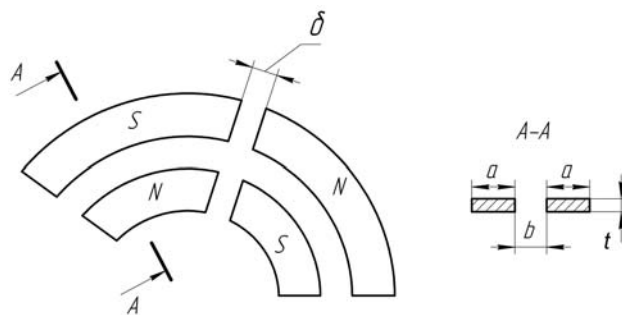


Рис. 1. Фрагмент магнитной системы сепаратора с указанием основных размеров

На первом этапе были проведены исследования влияния формы поперечного сечения ПМ на распределение индукции магнитного поля в воздушном зазоре. Ставилась задача определения такой формы сечения ПМ, при которой масса магнитной системы будет минимальной, а индукция, создаваемая в воздушном зазоре, максимальная. Были рассмотрены четыре формы поперечного сечения полюсов (ширина магнитов  $a$  принималась равной  $a = 67,5$  мм): прямоугольная (рис. 2,а); прямоугольная со скошенными углами (рис. 2,б); трапециевидная (рис. 2,в); сферическая (рис. 2,г).

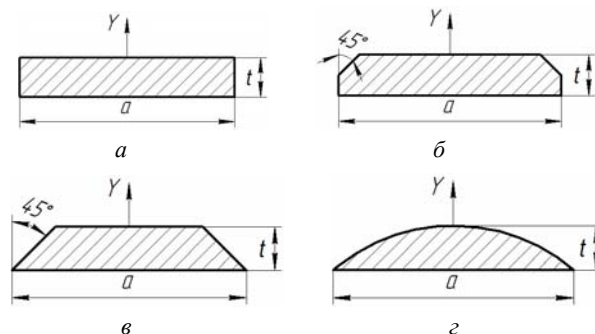


Рис. 2. Исследуемые формы поперечного сечения полюсов: а – прямоугольная; б – прямоугольная со скошенными углами; в – трапециевидная; г – сферическая

Решение поставленной задачи по исследованию влияния формы поперечного сечения ПМ выполнено численным методом конечных элементов в двумерной постановке с использованием программного пакета Elcut. Задавались следующие характеристики высоко-

коэрцитивного магнитотвердого материала типа NdFeB: относительная магнитная проницаемость  $\mu_r = 1,06$ ; остаточная магнитная индукция магнитов  $B_r = 1,2$  Тл (вертикальная составляющая, направленная вдоль оси  $Y$ , рис. 2), коэрцитивная сила  $H_c \geq 995$  кА/м. В качестве граничных условий на внешних границах расчетной области использовалось условие магнитной изоляции. На рис. 3 для примера показаны геометрическая модель (рис. 3,а) с нанесенной на нее сеткой из конечных элементов и результат моделирования в виде картины поля (рис. 3,б) для ПМ с прямоугольной формой поперечного сечения.

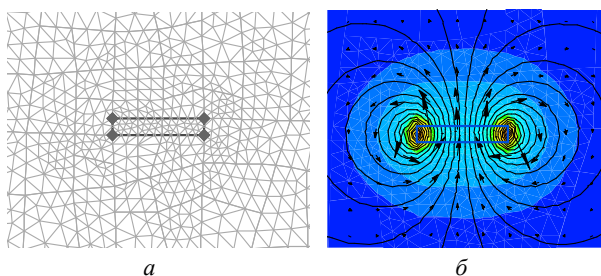


Рис. 3. Моделирование ПМ с прямоугольной формой поперечного сечения: а – геометрическая модель; б – результат моделирования

