

УДК 681.3(03) DOI 10.36910/6775.24153966.2019.67.12

Ю.М. Кузнєцов*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»***ЕТАПИ ЕВОЛЮЦІЇ ТВОРЧОГО МИСЛЕННЯ З ЕЛЕМЕНТАМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ НА ПРИКЛАДІ СИНТЕЗУ ЦАНГОВИХ ПАТРОНІВ**

Наведена історія поступового нарощування елементів штучного інтелекту в процесі творчого мислення при створенні принципово нових структур і схем затискних патронів на прикладі цангових. Процес мислення на останніх етапах використання штучного інтелекту представлений у вигляді двійкового коду і хвиль частотних імпульсів, що нагадують роботу мозку людини з виникненням резонансних явищ.

Ключові слова: творче мислення, штучний інтелект, цангові затискні патрони, еволюція

Ю.Н. Кузнєцов**ЭТАПЫ ЭВОЛЮЦИИ ТВОРЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ С ЭЛЕМЕНТАМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА ПРИМЕРЕ СИНТЕЗА ЦАНГОВЫХ ПАТРОНОВ**

Приведена история постепенного наращивания элементов искусственного интеллекта в процессе творческого мышления при создании принципиально новых структур и схем зажимных патронов на примере цанговых. Процесс мышления на последних этапах применения искусственного интеллекта представлен в виде двоичного кода и волн частотных импульсов, напоминающих работу мозга человека с возникновением резонансных явлений.

Ключевые слова: творческое мышление, искусственный интеллект, цанговые зажимные патроны, эволюция.

Yu.N. Kuznetsov**THE STAGES OF EVOLUTION OF CREATIVE THOUGHT WITH ELEMENTS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON EXAMPLE OF SYNTHESIS OF COLLETS**

History of gradual increase of elements of artificial intelligence is resulted in the process of creative thought at creation of on principle new structures and charts of clamping cartridges on the example of cangovykh. Thinking process on the lasts of great-time of application of artificial intelligence presented as a binary code and waves of frequency impulses, reminding cerebration.

Key words: creative thought, artificial intelligence, collets, evolution.

Постановка проблеми. Основною рисою сучасності є виклики перед людством четвертої промислової революції Індустрія 4.0 з орієнтацією на штучний інтелект і інтеграцію науки, освіти, виробництва та соціальної сфери для досягнення таких цілей, як: 1-підвищення продуктивності; 2-підвищення якості; 3-зниження енергетичних і сировинних витрат при збереженні екології; 4-скорочення і полегшення ручної праці; 5-полегшення і скорочення рутинної розумової праці; 6-розширення функціональних і технологічних можливостей обладнання при модернізації. Не всі однозначно сприймають виклики часу, стримуючи прогрес. Проте раніш віддані нищівній критиці кібернетика і генетика проклали шлях до пізнання нового і їх міждисциплінарного застосування при створенні нової техніки і нових технологій. Нові наукові ідеї і винаходи, як правило, намагаються в короткий термін впровадити в народне господарство і соціальну сферу для зростання добробуту і якості життя людей. Рішення цієї актуальної проблеми при відсутності повної інформації змушує активізувати процес творчого (креативного) мислення завдяки використанню систем штучного інтелекту [1,7,12,13,15,18,23]. Процес творчого мислення людини пов'язаний з великою кількістю перешкод, оскільки проблема мислення немає однозначного тлумачення і охоплює широкий діапазон дій лівої і правої півкуль людського мозку від альтернативно-логічного до інтуїтивно-практичного мислення. Стосовно затискних механізмів (ЗМ) з компактними цанговими патронами (ЦП) творче мислення було спрямовано на пошук технічних рішень (рис.1) при створенні в кінці XIX століття перших одношпindelних і багатошпindelних токарних автоматів [20,22,24].

