

<sup>1</sup>Д-р техн. наук, профессор Национального Технического Университета Украины «Киевского Политехнического Института»

<sup>2</sup>Канд. техн. наук, доцент Национального Технического Университета Украины «Харьковского Политехнического Института»

<sup>3</sup>Аспирантка Национального Технического Университета Украины «Киевского Политехнического Института»

<sup>4</sup>Аспирант Национального Технического Университета Украины «Харьковского Политехнического Института»

## ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ПРОГРАММА СТРУКТУРНОЙ ЭВОЛЮЦИИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ С КАТЯЩИМСЯ РОТОРОМ

*Впервые определена и расшифрована генетическая программа функционального класса электродвигателей с катящимся ротором. Определен элементный базис и генетически допустимое количество Видов класса. Обобщены результаты генетического предвидения. Экспериментально подтверждено соответствие реальной эволюции Видов с их генетической программой. Определены направления дальнейших исследований.*

**Ключевые слова:** двигатель с катящимся ротором, генетическое разнообразие, вид, класс, межродовой и внутривидовой мутант, техническая эволюция электромеханических систем.

### ВВЕДЕНИЕ

Задачи определения генетически допустимого разнообразия (предвидения), в пределах произвольных структурных, функциональных, таксономических и др. классов электромагнитных и электромеханических систем (ЭМ-систем), относятся к принципиально новому классу задач, аналоги которым в современной науке отсутствуют. Постановка задач такого уровня стала возможной только в последнее время на основе дальнейшего развития теории генетической эволюции ЭМ-систем [1–4]. Основные результаты исследований в области структурной и генетической электромеханики, на данное время, сводятся к следующему:

- существующее разнообразие классов антропогенных систем, созданное многими поколениями специалистов, организовано и подчиняется фундаментальным законам структурной наследственности и генетической изменчивости;

- техническая эволюция ЭМ-систем генетически предсказуема, так как осуществляется в строгом соответствии с генетическими программами, обобщенной формой представления которых выступает периодическая структура Порождающей системы электромагнитных элементов (первичных источников электромагнитного поля);

- структурное разнообразие и наследственные признаки произвольных электромагнитных или электромеханических объектов (ЭМ-объектов), созданных в процессе технической эволюции, распознаются через генетические коды их порождающих электромагнитных элементов, множество которых упорядочивается Порождающей системой, одновременно выполняющей функцию их генетической классификации (ГК);

- взаимосвязь элементного базиса с ЭМ-объектами, возникшими в процессе реальной технической эволюции, осуществляется в соответствии с фундаментальным принципом сохранения генетической информации, носителями которой выступают первичные электромагнитные структуры, определяющие предметную область Порождающей системы;

- произвольный функциональный класс ЭМ-объектов, возникший в процессе структурной эволюции состоит из Видов, разнообразие которых подчиняется принципу «генетический код» – «один Вид» и обобщается законом устойчивости видовых форм;

- произвольный единичный ЭМ-объект обладает генетической «памятью», т.е. , по результатам идентификации генетической информации позволяет установить его системные связи с другими генетически родственными объектами и тем самым определить генетически допустимое разнообразие (с точностью до гомеоморфизма) его структурного окружения, независимо от того, задействованы эти объекты в эволюции на данное время или нет.

Указанные теоретические положения открыли возможность решения принципиально новых классов системных задач, постановка которых до последнего времени была невозможной или проблематичной.

В данной статье впервые поставлена и решена системная задача по определению генетически допустимого видового разнообразия двигателей с катящимся ротором (ДКР), с учетом как известных, так и неясных (отсутствующих на данное время эволюции) Видов, а также экспериментальной проверки геномно-эволюционного соответствия, между генетической программой и результатами наблюдаемой технической эволюции ДКР.

### ГЕНЕТИЧЕСКИЙ СТАТУС КЛАССА ДКР

Электрические двигатели с катящимся ротором относятся к развивающемуся и специфичному функциональному классу ЭМ-систем, время структурной эволюции которых соизмеримо со временем эволюции технической электромеханики. Представители этого класса, обладая высоким удельным моментом и свойством электромагнитной редукции скорости, нашли широкое применение в приводах точных механизмов, компрессоров, насосов, мотор-колес, дозаторов, клапанов, вентиляторов, задвижек, вибраторов, в механизмах типа «винт – гайка», в специализированном технологическом контей-

нерном транспорте, волновых движителях подводных аппаратов и других областях техники.

