

УДК 621.313

В. Ф. Шинкаренко, д-р техн. наук,
В. В. Котлярова,
А. А. Шиманская, канд. техн. наук

ГРУППОВОЙ СИНТЕЗ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ДЕЗИНТЕГРАТОРОВ С МАКСИМАЛЬНЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АКТИВНОГО ОБЪЕМА

Аннотация: Анализируется проблема структурного синтеза при создании сложных технических систем. Определено три системных подхода к решению задач анализа и синтеза в генетически организованных системах. Указывается на необходимость перехода к системной методологии синтеза, основанной на использовании структурного потенциала генетических программ. На примере функционального класса электромеханических дезинтеграторов показаны преимущества группового подхода к решению инновационных задач на этапах поискового проектирования сложных систем.

Ключевые слова: структурный синтез, электромеханический объект, порождающая система, генетический код, электромеханический дезинтегратор, активный объем, генетическая программа, структурное предвидение, гомологический ряд, групповой синтез, технические решения

V. Shynkarenko, ScD.,
V. Kotliarova,
A. Shymanska, PhD.

GROUP SYNTHESIS OF ELECTROMECHANICAL DISINTEGRATORS WITH ACTIVE VOLUME MAXIMUM USE

Abstract. The problem of complex technical systems creation structural synthesis was analyzed. Three systematic approaches to solving problems of analysis and synthesis in genetic organized systems were identified. The necessity of transition to the system synthesis methodology based on the genetic programs structural potential use was shown. Advantages of group approach to solving complex systems searching design stages innovative problems at functional class of electromechanical disintegrators example were shown.

Keywords: structural synthesis, electromechanic object, generative system, genetic code, electromechanical disintegrator, active volume, genetic program, structural prediction, homological series, group synthesis, technical solutions

В. Ф. Шинкаренко, д-р техн. наук,
В. В. Котлярова,
А. А. Шиманська, канд. техн. наук.

ГРУПОВИЙ СИНТЕЗ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ДЕЗІНТЕГРАТОРІВ З МАКСИМАЛЬНИМ ВИКОРИСТАННЯМ АКТИВНОГО ОБ'ЄМУ

Анотація: Аналізується проблема структурного синтезу при створенні складних технічних систем. Визначено три системних підходи до розв'язання задач аналізу і синтезу в генетично організованих системах. Наголошується на необхідності переходу до системної методології синтезу, заснованої на використанні структурного потенціалу генетичних програм. На прикладі функціонального класу електромеханічних дезинтеграторів показано переваги групового підходу до розв'язання інноваційних задач на етапах пошукового проектування складних систем.

Ключові слова: структурний синтез, електромеханічний об'єкт, породжувальна система, генетичний код, електромеханічний дезинтегратор, активний об'єм, генетична програма, структурне передбачення, гомологічний ряд, груповий синтез, технічні рішення

Введение. При создании сложных технических систем ключевым этапом является выбор и разработка структуры самой системы. Именно структура объекта содержит в себе основную информацию о функциональном назначении и в значительной степени определяет его конкурентоспособность и интегральные характеристики.

В общем случае, проектирование устройства (системы, процесса) сводится к решению двух основных задач: выбора структуры (структурного синтеза) и определения числовых значений параметров элементов данной структуры (параметрического синтеза).

Методы решения, сложность и уровни информационно-методического обеспечения этих задач существенно различаются. Основные задачи параметрического синтеза сводятся к поиску оптимальных соотношений, удовлетворяющих метрическим критериям, что делает их формально разрешимыми. Совершенно иными являются задачи структурного синтеза, постановка которых осуществляется в нечеткой форме, а поиск решения осуществляется в многомерном пространстве потенциально возможных вариантов, характеризующихся неопределенными структурными связями, неметрическими признаками и качественными критериями. По этой причине сложные задачи синтеза структур науки относят к классу неформализуемых задач.

© Шинкаренко В.Ф., Котлярова В.В.,
Шиманская А.А., 2015

Невозможность полного перебора вариантов при решении сложных задач синтеза, при условии обеспечения приемлемой точности решения, приводит к использованию приближенных методов, основанных на большом количестве эвристик. Использование современных компьютерных методов анализа, построенных на численном моделировании, в комбинации с неэффективными методами синтеза также не дают ожидаемых результатов.

