

УДК 621.313

В. Ф. ШИНКАРЕНКО, В. В. КОТЛЯРОВА, А. А. ШИМАНСКАЯ**ОПРЕДЕЛЕНИЕ И АНАЛИЗ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ПРОГРАММ СОВМЕЩЕННЫХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ТИПА «МОТОР-ПОДШИПНИК» С ГАЗОМАГНИТНЫМ ПОДВЕСОМ РОТОРА**

На примере функционального класса совмещенных систем типа «Мотор-подшипник» показано, что разработанные авторами методы синтеза и анализа генетических программ инвариантны к уровню сложности и времени эволюции развивающейся электромеханической системы. По результатам расшифровки генетических программ определены допустимые границы видообразования и осуществлено генетическое предвидение новых топологических классов распределенных многофазных обмоток. Достоверность генетических программ подтверждена результатами эволюционных экспериментов. Результаты исследований представляют системную основу для создания генетических банков данных и решения задач направленного синтеза сложных электромеханических систем по их генетическим программам.

Ключевые слова: электромеханическая система «Мотор-подшипник», генетическая программа, структурная эволюция, генетическое предвидение, инновационный потенциал класса, эволюционный эксперимент.

Введение. Тенденция повышения производительности металлорежущих станков и обрабатывающих центров предъявляет повышенные требования к наиболее ответственному их узлу – мотор-шпинделям (МШ). К современным МШ предъявляются требования высокой быстроходности, точности вращения, жесткости, виброустойчивости и долговечности. Обеспечение указанных требований в значительной степени определяется типом применяемых опор. В быстроходных МШ в качестве опор приводного двигателя используются гидростатические, газовые и магнитные опоры. Однако такие опоры имеют сравнительно невысокую несущую способность, что ограничивает силу резания и приводит к снижению производительности.

В последнее время наметилась тенденция к использованию бесконтактного газоманитного подвеса ротора приводного двигателя. Такие системы получили название «Мотор-подшипников» (МП) [1,2]. Функционирование газоманитной опоры основано на совместном действии сил давления газовой смазки и электромагнитных сил притяжения, действующих между подвижной и неподвижной активными частями приводного электродвигателя. Так как указанные силы имеют различную физическую природу, их управление может осуществляться по двум независимым каналам. Совмещение конструкции электродвигателя с газоманитным подвесом ротора, позволяет повысить рабочие скорости вращения и обеспечить требуемые нагрузки на инструменте при одновременном обеспечении динамической жесткости шпинделя [2].

Вместе с тем, большое разнообразие возможных компоновочных решений и предлагаемых конструктивных решений МП усложняют поиск и выбор оптимальных вариантов МШ и обуславливают необходимость использования системных методов синтеза и анализа с возможностью предвидения их новых структурных разновидностей.

Анализ предыдущих исследований. В процессе научного познания стало очевидным, что законы эволюции непосредственно связаны с принципами наследственности и относятся к общесистемным

законам, так как определяют развитие систем любой физической природы [3,4]. Системные законы эволюции распространяются не только на системы органического мира, но и объекты антропогенного происхождения, включая технические [5–7]. Теоретическими и экспериментальными исследованиями авторов впервые установлено, что структурная организация и развитие таких систем осуществляется в соответствии с общесистемными принципами наследственности, которые реализуются в соответствии с их генетическими программами [8–10]. Такие программы определяют допустимые границы видового разнообразия и составляют системную основу для упорядочения и систематизации знаний [11,12], а также разработки технологии генетического предвидения в технике [13–15]. Развитие исследований в данном направлении открывает возможность постановки и решения принципиально новых системных задач, включая задачи структурного предвидения и инновационного синтеза новых классов электромеханических преобразователей энергии (ЭМПЭ) по заданной функции цели. Поэтому, определение и анализ инновационного потенциала генетических программ сложных технических систем с электромеханическими преобразователями энергии, является актуальной научно-практической задачей современной электромеханики.

Цель работы заключается в синтезе и расшифровке генетической программы функционального класса совмещенных электромеханических систем (ЭМ-систем) типа «Мотор-подшипник» и ее последующей экспериментальной проверке.