Первый двигатель с катящимся ротором был создан известным изобретателем и ученым Чарльзом Уинстоном (Англия) в 1845 г. [5]. Изобретение Уинстона оказалось уникальным как по своей генетической природе, так и по своим эволюционным последствиям. Этот двигатель появился на начальном этапе эволюции Видов электрических машин (рис. 1) и стал генетическим предшественником (архетипом) по отношению к целому ряду функциональных классов электромеханических преобразователей энергии (ЭМПЭ), появившихся позже, в том числе:

- электрических машин поступательного движения (техническая эволюция которых началась с 1902 г. после изобретения А. Зеденом индукционного линейного двигателя);
- электрических машин с катящимся ротором, нашедших практическое применение спустя 100 лет, после изобретения синхронного вращающегося ДКР с цилиндрическим статором А. И. Москвитиним [6, 7];
- электрических машин гибридного и совмещенного типа, представляющих на данное время наиболее распространенные классы сложных ЭМ-систем;
- технологических электромеханических преобразователей с непосредственным воздействием на рабочий

орган или технологическую среду, временно выполняющих функцию активной вторичной части машины;

- электромеханических преобразователей пространственного движения, преобразующих энергию вращающегося поля в поступательное и вращательно-поступательное движение; бегущего поля во вращательное движение и др.).

В терминах генетической теории структурообразования, ДКР относятся к классу генетически мутированных структур. Это подтверждается результатами генетического анализа генома класса. Структура класса ДКР определяется двумя подклассами: внутривидовых мутантов (нарушение соосности первичных и вторичных источников в структуре парной хромосомы; неравномерный воздушный зазор; асимметричное распределение поля вдоль направления движения; наличие механического контакта подвижной части с неподвижной) и межродовых мутантов (совмещение основных активных частей двигателя, имеющих различную пространственную геометрию).

### ОБЛАСТЬ СУЩЕСТВОВАНИЯ ВИДОВ

Под термином «генетически допустимое разнообразие» в генетической теории структурообразования подразумевается конечное множество электромагнитных

