УДК 621.941

Кузнєцов[1] Ю.М., д.т.н., проф.; **Придальний[2] Б.І.,** к.т.н., доц.
1-НТУУ «Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна; 2- Луцький НТУ, м. Луцьк, Україна

ПЕРЕДУМОВИ ГЕНЕТИЧНО-МОРФОЛОГІЧНОГО СИНТЕЗУ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ПРИВОДІВ ЗАТИСКНИХ МЕХАНІЗМІВ, ЩО ОБЕРТАЮТЬСЯ

Kuznetsov[1] Y., Prydalnyi[2] B.

1 - National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, (zmok@mail.ru);
2 - Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine, (prydalnyy@rambler.ru)

PRECONDITIONS FOR GENETICALLY AND MORPHOLOGICAL SYNTHESIS ELECTROMECHANICAL ACTUATORS OF CLAMPING MECHANISMS THAT IS ROTATING

У пропонованій статті описано основні теоретичні положення генетично-морфологічного підходу до синтезу електромеханічних приводів затискних механізмів токарних верстатів, у межах яких виконано ідентифікацію та запропоновано спосіб кодування частини генетичної інформації; розглянуто узагальнену структуру та модель силових потоків, що діють в затискних механізмах. Окрім того, представлено класифікацію можливих варіантів структур силових потоків у приводах затискних механізмів, що обертаються. Показано, що передача сил від джерела енергії на вході у затискний механізм до об'єкта затиску на виході може бути описана на різних рівнях складності структури, а також наведено генетичні формули, що описують силові потоки в електромеханічних приводах затиску .
Ключові слова: затискний механізм; токарний верстат; електромеханічний привод; генетично-морфологічний підхід.

Вступ

Затискний механізм (ЗМ) як підсистема верстата суттєво впливає на продуктивність і якість обробки, а привод затиску (ПрЗ), як основний елемент ЗМ, визначає його кінематичні, силові та енергетичні характеристики, від яких залежать основні техніко-економічні показники верстата [4]. Більшість сучасних ЗМ та їх ПрЗ зберігають традиційні конструкції, що стримує розвиток структури верстата в цілому. Такі ЗМ далеко не завжди відповідають вимогам, що висуваються до процесу закріплення деталі та конструкції шпиндельних вузлів у сучасних високотехнологічних та високопродуктивних верстатах. Адже забезпечення сили затиску та міцності механізму сьогодні є лише необхідною властивістю ЗМ, але вже недостатньою.

Наявні методи створення ПрЗ функціонують здебільшого на рівні "прилаштування" (використання) відомих технічних рішень до нових "умов роботи", тобто далеко не завжди враховують можливості розвитку системи до якісно нових рівнів структурної організації. Організація та розвиток досліджень у цьому напрямку відкриває можливість переходу від фрагментно-об'єктного рівня представлення ПрЗ до системного науково прогнозованого рівня знань як по відношенню до відомих, так і потенційно можливих структур ПрЗ. Виявлення генетичних механізмів структуроутворення сформує передумови для переходу до етапу «керованої» еволюції [1, 3, 7], тобто передбачення і направленого синтезу ПрЗ з потрібними властивостями з множини генетично допустимих.

Відповідно до генетичного підходу та міркувань, викладених в [8, 10], для опису ПрЗ на хромосомному рівні необхідно використовувати елементарний силовий потік, враховуючи що:

– силових (енергетичних) потоків може бути кілька за входами і виходами;

– вхідні та вихідні силові потоки можуть бути однаковими та різними і складатися з обмеженої кількості їх видів та обмеженого набору варіантів просторового розташування (координатних рухів);

– силові потоки можуть бути із зовнішнім джерелом енергії (переважно) і значно рідше з внутрішнім (використання відцентрових сил, магнітного поля, сил пружності тощо);

– з'єднання окремих силових потоків може бути послідовним, паралельним, паралельно-послідовним;

– між входом і виходом силового потоку ПрЗ є різні перетворювачі і їх кількість обмежена (наприклад, до механічних перетворювачів відносяться важільні, клинові, плунжерні, спіральні, зубчасті, гвинтові, пружні);

– можлива комбінація перетворювачів у силових потоках ПрЗ і затискного патрона (ЗП), а можливий один перетворювач для ЗМ, коли функції ПрЗ виконує сам ЗП;

– передача та перетворення (трансформація) силових потоків може відбуватися у різних середовищах –

 © Кузнєцов Ю.М., Придальний Б.І., 2015

твердих, плинних, сипучих, рідинних, повітряних, електромагнітних, магнітострикційних, біологічних та інших, поки нам невідомих.