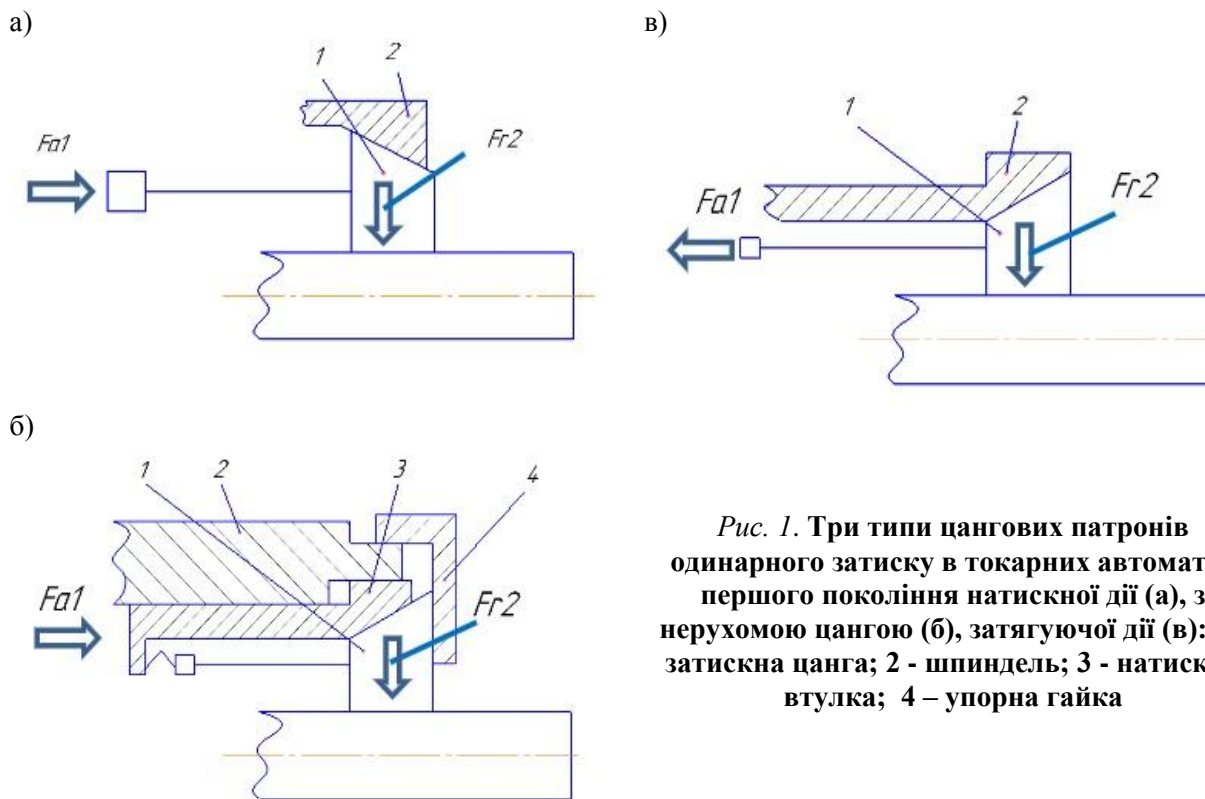


Рис. 1. Три типи цангових патронів одинарного затиску в токарних автоматах першого покоління натискної дії (а), з нерухомою цангою (б), зтягуючої дії (в): 1 - затискна цанга; 2 - шпиндель; 3 - натискна втулка; 4 – упорна гайка

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Коло питань, що стосуються штучного інтелекту, безмежно широке і не може бути охоплено однією роботою. Тому в даній роботі мова буде йти про обмежену сферу творчої діяльності, яка пов'язана із затискними патронами і, зокрема, цанговими, що отримали широке застосування в токарних автоматах для затиску прутків, труб і штучних заготовок [8,17,20,22,24]. Крім того, цанги і цангові патрони використовуються не тільки в різних верстатах і технологічному обладнанні, але в побуті, медицині, тощо.

Багаторічний досвід автора і міждисциплінарний підхід з використанням теорії еволюції [2,5,21], досягнень в генетиці [6], кібернетиці [3,4], креатології [14] і методології творчості [1], де поряд з асоціативними і алгоритмічними методами пошуку рішень велику долю займає системно-морфологічний підхід [1,9,25], дозволив за короткий термін наблизитися до реального осмислення роботи головного мозку і дії його правої півкулі, відштовхуючись від ідей, які, на перший погляд, здаються химерними і були оголошені в кількох розділах докторської дисертації [8].

Постановка завдань. Мета даної роботи – прослідкувати етапи еволюційного розвитку і обґрунтувати принципи творчого мислення на прикладі пошуку затискних патронів (ЗП), як процесу творчого аналізу і синтезу з наступною реалізацією пошуку нових технічних рішень в системах штучного інтелекту.

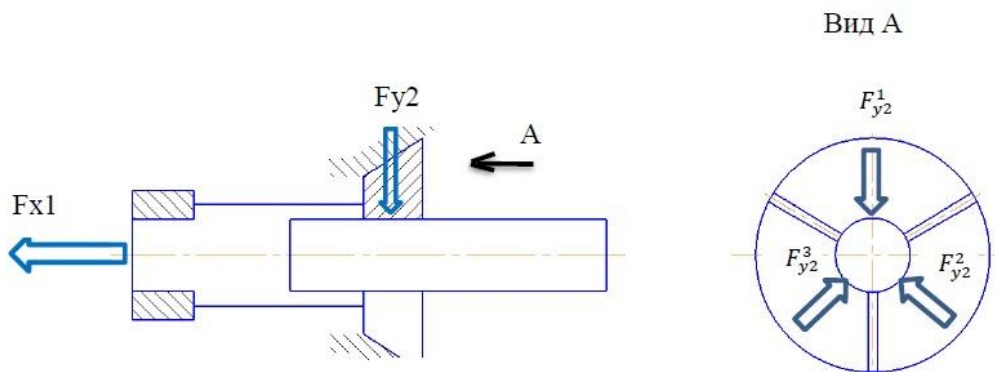
Викладання основного матеріалу. Починаючи з сьомої декади ХХ століття (рис.2), коли був запропонований спеціалізований метод пошуку нових технічних рішень, названий диференціально-морфологічним методом синтезу, прослідкуємо етапи еволюції творчого мислення з нарощуванням елементів штучного інтелекту.



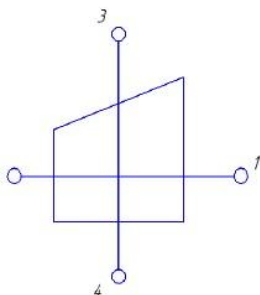
Рис.2. Еволюція творчого мислення при синтезі і генетичному передбаченні цангових та інших затискних патронів

Суть диференційно-морфологічного методу [8,17] полягає в тому, що для вирішення протиріч на етапі пошуку структур (морфології) ЗМ і, зокрема, ЗП, використовують евристичні прийоми повного, неповного і комбінованого розчленування затискного елемента (ЗЕ) (рис.3), що дає різні основні і додаткові ефекти, а при односпрямованому розчленуванні синтезовані структури відповідають новим принципам затиску або забезпечують нові якості.