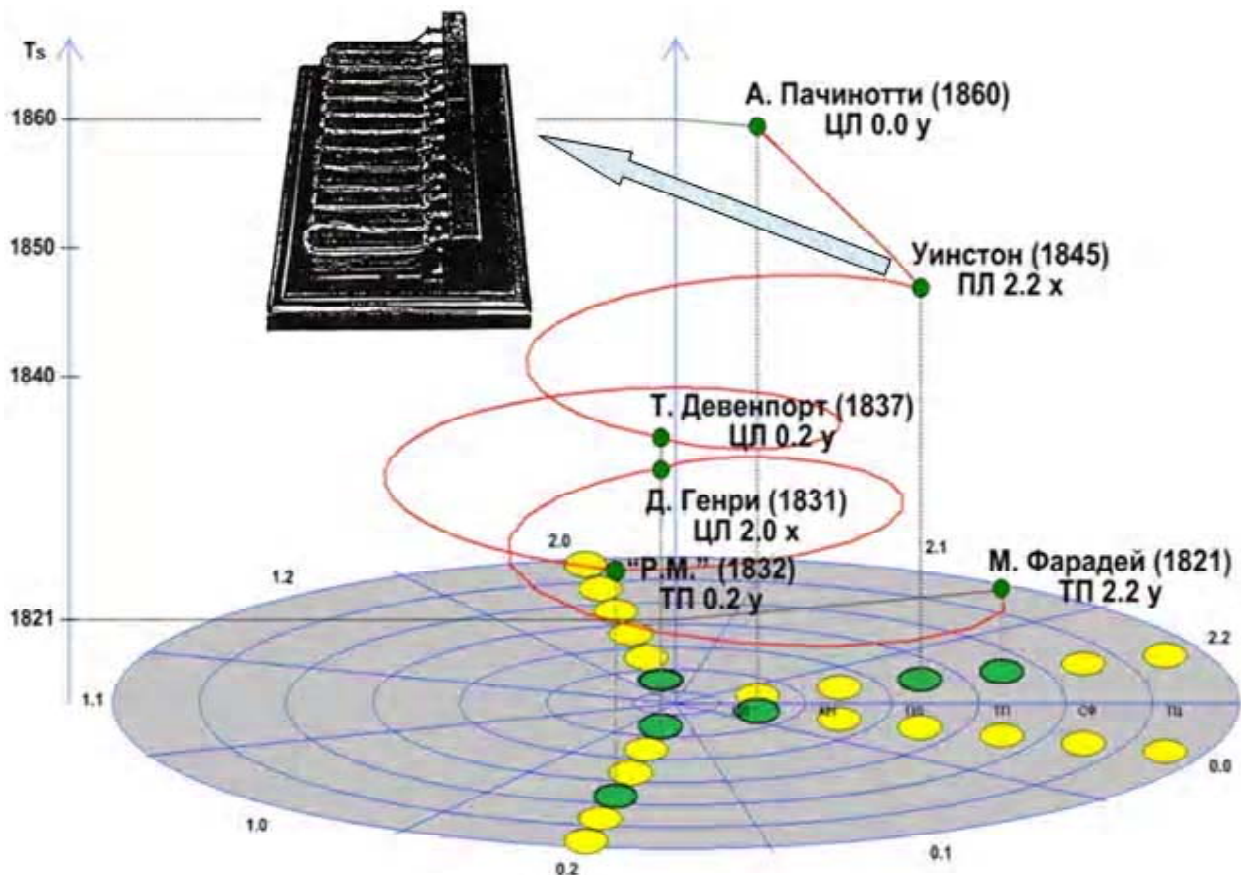


Рис. 1. Геномно-временное отображение начального этапа эволюции ( $T_s = (1821-1860$  гг.)) Видов электрических машин индуктивного типа в предметной области ГК

хромосом (в задачах геномного анализа) или Видов (в задачах макроэволюционного анализа), удовлетворяющее заданной целевой функции поиска  $F_{Ц}$  и содержащее информацию как об известном разнообразии, так и о разнообразии потенциально возможном, с точки зрения генетических принципов структурной организации исследуемого класса ЭМ-систем.

Представим целевую функцию поиска следующей совокупностью обобщенных, генетически распознаваемых признаков искомого класса

$$F_{Ц} = (F_{ЭМ}, S_{\mu_2}, K_{12}, R_{ЭМ}), \quad (1)$$

где  $F_{ЭМ}$  – электромагнитные силы одностороннего притяжения, используемые для обеспечения движения подвижной части двигателя;  $S_{\mu_2}$  – магнитопроводящая подвижная часть (твердотельная или эластичная);  $K_{12}$  – наличие механического контакта между движущейся и неподвижной активными частями двигателя;  $R_{ЭМ}$  – обеспечение электромагнитной редукции скорости движения подвижной части.

Область существования  $Q_{ДКР}$  определяем как конечное множество генетически допустимых парных хромосом, которые выполняют функцию генома Видов базового уровня. Для корректного определения  $Q_{ДКР}$  примем следующие допущения и ограничения:

- вид пространственного движения подвижной части – вращательный (круговой, колебательный) или поступательный (волновой);
- поиск осуществляется в пределах первого большого периода ГК ( $S_{00}$ );
- не учитываются источники с двусторонней активной зоной группы 0.0;
- учитываются только Виды базового уровня (не рассматриваются генетически модифицированные и сложные структуры ДКР – многостаторные, многороторные, совмещенного типа и др. );
- на данном этапе исследований не рассматриваются Виды-близнецы.

С учетом заданной совокупности ограничений, область существования видового разнообразия класса од-

нозначно определяется следующими гомологическими рядами родительских хромосом, удовлетворяющими заданной  $F_{Ц}$ :

$$Q_{ДКР} = (H_{02}, H_{20}, H_{22y}, H_{22x}) \subset S_{00}. \quad (2)$$

Каждому гомологическому ряду в предметной области периодической структуры ГК ставится в соответствие упорядоченная последовательность парных электромагнитных хромосом

$$H_{02} = \langle ЦЛ 0.2y; КН 0.2y; ТП 0.2y; СФ 0.2y; ТЦ 0.2y \rangle, \quad (3)$$

$$H_{20} = \langle ЦЛ 2.0x; ПЛ 2.0x \rangle, \quad (4)$$

$$H_{22y} = \langle ЦЛ 2.2y; КН 2.2y; ПЛ 2.2y; ТП 2.2y; СФ 2.2y; ТЦ 2.2y \rangle, \quad (5)$$

$$H_{22x} = \langle ЦЛ 2.2x; ПЛ 2.2y; ПЛ 2.2x; СФ 2.2x \rangle. \quad (6)$$

Хромосомный набор (3–6) представляет собой генетическую программу класса ДКР. С учетом тождественности генетической информации в хромосомах двойникового типа ( $ПЛ 2.2x = ПЛ 2.2y$  и  $СФ 2.2x = СФ 2.2y$ ), общее количество порождающих хромосом искомого класса составляет 15. В соответствии с принципом сохранения генетической информации, каждой порождающей хромосоме ставится в соответствие определенная структура Вида ЭМ-системы (реально-информационная или неявная). Структурное разнообразие ДКР представлено во всех 6 геометрических классах генетически мутированными Видами внутривидового и межродового уровней.