Поэтому проблема разработки системной методологии структурного синтеза произвольных классов технических объектов с возможностью их предвидения еще далека от завершения и остается в технических науках одной из наиболее сложных и наименее исследованных.

Постановка задач исследования.

Предыдущими исследованиями авторов установлено, что структурная организация электромагнитных систем подчиняется общесистемным принципам сохранения генетической структуры и информации, а их развитие предопределено генетическими программами, наделенными мощным адаптационным потенциалом по отношению к пространству функций, изменяющихся под действием внешних факторов [1 – 4]. Теоретическое и экспериментальное доказательство принадлежности электромеханических систем (ЭМ-систем) к классу генетически организованных открыло возможность постановки и решения принципиально новых системных задач, включая задачи определения и расшифровки генетических программ произвольных функциональных классов ЭМ-систем, выступающих исходной основой для структурного предвидения и направленного структурного синтеза электромеханических объектов (ЭМ-объектов) по заданной целевой функции.

Исходя из фундаментального принципа интегральной периодичности, формой представления которой выступает элементный и информационный базис порождающей системы (генетической классификации (ГК) первичных источников магнитного поля), реализация системного подхода к задачам анализа и синтеза произвольных классов ЭМ-объектов, возможна тремя взаимосвязанными, но методологически независимыми, путями:

- с использованием фундаментального понятия периода и родовой принадлежности (геометрический подход);
- с использованием инвариантных принципов организации структурного и информационного базиса групп и подгрупп (групповой подход);
- с использованием принципа сохранения генетической информации и универсального генетического кода электромеханической структуры (ЭМ-структуры) (генетический подход).

В данной работе, на конкретном примере, рассматривается методология группового подхода к

задачам структурного синтеза ЭМ-систем по заданной функции цели. В качестве объекта исследования рассматривается класс электромеханических дезинтеграторов (ЭМД).

ЭМД относятся к новому классу высокоэффективных электромеханических устройств, предназначенных для непосредственного осуществления и интенсификации широкого спектра технологических процессов [5]. Так как величина межиндукторного зазора в таких устройствах соизмерима с величиной полюсного деления, то энергоэффективность и продуктивность ЭМД, в значительной степени, определяется эффективностью использования активного объема преобразователя. Ставится задача определения генетической программы и последующего направленного синтеза генетически допустимых структур ЭМД с максимальным использованием активного объема.

Групповые свойства источников поля.

В общем случае, свойства электромагнитных элементов (первичных источников магнитного поля), в пределах произвольной группы ГК, определяются принципом сохранения симметрии и принципом топологической инвариантности [1]. Принцип сохранения симметрии впервые обнаружен и описан академиком И. И. Шафрановским в природных объектах [6].

Сущность в периодической структуре ГК заключается в том, что в пределах произвольной группы, элементы геометрической (кристаллографической) симметрии, преобладающие в первичных источниках первого большого периода, в последующих периодах не исчезают. Они преобразуются в элементы криволинейной симметрии, симметрии подобия, а также в элементы винтовой симметрии растущего порядка ($n \rightarrow \infty$). Как следствие, степень диссимметрии волны поля источника не зависит от положения элемента в группе, т.е., инвариантна по отношению к пространственной геометрии источников поля. Это возможно только в том случае, когда первичные источники поля произвольной группы будут топологически эквивалентными (гомеоморфными). Действительно, элементный базис произвольной подгруппы ГК обладает свойством топологической эквивалентности, что свидетельствует о континуальности и обеспечивает полноту элементов подгруппы, а также определяет методологию их синтеза с использованием группы гомеоморфных преобразований.

Принцип топологической инвариантности и принцип сохранения симметрии элементов группы объясняют природу структурных гомологий и определяют взаимосвязь групповых свойств первичных источников поля с генетически допустимым разнообразием видов m -фазных распределенных обмоток структур-потомков и видом концевых электромагнитных эффектов (табл. 1).

1. Взаимосвязь групповых свойств первичных источников поля
с генетически допустимым разнообразием видов m -фазных распределенных обмоток

Группа	Под- группа	Топологический класс активной поверхности	Вид первичных концевых электромаг- нитных эффектов	Допустимые классы распределенных обмоток
0.0	y x	Двухсторонние, ориенти- рованные, без края	–	Кольцевые симметричные
0.2	y	Двухсторонние, ориенти- рованные, с y -краями	Поперечные	Поверхностные попе- речно дисимметричные
2.0	x	Двухсторонние, ориенти- рованные, с x -краями	Продольные	Кольцевые продольно дисимметричные
2.2	y x	Двухсторонние, ориенти- рованные, с x - y -краями	Продольно- поперечные	Поверхностные асимметричные

Непосредственная связь принципов сохранения с элементарным базисом произвольной группы, пред-
определяет системные свойства структур-потомков.

