

УДК 621.313

**Шинкаренко В.Ф., докт. техн. наук, професор,  
Красовський П.О., аспірант,  
Місан Н.А., студент**

Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», ntuukafem@ukr.net

## **СТРУКТУРНІ МУТАЦІЇ В АДАПТИВНО-ФУНКЦІОНАЛЬНІЙ ЕВОЛЮЦІЇ ОБ'ЄКТІВ ТЕХНІКИ**

Пандемія коронавірусу COVID-19, яка охопила практично весь світ, вже не залишає сумнівів навіть у скептиків і далеких від науки чиновників, в тому, що доля людства в значній мірі визначається і буде визначатися в майбутньому, рівнем знань і технологій, здатних розпізнавати властивості і визначати закони мінливості елементарних структур генно-хромосомного рівня. Людство стоїть на порозі геномної ери [1]. Вагомим досягненням науки новітнього періоду стало усвідомлення того, що принципи спадковості і закони генетичної еволюції не є прерогативою лише для систем живої природи, а носять загальносистемний характер. Структурна різноманітність і еволюція генетично організованих систем (ГОС) різної фізичної природи, спектр яких простирається від космічних, через хімічні, біологічні до соціальних і антропогенних систем, визначаються через власний елементно-інформаційний базис і загальносистемні принципи спадкового структуроутворення. Пізнання генетичних принципів структурної організації має ключове значення в концепції гармонійного співіснування людини, природи і техніки [2-5].

В сучасній науці поняття мутацій вийшло за межі біології і є об'єктом досліджень в хімії (альфа-розпад, бета-розпад, процеси ділення ядра і синтез ядер), лінгвістиці (мовні мутації), теорії музики, математиці (топологія вузлів, альтернативні алгебри), архітектурі, соціології та інших наукових дисциплінах. Фундаментальні процеси мутагенезу безпосередньо пов'язані з природою породження інновацій, теорією випадкових процесів, поняттям біфуркації в теорії синергетики, теорії хаосу (ефект метелика і аттрактори Е. Лоренца), процесами турбулентності і дифузії, та ін. Але в технічних науках, рівень знань і геномно-еволюційних досліджень знаходиться фактично в початковому стані. Тому одним з важливих напрямів системних досліджень є пізнання еволюційних процесів генетичного структуроутворення і структурної мінливості технічних об'єктів, що відкриває шлях до стратегії генетичного передбачення і міждисциплінарного синтезу складних систем з компонентами різної генетичної природи.

Дана робота присвячена системному аналізу структурного мутагенезу - одного з найбільш продуктивних і найменш досліджених процесів в інноваційному структуроутворенні об'єктів техніки. Мутація (від лат. *mutatio* - зміна), один з системних генетичних принципів, який лежить в основі спадкової мінливості структур, відповідальних за зберігання і передачу генетичної інформації. Всі без винятку системи зі спадковістю, в процесі еволюції схильні до зміни генетичної структури шляхом мутацій.

Відкриттям періодичної генетичної класифікації (ГК) первинних джерел електромагнітного поля встановлено, що електромеханічні перетворювачі енергії еволюціонують відповідно з системними принципам генетично організованих систем [4]. Елементно - інформаційний базис ГК, який представлений первинними джерелами електромагнітного поля (електромагнітними хромосомами), виконує роль вихідних цілісних структур, в задачах комбінаторного і топологічного синтезу структур вищих рівнів складності. Положення і інваріантні властивості довільного первинного джерела поля в структурі ГК визначаються його унікальною генетичною інформацією, яка представлена універсальним генетичним кодом. Електромагнітні, топологічні і геометричні властивості первинних структур ГК визначаються загальносистемними принципами збереження електричного заряду, електромагнітної симетрії і топології.

В теорії генетичного структуроутворення, структурна мутація - один з п'яти загальносистемних принципів хромосомної комбінаторики, який визначає межі існування і генетично допустиму різноманітність об'єктів - нащадків. Структурні мутації реалізуються в комбінаторному взаємозв'язку з принципами реплікації, схрещування, кросинговеру та інверсії. За участю механізмів структурних мутацій змінюється генетична інформація, яка визначає електромагнітні, топологічні, геометричні і функціональні властивості електромеханічних об'єктів (ЕМ-об'єктів).