В общем случае, пространственная геометрия первичного источника поля может компоноваться с несколькими пространственными формами подвижных частей. Область существования таких электромеханических пар, определяемая комбинаторными сочетаниями (источник поля – подвижная часть), представлена 21 порождающей структурой (табл. 1). Диагональный ряд (на затемненном фоне) отображает генетически допустимые структуры с идентичной пространственной геометрией активных частей статора и подвижной части. Такие первичные структуры образуют Виды ДКР, имеющие статус внутривидовых мутантов. На белом фоне отображе-

**Таблица 1.** Генетически допустимое разнообразие электромеханических пар («источник – ротор») для электрических двигателей с катящимся ротором (первый большой период ГК)

Пространственная геометрия источника поля (родительской хромосомы)	Пространственная геометрия ротора (подвижной части)						Допустимое количество пространственных форм роторов
	ЦЛ	КН	ПЛ*	ТП	СФ	ТЦ	
Цилиндрическая (ЦЛ)	•	•	•		•	•	5
Коническая (КН)		•		•	•	•	4
Плоская (ПЛ)	•		•		•	•	4
Тороидальная плоская (ТП)		•		•	•	•	4
Сферическая (СФ)					•	•	2
Тороидальная цилиндрическая (ТЦ)					•	•	2
Допустимое разнообразие источников с роторами различной геометрии	2	3	2	2	6	6	$\Sigma K = 21$ пространственная комбинация

\* Подвижная часть плоская (ленточная), эластичная, магнитовосприимчивая, конечной длины

но разнообразие порождающих структур ДКР со статусом межродовых мутантов, структуры которых представлены допустимыми комбинациями с различной пространственной геометрией статора и подвижной части.

Результаты геномного анализа ДКР (табл. 1) позволяют констатировать следующее. Общее количество генетически допустимых вариантов электромеханических пар «источник – ротор» исследуемого класса определяется 21 комбинацией, в том числе: с геометрией одного класса (внутривидовые мутанты) – 6 и гибридного (смешанного) типа (уровень межродовых мутантов) – 15. Наибольшее разнообразие пространственных вариантов роторов допускают ДКР с цилиндрической (5 вариантов), плоской, конической и тороидальной плоской (по 4) активными поверхностями статора. Универсальной геометрией обладают роторы с тороидальной цилиндрической и сферической поверхностями, которые komponуются с активными поверхностями всех шести геометрических классов активных поверхностей источников поля. По виду пространственного движения подвижной части разнообразие ДКР подразделяется на двигатели вращательного движения и двигатели с волновым поступательным движением подвижной части.

### МАКРОЭВОЛЮЦИОННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

Задача макроэволюционного эксперимента заключается в определении временного процесса развития, установлении последовательности возникновения и определения количества реально-информационных Видов в пределах исследуемого функционального или таксономического класса ЭМПЭ, с одновременным отображением их взаимосвязи с элементным базисом Порождающей периодической системы электромагнитных элементов. Временной интервал процессов видообразования (время эволюции  $T_s$ ) реальных классов ЭМ-систем может исчисляться десятками лет (для относительно новых функциональных классов) и составлять более 100 лет (для эволюционно зрелых классов).

Исходной информацией для осуществления макроэволюционного эксперимента являются их генетическая программа (3–6) и данные патентно-информационных исследований, в ходе которых выявляются порождающие структуры соответствующих Видов и время их возникновения (приоритета), а также результаты их геномного анализа, в процессе которых осуществляется идентификация генетических кодов и определяется видовая принадлежность исследуемых ЭМ-объектов. Так как макропроцесс видообразования функциональных классов в реальной эволюции осуществляется через микроэволюцию, то для отображения процесса макроэволюции ДКР используются только порождающие структуры соответствующих Видов. Именно они определяют время возникновения макроэволюционных событий на эволюционной траектории модели. Исходные данные для по-

строения макроэволюционной модели исследуемого класса двигателей в хронологическом порядке обобщены в табл. 2.

Пространственная траектория  $R^3 = (P_i, G_j, T_s)$  видообразования класса ДКР (рис. 2) построена в цилиндрических координатах периодической структуры ГК первичных источников электромагнитного поля. Основанием модели является предметная область первого большого периода ГК, которая графически отображает структуру малых периодов (концентрические окружности  $P_i$ ) и структуру групп (радиальные сектора  $G_j$ ). Временной интервал между первым и последним эволюционным событиями определяет общее время видообразования класса  $T_s = t_1 - t_{12} = 156$  лет.