Мета нашого дослідження – розробка передумов для створення та опису електромеханічних приводів ЗМ на основі генетико-морфологічного підходу.

Дослідження

Як для ЗП на об'єктному рівні елементарний силовий контур може бути замкнений відкритий, замкнений закритий, розімкнений і комбінований [4], так і в ПрЗ елементарний силовий контур може бути із замиканням силовим непружним (відкритий контур, що завжди пов'язаний з джерелом і перетворювачем енергії), силовим пружним (за рахунок потенційної енергії пружного елемента – наприклад, пакета тарілчастих пружин), геометричним – натяг пружної системи механізму підтримується за рахунок геометричної форми ведучої ланки, фрикційним – з самогальмуванням, комбінованим. Силовий контур позначається цифрами «1» та «0» зверху після запису генетичного коду, вміщеного у прямих дужках (табл. 1).

Таблиця 1

Позначення видів силового контуру

Привод затиску	
Вид замикання	*Позначення*
Геометричне	[1]
Фрикційне	1
Силове не пружне	0
Силове пружне	[0]
Комбіноване – геометрично-силове не пружне	[1],0; 0,[1]
Комбіноване – геометрично-фрикційне	[1],1; 1,[1]
Комбіноване – геометрично-силове пружне	[1],[0]; [0],[1]
Комбіноване – фрикційно-силове пружне	1,[0]; [0],1
Комбіноване – фрикційно-силове не пружне	1,0; 0,1

За видом енергії силових потоків, що використовується, ПрЗ можуть бути: механічні, електромагнітні, рухомих середовищ (гідро-, пнемо-) та їх комбінації. Це визначає вид енергетичних потоків (взаємодія твердих тіл, електромагнітна взаємодія, тиск рухомих середовищ та ін.) [5, 6, 9] (табл. 2). Таким чином, в ЗМ і, зокрема, в ПрЗ можливе використання різних середовищ і полів у силових потоках [5] з такими позначеннями (табл. 2).

Таблиця 2

Позначення середовищ передачі та перетворення енергії у ПрЗ

Вид середовища-носія силових потоків	Позначення
Механічні передачі і перетворювачі за допомогою твердих тіл	MSB (mechanical solid body)
Електромагнітні поля, що діють безпосередньо або в складі електромеханічних систем передачі і перетворення	EMF (electromagnetic field)
Рідинно-плинні та в'язкі середовища для передачі та перетворення (зміни параметрів силового потоку)	LFM (liquid flowing medium)
Газові (повітряні) середовища для передачі і перетворення, зокрема вакуум	AVM (air and vacuum medium)
Магнітні поля притягання та відштовхування	CMF (constant magnetic field)
Теплові потоки, що спричиняють сили теплового розширення (звуження) речовини	TRF (thermal field)
Відцентрові сили під час обертання не зрівноважених мас	CFF (centrifugal force)

На сучасному етапі розвитку ЗМ верстатів токарної групи найбільшого поширення набули ПрЗ механічного виконання. У своїй виконавчій частині наявні ПрЗ механічного виконання мають геометричні праобрази (моделі), кількість видів яких обмежена [9, 10]: важільні LV, клинові WD, плунжерні PL, спіральні SP, зубчасті GR, гвинтові SC, пружні SR. Кількість перетворювачів силових потоків та їх видів (серед перерахованих вище) може бути різною та комбінуватися. Відповідно, у ПрЗ механічного виконання можуть існувати вхідні та вихідні силові потоки у вигляді сил та моментів сил. Очевидною є можливість існування ПрЗ, силові потоки яких розташовуються у тримірному просторі і мають інший набір координатних рухів. Для виявлення нових видів ПрЗ доцільно провести аналіз можливих варіантів просторового розташування та взаємної орієнтації вхідних та вихідних силових потоків [5, 10] у вигляді таблиці. Оскільки в токарних автоматах вихідна ланка ПрЗ знаходиться завжди у шпинделі, що обертається разом зі ЗП, тому доцільно здійснити позначення сили і моментів в циліндричній системі координат замість декартової, тобто:

$F_a(F_x)$ – осьове зусилля вздовж осі обертання шпинделя та об'єкта затиску (ОЗ);
$F_r(F_y)$ – радіальне зусилля, перпендикулярне осі обертання ОЗ;
$F_t(F_z)$ – тангенціальне зусилля, дотичне до циліндричної поверхні обертання ОЗ;
$M_a(M_x)$ – момент навколо осі обертання ОЗ;
$M_r(M_y)$ – момент навколо осі (радіуса), перпендикулярної до осі обертання ОЗ;
$M_t(M_z)$ – момент навколо осі, дотичної до циліндричної поверхні обертання ОЗ.

Таблиця 3

Класифікація силових потоків в ПрЗ для ЗМ, що обертаються

Вид джерела енергії		Вид зусилля	Вихід до затискного патрона			
			Вихідне зусилля (момент)			
			Осьове зусилля $\mathbf{F_{a1}}$		Обертальний момент $\mathbf{M_{a1}}$	
		Напрямок	+	−	+	−
Вхідний силовий потік	Зусилля	Осьове $\mathbf{F_{a0}}$	$F_{a0} - F_{a1}$	$F_{a0} - \underline{F}_{a1}$	$F_{a0} - M_{a1}$	$F_{a0} - \underline{M}_{a1}$
			$\underline{F}_{a0} - F_{a1}$	$\underline{F}_{a0} - \underline{F}_{a1}$	$\underline{F}_{a0} - M_{a1}$	$\underline{F}_{a0} - \underline{M}_{a1}$
		Радіальне $\mathbf{F_{r0}}$	$F_{r0} - F_{a1}$	$F_{r0} - \underline{F}_{a1}$	$F_{r0} - M_{a1}$	$F_{r0} - \underline{M}_{a1}$
			$\underline{F}_{r0} - F_{a1}$	$\underline{F}_{r0} - \underline{F}_{a1}$	$\underline{F}_{r0} - M_{a1}$	$\underline{F}_{r0} - \underline{M}_{a1}$
		Тангенціальне $\mathbf{F_{t0}}$	$F_{t0} - F_{a1}$	$F_{t0} - \underline{F}_{a1}$	$F_{t0} - M_{a1}$	$F_{t0} - \underline{M}_{a1}$
			$\underline{F}_{t0} - F_{a1}$	$\underline{F}_{t0} - \underline{F}_{a1}$	$\underline{F}_{t0} - M_{a1}$	$\underline{F}_{t0} - \underline{M}_{a1}$
	Обертальний момент	Навколо осі обертання $\mathbf{M_{a0}}$	$M_{a0} - F_{a1}$	$M_{a0} - \underline{F}_{a1}$	$M_{a0} - M_{a1}$	$M_{a0} - \underline{M}_{a1}$
			$\underline{M}_{a0} - F_{a1}$	$\underline{M}_{a0} - \underline{F}_{a1}$	$\underline{M}_{a0} - M_{a1}$	$\underline{M}_{a0} - \underline{M}_{a1}$
		Перпендикулярно осі обертання $\mathbf{M_{r0}}$	$M_{r0} - F_{a1}$	$M_{r0} - \underline{F}_{a1}$	$M_{r0} - M_{a1}$	$M_{r0} - \underline{M}_{a1}$
			$\underline{M}_{r0} - F_{a1}$	$\underline{M}_{r0} - \underline{F}_{a1}$	$\underline{M}_{r0} - M_{a1}$	$\underline{M}_{r0} - \underline{M}_{a1}$
		У площині осі обертання $\mathbf{M_{t0}}$	$M_{t0} - F_{a1}$	$M_{t0} - \underline{F}_{a1}$	$M_{t0} - M_{a1}$	$M_{t0} - \underline{M}_{a1}$
			$\underline{M}_{t0} - F_{a1}$	$\underline{M}_{t0} - \underline{F}_{a1}$	$\underline{M}_{t0} - M_{a1}$	$\underline{M}_{t0} - \underline{M}_{a1}$

