

УДК 621.318

**СТРУКТУРНО-СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПОЛИГРАДИЕНТНЫХ
МАГНИТНЫХ СЕПАРАТОРОВ**

Шведчикова И.А., д.т.н.,
Романченко Ю.А., аспирант*
ВНУ им. В. Даля (г. Северодонецк)
Тел.: (06452) 40342

Аннотация – проведен уточненный структурно-системный анализ функционального класса полиградиентных магнитных сепараторов. На основе анализа определен полный видовой состав данного функционального класса. Получена информация о структуре неизвестных на данный момент эволюции класса видов, составляющих инновационный потенциал класса полиградиентных магнитных сепараторов. Рассмотрены особенности процедуры идентификации генетического кода. Построена филогенетическая модель макроэволюции полиградиентных магнитных сепараторов.

Ключевые слова: функциональный класс полиградиентных магнитных сепараторов, генетическая программа, геномно-исторический эксперимент, генетический код, вид.

Постановка проблемы. Особый класс магнитносепарирующих устройств, предназначенных для извлечения слабомагнитных и мелкодисперсных ферромагнитных включений из немагнитных сред, образуют полиградиентные магнитные сепараторы. Такие сепараторы широко применяются в мукомольной, комбикормовой, пищевой и в других отраслях, связанных с переработкой сельскохозяйственной продукции [1, 2].

Известные структурные представители класса полиградиентных магнитных сепараторов отличаются большим разнообразием конструктивных исполнений и достаточно хорошо изучены. Первый патент на полиградиентный магнитный сепаратор матричного типа был получен Францем еще в 1937 г. [1]. В то же время полный структурно-системный анализ этого класса устройств до сих пор не проводился.

Анализ последних исследований. Особенностью полиградиентных магнитных сепараторов является наличие в рабочих зонах их элек-

тромагнитных систем матриц или кассет с дискретной средой, состоящей из ферромагнитных тел (например, шаров, цилиндров, стержней, стальной ваты, заостренных пластин и т.д.), за счет которых происходит изменение первичного магнитного поля, повышающее градиент его напряженности, и, как следствие, надежность извлечения слабомагнитных и мелкодисперсных ферромагнитных частиц из материала [1, 2]. Наиболее распространенные структурные типы полиградиентных сред магнитных сепараторов систематизированы в публикациях [3, 4].

В работе [5] на основе анализа функциональных особенностей магнитных сепараторов предложена их классификация с учетом структурных свойств полиградиентных сред. В зависимости от геометрической формы и размеров ферромагнитных тел, образующих полиградиентные среды, выделены четыре основных типа магнитно-сепарирующих устройств: магнитные сепараторы со стержневыми, пластинчатыми, шарообразными и решетчатыми полиградиентными средами. В [6] приведены некоторые предварительные результаты структурно-системного анализа функционального класса полиградиентных магнитных сепараторов.

Формулировка целей статьи (постановка задачи). Целью настоящей статьи является уточненный структурно-системный анализ функционального класса полиградиентных магнитных сепараторов, предполагающий решение следующих задач:

- определение генетической программы (полного видового состава) функционального класса магнитных сепараторов;

- проведение геномно-исторического эксперимента; получение информации о структуре неизвестных на данный момент эволюции класса видах (неявных видах), составляющих потенциал конкурентоспособности (инновационный потенциал) класса полиградиентных магнитных сепараторов.

Основная часть. Основными структурными элементами полиградиентного магнитного сепаратора являются: электромагнитная (магнитная) система как источник магнитного поля (индуктор); рабочий орган, заполненный полиградиентной средой с заданными электромагнитными свойствами и геометрическими параметрами элементарных ячеек; вторичная дискретная (технологическая) среда с металлическими включениями, подлежащая сепарации. Рабочий орган обычно содержит стержневые, пластинчатые, шарообразные, решетчатые и другие элементы, намагничивающиеся под действием магнитного поля, создаваемого индуктором. В общем случае такие устройства можно рассматривать как электромеханические преобразователи движения, совмещенные с рабочим органом [3, 5]. Исходя из положений генетической теории структурной организации электромаг-

нитных систем [7, 8], полиградиентные магнитные сепараторы могут быть отнесены к классу совмещенных систем, в которых структурно объединены электромагнитная система и рабочий орган (матрица), имеющий свою внутреннюю структуру.