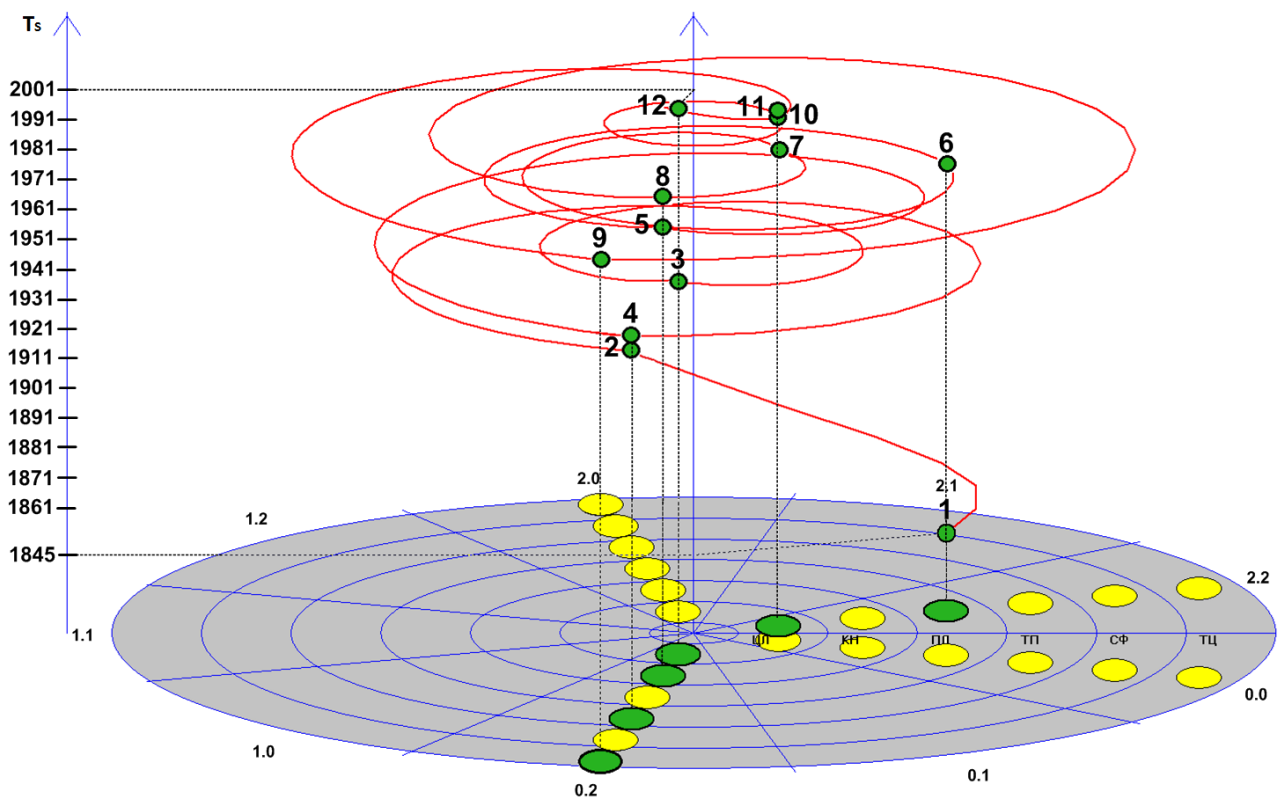
Область существования порождающих структур Видов на основании модели обозначена концентрически расположенными секторами. Исторический процесс видообразования отображается винтообразной эволюционной траекторией, которая объединяет точечные макроэволюционные события (открытие порождающих структур конкретных Видов ДКР). Эволюционные события распределены в трехмерном пространстве модели строго в соответствии с их временными приоритетами и генетическими кодами родительских хромосом ЭМ-объектов. Поэтому процедура синтеза макромоделей одновременно является экспериментальным методом проверки геномно-временного соответствия между эволюционными событиями и соответствующими родительскими хромосомами в структуре ГК. Указанная закономерность отображается графически проекциями (вертикальными пунктирными линиями), связывающими макроэволюционные события эволюционной траектории с порождающими структурами генетической программы (основание модели).