Материалы исследования. Результатами предыдущих этапов структурно-системных исследований было установлено, что генетическое разнообразие создаваемых электромеханических объектов (ЭМ-объектов) является прогнозируемым, так как определяется элементным и информационным базисом порождающей периодической системы [7,14]. Каждому классу ЭМ-объектов ставится в соответствие конечное множество порождающих структур в

периодической порождающей системе. Конечные множества порождающих электромагнитных элементов (хромосом), в совокупности с правилами их генетического структурообразования, обобщается понятием генетической программы [16].

Генетическая программа ЭМ-систем типа «Мотор-подшипник». Функцию системного носителя высокоупорядоченной генетической информации (генетических кодов) и исходного элементного базиса в генетически организованной системе выполняет периодическая структура Генетической классификации (ГК) первичных источников электромагнитного поля. С точки зрения генетического анализа, системы типа «мотор-подшипник» с газомангнитным подвесом относятся к классу межсистемных гибридов, структурно и функционально совмещающих электромеханический преобразователь энергии и систему газовой смазки высокоскоростного ротора. В структуре таких совмещенных систем функцию генетического ядра выполняет структура электромеханического преобразователя. Наличие генетической информации такого объекта, достаточно для определения всех видов генетически допустимых систем (в пределах заданного поискового пространства), инвариантных к уровню их сложности.

К основным требованиям на этапе постановки задачи определения генетической программы отнесем следующие:

- обеспечение высокоскоростного вращательного движения ($\pm \omega$);
- реализацию бесконтактного газомангнитного подвеса подвижной части ($F_M \times F_T$);
- обеспечение осевой симметрии совмещенных вращающихся частей (S_{OX});
- реализацию модульного принципа конструктивного исполнения (M).

С учетом указанных требований, интегральная функция поиска в поисковом пространстве R^n предметной области порождающей системы приобретает следующий вид:

$$F_{МП} = [\pm \omega; (F_M \times F_T); S_{OX}; M] \subset R^n. \quad (1)$$

С целью обеспечения корректности решения задачи и сокращения времени поиска введем следующие ограничения:

- поиск осуществляется в предметной области первичных источников поля первого большого периода ГК;

- не учитываются активные поверхности с гибридной пространственной геометрией;
- не рассматривается элементный базис ЭМ-объектов рода сферических;
- поисковое пространство источников-изотопов ограничивается первыми тремя уровнями их генетической сложности (I–III).

Наличие указанных ограничений существенно сокращает размерность пространства R^n , что делает процесс поиска направленным и сходящимся.

По заданной целевой функции F_ω , с учетом принятых ограничений, определяем область существования Q_ω искомого класса. Поиск осуществляется в предметной области первого большого периода ГК, с учетом элементного базиса источников-изотопов. Идентификация родительских хромосом осуществлялась по их генетической предрасположенности к реализации F_ω . Результаты определения Q_ω можно представить в виде совокупности четырех порождающих гомологических рядов:

$$Q_\omega = (Q_{00}, Q_{02}, Q_{20}, Q_{22}), \quad (2)$$

где:

$$Q_{00} = (CL\ 0.0y; KN\ 0.0y; TP\ 0.0y; TC\ 0.0y); \quad (3)$$

$$Q_{02} = (CL\ 0.2y; KN\ 0.2y; TP\ 0.2y; TC\ 0.2y; \\ {}^3CL\ 0.2y; {}^3KN\ 0.2y; {}^3TP\ 0.2y; {}^3TC\ 0.2y); \quad (4)$$

$$Q_{20} = ({}^2CL\ 2.0x; {}^2KN\ 2.0x; {}^2TP\ 2.0x; {}^2TC\ 2.0x); \quad (5)$$

$$Q_{22} = (CL\ 2.2y; KN\ 2.2y; TP\ 2.2y; TC\ 2.2y; \\ {}^2CL\ 2.2y; {}^2KN\ 2.2y; {}^2TP\ 2.2y; {}^2TC\ 2.2y). \quad (6)$$

Упорядоченные хромосомные наборы (3)–(6) представляют собой генетическую программу, которая определяет границы видового разнообразия исследуемого класса совмещенных ЭМ-систем. Генетически допустимое разнообразие МП ограничено набором из 24 электромагнитных хромосом. Элементный базис класса представлен 4 гомологическими рядами (12 видов) базового уровня и 3 рядами видов-близнецов (12 видов) второго и третьего уровней (табл. 1). По виду пространственной геометрии активной зоны, структурное разнообразие приводных двигателей представлено 4 геометрическими классами с цилиндрическими, коническими, тороидальными плоскими и тороидальными цилиндрическими активными поверхностями.