Определение модуля магнитной индукции  $B_i$  ( $i = 1, \dots, 4$ , где 1 соответствует прямоугольной, 2 – прямоугольной со скошенными углами, 3 – трапецидальной и 4 – сферической форме поперечного сечения ПМ, соответственно) осуществлялось вдоль оси  $Y$  (рис. 2) на расстояниях от поверхности магнитов от 0 до 100 мм с шагом 5 мм. На рис. 4 приведены данные отношений значений модулей магнитной индукции  $B_i$  в выбранных точках для всех четырех форм поперечных сечений полюсов к соответствующим значениям модуля магнитной индукции  $B_1$  для ПМ с прямоугольной формой поперечного сечения.

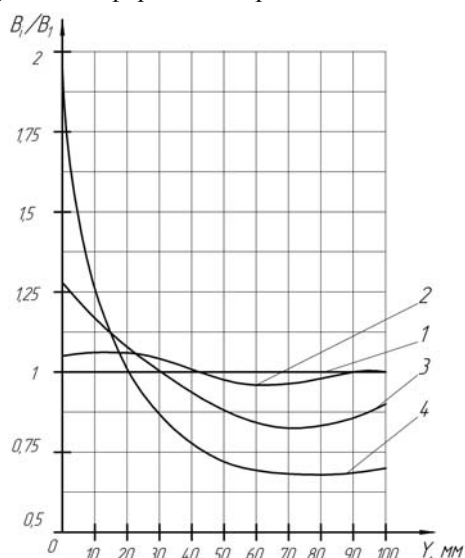


Рис. 4. Сравнение отношений модулей магнитной индукции  $B_i/B_1$  для ПМ с разной формой поперечного сечения: 1 – прямоугольная; 2 – прямоугольная со скошенными углами; 3 – трапецидальная; 4 – сферическая

Как видно из рис. 4, при малых расстояниях от поверхности ПМ ( $0 \leq Y \leq 15$  мм) максимальные зна-

чения магнитной индукции обеспечивают сферические (кривая 4 на рис. 4) и трапецидальные (кривая 3 на рис. 4) ПМ. Они же значительно выигрывают по массе в сравнении с магнитами прямоугольного сечения (при одной и той же длине магнитов): расчетная масса сферического магнита на 32 %, а трапецидального магнита – на 19 % меньше расчетной массы ПМ с прямоугольной формой поперечного сечения.

Однако на больших расстояниях ( $Y \geq 20$  мм), где обычно и происходит рабочий процесс сепарации, интенсивность магнитного поля, создаваемого магнитами сферического и трапецидального сечения, существенно снижается. При этом магниты с прямоугольной (кривая 1 на рис. 4) и прямоугольной со скошенными углами (кривая 2 на рис. 4) формой поперечного сечения создают примерно одинаковые по интенсивности магнитные поля, незначительно отличаясь по массе (не более 5 %).

С учетом вышеизложенного, для дальнейших исследований следует рекомендовать использование кольцевых ПМ с прямоугольной формой поперечного сечения. Они обеспечивают наиболее высокие показатели магнитной индукции в рабочих воздушных зазорах на требуемых расстояниях. Кроме того, магниты такой формы широко представлены в каталогах фирм, занимающихся продажей ПМ.

На втором этапе для обоснования основных геометрических размеров магнитной системы заданной конфигурации был выполнен расчет распределения магнитного поля для двух трехмерных моделей магнитной системы (рис. 5) с одинаковыми расчетными массами ПМ (16,28 кг): модель 1 (рис. 5,а):  $\delta = 25$  мм,  $a = 67,5$  мм,  $b = 51,7$  мм; модель 2 (рис. 5,б):  $\delta = 50$  мм,  $a = 25,5$  мм,  $b = 19,0$  мм. На рис. 5 показаны также характерные точки, в которых выполнялись измерения (модель 1 имеет 39, а модель 2 – соответственно, 119 характерных точек).