### МАКРОЭВОЛЮЦИОННЫЙ АНАЛИЗ

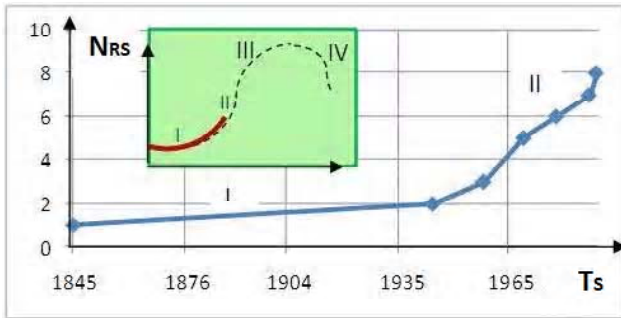
В силу специфики конструкции двигателя Уинстона и его узкоспециализированного функционального применения, длительное время он оставался незамеченным и не получал должного развития. На рис. 3 этот временной интервал отображается наклонной ветвью эволюционной траектории (I), соединяющей два точечных макрособытия на эволюционной траектории, – возникновение двигателя Уинстона (ПЛ 2.2х) и изобретение широко известного на сегодняшний день вращающегося ДКР конструкции А. И. Москвитина (представитель Вида ЦЛ 0.2у). За последние полстолетия видовое разнообразие созданных и запатентованных конструкций ДКР существенно расширилось и на данное время эволюции класса обобщается 5 Видами базового уровня и 7 Видами гибридного типа (с роторами смешанной геометрии). Повышенная плотность событий на эволюционной траектории за период с начала 40-х гг. прошлого столетия отображает наиболее продуктивный этап эволюции класса, положившего начало структурообразованию основных Видов ДКР.

**Таблиця 2.** Результати расшифровки генома видового різнообразия ДКР и проверки геномно-эволюционного соответствия в наблюдаемой технической эволюции класса

Дата приоритета события, страна	Генетический код, формула	Название, статус объекта	Источник информации
1845 (Англия)	$(ПЛ\ 2.2x)_1 \times (ЦЛ)_2$	Плоский электромагнитный двигатель с катящимся цилиндрическим ротором. Межродовой мутант	[5]
1942 (США)	$(ТП\ 0.2y)_1 \times (ТЦ)_2$	Тороидальный плоский асинхронный двигатель с катящимся тороидальным цилиндрическим ротором. Межродовой мутант	[7]
1944 (СССР)	$ЦЛ\ 0.2y$	Цилиндрический синхронный двигатель с катящимся цилиндрическим ротором. Внутривидовой мутант	[6]
1947 (Голландия)	$ТП\ 0.2y$	Тороидальный плоский электродвигатель с катящимся дисковым ротором. Внутривидовой мутант	[7]
1969 (СССР)	$ПЛ\ 2.2y$	Плоский синхронный двигатель с гибким волновым подвижным элементом. Внутривидовой мутант	[9]
1969 (СССР)	$(КН\ 0.2y)_1 \times (ТП)_2$	Конический асинхронный двигатель с катящимся дисковым ротором. Межродовой мутант	[10]
1978 (СССР)	$(ЦЛ\ 2.2y)_1 \times (ПЛ)_2$	Цилиндрический асинхронный двигатель с дуговым статором и волновым магниточувствительным элементом. Межродовой мутант	[11]
1979 (Великобритания)	$КН\ 0.2y$	Конический асинхронный двигатель с катящимся коническим ротором. Внутривидовой мутант	[14]
1987 (СССР)	$(ТЦ\ 0.2y)_1 \times (СФ)_2$	Тороидальный цилиндрический асинхронный двигатель с катящимся сферическим ротором. Межродовой мутант	[12]
1989 (СССР)	$(ЦЛ\ 2.2x)_1 \times (СФ)_2$	Цилиндрический асинхронный двигатель с дуговым статором и сферическим катящимся ротором. Межродовой мутант	[13]
1990 (СССР)	$ЦЛ\ 2.2y$	Цилиндрический асинхронный двигатель с дуговым статором и цилиндрическим катящимся ротором	[8]
2001 (Япония)	$(ЦЛ\ 0.2y)_1 \times (КН)_2$	Цилиндрический электродвигатель с коническим волновым ротором. Межродовой мутант	[15]



**Рис. 2.** Модель макроэволюции класса ДКР ( $T_s = 156$  лет;  $N_{RS} = 12$  – количество реально-информационных Видов ДКР)



**Рис. 3.** Динамика видообразования в процессе структурной эволюции ДКР ( $T_s = 156$  лет). В дополнительном окне показана S-образная кривая Волхорста и эволюционная траектория класса ДКР