а)



б)



в)

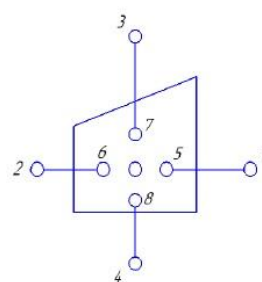


Рис. 3. Схема цангового патрону одинарного затиску зтягуючої дії (а) і його клинового ЗЕ з варіантами повного (б) і неповного (в) розчленування в площині X, Y

Для ідентифікації різних структур були використані літерні і цифрові коди розчленувань, проілюстрований на прикладі повних (рис.4), що дає різні ефекти (рис.5).

№	Геометричний символ	Код	
		Літерний	Цифровий
1	● ⁰	X0Y0	0
2	—	X0 <u>X</u>	102
3		Y0 <u>Y</u>	304
4	└	<u>X</u> 0Y	203
5	┐	<u>X</u> 0 <u>Y</u>	204
6	┌	Y0X	103
7	┐	<u>Y</u> 0X	104
8	└┐	<u>X</u> 0Y0 <u>Y</u>	20304
9	┐└	X0Y0 <u>Y</u>	10304
10	└┐	X0 <u>X</u> 0Y	10203
11	┐└	X0 <u>X</u> 0 <u>Y</u>	1020 <u>3</u>
12	+	X0 <u>X</u> 0Y0 <u>Y</u>	1020304

Рис. 4. Коди повних розчленувань клинового затискного елемента (ЗЕ) в площині ХУ дії сили від приводу затиску [8]

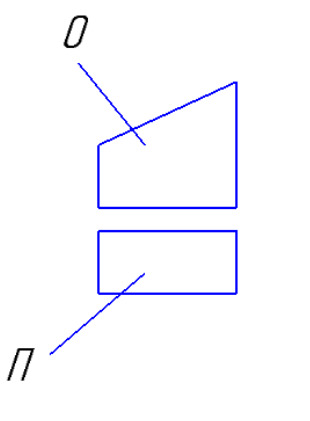
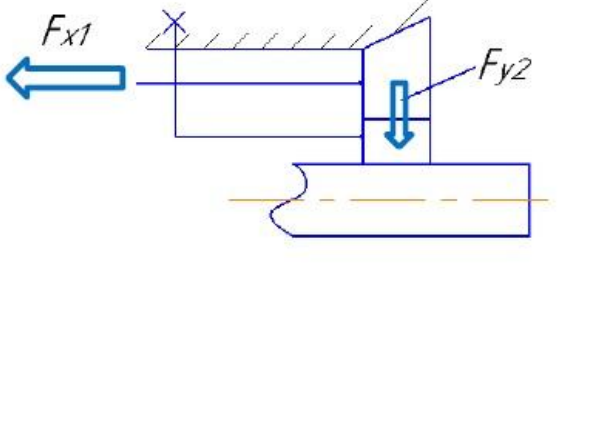
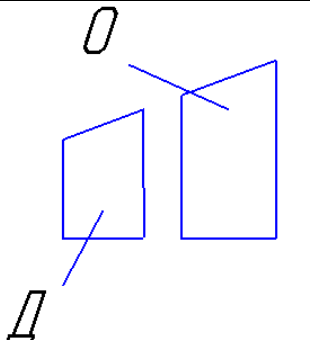
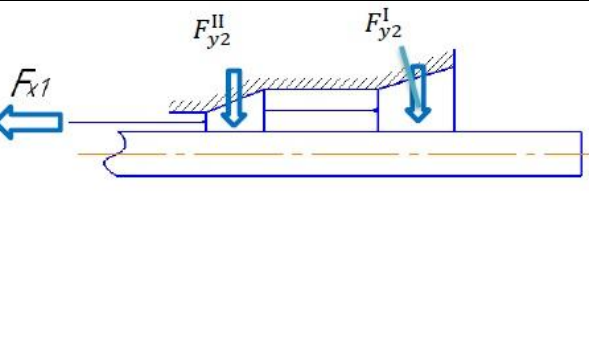
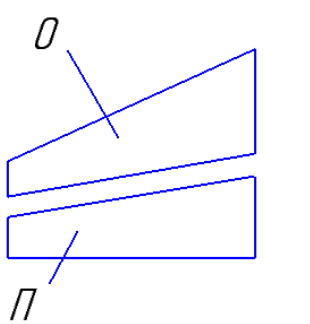
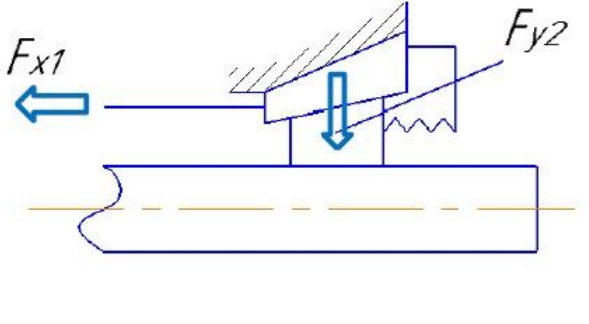
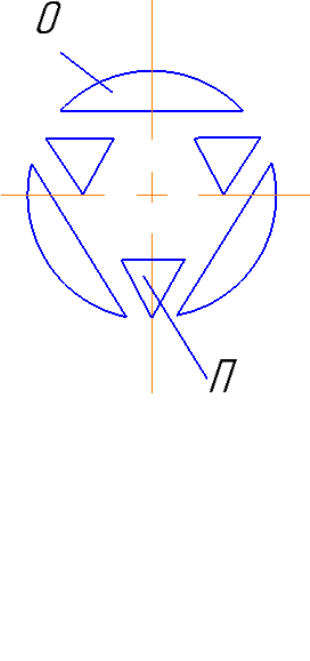
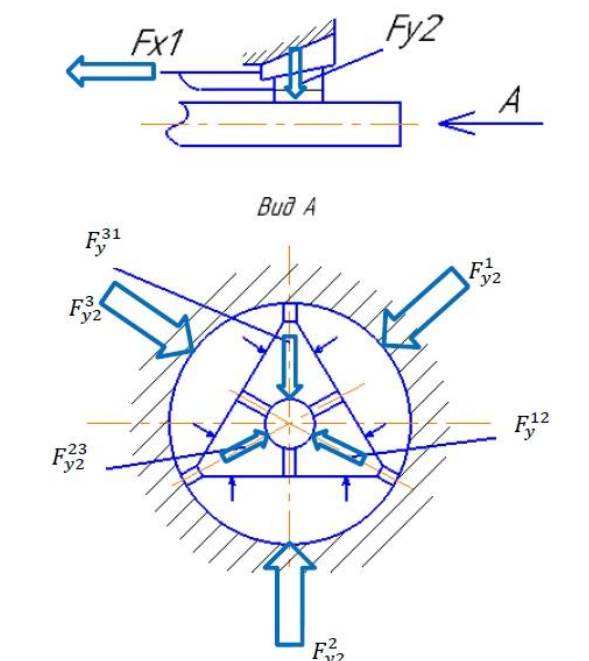
Структура	Основний ефект	Приклад конструктивної схеми
	Висока осьова точність	
	Висока радіальна жорсткість	
	Самонастроювання на діаметр	
	Широкодіапазонність (мультиплікація руху)	