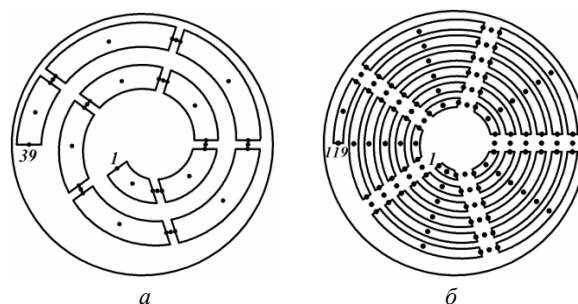


Рис. 5. Магнитные системы с указанием характерных точек: а – модель 1; б – модель 2

Изучение закономерностей пространственного распределения индукции магнитного поля в рабочей зоне магнитного сепаратора новой конструкции выполнено методом конечных элементов с использованием пакета прикладных программ COMSOL Multiphysics 3.5a.

Трехмерная геометрическая модель 1 магнитной системы с нанесенной на нее сеткой из конечных элементов показана на рис. 6,а. Для ферромагнитного диска, на котором установлены ПМ, принято допущение о постоянстве относительной магнитной проницаемости  $\mu_r$  материала диска ( $\mu_r = 1000$ ). Геометриче-

ские размеры диска (диаметр – 700 мм; толщина – 15 мм) выбраны, исходя из габаритов конвейерных систем, наиболее часто используемых на практике. На рис. 6,б приведен фрагмент картины распределения линий магнитной индукции в зазоре между кольцеобразными полюсами ПМ. Из рис. 6,б видно, что силовые линии сгущаются в окрестностях зазоров и несколько разрежаются в пределах магнитов.

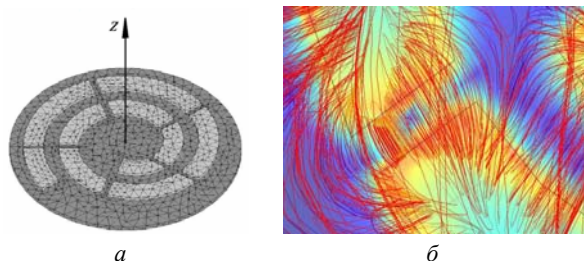


Рис. 6. Трехмерное моделирование магнитной системы: а – геометрическая модель; б – результат моделирования

Некоторые результаты моделирования, в частности, изменение модуля магнитной индукции  $B$  вдоль линий  $a - a'$  и  $b - b'$  (показаны на рис. 7) для модели 1 при  $Z = 0$  мм приведены на рис. 8.

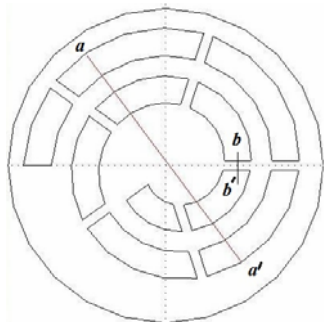


Рис. 7. Линии, вдоль которых проводилось измерение модуля магнитной индукции  $B$

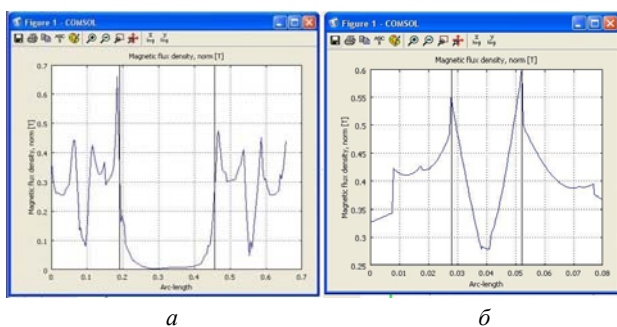


Рис. 8. Распределение магнитной индукции на границе раздела сред «ПМ – воздушный зазор»: а – в радиальном направлении (вдоль линии  $a - a'$ ); б – в направлении разворачивания спирали (вдоль линии  $b - b'$ )