Генетическая программа на уровне произвольного функционального класса электромеханических систем определяется в виде конечного множества парных электромагнитных хромосом, обобщаемых понятием области существования порождающих структур Q . Наличие соответствия между порождающими источниками поля и системной категорией Вид позволяет установить видовой состав (в генетических кодах) функционального класса магнитных сепараторов [6]. Поиск области Q для магнитных сепараторов исследуемого функционального класса осуществляется на элементном базисе генетической классификации (ГК), т.е. на упорядоченном множестве первичных источников электромагнитного поля S_0 [8, 9]. В качестве составляющих и ограничений целевой функции поиска выделим следующие существенные признаки:

1. Функциональная структура рассматриваемого класса ограничивается рассмотрением разнообразия двух подклассов $Q_{вр}$ и Q_n , обеспечивающих возможность реализации вращательного и поступательного движения рабочего органа, соответственно.

2. Порождающая структура произвольного Вида представляется электромеханической парой, образованной в результате скрещивания твердотельной первичной и вторичной дискретной структур. Порождающая структура допускает возможность пространственного совмещения с соответствующей структурой вторичного рабочего органа матричного типа.

3. Поиск осуществляется в пределах первого большого периода P^I ГК $P^I \subset \langle S_0 \rangle$. Из рассмотрения исключаются источники-изотопы и порождающие структуры группы 0.0.

4. На данном этапе решения задачи из рассмотрения исключаются сложные варианты генетически мутированных и гибридных структур.

5. Результаты синтеза включают информацию о генетически допустимом разнообразии как известных (реально-информационных), так и неявных (потенциально возможных) Видов, еще отсутствующих на данный период их эволюции.

Электромеханические объекты с поперечной ориентацией волны электромагнитного поля на цилиндрических (ЦЛ), конических (КН), тороидальных плоских (ТП), тороидальных цилиндрических (ТЦ) и сферических (СФ) поверхностях допускают возможность совмещения и функционирования с рабочими органами вращательного движения.

Электромеханические объекты с продольной ориентацией волны

электромагнитного поля на цилиндрических (ЦЛ), конических (КН), тороидальных плоских (ТП) поверхностях, а также объекты с продольной и поперечной ориентацией волны электромагнитного поля на плоских поверхностях (ПЛ) допускают возможность совмещения и функционирования с рабочими органами поступательного движения.

С учетом вышеизложенного, генетическая программа макрогенетического уровня или видовое разнообразие функционального класса полиградиентных магнитных сепараторов может быть представлено в форме табл.1, 2.

Таблица 1 – Видовое разнообразие функционального класса полиградиентных магнитных сепараторов вращательного движения

Группа	Подгруппа	Род				
		ЦЛ	КН	ТП	СФ	ТЦ
0.2	у	ЦЛ0.2у	КН0.2у	ТП0.2у	СФ0.2у	ТЦ0.2у
2.2		ЦЛ2.2у	КН2.2у	ТП2.2у	СФ2.2у	ТЦ2.2у

Таблица 2 – Видовое разнообразие функционального класса полиградиентных магнитных сепараторов поступательного движения

Группа	Подгруппа	Род			
		ПЛ	ЦЛ	КН	ТП
2.0	х	-	ЦЛ2.0х	КН2.0х	ТП2.0х
2.2		ПЛ2.2х	ЦЛ2.2х	КН2.2х	ТП2.2х
2.2	у	ПЛ2.2у	-	-	-

Для функционального класса полиградиентных магнитных сепараторов с целью подтверждения достоверности проведенных выше исследований был проведен геномно-исторический эксперимент путем идентификации генетической информации известных реальных и информационных Видов электромеханических систем [10]. Рассмотрим особенности процедуры идентификации генетического кода объектов рассматриваемого функционального класса на примере электромагнитного кассетного сепаратора [1], изображенного на рис. 1:

- геометрический класс – плоский (ПЛ), определяется геометрической формой активной поверхности полюсов 3 электромагнитной системы;

- ориентация направления распространения волны электромагнитного поля – продольная (ПЛ х);

- общее количество диссимметризирующих факторов (краев) активной поверхности – четыре: два – в поперечном направлении; два – в продольном направлении (2.2);

- топологический класс активной поверхности – ориентированная (x-ориентация) двухсторонняя разомкнутая поверхность с краями (2.2 x);

- вид электромагнитной симметрии – продольно-поперечная асимметрия (2.2).