Системность групповых свойств ЭМ-структур
заключается в следующем:

- все элементы группы имеют общую степень электромагнитной диссимметрии, определяющую вид концевых электромагнитных эффектов;
- элементы произвольной подгруппы и структу-
ры-потомки топологически эквивалентны;
- порождающие структуры произвольной груп-
пы образуют идеальные гомологичные ряды (группо-
вой полиморфизм);
- элементный базис групп определяет принципы
формообразования (морфологию) активных поверх-
ностей ЭМ-объектов;
- первичные источники группового уровня вы-
полняют функцию порождающих по отношению к
соответствующим гомологичным видам ЭМ-структур;
- элементный базис группы выполняет функцию
генетических программ для постановки задач предви-
дения, направленного синтеза и системного анализа
произвольных функциональных классов ЭМ-объектов
[2 – 7];
- в пределах подгрупп обеспечиваются условия
для горизонтального переноса и обмена генетической
и приобретенной информацией (с точностью до го-
меоморфизма) [8];
- элементный базис подгрупп, принадлежащих к
одной группе ГК, выполняют функцию исходных
хромосом в методологии синтеза гибридных ЭМ-
структур двойникового типа и в структурообразова-
нии видов-двойников [9].

Наличие детерминированной связи между груп-
повыми свойствами порождающих структур и струк-
тур-потомков позволяет определять генетические
программы произвольных функциональных классов
ЭМ-объектов, независимо от уровня их структурной
сложности (m -фазных распределенных обмоток,
электромагнитных индукторных систем, совмещен-
ных электромеханических устройств и т.д.) [10].

Групповой синтез. Одно из важных направлений
повышения эффективности электромеханических си-
стем технологического назначения непосредственно
связано с эффективностью электромеханического пре-
образования в активном объеме преобразователя, кото-

рую можно представить безразмерным коэффициентом

$$K_S = S_1 / S_2, \quad (1)$$

где S_1 – поверхность распределенных обмоток индук-
тора, которая непосредственно взаимодействует с
активным объемом; S_2 – развертка поверхности, кото-
рая ограничивает активный объем, где непосред-
ственно осуществляется процесс обработки техноло-
гических ингредиентов.

Для предварительного анализа диапазона значе-
ний коэффициента K_S , были приняты следующие
допущения: рассматривались лишь плоские электро-
магнитные структуры, которые допускают инверсию
волн магнитного поля на противоположных участках
активной поверхности; геометрия активного объема
ограничена поверхностью параллелепипеда с со-
отношением сторон: $2(\delta + b)L$, где $\delta = 1$; $b = 4$; $L = 8$.

Сравнительный анализ осуществлялся на хромо-
сомном уровне в пределах подгрупп 2.2x, $^1(2.2x)$, 2.0x
и 0.0x. Как видно из анализа (табл. 2), коэффициент
использования активного объема ЭМД приобретает
свое максимальное значение лишь в гомологичных
структурах групп 2.0 и 0.0, которым относятся в соот-
ветствии реальные структуры ЭМД с кольцевыми
распределенными обмотками.

Фундаментальность свойств групп и подгрупп в
периодических порождающих системах и детермини-
рованность генетической информации элементарного
базиса с наследственной информацией структур-
потомков обеспечивают возможность осуществления
направленного синтеза ЭМ-структур по заданной
целевой функции F_C . Методы группового синтеза
обладают универсальностью и методологическим
единством, так как структура генетического кода
произвольного ЭМ-объекта априори содержит ин-
формацию о его принадлежности к определенной
группе и подгруппе.

Задача синтеза в пределах групп сводится к ге-
нерации гомологических рядов ЭМ-структур на осно-
ве модели идеального гомологического ряда роди-
тельских хромосом соответствующей подгруппы. В
зависимости от целевой функции синтеза, осуществ-
ляется выбор метода и определяется область синтеза.
Одним из основных условий группового синтеза яв-
ляется наличие в F_C доминирующих требований, ко-
торые коррелируются с генетической информацией
порождающих структур группового ранга.