Анализ процесса видообразования (рис. 2) убедительно подтверждает генетическую природу технической эволюции исследуемого класса ДКР. Все, что создано нашими предшественниками за 156 лет, полностью согласуется с генетической программой видообразования, представленной периодической структурой ГК и выражениями (3–6). На данном этапе эволюции класс ДКР представлен 7 Видами, имеющими статус реально-информационных

$$R_{rs} = (\text{ЦЛ } 0.2y; \text{КН } 0.2y; \text{ТП } 0.2y; \text{ТЦ } 0.2y; \text{ЦЛ } 2.2y; \text{ЦЛ } 2.2x; \text{ПЛ } 2.2x) \quad (7)$$

и 8 Видами неявного типа, которые отсутствуют на данном этапе их структурной эволюции и представляют результат генетического предвидения

$$R_f = (\text{СФ } 0.2y; \text{ЦЛ } 2.0x; \text{ПЛ } 2.0x; \text{ЦЛ } 2.2y; \text{КН } 2.2y; \text{ТП } 2.2y; \text{СФ } 2.2y; \text{ТЦ } 2.2y) \quad (8)$$

Анализ видового разнообразия (7) показывает, что в структурную эволюцию класса ДКР с твердотельной и эластичной движущейся частью вовлечено 46,7 % Видов базового уровня из числа генетически допустимых. Но в силу межвидовой конкуренции, уровень их технической эволюции крайне неравномерный. Большинство из них находятся на начальном этапе структурной эволюции и составляют основу для осуществления направленного синтеза новых разновидностей ДКР.

### ПРОГНОЗ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ КЛАССА

Результаты структурной эволюции ДКР (рис. 3) убедительно свидетельствуют, что процесс видообразования класса полностью согласуется с универсальной S-образной кривой развития сложных систем. Указанная зависимость известна в биологии как закон Волхорста. Согласно этому закону система, развивающаяся при ограниченных ресурсах, определяется типовыми последовательными этапами: становления (I), ускоренного развития (II), угасания (III) и элиминации (IV). Анализируемый функциональный класс ЭМ-объектов преодолел свой затяжной начальный этап эволюции (0,01 эволюци-

онных событий в год) и со середины 40-х годов прошлого столетия вышел на этап ускоренного видообразования (0,1 событий в год). Этот период развития сопровождался растущей потребностью, интенсивными научными исследованиями и технической реализацией различных конструктивных вариантов ДКР. Современный период развития класса соответствует второму этапу эволюции по S-образной кривой. Этот временной интервал характеризуется ускоренным развитием класса, тенденции которого будут сохраняться и на ближайшую перспективу.

Наличие генетической программы структурообразования и полученные результаты предвидения неявных Видов позволяют осуществить научно обоснованный прогноз дальнейшей структурной эволюции класса ДКР, которую можно реализовать целенаправленно по следующим независимым сценариям:

- 1) по пути дальнейшего усовершенствования конструкций ДКР на основе генетического синтеза и технической реализации структурного потенциала популяций в пределах известных Видов (7);
- 2) путем направленного синтеза гомологических рядов ДКР из числа неявных Видов, представленных (8) и табл. 1;
- 3) использованием структурного потенциала Видов-близнецов и скрытых топологических классов ДКР (видовое разнообразие второго и третьего больших периодов ГК).

### ВЫВОДЫ

Впервые определена генетическая программа структурной эволюции ДКР – одного из эволюционно зрелых функциональных классов электромеханических систем. Программа представлена набором из 15 парных электромагнитных хромосом и комбинаторным пространством из 21 варианта электромеханических пар, содержащих информацию как об известных, так и потенциально возможных (неявных) Видах исследуемого класса.

Впервые определено, что генетически допустимое разнообразие Видов ДКР упорядочивается 4 порождающими гомологическими рядами, содержащими 15 Видов, 8 из которых (53,3%) представляют конкретный результат структурного предвидения. Результаты геномно-эволюционных экспериментов осуществленных на временном интервале, соответствующем 156 годам эволюции класса, полностью подтвердили достоверность их генетической программы, что обеспечивает предсказуемость и управляемость дальнейшей структурной эволюцией ДКР.