Табл. 3 є Породжувальною системою елементарних силових (енергетичних) потоків, яку можна представити у вигляді двох матриць [10], наповнених «генетичною інформацією». При цьому, кожному елементу однієї (вхідної) M_{EN} матриці ставиться у відповідність певний елемент іншої (вихідної) матриці M_{EX} за правилами, які визначаються законами функціонування механізму. Для ПрЗ механічного виконання, в яких

реалізована схема з одним вхідним та вихідним силовим потоком, такі матриці мають вигляд:

$$\mathrm{M}_{EN}=\begin{vmatrix}\pm F_{x0}\\ \pm F_{y0}\\ \pm F_{z0}\\ \pm M_{x0}\\ \pm M_{y0}\\ \pm M_{z0}\end{vmatrix}\Rightarrow \mathrm{M}_{EX}=\begin{vmatrix}\pm F_{x1}\\ \pm F_{y1}\\ \pm F_{z1}\\ \pm M_{x1}\\ \pm M_{y1}\\ \pm M_{z1}\end{vmatrix}, \quad (1)$$

де M_{EN} – вхідна матриця; M_{EX} – вихідна матриця; F_{X1}, F_{Y1}, F_{Z1}, – вхідне зусилля, спрямоване вздовж відповідних осей координат, F_{X2}, F_{Y2}, F_{Z2} – вихідне зусилля, спрямоване вздовж відповідних осей координат, M_{X1}, M_{Y1}, M_{Z1} – вхідні обертальні моменти навколо відповідних осей координат; M_{X2}, M_{Y2}, M_{Z2} – вихідні обертальні моменти навколо відповідних осей координат.

Такий варіант представлення можливих «генетичних» інформаційних моделей ПрЗ не дуже зручний для пошуку нових структур ПрЗ тому, що вміщує велику кількість не придатних для наявного технологічного обладнання варіантів із загальної кількості – $N_f = 12\times12=144$. Для ПрЗ механізмів затиску тіл обертання можливими є варіанти, що представлені двома матрицями:

$$\mathrm{M}'_{EN}=\begin{vmatrix}\pm F_{a0}\\ \pm F_{r0}\\ \pm F_{t0}\\ \pm M_{a0}\\ \pm M_{r0}\\ \pm M_{t0}\end{vmatrix}\Rightarrow \mathrm{M}'_{EX}=\begin{vmatrix}\pm F_{a1}\\ \pm M_{a1}\end{vmatrix}, \quad (2)$$

що дає $N'_f = 12\times4=48$.

Якщо вхід і вихід силових потоків ПрЗ розташовані на шпиндельному вузлі, то кількість варіантів зменшується до $N''_f = 4\times4=16$

$$\mathrm{M}''_{EN}=\begin{vmatrix}+F_{a0}\\ -F_{a0}\\ +M_{a0}\\ -M_{a0}\end{vmatrix}\Rightarrow \mathrm{M}''_{EX}=\begin{vmatrix}+F_{a1}\\ -F_{a1}\\ +M_{a1}\\ -M_{a1}\end{vmatrix}. \quad (3)$$

Таким чином, з (3) можна виділити (скомбінувати) чотири можливі класи ПрЗ без урахування напряму дії зусилля (моменту)

$$\mathrm{M}'''_{EN}=\begin{vmatrix}F_{a0}\\ M_{a0}\end{vmatrix}\Rightarrow \mathrm{M}'''_{EX}=\begin{vmatrix}F_{a1}\\ M_{a1}\end{vmatrix}, \quad (4)$$

а саме: 1) з осьовим вхідним та вихідним зусиллями ($Fa_0 – Fa_1$); 2) з осьовим вхідним та крутним вихідним зусиллями ($Fa_0 – Ma_1$); 3) з крутним вхідним та осьовим вихідним зусиллями ($Ma_0 – Fa_1$); 4) з крутним вхідним та вихідним зусиллями ($Ma_0 – Ma_1$).