Структурна організація довільних функціональних класів ЕМ-систем представлена ієрархічною послідовністю рівнів генетичної складності: хромосомним (Ch); об'єктним (Ob); видовим (Sp); системним (Gn) та метасистемним (Mt). Генетичний аналіз і результати геномно-еволюційних експериментів засвідчують, що найбільшою універсальністю наділені принципи структурної мутації і гібридизації (схрещування), які присутні на всіх рівнях складності ЕМ-об'єктів (табл. 1).

Таблиця 1 – Взаємозв'язок генетичних принципів структуроутворення з рівнями структурної складності ЕМ-об'єктів.

Генетичний оператор	Рівень структурної організації				
	Ch	Ob	Sp	Gn	Mt
Реплікація ( <i>R</i> )	+	+	–	–	–
Схрещування ( <i>S</i> )	+	+	+	+	+
Інверсія ( <i>I</i> )	+	+	–	–	–
Кросинговер ( <i>C</i> )	+	+	–	–	–
Мутація ( <i>M</i> )	+	+	+	+	+

На відміну від мутацій біологічного типу, структурні мутації в еволюції об'єктів техніки, з врахуванням жорстких вимог конкурентного відбору, мають забезпечувати лише корисну функцію, а властиві їм порушення генетичної структури мають бути скомпенсовані відповідним емерджентним ефектом. Наявність такого співвідношення гарантує стійку спадковість мутованих ознак в конкурентній еволюції поколінь техніки. Незнання, або свідоме ігнорування системних принципів генетичного структуроутворення призводить до суттєвих втрат часових і матеріальних ресурсів, створення неконкурентоспроможних систем, або систем, які з часом входять в екологічний конфлікт з довкіллям. Яскравим підтвердженням сказаного є технічна еволюція електричних двигунів з котком ротором (ДКР), який є одним з найбільш типових мутантів в еволюції об'єктів електромеханіки.

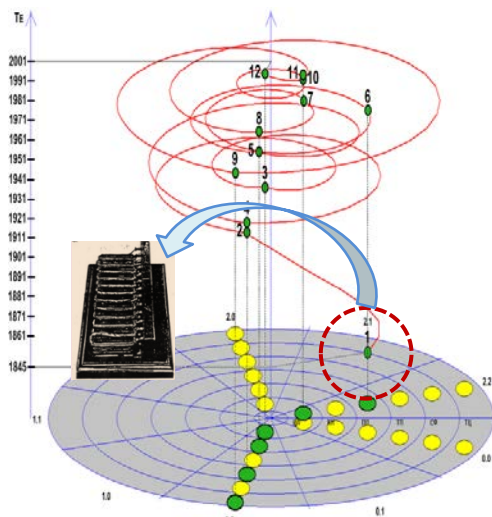


Рис. 1 – Результати генетичної еволюції видової різноманітності функціонального класу ДКР,

Інноваційний ефект таких двигунів полягає в суміщенні функції електричного двигуна з оригінальним способом електромагнітної редукції швидкості і моменту, що забезпечило їх тривалу еволюцію, незважаючи на наявність суттєвих «порушень» класичних принципів електромеханічного перетворення енергії.

Першим технічно реалізованим об'єктом зазначеного класу став двигун, створений у 1845 р. Уінстоном (рис. 1). Функціонально двигун забезпечував електромагнітне транспортування циліндричних сталевих поковок, які виконували функцію ротора. З точки зору генетичної еволюції, двигун Уінстона є архетипом Роду плоских електричних машин поступального руху і першим об'єктом Виду PL 2.2x. В концепції ГОС, двигун Уінстона є першим структурним представником функціонального класу генетично мутованих ЕМ-об'єктів. Генетична формула двигуна відповідає статусу внутрішньовидового гібриду  $(PL\ 2.2x)_1 \times$

$[(CL0.2y):M]_2$ . Наступна еволюційна подія (технічна реалізація ДКР Виду  $(CL\ 0.2y)_1 \times [(CL0.2y):M]_2$  відбулася через 100 років! Лише з використанням методології генетичного аналізу було вперше здійснено розшифрування макрогенетичної програми всього функціонального класу, розроблено його геносистематику і створено генетичний банк генетично допустимих Видів, з можливістю передбачення нових структур ДКР [6].