Рис.5. Отримані ефекти повних розчленувань клинового затискного елемента при синтезі цангових патронів затягуючої дії: О – основний ЗЕ; Д - додатковий ЗЕ; П – проміжний ЗЕ

Наступним кроком до творчого мислення став новий погляд в механіці на матеріальну точку як носія генетичної інформації [9]. Це дало можливість створити узагальнену класифікацію (породжувальну систему) різних принципів дії при затиску (загальна кількість 48) (табл.1), виконувати цілеспрямований синтез і передбачити появу невідомих до цього часу ЗМ і ЗП, що наведено в роботі [19] при використанні 5-ти універсальних генетичних операторів синтезу: реплікації, інверсії, схрещування, кросинговера, мутації. Саме завдяки мутації еволюційно здійснений відбір для подальшого розповсюдження (рис.6) третього типу затискних ЦП з попередньо створених (рис.1,в).

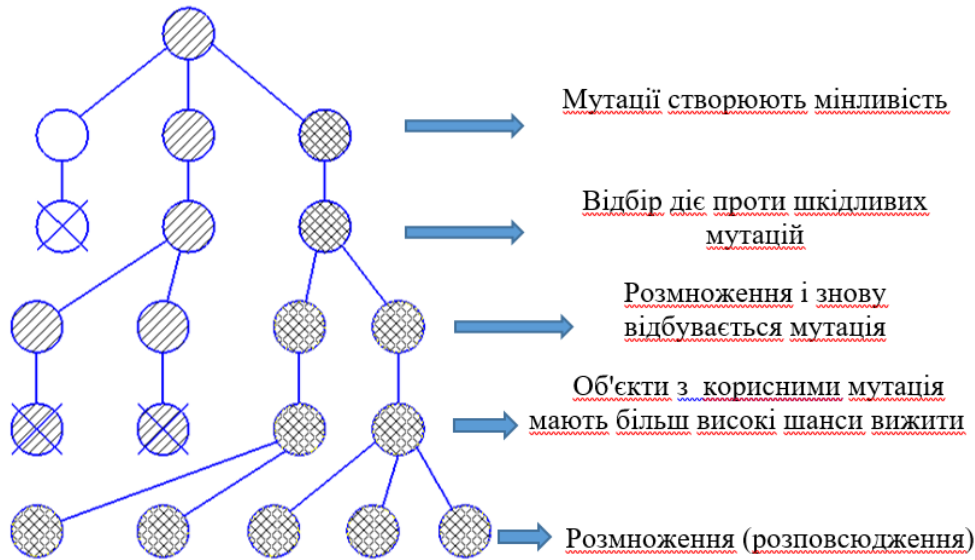
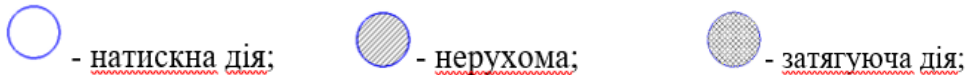





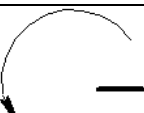
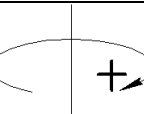


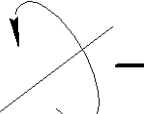
Рис. 6 Природний відбір цангових затискних патронів одинарного затиску для токарних автоматів внаслідок мутації з позначеннями:



Таблиця 1

Породжувальна система ЗМ одинарного затиску в циліндричній системі координат

Від джерела енергії		Вид зусилля (момент)	Вихід до об'єкту затиску				
			Вихідне зусилля F_2				
			Осьове F_{a2}		Радіальне F_{r2}		
Напрямок							
Вхід	Вхідне зусилля F_{a1}	Осьове F_{a1}		$F_{a1} - F_{a2}$	$F_{a1} - \underline{F}_{a2}$	$F_{a1} - F_{r2}$	$F_{a1} - \underline{F}_{r2}$
				$\underline{F}_{a1} - F_{a2}$	$\underline{F}_{a1} - \underline{F}_{a2}$	$\underline{F}_{a1} - F_{r2}$	$\underline{F}_{a1} - \underline{F}_{r2}$
	Радіальне F_{r1}			$F_{r1} - F_{a2}$	$F_{r1} - \underline{F}_{a2}$	$F_{r1} - F_{r2}$	$F_{r1} - \underline{F}_{r2}$
				$\underline{F}_{r1} - F_{a2}$	$\underline{F}_{r1} - \underline{F}_{a2}$	$\underline{F}_{r1} - F_{r2}$	$\underline{F}_{r1} - \underline{F}_{r2}$

Вхідний момент M_1	Тангенціальне F_{t1}		$F_{t1} - F_{a2}$	$F_{t1} - \underline{F}_{a2}$	$F_{t1} - F_{r2}$	$F_{t1} - \underline{F}_{r2}$	
			$\underline{F}_{t1} - F_{a2}$	$\underline{F}_{t1} - \underline{F}_{a2}$	$\underline{F}_{t1} - F_{r2}$	$\underline{F}_{t1} - \underline{F}_{r2}$	
	Навколо осі обертання M_{a1}		$M_{a1} - F_{a2}$	$M_{a1} - \underline{F}_{a2}$	$M_{a1} - F_{r2}$	$M_{a1} - \underline{F}_{r2}$	
			$\underline{M}_{a1} - F_{a2}$	$\underline{M}_{a1} - \underline{F}_{a2}$	$\underline{M}_{a1} - F_{r2}$	$\underline{M}_{a1} - \underline{F}_{r2}$	
	Навколо радіусу M_{r1}		$M_{r1} - F_{a2}$	$M_{r1} - \underline{F}_{a2}$	$M_{r1} - F_{r2}$	$M_{r1} - \underline{F}_{r2}$	
			$\underline{M}_{r1} - F_{a2}$	$\underline{M}_{r1} - \underline{F}_{a2}$	$\underline{M}_{r1} - F_{r2}$	$\underline{M}_{r1} - \underline{F}_{r2}$	
	В площині осі обертання M_{t1}		$M_{t1} - F_{a2}$	$M_{t1} - \underline{F}_{a2}$	$M_{t1} - F_{r2}$	$M_{t1} - \underline{F}_{r2}$	
			$\underline{M}_{t1} - F_{a2}$	$\underline{M}_{t1} - \underline{F}_{a2}$	$\underline{M}_{t1} - F_{r2}$	$\underline{M}_{t1} - \underline{F}_{r2}$	
	Принцип затиску			Торцевий		Радіальний	

Одним з шляхів творчого мислення була спроба структурно-схемного синтезу і передбачення нових ЗМ з використанням морфологічного підходу і комбінаторних алгоритмів [11], які представляють комбінаторні обчислювання з набору спеціальних методів і прийомів, наприклад, двійкову систему наявності або відсутності елементів в системі ЗМ, що удосконалюється або спрощується (1-є, 0-немає). Починаючи з перших механізованих осесиметричних ЗМ, які широко використовуються в токарних, свердильних, фрезерних, шліфувальних і багатоцільових верстатах, присутні наступні елементи системи (рис.7): джерело енергії (ДЕ), перетворювачі енергії (ПЕ), привод затиску (ПЗ), затискний патрон (ЗП), об'єкт затиску (ОЗ). Останній може бути штучною, прутковою, трубною чи іншою заготовкою для виготовленої деталі, наприклад, в токарних верстатах, або інструментом (свердлом, фрезою, шліфувальним кругом, тощо).

Таблиця 2.

Генетична класифікація принципів затиску осесиметричних ЗМ, що обертаються, в циліндричній системі координат