Різноманітність структур силових потоків ПрЗ можна розглядати як результат еволюційного синтезу [1, 3, 9], основою якого є обмежена сукупність породжувальних елементів з генетичними та періодичними властивостями [11]. Сукупність виявлених закономірностей створює необхідні теоретичні засади для створення та впровадження принципово нової методології проектування ПрЗ. Основна ідея побудови класифікації (табл. 3) різноманітності структур силових потоків ПрЗ ґрунтується на принципі існування скінченної множини породжувальних структур силових потоків ПрЗ. Їх сукупність може описати всі наявні та потенційно можливі класи ПрЗ [5]. Цей принцип також лежить в основі організації природних систем і є основою методології їх досліджень [8, 1, 2]. Представлена класифікація (табл. 3) містить кінцеву множину первинних структур силових потоків ПрЗ, властивості яких успадковуються у структурах ПрЗ вищого рівня складності, що відображає генетичний принцип побудови та розвитку складних структур. У свою чергу це дає можливість розгляду структур ПрЗ як окремого класу систем, що мають власну структуру та еволюціонують. При цьому їх розвиток здійснюється у напрямі підвищення рівня структурної організації та розширення структурних класів [1, 8, 7].

Класифікацію структур силових потоків ПрЗ (табл.3) можна розглядати також як засіб організації теоретичних досліджень у сфері синтезу та розвитку ПрЗ, що зумовлено можливістю перенесення знань, належних до певного класу об’єктів (структур ПрЗ), у межах теорії, на інший ПрЗ цього класу [9, 10]. Структурні властивості представленої класифікації силових потоків ПрЗ (табл.3) задовольняють сукупності логічних вимог, що є визначальними в теорії класифікації і розглядаються як умови її правильності. До складу таких вимог відносять [1, 3, 8, 4]: відкритість – структура класифікації є «відкритою» відносно структур ПрЗ

(об'єктів класифікації), невідомих на сьогодні; повнота – визначається принципом скінченності та неперервності інформації про множину структур ПрЗ (класифікованих елементів); узгодженість – структура класифікації та її властивості мають бути узгодженими, що означає можливість визначення окремих елементів класифікації (структура ПрЗ) за часткового визначення інших; однозначність – кожна структура ПрЗ (елемент) займає своє конкретне місце у класифікації, а її положення однозначно визначене відповідними значеннями базових ознак (відсутність появи структур ПрЗ з нечіткими класифікаційними ознаками); спадковість – суттєві властивості структур ПрЗ (елементів) можуть успадковуватися у процесі розвитку (ускладнення) структури ПрЗ відповідно до певних правил шляхом синтезу на їх основі нових структур; економічність – структура та властивості класифікації ПрЗ визначаються на основі мінімально можливої сукупності базових ознак (вид зусилля) та правил. Представлена сукупність вимог не описує конкретних правил побудови класифікації, але дає змогу говорити про її мінімальну наукову обґрунтованість, тобто логічність та несуперечність її структури.

Як і будь-яке завдання класифікації, завдання класифікації структур ПрЗ полягає в пошуку варіанта подання їх множини, за якого мінімальна сукупність класифікаційних ознак є достатньою для однозначного визначення місцерозташування та суттєвих ознак структури ПрЗ. Одночасно з цією проблемою виникає необхідність вирішення питання вибору класифікаційних ознак, якими в цьому випадку обрано вид та напрям вхідного і вихідного зусилля ПрЗ. В результаті аналізу видів зусиль, що можуть виникати на вході та виході ПрЗ токарних автоматів [5, 6, 10], виявлено обмежену їх кількість (табл. 3). Обрані класифікаційні ознаки задовольняють основні критерії: забезпечення поділу всіх наявних структур силових потоків ПрЗ на класи; зручність у користуванні – наявність логічних правил пошуку об'єктів, що дозволяє здійснювати чітку ідентифікацію всіх структур ПрЗ, які існують; гарантована повнота охоплення всіх можливих структур силових потоків ПрЗ. Запропонована класифікація може виступати як один із способів представлення теорії створення ПрЗ шляхом виявлення їх нереалізованих структур, забезпечуючи її наочність, логічність та достовірність. Таким чином, елементна основа класифікації, представленої в табл. 3, виконує роль Породжувальної системи, котра виявляє принципи утворення просторових композицій силових потоків ПрЗ.