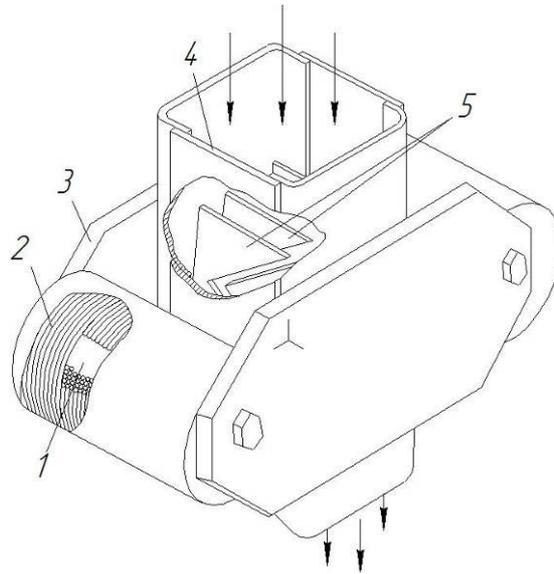


Рис. 1. Электромагнитный кассетный сепаратор как представитель Вида ПЛ 2.2x: 1 – сердечник, 2 – намагничивающие катушки, 3 – полюс, 4 – кассета, 5 – пластины.

Идентификация генетического кода реального объекта (рис.1) и генетический анализ его структуры позволяют определить принадлежность электромагнитного кассетного сепаратора к базовому виду плоских, асимметричных, x-ориентированных (ПЛ 2.2 x). Генетический код также указывает на принадлежность объекта к другим надвидовым классам, например, к роду и подсемейству (рис.1). Электромагнитный кассетный сепаратор (рис.1) (Вид ПЛ 2.2 x) может быть отнесен к роду плоских и подсемейству сепараторов поступательного движения.

Практическая реализация геномно-исторического эксперимента на макроуровне напрямую связана с проведением макрогенетического анализа, который позволяет получить информацию об уровне и темпах эволюции существующего видообразия магнитных сепараторов, а также информацию о структуре неизвестных на данный момент эволюции класса Видах (неявных Видах) [10]. Время $T_{\text{э}}$ эволюции класса полиградиентных магнитных сепараторов составило $T_{\text{э}} = 77$ лет. Анализ существующего структурного разнообразия полиградиентных магнитных сепараторов показал, что все известные технические решения на данном этапе эволюции представлены структурными представителями 7-ми реально-информационных Видов $N_{\text{РИ}}$

$$N_{PI} = (S_{ЦЛ2.0x}, S_{ЦЛ2.2y}, S_{ПЛ2.2y}, S_{ЦЛ0.2y}, S_{ТП2.2x}, S_{ТП2.0x}, S_{СФ2.2y}), \quad (1)$$

где $S_{ЦЛ2.0x}$, ..., $S_{СФ2.2y}$ – порождающие структуры реально-информационных Видов полиградиентных магнитных сепараторов, которые определялись по результатам исторических и патентно-информационных исследований за период с 1937 по 2014 гг.

Количество неявных $N_{неявн.}$ потенциально конкурентоспособных Видов, еще не задействованных в эволюционном процессе (структурное предвидение), составило $N_{неявн.} = 11$.

Следует отметить, что в процессе идентификации видовой принадлежности известных структурных представителей класса магнитных сепараторов по результатам исторического и патентного поиска был проведен, по сути, многократный геномно-исторический эволюционный эксперимент, результаты которого представлены в виде филогенетической модели на рис. 2.