Віджерелаенергії		Вид сили (моменту)	Напрямок	Вихід до об'єктузатиску					
				Осьова сила F_{a2}		Радіальна сила F_{r2}		Тангенціальна сила F_{t2}	
Вхід від джерела енергії	Вхідна сила F_1	Осьова сила F_{a1}		$F_{a1}-F_{a2}$	$F_{a1}-\underline{F_{a2}}$	$F_{a1}-F_{r2}$	$F_{a1}-\underline{F_{r2}}$	$F_{a1}-F_{t2}$	$F_{a1}-\underline{F_{t2}}$
				$\underline{F_{a1}}-F_{a2}$	$\underline{F_{a1}}-\underline{F_{a2}}$	$\underline{F_{a1}}-F_{r2}$	$\underline{F_{a1}}-\underline{F_{r2}}$	$\underline{F_{a1}}-F_{t2}$	$\underline{F_{a1}}-\underline{F_{t2}}$
		Радіальна сила F_{r1}		$F_{r1}-F_{a2}$	$F_{r1}-\underline{F_{a2}}$	$F_{r1}-F_{r2}$	$F_{r1}-\underline{F_{r2}}$	$F_{r1}-F_{t2}$	$F_{r1}-\underline{F_{t2}}$
				$\underline{F_{r1}}-F_{a2}$	$\underline{F_{r1}}-\underline{F_{a2}}$	$\underline{F_{r1}}-F_{r2}$	$\underline{F_{r1}}-\underline{F_{r2}}$	$\underline{F_{r1}}-F_{t2}$	$\underline{F_{r1}}-\underline{F_{t2}}$
		Тангенціальна сила F_{t1}		$F_{t1}-F_{a2}$	$F_{t1}-\underline{F_{a2}}$	$F_{t1}-F_{r2}$	$F_{t1}-\underline{F_{r2}}$	$F_{t1}-F_{t2}$	$F_{t1}-\underline{F_{t2}}$
				$\underline{F_{t1}}-F_{a2}$	$\underline{F_{t1}}-\underline{F_{a2}}$	$\underline{F_{t1}}-F_{r2}$	$\underline{F_{t1}}-\underline{F_{r2}}$	$\underline{F_{t1}}-F_{t2}$	$\underline{F_{t1}}-\underline{F_{t2}}$
	Вхідний момент M_1	Навколоосіобертання M_{a1}		$M_{a1}-F_{a2}$	$M_{a1}-\underline{F_{a2}}$	$M_{a1}-F_{r2}$	$M_{a1}-\underline{F_{r2}}$	$M_{a1}-F_{t2}$	$M_{a1}-\underline{F_{t2}}$
				$\underline{M_{a1}}-F_{a2}$	$\underline{M_{a1}}-\underline{F_{a2}}$	$\underline{M_{a1}}-F_{r2}$	$\underline{M_{a1}}-\underline{F_{r2}}$	$\underline{M_{a1}}-F_{t2}$	$\underline{M_{a1}}-\underline{F_{t2}}$
		Навколорадіусу M_{r1}		$M_{r1}-F_{a2}$	$M_{r1}-\underline{F_{a2}}$	$M_{r1}-F_{r2}$	$M_{r1}-\underline{F_{r2}}$	$M_{r1}-F_{t2}$	$M_{r1}-\underline{F_{t2}}$
				$\underline{M_{r1}}-F_{a2}$	$\underline{M_{r1}}-\underline{F_{a2}}$	$\underline{M_{r1}}-F_{r2}$	$\underline{M_{r1}}-\underline{F_{r2}}$	$\underline{M_{r1}}-F_{t2}$	$\underline{M_{r1}}-\underline{F_{t2}}$
		В площиніосіобертання M_{t1}		$M_{t1}-F_{a2}$	$M_{t1}-\underline{F_{a2}}$	$M_{t1}-F_{r2}$	$M_{t1}-\underline{F_{r2}}$	$M_{t1}-F_{t2}$	$M_{t1}-\underline{F_{t2}}$
				$\underline{M_{t1}}-F_{a2}$	$\underline{M_{t1}}-\underline{F_{a2}}$	$\underline{M_{t1}}-F_{r2}$	$\underline{M_{t1}}-\underline{F_{r2}}$	$\underline{M_{t1}}-F_{t2}$	$\underline{M_{t1}}-\underline{F_{t2}}$
Принцип затиску			Торцевий		Радіальний		Тангенціальний		

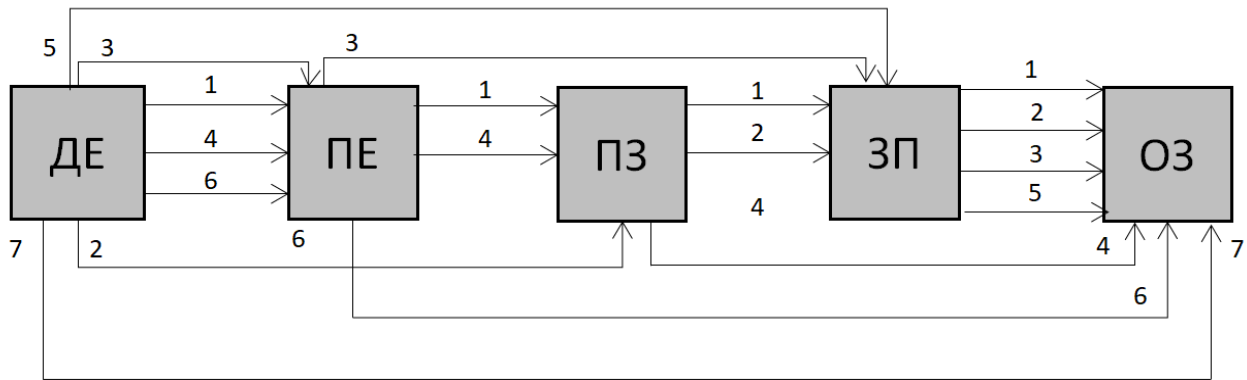


Рис. 7. Елементи системи ЗМ і зв'язки між ними

В будь-якій системі ЗМ обов'язково повинні бути вхід (джерело енергії-вага 1) і вихід (об'єкт затиску-вага 1). Всі інші елементи в послідовному ланцюгу без врахування системи керування (ПЕ, ПЗ, ЗП) в принципі згідно комбінаторики можуть бути і не бути, коли мова йде про спрощення і скорочення ланцюгу.

Згідно теорії еволюційного і генетичного синтезу [2,21] виникає можливість 100% прогнозування і спрямованого синтезу нових ЗМ з використанням породжувальних систем з заданою цільовою функцією [19], що вимагає складних математичних перетворень з побудовою моделей мікро і макроеволюцій, а також написанням громіздких структурних генетичних формул [21]. Тому в роботі запропонований спрощений системно-морфологічний підхід з побудовою цифрової матриці з поступовим вилученням елементів системи при двійковому кодуванні. Таким чином в еволюційному розвитку системи ЗМ можна передбачити від минулого через сучасне до майбутнього при переборі всіх варіантів лише 7 комбінаторних сполучень з наступними кодами: ЗМ1-11111, ЗМ2-10111, ЗМ3-11011, ЗМ4-11101, ЗМ5-10011, ЗМ6-11001, ЗМ7-10001(рис.8). До сих пір у виробництві переважно використовуються системи ЗМ1-ЗМ3, частково ЗМ4. Кожний код дає поштовх для пошуку різних варіантів його реалізації.