2. Результаты сравнительного анализа значений коэффициента K_S в хромосомах с различной топологией распределенных электромагнитно-инверсных обмоток

Генетические признаки хромосомы	Группа			
	2.2	2.2	2.0	0.0
Пространственная геометрия				
Количество лобовых частей обмотки	4	2		
Структурная формула родительской хромосомы	$[2(PL2.2x):R]_1$	$[({}^1PL2.2x):C]_1$	$[(PL2.0x):2C]_1$	$(PL0.0x)_1$
$K_S = K_{SY} \times K_{SX}$	0,5 ($K_{SX} < 1$)	0,82 ($K_{SX} < 1$)	0,91 ($K_{SX} < 1$)	$K_{SY} = K_{SX} = 1$
Продольный/поперечный концевые эффекты	+/+	+/+	+/-	-/-

В качестве составляющих целевой функции учитывались следующие частные требования:

- 1) активная поверхность первичной хромосомы замкнутая (электромагнитно симметричная с коэффициентом использования активного объема $K_{Smax} = 1$);
- 2) однообмоточное исполнение ($N_m = 1$);
- 3) инверсная ориентация волн магнитного поля на противоположных активных поверхностях (ω, V) $\downarrow\uparrow$;
- 4) физическое состояние и структура вторичных рабочих тел – твердотельные, магнитоповодящие, дискретные ($S_{2\mu}$);
- 5) отсутствие концевых электромагнитных эффектов ($K_E = 1$);
- 6) обеспечение доступа к рабочей камере в процессе эксплуатации, без нарушения целостности обмотки (D);
- 7) технические решение, разработанные по результатам синтеза, должны обладать конкурентоспособностью по отношению к известным аналогам (P).

Таким образом, обобщенная целевая функция синтеза приобретает следующий вид

$$F_C = [K_{Smax}; (N_m = 1); (\omega, V)\downarrow\uparrow; S_{2\mu}; (K_E = 0); D; P] \subset R^N. \quad (2)$$

С целью уменьшения размерности поискового пространства R^N , примем следующие ограничения: область синтеза ограничивается элементарным базисом первого большого периода ГК ($R_N \subset P^1$); рассматриваются первичные источники поля только тех подгрупп, которые обладают генетической предрасположенностью к реализации всех частных требований F_C .

Анализ генетической предрасположенности родительских хромосом к реализации доминирующих требований 1, 4, 5 и 6 показывает, что всей совокупности предъявляемых требований F_C удовлетворяет только хромосомные наборы подгруппы 0.0x (табл. 3).

3. Уточнение области группового синтеза с учетом генетической предрасположенности родительских хромосом группы 0.0 к реализации F_C

Под-группа	Частные требования целевой функции						
	K_{Smax}	$N_m = 1$	$(\omega, V)\downarrow\uparrow$	$S_{2\mu}$	$K_E = 1$	D	P
0.0y	+	+	-	+	+	-	-
0.0x	+	+	+	+	+	+	+

Но, если требованиям 1, 4 и 5 удовлетворяют все источники группы 0.0, то техническая реализация требования 6 возможна только в потомках подгруппы 0.0x (в табл. 3 выделена полужирным шрифтом).

Таким образом, генетическая программа искомого класса структур ЭМД определяется хромосомным набором идеального гомологического ряда подгруппы H_{00x}

$$H_{00x} = (S_{CL}, S_{KN}, S_{PL}, S_{TP}, S_{SF}, S_{TC}). \quad (3)$$

Групповой синтез осуществлялся с применением группы гомеоморфных преобразований (метод пространственных деформаций) с использованием 3D-графики для их визуализации (рис. 1). Количество синтезированных структур в этом случае соответствует количеству родительских хромосом гомологического ряда, каждая из которых выполняет функцию порождающей для соответствующего вида ЭМД.

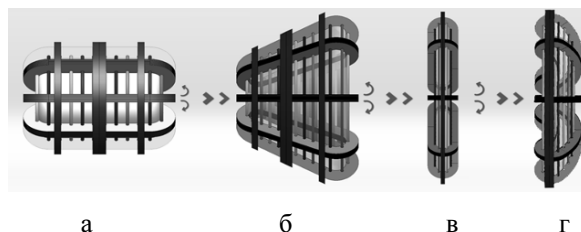


Рис. 1. Результаты группового синтеза гомологического ряда структур ЭМД (фрагмент):

а – с цилиндрической активной зоной; б – конической; в – тороидальной плоской; г – тороидальной цилиндрической

Анализ результатов исследований. Анализ генетической предрасположенности парных хромосом группы H_{00x} показывает, что магнитные системы ЭМД с кольцевыми обмотками допускают возможность широкого варьирования значениями K_S в диапазоне $0,4 \div 1,0$ (табл. 2). Максимальное использование активного объема ($K_S = 1$) генетически допустимо только для структур ЭМД подгруппы H_{00x} .