Как видно из рис. 8, на поверхности магнитов при  $Z = 0$  мм наблюдается весьма большая разница между максимальным ( $B_{\max}$ ) и минимальным ( $B_{\min}$ ) значениями магнитной индукции, как в радиальном направлении (рис. 8,а), так и в направлении разворачивания спирали (рис. 8,б). Максимальные значения магнитная индукция  $B$  имеет в точках, лежащих на границе раздела сред «ПМ – воздушный зазор», а минимальные – в точках, расположенных посередине магнита и воздушного зазора, соответственно. На

поверхности магнитов (при  $Z = 0$  мм) имеет место достаточно сильное магнитное поле:  $B_{\max} = 0,76$  Тл (для модели 1) и  $B_{\max} = 0,80$  Тл (для модели 2) – на границе ПМ – воздушный зазор;  $B_{\max} = 0,31$  Тл (для модели 1) и  $B_{\max} = 0,55$  Тл (для модели 2) – посередине полюса магнита. Наибольшая разница  $\Delta B$  между максимальным  $B_{\max}$  и минимальным  $B_{\min}$  значениями магнитной индукции также наблюдается при  $Z = 0$  мм на границе ПМ – воздушный зазор и составляет: 0,34 Тл – для модели 1 и 0,47 Тл – для модели 2.

Таким образом, с использованием компьютерного моделирования выполнено исследование влияния конфигурации магнитной системы (формы поперечного сечения и размеров ПМ) на пространственное распределение индукции магнитного поля в рабочей зоне магнитного сепаратора на ПМ.

**Выводы.** Исследование влияния формы поперечного сечения ПМ на распределение индукции магнитного поля в воздушном зазоре устройства позволило установить следующие закономерности:

- при малых расстояниях от поверхности ПМ ( $0 \leq Y \leq 15$  мм) максимальные значения магнитной индукции обеспечивают ПМ со сферической и трапецидальной формой поперечного сечения при значительно меньшей расчетной массе ПМ в сравнении с ПМ прямоугольного сечения;

- на относительно больших расстояниях от поверхности полюсов ПМ ( $Y \geq 20$  мм), где и происходит рабочий процесс сепарации, интенсивность магнитного поля, создаваемого магнитами сферического и трапецидального сечения, существенно ниже, чем у магнитов с прямоугольной и прямоугольной со скошенными углами формой поперечного сечения. При этом магниты с прямоугольной и прямоугольной со скошенными углами формой поперечного сечения создают примерно одинаковые по интенсивности магнитные поля, отличаясь по массе не более, чем на 5 %.

Анализ пространственного распределения индукции магнитного поля в рабочей зоне магнитного сепаратора новой конструкции показал, что в межполюсном рабочем объеме образуется достаточно сильное магнитное поле ( $B_{\max} = 0,76 \dots 0,8$  Тл) с высоким значением градиента индукции. Наиболее высокая степень неоднородности поля имеет место на границе раздела сред «ПМ – воздушный зазор».

Полученные результаты могут быть использованы для выбора рациональных конструктивных параметров магнитной системы и определения силовых характеристик сепаратора.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Furlani E. Permanent Magnet and Electromechanical Devices: Materials, Analyses and Application. – New York: Academic Press, 2001. – 518 p. doi: 10.1016/B978-012269951-1/50005-X.
2. Strnat K.J. Modern Permanent Magnets for Application in Electro-Technology // Proceedings of the IEEE. – 1990. – vol.78. – no.6. – pp. 923-946. doi: 10.1109/5.56908.
3. Бульжев Е.М., Меньшов Е.Н., Джавахия Г.А. Моделирование поля постоянного магнита // Известия Самарского научного центра Российской Академии наук. – 2011. – Т.13. – №4. – С.106-110.