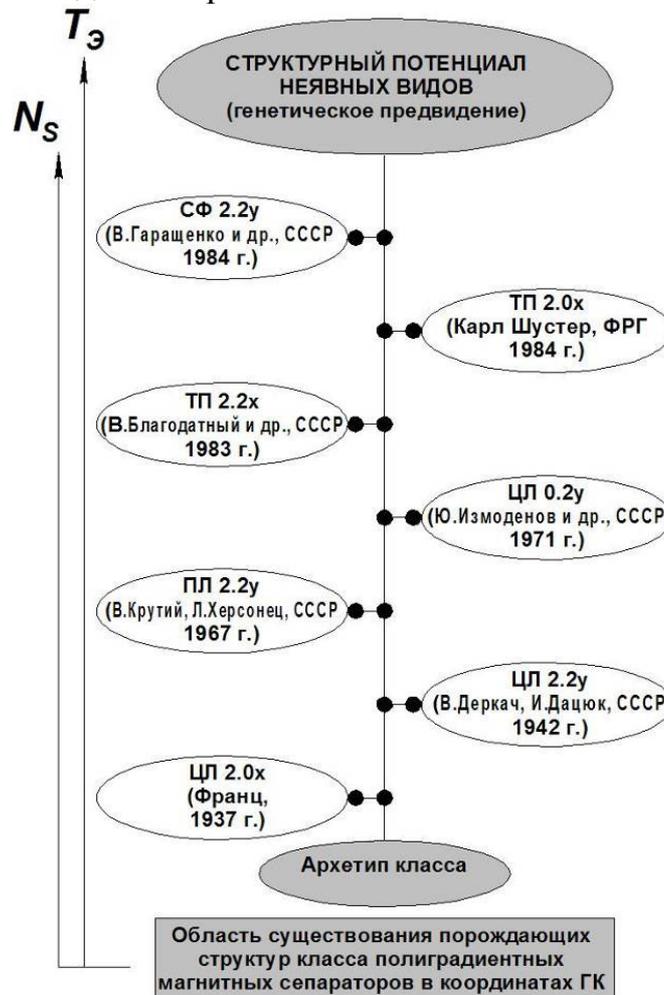


Рис. 2. Филогенетическая модель макроэволюции полиградиентных магнитных сепараторов: ($T_э$ – время эволюции (77 лет), N_s – количество видов).

Примеры некоторых генетически идентифицированных структурных представителей реально-информационных Видов показаны на рис. 3.

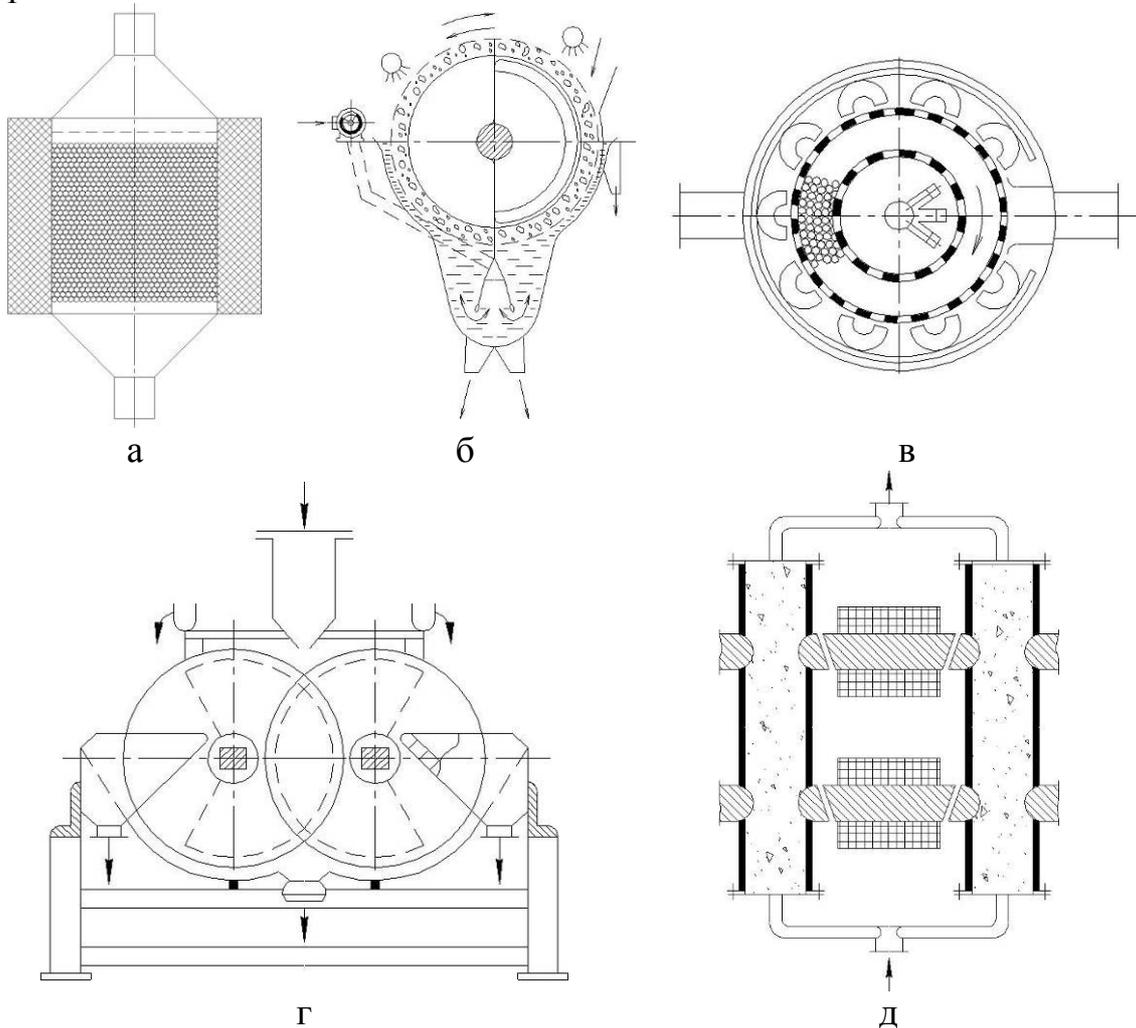


Рис. 3. Примеры структурных представителей реально-информационных Видов полиградиентных магнитных сепараторов:
 а – ЦЛ 2.0х [11]; б – ЦЛ 2.2у [12]; в – ЦЛ 0.2у [13];
 г – ТП 2.2х [14]; д – СФ 2.2у [15].