Полученные результаты представляют теоретическую основу для постановки и решения новых системных задач (построения общей теории ДКР, создания генетических банков инноваций и баз знаний, построения геносистематики класса, разработки генетических паспортов и генетических каталогов ДКР), а также решения широкого круга прикладных задач направленного инновационного синтеза и создания новых конкурентоспособных конструкций ДКР по заданной функции цели.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Шинкаренко, В. Ф. Основи теорії еволюції електромеханічних систем / В. Ф. Шинкаренко – К. : Наукова думка, 2002. – 288 с.
2. Shynkarenko, V. Genetic Foresight in Science and Technology: from Genetic Code to Innovative Project / V. Shynkarenko // 10<sup>th</sup> Anniversary International Scientific Conference «Unitech'10», 19–20 November 2010, Gabrovo, Bulgaria. – Gabrovo, 2010. – Vol. III. – P. 297–302.
3. Шинкаренко, В. Ф. Генетическое предвидение как системная основа в стратегии управления инновационным развитием технических систем // В. Ф. Шинкаренко // Праці Таврійського державного агротехнічного університету. – 2011. – Вип. 11. – Т. 4. – С. 3–19.
4. Shinkarenko, V. Genetic Programs of Complex Evolutionary Systems (Part 1) / Vasilii Shinkarenko, Yuriy Kuznietsov // 11<sup>th</sup> Anniversary International Scientific Conference «Unitech'11», 18–19 November 2011, Gabrovo, Bulgaria. – Gabrovo, 2011. – Vol. I. – P. 33–43.
5. Yamada, H. Handbook of linear motor applications / Yamada H. – Kogyo, Chosakai Publishing Co. Ltd. Printed in Japan, 1986. – 582 p.
6. Москвитин, А. И. Электрические машины с катящимся ротором / А. И. Москвитин // Электричество. – 1947. – № 3. – С. 56–59.
7. Бертинов, А. И. Электрические машины с катящимся ротором / А. И. Бертинов, В. В. Варлей. – М. : Энергия, 1969. – 200 с.
8. Тиунов, В. В. Создание однофазных линейных дугостаторных асинхронных электродвигателей для приборно-технологических установок / В. В. Тиунов, С. Е. Колобов // Сб. науч. тр. «Электрические машины и электромашинные системы». – Пермь : ППИ, 1990. – С. 105–110.
9. А. с. № 291290, СССР, МКИ H02K 41/06. Линейный волновой электродвигатель / М. С. Колосков. – опубл. 06.01.71, Бюл. № 3.
10. А. с. № 436418, СССР, МКИ H02K 41/06, B60K 17/32. Мотор-колесо / А. И. Бертинов, В. В. Варлей, А. А. Фарбовский. – опубл. 15.07.74, Бюл. № 26.
11. А. с. № 881946, СССР, МКИ H02K 41/06. Волновой электродвигатель / А. Н. Добролюбов. – опубл. 15.11.81, Бюл. № 42.
12. А. с. № 1580497, СССР, МКИ H02K 41/25. Линейный электродвигатель / Н. Т. Исембергенов, М. Ш Байбашаев, Н. М. Курмашев. – опубл. 23.07.90, Бюл. № 27.
13. А. с. № 1626264, СССР, МКИ H01J9/00. Устройство для перемещения изделий в вакуумпроводе / В. В. Богданов, О. Н. Веселовский, Ю. М. Щечкохин. – опубл. 07.02.91, Бюл. № 5.
14. Patent GB 2062974, H02K 41/06. Electric motor / Chag Chung Jen; Young Chung Hsin. – Priority number GB19790037736 19791031. – Publication date 1981.05.28.
15. Patent JP2003061333, H02K 41/06, F16H 1/32. Electric motor / Nakamu Eiji. – Priority number JP20010243494 20010810. – Publication date 2003.02.28.

*Стаття надійшла до редакції 07.06.2012.  
Після доробки 21.09.2012.*

**В. Ф. Шинкаренко, В. В. Наній, В. В. Котлярова, А. А. Дунев**

**Генетична програма структурної еволюції електродвигунів з ротором що котиться**

*Вперше визначена і розшифрована генетична програма функціонального класу електродвигунів з ротором, що котиться. Визначено елементний базис і генетично допустиму кількість Видів класу. Узагальнено результати генетичного передбачення. Експериментально підтверджена відповідність реальної еволюції Видів з їх генетичною програмою. Визначено напрями подальших досліджень.*

**Ключові слова:** *двигун з ротором, що котиться, генетична різноманітність, вид, клас, міжродовий і внутрішньовидовий мутант, технічна еволюція електромеханічних систем.*

**V. F. Shynkarenko, V. V. Naniy, V. V. Kotlyarova, A. A. Dunev**

**The genetic program of the structural evolution of electric motors with a rolling rotor**

*The genetic program of functional class of electric motors is first defined and deciphered with a rolling rotor. An element base is defined and genetically possible amount of Class Types are specified. The results of genetic foresight are generalized. Accordance of the real evolution of Types is experimentally confirmed with their genetic program. Directions of further researches are determined.*

**Key words:** *motor with a rolling rotor, genetic diversity, species, grade, intergeneric and intrageneric mutant, technical evolution of electromechanical systems.*