Елемент системи / Варіант системи	ДЕ	ПЕ	ПЗ	ЗП	ОЗ
ЗМ1	1	1	1	1	1
ЗМ2	1	0	1	1	1
ЗМ3	1	1	0	1	1
ЗМ4	1	1	1	0	1
ЗМ5	1	0	0	1	1
ЗМ6	1	1	0	0	1
ЗМ7	1	0	0	0	1

Рис.8. Двійкова морфологічна матриця еволюції удосконалення системи ЗМ

Розширення і подальше удосконалення генетико-морфологічного підходу, запропоновано в роботах [9,19] викликане вимогами сучасного інструментального виробництва і потребами розширення технологічних можливостей верстатного обладнання, побудованого на модульному принципі [10]. Тому породжувальна система ЗМ (табл.1) розширена за рахунок введення на виході тангенціальних сил затиску, що породжують ще 24 варіанти нових принципів (табл.2). Для об'єктів, що обертаються, загальна кількість принципів затиску буде складати $48 + 24 = 72$.

Наступним кроком до штучного інтелекту при пошуку нових технічних рішень є використання хвильового і цифрового уявлення у вигляді частотних імпульсів і двійкового коду по аналогії з роботою [12], що представлено на рис.9 в порівнянні з рис.5.

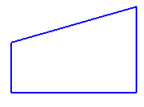

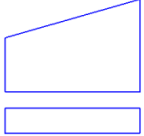

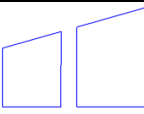

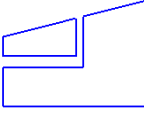

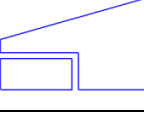

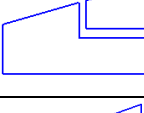
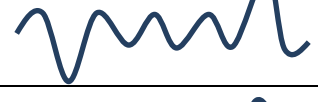

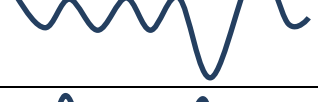
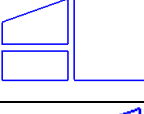



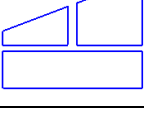
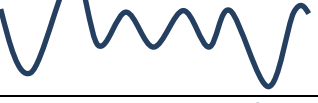
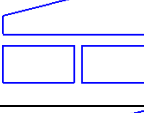
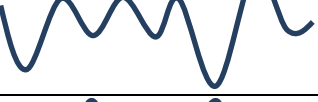
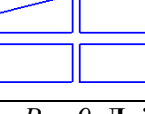

№	Структура	Геометричний символ	Двійковий код	Частотний імпульс
1		●	0 0 0 0 0	
2		—	1 0 0 0 1	
3		┆	0 1 0 1 0	
4		└	1 1 0 0 0	
5		┐	1 0 0 1 0	
6		└┆	0 1 0 0 1	
7		┆┐	0 0 0 1 1	
8		└┆┐	1 1 0 1 0	
9		┆┐└	0 1 0 1 1	
10		└┆┐└	1 1 0 0 1	
11		┆┐└┆	1 0 0 1 1	
12		+	1 1 0 1 1	

Рис.9. Двійкові коди і хвильового через частотні імпульси для повних розчленувань клинового ЗЕ в площині ХУ дії сили від приводу затиску

Процес мислення людини-генератора ідей можна уявити, як комбінацію сполучень хвиль частотних імпульсів з сплесками подолання психологічного бар'єру і отримання відгуків в пам'яті і персональному комп'ютері у вигляді частотних імпульсів з однаковими параметрами, в рамках яких можливо виникнення резонансних явищ, що підсилюють імпульс (рис.10 , 11).

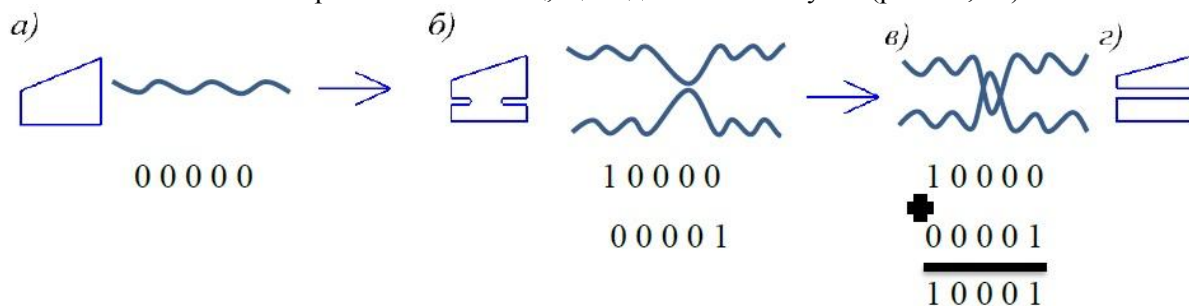


Рис. 10. Трансформація технічних рішень за допомогою хвильового уявлення через частотні імпульси і двійкового коду в площині ХУ