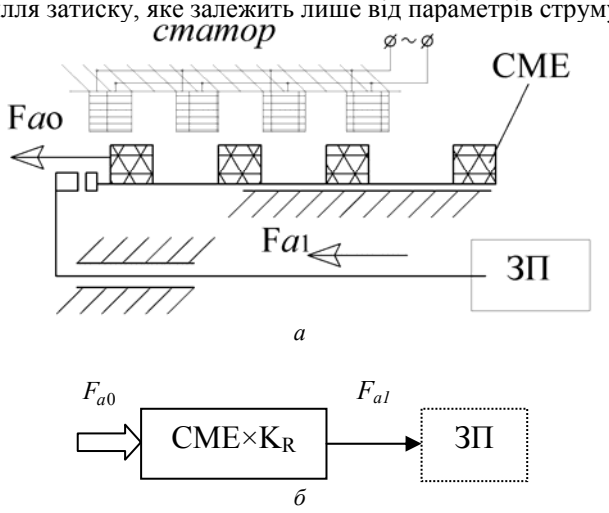
Беручи до уваги представлену класифікацію (табл. 3) та спираючись на теоретичні положення генетично-морфологічного синтезу, запропоновано нові конструкції ПрЗ, які побудовані на основі найбільш поширених базових структур силових потоків ПрЗ. Обрані з табл. 3 структури силових потоків притаманні «примітивним» конструкціям механічних ПрЗ і містять у своєму складі найбільш поширені види зусиль: осьові зусилля спрямовані однаково та обертальний момент навколо осі симетрії (обертання) механізму затиску. Обрані породжувальні структури можуть бути реалізовані за допомогою найпростіших і найпоширеніших механічних перетворювачів енергії у вигляді [6, 9 10]: плунжер PL – для структури $Fa_0 – Fa_1$ (створення зусилля фіксації шляхом натиску через тверде тіло) та гвинт SC – для структури $Ma_0 – Fa_1$ (створення зусилля фіксації шляхом пригвинчування).

На сучасному етапі розвитку машинобудування загалом та верстатобудування зокрема спостерігається активне впровадження електричних підсистем [2] у структуру механічних. На думку авторів, використання електричних систем для здійснення окремих функцій підсистем ПрЗ також дозволить покращити їх експлуатаційні властивості. Відповідно до теоретичних припущень та аксіом, що лежать в основі генетичної концепції побудови та розвитку технічних систем загалом (наприклад, «спадковість») і ПрЗ зокрема, суттєві властивості структур ПрЗ (табл. 3) можуть успадковуватися у процесі розвитку (ускладнення) структури ПрЗ відповідно до певних правил шляхом синтезу на їх основі нових структур. Тому створення нових конструкцій ПрЗ проведено зі збереженням (успадкуванням) генетично-морфологічної інформації (первинних структур силових потоків $Fa_0 – Fa_1$ та $Ma_0 – Fa_1$) через підвищення рівня структурної організації ПрЗ шляхом застосування електричних систем. У цьому випадку зусилля, що подається на «силовий вхід» ПрЗ, можна отримати за рахунок електромагнітної взаємодії нерухомого відносно корпуса верстата статора та рухомого відносно елементів шпинделя ротора. Оскільки величина зусилля магнітної взаємодії елементів має квадратичну залежність від відстані між ними, то в такому випадку ця відстань розподілена між декількома (реплікація, відображено символом «K_R» у структурних формулах) магнітними елементами *CME* (constant magnetic element), котрі взаємодіють послідовно (рис. 1).