Таблица 1 – Отображение области существования генетически допустимых классов распределенных обмоток в структуре гомологических рядов

| Подгруппа | Базовый уровень (0) | | | | Уровень изотопов (II и III) | | | |
|-----------|---------------------|----|----|----|-----------------------------|----|----|----|
| | CL | KN | TP | TC | CL | KN | TP | TC |
| 0.0y | • | • | • | • | | | | |
| 0.0x | | | | | | | | |
| 0.2y | • | • | • | • | • | • | • | • |
| 2.0x | | | | | • | • | • | • |
| 2.2y | • | • | • | • | • | • | • | • |
| 2.2x | | | | | | | | |

По електромагнитним і топологічним свойствам распределенных обмоток, область существования Q_{MS} можно представить двумя подклассами:

- с распределенными обмотками поверхно-стного типа (16 видов):

$$M_{II} = (CL\ 0.2y; KN\ 0.2y; TP\ 0.2y; TC\ 0.2y; {}^3CL\ 0.2y; {}^3KN\ 0.2y; {}^3TP\ 0.2y; {}^3TC\ 0.2y; CL\ 2.2y; KN\ 2.2y; TP\ 2.2y; TC\ 2.2y; {}^2CL\ 2.2y; {}^2KN\ 2.2y; {}^2TP\ 2.2y; {}^2TC\ 2.2y); \quad (7)$$

- с распределенными кольцевыми обмотками (8 видов):

$$M_K = (CL\ 0.0y; KN\ 0.0y; TP\ 0.0y; TC\ 0.0y; {}^2CL\ 2.0x; {}^2KN\ 2.0x; {}^2TP\ 2.0x; {}^2TC\ 2.0x). \quad (8)$$

Анализ генетической предрасположенности родительских хромосом позволяет выделить структурное разнообразие распределенных обмоток с двухсторонней активной поверхностью. Такие обмотки позволяют увеличить удельную мощность

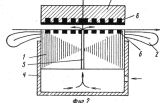
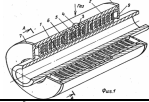
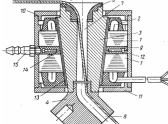
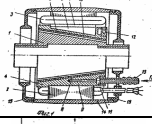
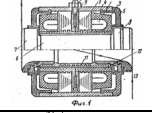
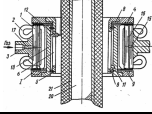
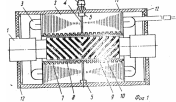
приводного двигателя за счет двухстороннего исполнения. Например, в пределах рода цилиндрических, такой вариант технической реализации обмоток возможен на основе первичных источниках поля:

$$M_{A2} = (CL\ 0.0y; {}^3CL\ 0.2y; {}^2CL\ 2.0x; {}^2CL\ 2.2y) \quad (9)$$

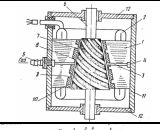
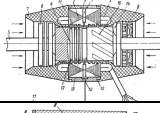
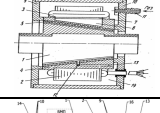
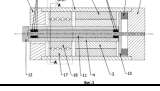
Если обмотки ${}^3CL\ 0.2y$ и ${}^2CL\ 2.2y$ предполагают наличие дуговых поверхностей, то техническая реализация обмоток $CL\ 0.0y$ и ${}^2CL\ 2.0x$ образует замкнутые эквидистантные поверхности. Гомологичные структуры обмоток с двухсторонней активной поверхностью имеют также место в родах KN , TP и TC .

Эволюционные эксперименты. Проверка достоверности синтезированных генетических программ осуществлялась путем постановки эволюционного эксперимента. Постановка эксперимента осуществлялась по методике геномно-исторического анализа [17], предусматривающего определение структурно-информационного соответствия между структурами МП, созданными в процессе технической эволюции и данными генетической программы (табл. 2).