Следует отметить, что техническая реализация структур с предельным значением коэффициента K_S на данном уровне технологии возможна только для ЭМ-объектов с жидкими или дискретными рабочими средами.

Результаты группового синтеза были использованы для разработки технических решений ЭМД [11], которые обеспечивают функционирование с максимальным значением коэффициента K_S , а также являются первыми техническими представителями новых гомологических видов ЭМД с группой электромагнитной симметрии обмоток 0.0х (рис. 2).

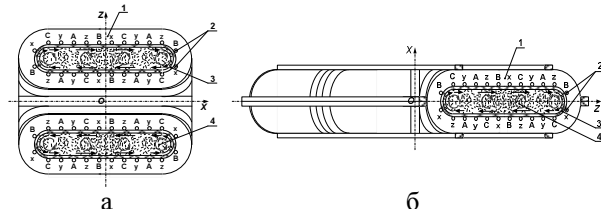


Рис. 2. Технические решения ЭМД, разработанные по результатам группового синтеза:

а – объект вида ЦП 0.0х; б – объект вида ТП 0.0х
1 – замкнутый магнитопровод; 2 – трехфазная распределенная кольцевая обмотка; 3 – объемная рабочая камера; 4 – ферромагнитные рабочие тела

Еще один важный аспект группового подхода к задачам синтеза ЭМ-структур заключается в существенной экономии временных и материальных ресурсов на проведение поисковых исследований с возможностью перехода от концепции наблюдаемой эволюции к стратегии эволюции управляемой [12].

Сравнение двух сценариев временного развертывания эволюционной траектории (по критерию временных и трудовых затрат):

I – коллектив специалистов, с использованием традиционного подхода к проектированию ($T_E = 7$ лет; 7 событий);

II – двух специалистов, использующих результаты расшифровки генетических программ и методологию группового синтеза ($T_E = 0,5$ года; 6 событий), наглядно показывает преимущества системной методологии группового синтеза при организации поисковых исследований (рис. 3).

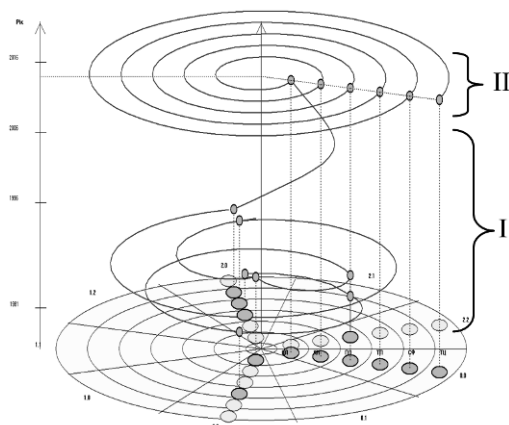


Рис. 3. Генетическая модель макроэволюции видового разнообразия ЭМД:

I – этап естественной (наблюдаемой) эволюции ($T_E = 7$ лет; 7 событий);

II – этап управляемой эволюции ($T_E = 0,5$ года; 6 событий)

Выводы. Применительно к ЭМ-системам обобщено три методологических подхода к постановке и решению системных задач структурного предвидения и синтеза, которые определяются инвариантными свойствами групп в структуре порождающей периодической системы первичных источников магнитного поля. На конкретном примере показаны особенности реализации методологии группового синтеза, основу которого составляет детерминированная связь элементного и информационного базиса подгрупп порождающей системы, с электромагнитной симметрией и топологией распределенных обмоток электромеханических устройств. Впервые установлено, что для исследуемого класса ЭМД максимальное использование активного объема (100 %) ограничено гомологическими электромагнитными хромосомами подгруппы 0.0х. По результатам генетического предвидения осуществлен групповой синтез структур, на основе которых разработан ряд конкурентоспособных технических решений ЭМД с предельным использованием активного объема. Результаты исследований подтверждают прогностическую функцию и высокую эффективность методов группового синтеза в задачах поискового проектирования сложных ЭМ-систем технологического назначения.