Схеми запропонованих електромеханічних ПрЗ, а також їх опис на різних рівнях складності структури показано на рис. 1,2. На основі представленої на рис. 2 інформації автори запропонували конструкцію ПрЗ токарного верстата (рис. 3).

Робота запропонованого електромеханічного ПрЗ (рис.3), що відповідає опису на рис. 2, відбувається таким чином. Для здійснення процесу затиску (рис. 3) на обмотки 14 статора 15 подається електричний струм. При цьому навколо обмоток 14 утворюється електромагнітне поле, що взаємодіє з обмотками 13 ротора 5 і спричиняє в них появу обертового моменту. Внаслідок того, що обмотки 13 жорстко зв'язані з ротором 5, обертовий момент передається на ротор 5 і спричиняє його обертально-поступальне переміщення відносно різьової поверхні корпуса 3 на величину, яка залежить від фактичного діаметра прутка, що затискається. Жорстко закріплена на роторі 5 обойма 17 передає осьове зусилля на муфту затиску 4 через опорні підшипники 18. Далі муфта затиску 4 передає осьове зусилля на трубу затиску 10 через стакан 7, набір пружних елементів 11, гайку 12, приводну втулку 8 і гайку 9. Процес затиску продовжується до моменту досягнення необхідного

зусилля затиску, яке залежить лише від параметрів струму, що подається на обмотки статора 14, і є стабільним,



Fa_0
в

$Fa_0 - Fa_1$
г

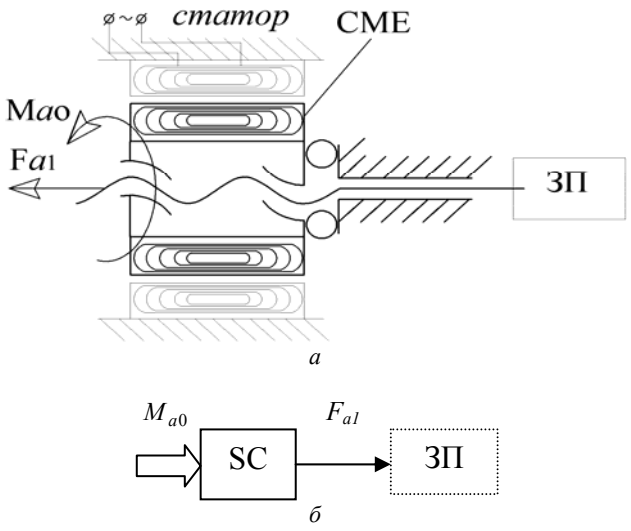
$Fa_0 \times K_R - Fa_1$
д

$\left|F_{a0} \times K_R - F_{a1}\right|^{[0]} \times \left|F_{a1} - F_{a1}\right|^0$
е

$\left|\left(F_{a0} - CME\right) \times K_R - F_{a1}\right|^{[0]} \times \left|F_{a1} - PL - F_{a1}\right|^0$
є

$EMF\left|\left(F_{a0} - CME\right) \times K_R - F_{a1}\right|^{[0]} \times MSB\left|F_{a1} - PL - F_{a1}\right|$
ж

Рис. 1. Принципова (*а*) і структурна (*б*) схеми електромеханічного ПрЗ з поступальним рухом ротора і структурою силового потоку на різних рівнях складності: *в* – генетичному, *г* – хромосомному, *д* – об'єктному, *е* – популяційному, *є* – видовому, *ж* – системному



Ma_0
в

$Ma_0 - Fa_1$
г

$Ma_0 - Ma_0 - Fa_1$
д

$\left|M_{a0} - M_{a0}\right|^{[0]} \times \left|M_{a0} - F_{a1}\right|^1$
е

$\left|M_{a0} - CME - M_{a0}\right|^{[0]} \times \left|M_{a0} - SC - F_{a1}\right|^1$
є