Таблица 2 – Результаты генетического анализа известных структурных представителей класса «Мотор-подшипник» с газомангнитным подвесом ротора (фрагмент информационной базы данных)

| Дата эволюционного события | Тип мотор-подшипника | Генетический код | Графическое изображение технического новшества | Источник информации |
|----------------------------|--------------------------|------------------|--|---------------------|
| 11.06.85 | Линейный мотор-подшипник | $PL\ 2.2x$ |  | А.св. СССР 1393674 |
| 03.04.86 | Линейный (аксиальный) | $CL\ 2.0x$ |  | А.св. СССР 1548546 |
| 25.03.87 | Радиально-упорный | $KN\ 0.2y$ |  | А.св. СССР 1437429 |
| 29.12.87 | Радиально-упорный | $KN\ 0.2y$ |  | А.св. СССР 15882281 |
| 12.04.88 | Радиальный | $CL\ 0.2y$ |  | А.св. СССР 1559009 |
| 08.06.88 | Радиально-упорный | ${}^3TP\ 0.2y$ |  | А.св. СССР 1553577 |
| 27.03.89 | Радиальный | $CL\ 0.2y$ |  | А.св. СССР 1674310 |

Продолжение таблицы 2

| | | | | |
|----------|-------------------|---------|--|--------------------|
| 06.04.89 | Радиально-упорный | KN 0.2y |  | А.св. СССР 1700692 |
| 05.12.89 | Радиальный | CL 0.2y |  | А.св. СССР 1690089 |
| 04.01.90 | Радиально-упорный | KN 0.2y |  | А.св. СССР 1798859 |
| 11.02.10 | Радиальный | CL 0.2y |  | Патент РФ 2449185 |

Результаты эволюционных экспериментов (табл. 2) подтверждают наличие структурно-информационных соответствий между исторически определенным разнообразием МП (эксперимент) и генетически допустимым разнообразием, заключенным в генетической программе (3)–(6) исследуемого класса ЭМ-систем (теория). Результаты патентно-информационного поиска содержат также необходимую исходную информацию для анализа особенностей макроэволюции и определения инновационного потенциала функционального класса МП.

Макроэволюция, в генетически организованных системах, осуществляется на видовом и надвидовом (родовом) уровнях. Модель макроэволюции (рис. 1) в координатах ГК отображает исторический процесс видообразования и его детерминированную связь с макрогенетической программой исследуемого класса [16]. Эволюционная траектория модели визуализирует временной процесс последовательного возникновения макроэволюционных событий, которые представлены первыми структурными представителями соответствующих видов совмещенных систем типа МП, в пределах их генетической программы.

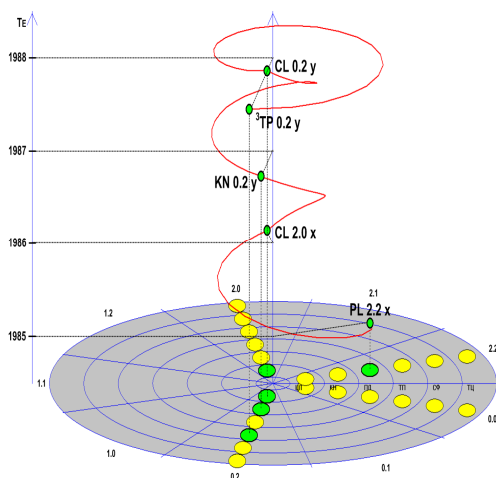


Рис. 1 – Макроэволюционная траектория процесса видообразования совмещенных ЭМ-систем типа «Мотор-подшипник» в генетических координатах элементного базиса порождающей периодической системы ($T_E = 30$ лет; $N_{SH} = 5$)

Функцию архетипа в структурной эволюции совмещенных систем МП выполнили цилиндрические электрические двигатели с внешним ротором на роликовых опорах качения, получившие название «мотор-ролик». Такая конструкция структурно и функционально совмещает внешний ротор приводного асинхронного двигателя, со стальным тонкостенным цилиндром, выполняющим функцию вращающейся опоры и шарикоподшипников. Мотор-подшипника шариковых опорах исторически появились еще в 20-е годы прошлого столетия [18] и нашли практическое применение в электроприводах рольгангов, приводных узлах транспортеров, барабанов и других аналогичных устройств (рис. 2).