Ізоморфізми прояву структурних мутацій в сучасній різноманітності технічних об'єктів досить широкий і фактично недосліджений. Прикладами мутованих об'єктів в технічній механіці є передачі типу «кардан» і «гнучкий вал», просторово адаптивні опори, шарнірні механізми і адаптивні підшипники, широкий клас об'єктів «еластичної» механіки та ін. Результатами генетичного аналізу встановлено, що структурними еквівалентами хромосомних мутацій в ЕМ-об'єктах виступають порушення просторової або електромагнітної симетрії активних поверхонь, їх оптимальних геометричних співвідношень і пропорцій, просторової орієнтації або взаємного перекриття основних активних частин та ін. Переважна більшість таких структурних аномалій, які зберігаються і розмножуються протягом багатьох поколінь техніки, зумовлена необхідністю забезпечення основної функції ЕМ-об'єктів (однофазних двигунів, електромеханічних дезінтеграторів, електромагнітних та електродинамічних сепараторів, двигунів з поворотним статором, та ін.).

Генетичні структури сучасних ЕМ-об'єктів характеризуються комбінацією двох, або більшої кількості генетичних операторів, які визначають рівень структурно-інформаційної складності і забезпечують необхідні адаптивні властивості для реалізації заданої цільової функції. Кожній стійкій комбінації генетичних операторів, через відповідну групу математичних перетворень, ставиться у відповідність певний тип структурної організації об'єкта, який визначає генотип об'єктів - нащадків з відповідними функціональними і емерджентними властивостями (табл. 2).

Таблиця 2 – Приклади стійких комбінацій електромагнітних хромосом за участю оператора мутації ( $M$ ) в адаптивно-функціональній еволюції ЕМ-об'єктів (фрагмент генетичного банку даних)

Хромосомна комбінація*	Структурний еквівалент	Приклад технічної реалізації
$(R \rightarrow M \rightarrow I_R)_2$ $(I_E)_1 \times (R \rightarrow M \rightarrow I_R)_2$	Просторові багатоелементні (модульні) композиції ( $K_i \subset R^3$ ) Багатороторні електродвигуни з інверсією магнітного поля	
$(R \rightarrow C)_1 \rightarrow (M)_2$	Групова симетризація фазних параметрів $N = km$ , ( $k = 1, 2, \dots$ ), транспозиція	
$(R)_1 \rightarrow (M)_2$ $(R)_1 \times (M \rightarrow R)_2$	Тягові модульні ЕМ-системи; Лінійні прискорювачі, рейкотрони; Електромагнітний транспорт (орієнтування) деталей	
$(M \rightarrow S)_2$ $(R \rightarrow M \rightarrow S)_2$	Двигуни з ротором, що котиться Гібридні мотор – планетарні редуктори	
$(I_E)_1 \rightarrow (M \rightarrow R)_2$ $(R \rightarrow I_E)_1 \times (M \rightarrow R)_2$	Електромеханічні дезінтегратори, Електромагнітні і електродинамічні сепаратори	
$(M_{S1} \rightarrow M_{S2} \rightarrow \dots)_1 \times (S)_2$	ЕМ-модулі зі змінною просторовою геометрією активної поверхні	
$R (M_{S1} \rightarrow M_{S2} \rightarrow \dots)_1 \times S(M)_2$	Просторово розподілені модульні ЕМ-системи зі змінною просторовою геометрією і топологією активної поверхні	

\*Індексми 1, 2 позначено первинні (батьківські) і вторинні електромагнітні хромосоми відповідно.