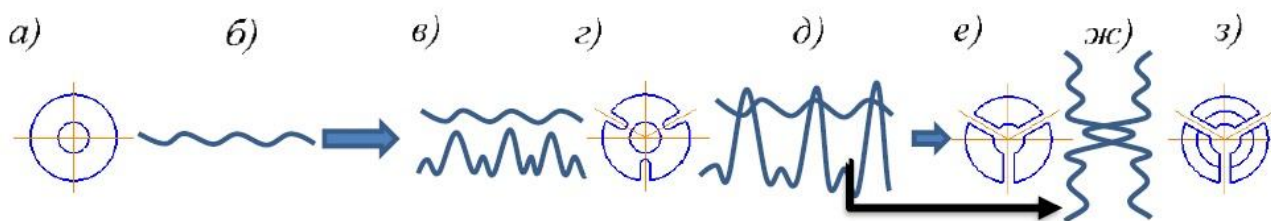


Рис. 11. Трансформація технічних рішень за допомогою хвильового уявлення через частотні імпульси і їх підсилення в площині YZ

Висновок: Аналіз етапів еволюції творчого мислення з елементами штучного інтелекту і запропоновані ідеї і підходи дозволяють стверджувати про реальність використання спрощених систем штучного інтелекту з високим рівнем креативності. Тому роботи в цьому напрямку необхідно продовжити, бо вони відповідають викликам четвертої промислової революції «Індустрія 4.0» перед вченими і промисловиками України.

Список використаних джерел:

1. Автоматизация поискового конструирования (искусственный интеллект в машинном проектировании) /А.И.Половинкин, Н.К.Бобков, Т.Я.Буш и др.; под ред. А.И.Половинкина.-М.: Радио и связь, 1981.-344.
2. Балашов Е.П. Эволюционный синтез систем /Е.П.Балашов.-М.: Радио и связь, 1985.-328с.
3. Брюхович Е.И. К вопросу об информатизации общества //Математические машины и системы.-1997, №2.-С.122-132.
4. Брюхович Е.И. Изоморфизм в эволюционном развитии вычислительной техники//Комп'ютерні засоби, мережі та системи.-2005.-№4.-С.3-9.
5. Вернадский В.И. Биосфера.-М.: Місль, 1967.-323с.
6. Вавилов Н.И. Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости.-Л.: Наука, 1987.-267с.
7. Ишлинский А.Ю. Механика: днен, задачи, приложения.-М.: Наука, 1985.-624с.
8. Кузнецов Ю.Н. Синтез зажимных механизмов прутковых автоматов: дис. ... д-р техн. наук /Ю.Н.Кузнецов.-М.: МВТУ им. Н.Э.Баумана, 1984.-515с.
9. Кузнецов Ю.Н. Новый взгляд на материальную точку как носителя генетической информации при создании технических систем //Материалы международной научно-практической конференции «Фундаментальные основы механики. Новокузнецк: НИЦ МС, 2016.-№1.-С.26-40.
10. Кузнецов Ю.Н., Эль-Дахаби Ф.В. Развитие генетико-морфологического подхода при синтезе станочно-инструментальной оснастки //Сб. докладов межд. научн. конф. УНИТЕХ-2018, Габрово, 16-17.11.2018, т.ІІ.- С.183-189.
11. Кузнецов Ю.М., Эль-Дахаби Ф.В. Напрямки удосконалення високоточних високошвидкісних осесиметричних затискних механізмів //Известия ХНТУ №46 (67), 2018.-С.70-75.
12. Настасенко В.А. Системы искусственного интеллекта и возможности связи с процессами творческого мышления //Искусственный интеллект.2013, №14.-С.28-36.
13. Нильсон Н. Искусственный интеллект. Методы поиска решений: пер. с англ. /Н.Нильсон.-М.: Мир, 1973.-270с.

14. Пигоров Г.С. Креатология и интеллектуальные технологии инновационного развития /Г.С.Пигоров, В.П.Козинец, А.Г.Махмудов и др.- Днепропетровск: Пороги, 2003.-502с.
15. Пройдаков Э.М. Современное состояние искусственного интеллекта DOI: 10.31249/scis/2018.00.09.
16. Рассел Стюарт. Искусственный интеллект: современный подход: пер. с англ. /Стюарт Рассел, Норвиг Питер.-2-е изд.-М.: Вильямс, 2006.-1408с.
17. Самонастраивающиеся зажимные механизмы: справочник /Ю.Н.Кузнецов, А.А.Вачев, С.П.Сяров, А.Й.Цървенков; под ред. Ю.Н.Кузнецова.-К.: Техника; София: Гос. изд-во «Техника», 1988.-222с.
18. Станкевич Л.А. Искусственный интеллект и искусственный разум в робототехнике: учебн. Пособие /Л.А.Станкевич, Е.И.Юревич.-СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012.-167с.
19. Хамуйела Ж.А. Герра. Генетико-морфологический синтез зажимных патронов: монография /Ж.А. Герра Хамуйела, Ю.Н. Кузнецов, Т.О.Хамуйела; под ред. Ю.Н.Кузнецова.-Луцк: Вэжа-Друк. 2017.-328с.
20. Шаумян Г.А. Автоматы и автоматические линии.-М.:Машгиз, 1961.-552с.
21. Шинкаренко В.Ф. Основи теорії еволюції електромеханічних систем /В.Ф.Шинкаренко.-К.: Наукова думка, 2002.-288с.
22. Шлезингер Ф.Г. Металлорежущие станки. М.: Машгиз, 1936.
23. Ясницкий Л.Н. Интеллектуальные системы: учебник. - М.: Лаборатория знаний, 2016.-221с.
24. Kelle Ph. Automaten, Spriger Verlag, 1951.
25. Zwicky F. Discovery, invention, research through the morphological approach /F.Zwicky.-Toronto; New York: MeMillan, 1969.

Стаття надійшла до редакції 28.08.2013