4. Булыжев Е.М., Меньшов Е.Н. Математическое моделирование поля постоянного магнита // *Электричество*. – 2010. – № 9. – С. 65-69.
5. Сандуляк А.А., Ершов Д.В., Орешкин Д.В., Сандуляк А.В. Характеристики индукции поля в модуле магнитного сепаратора // *Вестник МГСУ*. – 2013. – №5. – С. 103-111.
6. Килин В.И., Килин С.В. К выбору полюсного шага магнитных систем сепараторов для сухого обогащения // *Обогащение руд*. – 2008. – №6. – С.14-18.
7. S. Zeng, W. Zeng, L. Ren, D. An, H. Li. Development of a high gradient permanent magnetic separator (HGPMs) // *Minerals Engineering*. – Feb. 2015. – vol.71. – pp. 21-26. doi: [10.1016/j.mineng.2014.10.009](https://doi.org/10.1016/j.mineng.2014.10.009).
8. Лозин А.А., Арсенюк В.М., Петровский Я.Б. Использование информационно-аналитических технологий при расчете и моделировании стационарных магнитных систем в проектировании сепараторов на постоянных магнитах // *Горный журнал*. – 2004. – №5. – Режим доступа: <http://www.prodecolog.com.ua/pdf/gorec.pdf>.
9. S. Nedelcu, J. H. P. Watson. Magnetic separator with transversally magnetised disk permanent magnets // *Minerals Engineering*. – May 2002. – vol.15. – no.5. – pp. 355-359. doi: [10.1016/s0892-6875\(02\)00043-2](https://doi.org/10.1016/s0892-6875(02)00043-2).
10. Шведчикова И.А., Земзиулин М.А. Исследование распределения магнитного поля в дисковом сепараторе с магнитной системой спирального типа // *Електромеханічні і енергозберігаючі системи*. – 2013. – №2(22). – Ч.2. – С. 18-24.
11. Шведчикова І.О., Романченко Ю.А. Патент України на корисну модель 110206. Дісковий магнітний сепаратор. UA МПК (2006.01) В 03 С 1/24. Публ. 26.09.16, Бюл. № 18.

#### REFERENCES

1. Furlani E. Permanent Magnet and Electromechanical Devices: Materials, Analyses and Application. *New York Academic Press*, 2001, p. 518. doi: [10.1016/B978-012269951-1/50005-X](https://doi.org/10.1016/B978-012269951-1/50005-X).
2. Strnat K.J. Modern Permanent Magnets for Application in Electro-Technology. *Proceedings of the IEEE*, 1990, vol. 78, no. 6, pp.923. doi: [10.1109/5.56908](https://doi.org/10.1109/5.56908).
3. Bulyzhev E.M., Menshov E.N., Dzhavahija G.A. Modeling of the field permanent magnet. *Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2011, vol.13, no.4, pp.106-110. (Rus).
4. Bulyzhev E.M., Menshov E.N. Mathematical modeling of the field a permanent magnet. *Electricity*, 2010, no. 9, pp. 65-69. (Rus).
5. Sandulyak A.A., Ershov D.V., Oreshkin D.V., Sandulyak A.V. Characteristics of Magnetic Field Induction inside a Module of a Magnetic Separator. *Vestnik MGSU*, 2013, no.5, pp. 103-111. (Rus).
6. Kilin V.I. Kilin S.V. By choosing the pole pitch of the magnetic separator systems for dry processing. *Obogashchenie Rud*, 2008, no.6, pp. 14-18. (Rus).
7. S. Zeng, W. Zeng, L. Ren, D. An, H. Li. Development of a high gradient permanent magnetic separator (HGPMs). *Minerals Engineering*, Feb. 2015, vol.71, pp. 21-26. doi: [10.1016/j.mineng.2014.10.009](https://doi.org/10.1016/j.mineng.2014.10.009).
8. Lozin A.A., Arsenjuk V.M., Petrivskij Ya.B. Information and analytical technologies at calculation and modeling stationary magnetic systems in the construction of separators based on permanent magnets. *Gornyi Zhurnal*, 2004, no.5. (Rus). Available at: <http://www.prodecolog.com.ua/pdf/gorec.pdf>.
9. S. Nedelcu, J. H. P. Watson. Magnetic separator with transversally magnetised disk permanent magnets. *Minerals Engineering*, May 2002, vol.15, no.5, pp. 355-359. doi: [10.1016/s0892-6875\(02\)00043-2](https://doi.org/10.1016/s0892-6875(02)00043-2).
10. Shvedchikova I.A., Zemziulin M.A. Research of the magnetic field distribution in the magnetic disk separator with spiral-type system. *Electromechanical and energy saving systems*, 2013, no.2(22), part 2, pp. 18-24. (Rus).