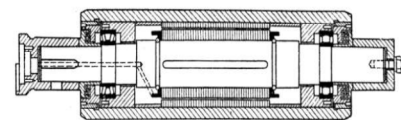


Рис. 2 – Совмещенная ЭМ-система «Мотор-ролик» [18], которая выполнила функцию архетипа в структурной эволюции современных совмещенных систем «Мотор-подшипник» с газомангнитной опорой

Дальнейший эволюционный процесс видообразования класса осуществлялся в соответствии с законом устойчивости видовых форм [16]. За относительно короткое время эволюции, в результате горизонтального переноса информации, последовательно в техническую эволюцию были введены еще 4 вида из числа генетически допустимых. На данное время эволюции, этот процесс определяется пятью эволюционными событиями, которые произошли за время эволюции T_E .

Время эволюции ($T_E = 4$ года) свидетельствует о том, что анализируемые объекты представляют собой новое поколение совмещенных ЭМ-систем, которые находятся еще на начальном этапе своей технической эволюции. Каждое эволюционное событие фиксирует генетическую информацию технического новшества, время появления первых структурных представителей (конкурентоспособных технических решений) и их структурно-информационное соответствие с элементным базисом порождающей системы. Это

позволяет определить их принадлежность к соответствующим родам, видам и гомологическим рядам ЭМПЭ.

Анализ модели макроэволюции показывает, что на данное время технической эволюции класса МП известны объекты только 5 видов, которые являются представителями 4 гомологических рядов H_i и 4 родов (геометрических классов).

$$N_H = (PL2.2x; CL2.0x; KN0.2y; CL0.2y; {}^3TP0.2y), \quad (10)$$

где:

$$(PL2.2x) \subset H_{22}; \quad (11)$$

$$(CL2.0x) \subset H_{20}; \quad (12)$$

$$(KN0.2y; CL0.2y) \subset H_{02}; \quad (13)$$

$$({}^3TP0.2y) \subset {}^*H_{02} \quad (14)$$

Исходя из закона устойчивости видовых форм, определяем количество неявных видов МП, структурные представители которых отсутствуют на данное время эволюции класса:

$$N_F = N_{\Sigma} - N_H = 24 - 5 = 19 \quad (15)$$

Тогда инновационный потенциал класса на видовом уровне составляет:

$$I = (N_F / N_{\Sigma}) 100\% = 79,17\% \quad (16)$$

Кроме объектов базового уровня, в структуре задействованных в эволюции видов МП (10), также присутствует структурный представитель вида-близнеца (${}^3TP0.2y$), что подтверждается генетическим анализом топологии активной поверхности обмотки статора приводного двигателя. Это обстоятельство указывает на необходимость определения и последующего анализа элементного базиса не только базовых видов, но и источников-изотопов, определяющих генетические программы видов-близнецов.

Выводы. Результаты сравнительного генетического анализа и результатов эволюционных экспериментов подтверждают достоверность структурно-информационного базиса генетических программ совмещенных систем класса «Мотор-подшипник».

1. По результатам макроэволюционного моделирования установлено, что анализируемый функциональный класс систем «Мотор-подшипник» представляет собой новое поколение совмещенных ЭМ-систем, время эволюции которых длится почти 100 лет.

2. Впервые определена генетическая программа функционального класса совмещенных ЭМ-систем типа «Мотор-подшипник» с газомангнитным подвесом ротора, информационный базис которой определяется 24 порождающими электромагнитными хромосомами.

3. Впервые определена таксономическая структура класса, которая на данное время эволюции представлена структурными представителями 5 видов 4 родов.

4. По результатам макроэволюционного моделирования установлено, что инновационный потенци-

ал неявных видов, на данное время эволюции класса МП, составляет 79,17%.

5. По результатам генетического предвидения определены конкурентоспособные виды распределенных обмоток приводных двигателей, топология и пространственная геометрия которых позволяет получить более высокие удельные показатели мощности приводных двигателей на единицу их активного объема.

6. Достоверность разработанных генетических моделей и расшифровки генетической программы подтверждены результатами эволюционных экспериментов.

Результаты исследований представляют системную основу для создания информационного обеспечения и постановки задач направленного синтеза конкурентоспособных технических решений при создании нового поколения совмещенных электромеханических систем на газомангнитных опорах.