Список использованной литературы

1. Шинкаренко В. Ф. Основы теорії еволюції електромеханічних систем / В. Ф. Шинкаренко. – К.: Наукова думка, 2002. – 288 с.
2. Шинкаренко В. Ф. Генетическое предвидение как системная основа в стратегии управления инновационным развитием технических систем / В. Ф. Шинкаренко // Праці Таврійського державного агротехнічного університету. – Мелітополь : 2011. – Вип. 11. – Том 4. – С. 3 – 19.
3. Шинкаренко В. Ф. Генетические программы структурной эволюции антропогенных систем (Междисциплинарный аспект) / В. Ф. Шинкаренко // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь : – 2013. – Вип. 13. – Том 4. – С. 11 – 20.
4. Шинкаренко В. Ф. Генетические программы структурной эволюции функциональных классов электромеханических систем / В. Ф. Шинкаренко, В. В. Лысак // Електротехніка і електромеханіка. – 2012. – № 2. – С. 56 – 62.
5. Шинкаренко В. Ф. Исследование эффективности использования электромеханических дезинтеграторов многофакторного действия в технологии активации портландцемента / В. Ф. Шинкаренко, В. В. Котлярова, В. В. Чумак // Матеріали XII Міжнар. наук.-техн. конф. «Проблеми підвищення ефективності електромеханічних перетворювачів в електроенергетичних системах». – Севастополь : – 2013. – С. 171 – 174.
6. Шафрановский И. И. Симметрия в природе / И. И. Шафрановский. – Л.: Недра, 1968. – 184 с.
7. Shynkarenko V., Kotliarova V., and Ahmad N., Al-Husban. (2015) Genetically Modeling and Experimental Analysis of the Functional Evolution of Electromechanical Energy Converters, *Journal of the Technical University of Gabrovo*, Vol. 49, pp. 15 – 20.

8. Shynkarenko V. Genetic Programs of Developing man-made Systems as a Source of System Information about the Problems of the Past and Future, (2014), *Material of Workshop "Information Security – International Training Workshop"*, Kiev, Ukraine, pp. 34 – 46.

9. Shynkarenko V., Gaidaienko Iu., and Ahmad N., (2013), Al-Husban. Genetic Programs of structural Evolution of Hybrid Electromechanical Objects, *International Journal of Engineering and Technology*, Vol. 2, No. 1, pp. 44 – 49.

10. Shynkarenko V., and Kuznietsov Y., (2011), Genetic Programs of Complex Evolutionary Systems (Part 1), *11th Anniversary International Scientific Conference "Unitech'11"*, 18 – 19 November 2011, Gabrovo, Bulgaria, Vol. I, pp. 33 – 43.

11. Патент України на корисну модель № 93237. H02K 41/025, B01F 13/08 «Однообмотковий електро-механічний дезінтегратор» / В. Ф. Шинкаренко, В. В. Котлярова, О. Г. Давиденко, Л. М. Кобзенко. – Заявка u201403434 від 03.04.2014. Опубл. 25.09.2014. Бюл. № 18.

12. Шинкаренко В. Ф. Теория и практика управляемой эволюции на уровне произвольных Видов электромеханических преобразователей энергии / В. Ф. Шинкаренко, В. В. Котлярова // *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. – Мелітополь : – 2012. – Вип. 2. – Том 1. – С. 3 – 14.

Поступила 15.05.2015

References

1. Shynkarenko V.F. Osnovy teorii' evoljucii' elektromehanichnyh system [The Basics of Evolution theory of Electromechanical Systems], (2002), Kiev, Ukraine, *Naukova Dumka*, 288 p. (In Ukrainian).

2. Shynkarenko V.F. Geneticheskoe predvidenie kak sistemnaya osnova v strategii upravleniya innovatsionnym razvitiem tekhnicheskikh sistem [Genetic Foresight as System Basis is in Strategy of Management Innovative Development Technical Systems], (2011), *Praci Tavrijs'kogo derzhavnogo agrotekhnichnogo universytetu*, Melitopol, Ukraine, Iss. 11, Vol. 4, pp. 3 – 19 (In Russian).