11. Shvedchikova I.O., Romanchenko J.A. *Diskoviy magnitniy separator* [Disc magnetic separator]. Patent UA, no. 110206, 2016. (Ukr).

Поступила (received) 21.01.2017

Juraj Gerlici<sup>1</sup>, Professor, Dr. Ing.,  
 Шведчикова Ирина Алексеевна<sup>2</sup>, д.т.н., проф.,  
 Никитченко Инна Викторовна<sup>2</sup>, аспирант,  
 Романченко Юлия Андреевна<sup>2</sup>, аспирант,  
<sup>1</sup> University of Žilina, Žilina, Slovak Republic,  
 1, Univerzitná, SK 01026 Žilina, Slovak Republic,  
 tel/phone 421(41)513 2550,  
 e-mail: juraj.gerlici@fstroj.uniza.sk  
<sup>2</sup> Восточноукраинский национальный университет  
 имени Владимира Даля,  
 93400, Северодонецк, пр. Центральный, 59-а,  
 tel/phone +38 099 044 85 71,  
 e-mail: ishved@i.ua, inna.mia.lg@gmail.com

J. Gerlici<sup>1</sup>, I.A. Shvedchikova<sup>2</sup>, I.V. Nikitchenko<sup>2</sup>,  
 J.A. Romanchenko<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> University of Žilina, Žilina, Slovak Republic,  
 1, Univerzitná, SK 01026 Žilina, Slovak Republic,  
<sup>2</sup> Volodymyr Dahl East Ukrainian National University,  
 59-a, pr. Central, Severodonetsk, 93400, Ukraine.

#### Investigation of influence of separator magnetic system configuration with permanent magnets on magnetic field distribution in working area.

**Purpose.** To carry out research the influence of magnetic system configuration (shape and size of the permanent magnets) on magnetic field spatial distribution in working area of new structure design magnetic separator with active front surface by numerical methods. **Methodology.** We have applied the magnetic field numerical simulation for permanent magnets system in absence of electrical current in magnetostatic approximation. We have solved the problem by using finite element method. Research of permanent magnets cross-sectional shape influence made in the two-dimensional formulation using software package Elcut. Research of magnetic field induction spatial (three-dimensional) distribution in new construction magnetic separator working area is conducted using software package COMSOL Multiphysics 3.5a. **Results.** Magnetic flux density maximum in the immediate vicinity of permanent magnet surface provide magnets with spherical and trapezoidal cross-sectional shape. At a distance from pole surface, where the separation process working, magnetic field density produced by trapezoidal and spherical cross section magnets, substantially lower in comparison with rectangular magnets. Rectangular and rectangular with beveled corners cross-section shape magnets create approximately same magnetic field intensity not significantly different in weight. Analysis of the spatial distribution of magnetic field induction in the working area of a new construction magnetic separator has shown that a strong magnetic field with high magnetic flux density gradient value is formed in the inter-polar working volume. **Originality.** For the first time research of magnetic flux density distribution in working area of new construction magnetic separator is conducted. Developed device feature is complex spatial distribution of magnetic field. **Practical value.** Results of research can be used for selection of rational parameters of separator magnetic system. Received results also can be used for determination of separator force characteristics. References 11, figures 8.  
**Key words:** magnetic separator, permanent magnet, magnetic field, finite element method.