Хромосомно-структурні відповідності (табл. 2) становлять системну основу для створення генетичних банків даних, інформаційних баз знань і розробки алгоритмів автоматизованого синтезу ЕМ-об'єктів з заданими адаптивними властивостями.

За результатами аналізу генетичних програм структуроутворення об'єктів просторово адаптивної електромеханіки, авторами відкрито новий механізм структурних мутацій, який відповідає статусу мутацій міжродового і міжвидового рівнів. Математичну основу такого рівня мутацій становить груповий гомеоморфізм електромагнітних хромосом, які в періодичній структурі ГК, представлені відповідними рядами топологічно еквівалентних електромагнітних хромосом. Принцип міжвидової мутації змінює лише першу складову генетичного коду довільної структури, породжуючи послідовність гомологічних структур межах заданого топологічного простору  $R^T$ :

$$M(S) \rightarrow (S_{M1}, S_{M2}, \dots, S_{Mn}) \subset R^T$$

В прикладних задачах генетичного синтезу оператору  $M(S)$  ставиться у відповідність група неперервних просторових деформацій – стиснення, розтягу, зсуву, повороту, кручення та ін. Просторово-топологічні механізми міжвидових просторових мутацій вперше відкрили можливість створення нових класів модульних ЕМ-об'єктів, з 2D і 3D – просторовою адаптацією активної зони, шляхом керованої зміни просторової геометрії і топології активної поверхні в процесі їх функціонування (рис. 2) [7].

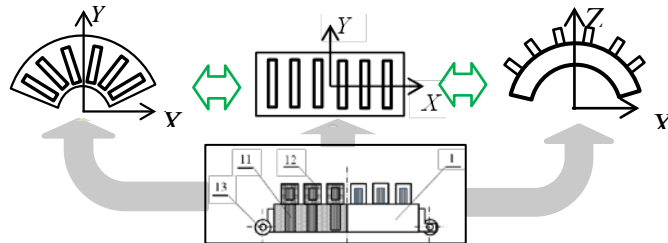


Рис. 2 – Багатофункціональний індукторний модуль з 3D - просторово адаптивною активною поверхнею (міжвидова хромосомна мутація  $TP2.2y \leftrightarrow PL2.2y \leftrightarrow CL2.2y$ ), синтезований на основі електромагнітної мутованої хромосоми  $C_{411}$ .

Результати даного дослідження засвідчують, що фундаментальні положення теорії генетичної еволюції ламають штучні межі технічних дисциплін і існуючі стереотипи, стосовно суто біологічної локалізації генетичних принципів структуроутворення, відкриваючи можливість переходу від вузькодисциплінарної практики проб і помилок, до системної стратегії гармонійного співіснування людини природи і техніки.

#### Список посилань

1. Jay Shendure and Joshua M. Akey. The origins, determinants, and consequences of human mutations // Science. 2015. V. 349. P. 1478–1483.
2. Князева Е.Н. Законы эволюции и самоорганизации сложных систем / Е.Н. Князева, С.П. Курдюмов. – М.: Наука, 1994. – 236 с.
3. Эбелинг В. Физика процессов эволюции. Синергетический подход / В. Эбелинг, А. Энгель, Р. Файстель. –М.: Эдиториал УРССС, 2001. – 328 с.
4. Шинкаренко В.Ф. Основы теории эволюции электромеханических систем / В.Ф. Шинкаренко. – К.: Наукова думка, 2002. – 288с.
5. Кузнецов Ю.М. Передача генетичної інформації в процесі еволюції металорізальних верстатів // Питання історії науки і техніки, №4, 2014. – С.3-10.
6. Шинкаренко В.Ф., Наний В.В., Котлярова В.В., Дунев А.А. Генетическая программа структурной эволюции электродвигателей с катящимся ротором // Електротехніка та електроенергетика, 2012. – № 2. – С. 42–48.
7. Shynkarenko V., Makki A., Kotliarova V., Shymanska A., Krasovskyi P. Genetic Organization and Evolution of Electromechanical Objects with Adaptive Geometry of Active Zone. // Adv. Sci. Technol. Eng. Syst. J. (USA), 5(5), 2020. – P.512-525.