3. Shynkarenko V.F. Geneticheskie programmy strukturnoi evolyutsii antropogennykh sistem (Mezhdistsiplinarnyi aspekt) [Genetic Programs of Structural Evolution of Anthropogenic Systems (Interdisciplinary aspect)], (2013), *Praci Tavrijs'kogo Derzhavnogo Agrotekhnichnogo Universytetu*, Melitopol, Ukraine, Iss. 13, Vol. 4, pp. 11 – 20 (In Russian).

4. Shynkarenko V.F., and Lysak V.V. Geneticheskie programmy strukturnoi evolyutsii funktsional'nykh klassov elektromekhanicheskikh sistem [Genetic Programs of Structural Evolution of Functional Classes of Electromechanical Systems], (2012), *Elektrotehnika i Elektromekhanika*, No. 2, pp. 56 – 62 (In Russian).

5. Shynkarenko V.F., Kotliarova V.V., and Chumak V.V. Issledovanie effektivnosti ispol'zovaniya elektromekhanicheskikh dezintegratorov mnogofaktornogo deistviya v tekhnologii aktivatsii portlandtsementa [Research Efficiency Electromechanic Disintegrators Many-factoracting Technology Activation Portlandcement], (2013), *Materialy XII Mizhnar. Nauk.-tehn. Konf. "Problemy Pidvyshhennja Efektyvnosti Elektromehanichnyh*

Peretvorjuvachiv v Elektroenergetichnyh Systemah", Sevastopol, Ukraine, pp. 171 – 174 (In Russian).

6. Shafranovskiy I.I. Simmetriya v prirode [Symmetry in Nature], (1968), Leningrad, Russian Federation, *Nedra*, 184 p. (In Russian).

7. Shynkarenko V., Kotliarova V., and Ahmad N., Al-Husban. (2015), Genetically Modeling and Experimental Analysis of the Functional Evolution of Electromechanical Energy Converters, *Journal of the Technical University of Gabrovo*, Vol. 49, pp. 15 – 20.

8. Shynkarenko V., (2014), Genetic Programs of Developing Man-made Systems as a Source of System Information about the Problems of the Past and Future, *Material of Workshop "Information Security – International Training Workshop"*. Kiev, Ukraine, pp. 34 – 46.

9. Shynkarenko V., Gaidaienko Iu., and Ahmad N., (2013), Al-Husban. Genetic Programs of Structural Evolution of Hybrid Electromechanical Objects. *International journal of Engineering and Technology*, Vol. 2, No. 1, pp. 44 – 49.

10. Shynkarenko V., and Kuznietsov Y. Genetic Programs of Complex Evolutionary Systems (Part 1), (2011), *11th Anniversary International scientific Conference "Unitech'11"*, 18 – 19 November 2011, Gabrovo, Bulgaria, Vol. I, pp. 33 – 43.

11. Shynkarenko V.F., Kotliarova V.V., Davydenko O.H., and Kobzenko L.M., (2014), Patent Ukraïny na korysnu model' No. 93237. H02K 41/025, B01F 13/08 «Odnobmotkovyj elektromekhanichnyj dezintegrator» [Singlewinding Electromechanical Disintegrator], *Zajavka u201403434 vid 03.04.2014*. Opubl. 25.09.2014. Bjul. No. 18. (In Ukrainian).

12. Shynkarenko V.F., and Kotlyarova V.V., *Teoriya i praktika upravlyaemoi evolyutsii na urovne proizvol'nykh Vidov elektromekhanicheskikh preobrazovatelei energii* [The theory and Practice of Operated Evolution at Level of Arbitrary Types of Electromechanical Converters of Energy], (2012), *Praci Tavrijs'kogo Derzhavnogo Agrotekhnichnogo Universytetu*, Melitopol, Ukraine, Iss. 2, Vol. 1, pp. 3 – 14 (In Russian).



Шинкаренко

Василий Федорович, д.т.н., проф., зав. каф. электромеханики Нац. технического ун-та Украины «КПИ», тел.: (044)406-82-38. E-mail: svf1102@gmail.com



Котлярова

Виктория Владимировна, ассистент каф. электромеханики Нац. технического ун-та Украины «КПИ», тел.: (044)406-82-38. E-mail: sharik_2004@ukr.net



Шиманская

Анна Анатольевна, к.т.н., ассистент каф. электромеханики Нац. технического ун-та Украины «КПИ», тел.: (044)406-82-38. E-mail: shyman.anna@gmail.com