Список литературы: 1. Шнайдер А.Г. Динамика мотор-подшипников. / А.Г. Шнайдер, И.К. Пчелин. – М.: Наука, 2007. – 277с. 2. Космынин А.В. Основы проектирования высокоскоростных шпиндельных узлов на газомангнитных опорах. / А.В. Космынин, В.С. Щетинин, А.С. Хвостиков. – Комсомольск-на-Амуре: КнАГТУ, 2012. – 183с. 3. Эбелинг В. Физика процессов эволюции. / В. Эбелинг, А. Энгель, Р. Файстель. – М.: Эдиториал УРСС, 2001. – 328с. 4. Князева Е.Н. Законы эволюции и самоорганизации сложных систем / Е.Н. Князева, С.П. Курдюмов. – М.: Наука, 1994. – 236с. 5. Кудрин Б.И. Введение в технетику / Б.И. Кудрин. – 2-е изд., переработ. и доп. Томск: Изд-во Томск.гос. ун-та, 1993. – 552с. 6. Балашов Е.П. Эволюционный синтез систем / Е.П. Балашов. – М.: Радио и связь, 1985. – 328 с. 7. Шинкаренко В.Ф. Основы теорії еволюції електромеханічних систем / В.Ф. Шинкаренко. – К.: Наукова думка, 2002. – 288с. 8. 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. 9. 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. 10. Shynkarenko V. Genetic Programs of Complex Evolutionary Systems (Part 1) / V. Shynkarenko, Y. Kuznetsov // 11th Anniversary International scientific Conference «Unitech'11», 18 – 19 November 2011. – Gabrovo, Bulgaria, 2011.– Vol. I. – P. 33 – 43. 11. Шинкаренко В.Ф. Генетический анализ и систематика видов асинхронных машин поступательного движения (род плоских) / В.Ф. Шинкаренко, А.А. Августининович // Електротехніка і електромеханіка, 2003. – №4. – С. 92 – 100. 12. Шинкаренко В.Ф. Обертіві електричні машини: область існування, геноміка і таксономія класу / В.Ф. Шинкаренко // Електротехніка і електромеханіка, 2005, – №1.– С. 74 – 78. 13. Shynkarenko V. Genetic Foresight in Science and Technology: from Genetic Code to innovative Project / V. Shynkarenko // 10th Anniversary International scientific Conference «Unitech'10», 19–20 November 2010 – Gabrovo, Bulgaria, 2010. – Vol. III. – P. 297 – 302. 14. 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. 15. 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. 16. Шинкаренко В.Ф. Словник із структурної та генетичної електромеханіки / В.Ф. Шинкаренко, А.А. Шиманська – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – 112с. 17. Shinkarenko V.F. Evolutionary Experiment Genetic Electromechanics. / V.F. Shinkarenko, I.A. Shvedchikova, V.V. Kotlyarova // 13th Anniversary International scientific Conference «Unitech'13», 22–23 November 2013. – Gabrovo, Bulgaria, 2013. –

Vol. III. – P. 289 – 294. 18. Попов В.К. Применение электродвигателей в промышленности. Ч. 1. Теоретические основы электрического привода / В.К. Попов. – Л.: КУБУЧ, 1932. – 312с.

Bibliography (transliterated): 1. Shnajder, A.G., and I.K. Pchelin. *Dinamika motor-podshipnikov*. Moscow, M: Nauka, 2007. Print. 2. Kosmynin, A.V., V.S. Shhetinin, and A.S. Hvostikov. *Osnovy proektirovaniya vysokoskorostnyh shpindel'nyh uzlov na gazomagnitnyh oporah*. Komsomolsk-on-Amur: KnAGTU, 2012. Print. 3. Jebeling, V., A. Jengel', and R. Fajstel'. *Fizika processov jevoljucii*. Moscow, M: Jeditorial URSS, 2001. Print. 4. Knjazeva, E.N., and S.P. Kurdjumov. *Zakony jevoljucii i samoorganizacii slozhnyh sistem*. Moscow, M: Nauka, 1994. Print. 5. Kudrin, B.I. *Vvedenie v tehetiku*. 2-e izd., pererabot. idop. Tomsk: Izd-vo Tomsk. gos. un-ta, 1993. [Print]. 6. Balashov, E.P. *Jevoljucionnyj sintez sistem*. Moscow, M: Radio i svjaz', 1985. Print. 7. Shynkarenko, V.F. *Osnovyteorii' evoljucii' elektromehanicnyh sistem*. Kyiv, K: Naukovadumka, 2002. Print. 8. Shinkarenko, V.F. "Geneticheskie programmy struktornoj jevoljucii antropogennyh sistem (Mezhdisciplinarnyj aspekt)." *Praci Tavrijs'kogo derzhavnogo agrotehnologichnogo universytetu*. Melitopol, 2013, vol. 4, iss. 13. 11–20. Print. 9. Shinkarenko, V.F., and V.V. Lysak "Geneticheskie programmy struktornoj jevoljucii funkcional'nyh klassov jelektromehanicnyh sistem." *Elektrotehnika i elektromehanika* 2 (2012): 56–62. Print. 10. Shynkarenko, V., and Y. Kuznietsov. "Genetic Programs of Complex Evolutionary Systems (Part 1)." *11th Anniversary International scientific Conference «Unitech'11»*. Gabrovo, Bulgaria, Nov. 18–19, 2011, vol. I. 33–43. Print. 11. Shinkarenko, V.F., and A.A. Avgustinovich. "Geneticheskij analiz i sistematika vidov