Выводы. Проведен уточненный структурно-системный анализ функционального класса полиградиентных магнитных сепараторов. Определено видовое разнообразие функционального класса полиградиентных магнитных сепараторов вращательного и поступательного движений, представленное 10 и 8 Видом базового уровня, соответственно.

Геномно-исторический эксперимент показал, что разнообразие Видов магнитных сепараторов включает представителей 7 реально-информационных Видов (39% от общего количества Видов), а время

эволюции T_{Σ} класса полиградиентных магнитных сепараторов матричного типа составляет $T_{\Sigma}=77$ лет.

Направлением дальнейших исследований является генетическое моделирование внутренней структуры рабочих полиградиентных сред магнитных сепараторов.

Список использованных источников.

1. Загирняк М.В. Магнитные сепараторы. Проблемы проектирования: [монография] / М.В. Загирняк, Ю.А. Бранспиз, И.А. Шведчикова. – К.: Техніка, 2011. – 224 с.
2. Полиградиентные магнитные сепараторы: моногр. / под ред. Н.Ф. Мясникова. – М.: Недра, 1973. – 160 с.
3. Шведчикова И.А. Анализ структурного разнообразия полиградиентных магнитных сепараторов / И.А. Шведчикова, Ю.А. Романченко // Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації : зб. матеріалів конференції. – Кременчук.: КрНУ, 2014. – С. 245-246.
4. Толмачев С.Т. Классификация гетерогенных структур и условие их двоякопериодичности / С.Т. Толмачев, С.Л. Бондаревский // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – № 5/5 (65). – С. 24-28.
5. Шведчикова И.А. Классификация полиградиентных магнитных сепараторов / И.А. Шведчикова, Ю.А. Романченко // Вестник НТУ «ХПИ». – 2014. – № 19 (1062). – С. 64-76.
6. Шведчикова И.А. Определение видового разнообразия функционального класса полиградиентных магнитных сепараторов / И.А. Шведчикова, Ю.А. Романченко // Сучасні проблеми електроенерготехніки та автоматики: доповіді. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – С. 151-153.
7. Шинкаренко В.Ф. Генетические программы структурной эволюции антропогенных систем (междисциплинарный аспект) / В.Ф. Шинкаренко // Праці Таврійського державного агротехнічного університету. – 2013. – Вип. 13, том 4. – С. 11-20.
8. Шинкаренко В.Ф. Основы теории эволюции электромеханических систем / В.Ф. Шинкаренко. – К.: Наукова думка, 2002. – 288 с.
9. Шинкаренко В.Ф. Генетическая программа управляемой эволюции электрических генераторов возвратно-поступательного движения / В.Ф. Шинкаренко, Ю.В. Гайдаенко, С.А. Маляренко, А.Т. Мошняга // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. – 2012. – Випуск 1 (17). – С. 25-30.
10. Шведчикова И.А. Эволюционно-экспериментальные исследования функционального класса магнитных сепараторов /

И.А. Шведчикова // Праці Таврійського державного агротехнічного університету. – 2013. – Вип. 13, том 4. – С. 96-103.

СТРУКТУРНО-СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ПОЛІГРАДІЕНТНИХ МАГНІТНИХ СЕПАРАТОРІВ

Шведчикова І.О, Романченко Ю.А.

Анотація – проведено уточнений структурно-системний аналіз функціонального класу поліградієнтних магнітних сепараторів. На основі аналізу визначено повний видовий склад даного функціонального класу. Отримано інформацію про структуру невідомих на даний момент еволюції класу видів, що складають інноваційний потенціал класу поліградієнтних магнітних сепараторів. Розглянуто особливості процедури ідентифікації генетичного коду. Побудована філогенетична модель макроеволюції поліградієнтних магнітних сепараторів.

STRUCTURAL AND SYSTEMIC ANALYSIS OF POLY-GRADIENT MAGNETIC SEPARATORS

I. Shvedchikova, J. Romanchenko

Summary

The refined structural and systematic analysis of the functional class of poly-gradient magnetic separators has been carried out. On the basis of this analysis, full species composition of this functional class is determined. The authors received the information about the structure of currently unknown for evolution class of species that comprise innovative potential of poly-gradient magnetic separators class. Genetic code identification procedure features are considered. Phylogenetic model of poly-gradient magnetic separators macroevolution is constructed.