asinhronnyh mashin postupatel'nogo dvizhenija (rod ploskih)." *Elektrotehnika i elektromehanika* 4 (2003): 92–100. Print. 12. Shynkarenko, V.F. "Obertovi elektrychni mashyny: oblast' isnuvannja, genomika i taksonomijaklasu." *Elektrotehnika i elektromehanika* 1 (2005): 74–78. [Print]. 13. Shynkarenko, V. "Genetic Foresight in Science and Technology: from Genetic Code to innovative Project." *10th Anniversary International scientific Conference «Unitech'10»*. Gabrovo, Bulgaria, Nov. 19–20, 2010, vol. III. 297–302. Print. 14. Shinkarenko, V.F. "Geneticheskoe predvidenie kak sistemnaja osnova v strategii upravlenija innovacionnym razvitiem tehniceskijh sistem." *Praci Tavrijs'kogo derzhavnogo agrotehnologichnogo universytetu*. Melitopol, 2011, vol. 4, iss. 11. 3–19. Print. 15. Shinkarenko, V.F., and V.V. Kotljaro. "Teorija i praktika upravljajemoj jevoljucii na urovne proizvol'nyh vidov jelektromehanicnyh preobrazovatelej jenerгии." *Praci Tavrijs'kogo derzhavnogo agrotehnologichnogo universytetu*. Melitopol, 2012, vol. 1, iss. 2. 3–14. Print. 16. Shynkarenko, V.F., and A.A. Shymans'ka. *Slovyk iz struktornoj' ta genetychnoi' elektromehaniki*. Kyiv, K.: NTUU «KPI», 2015. Print. 17. Shinkarenko, V.F., I.A. Shvedchikova, and V.V. Kotljaro. "Evolutionary Experiments in Genetic Electromechanics" *13th Anniversary International scientific Conference «Unitech'13»*. Gabrovo, Bulgaria, Nov. 22–23, 2013, vol. III. 289–294. Print. 18. Popov, V.K. *Primenenij elektrodvigatelej v promyshlennosti. Ch. 1. Teoreticheskie osnovy jelektricheskogo privoda*. Leningrad, L.: KUBUCH, 1932. Print.

Поступила (received) 18.06.2015

«Сведения об авторах /About the Authors»

Шинкаренко Василий Федорович – доктор технических наук, профессор, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», заведующий кафедры электромеханики; тел.: (044) 454-95-18; e-mail: svf46@volicable.com.

Shynkarenko Vasil Fedorovich – Doctor of Technical Sciences, Full Professor, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Chair of the Department of Electromechanics, phone: +38 (044) 454-95-18; e-mail: svf46@volicable.com.

Котлярова Виктория Владимировна – Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», ассистент кафедры электромеханики, тел.: +38 (044) 454-95-18; e-mail: sharik_2004@ukr.net

Kotliarova Viktoriya Vladimirovna – National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Assistant of the Department of Electromechanics, phone +38(044) 454-95-18; e-mail: sharik_2004@ukr.net.

Шиманская Анна Анатольевна, кандидат технических наук Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», ассистент кафедры электромеханики, тел. +38(044) 454-95-18; e-mail: shym.anna@gmail.com

Shymanska Anna Anatolevna – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Assistant of the Department of Electromechanics, phone +38(044) 454-95-18; e-mail: shym.anna@gmail.com.