$EMF\left|M_{a0} - CME - M_{a0}\right|^{[0]} \times MSB\left|M_{a0} - SC - F_{a1}\right|^1$
ж

Рис. 2. Принципова (*а*) і структурна (*б*) схеми електромеханічного ПрЗ з постійними магнітними елементами і структурою силового потоку на різних рівнях складності: *в* – генетичному, *г* – хромосомному, *д* – об'єктному, *е* – популяційному, *є* – видовому, *ж* – системному

тобто не залежить від величини відхилення радіальних розмірів оброблюваного прутка. Обертально-поступальний рух ротора 5 (процес затиску) припиняється самовільно у разі досягнення необхідного зусилля затиску і, як наслідок, зростання зусилля, що протидіє його осьовому переміщенню. Момент закінчення процесу затиску (зупинки ротора) відображається у характеристиках струму, що проходить в обмотках статора 14. Після закінчення процесу затиску підведення струму до обмоток статора 14 припиняється, до того ж, підтримка зусилля затиску відбувається за рахунок самогальмування в різьбовому з'єднанні ротора 5 і корпуса 3.

Запропоновані у роботі нові конструкції ПрЗ (рис.1-2) містять (успадковують) базові структури силових потоків (F_{A0} –F_{A1}) та (M_{A0} –F_{A1}), що реалізовані на вищих рівнях складності, тобто розвинуті у напрямі підвищення рівня структурної організації ПрЗ. При цьому у нових конструкціях збереглася інформація від попередніх «поколінь» у вигляді структури силових потоків.

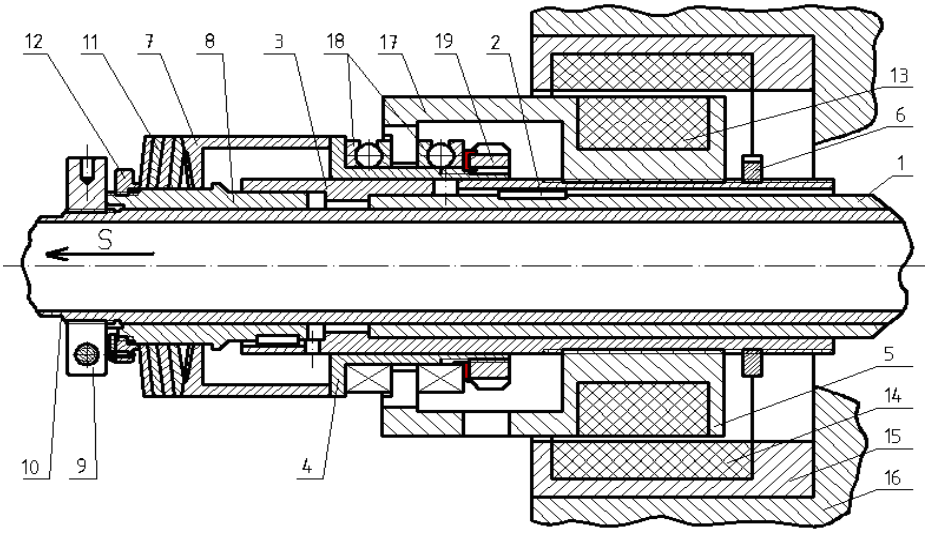


Рис. 3. ПрЗ для затиску пруткового матеріалу за пат. України № *95323*

Синтезовані ПрЗ також «успадкували» простоту конструкцій (мінімальна кількість елементів, зокрема рухомих) і набули в ході «еволюційних перетворень» властивостей, що сприяють покращенню експлуатаційних характеристик ЗМ: підвищення стабільності затиску при відхиленні діаметра заготовки від номінального значення, можливість регулювання сили затиску під час обробки (зменшення негативного впливу зовнішніх збурювальних впливів), підвищення автономності роботи та керування механізмом, покращення можливостей інтеграції ПрЗ у склад системи керування верстата, пониження металоємності та складності конструкції верстата за рахунок усунення механічної системи живлення та керування ПрЗ (зникає необхідність у використанні механізму відбору потужності для розподільчого вала, розподільчих валів, важільних передач та ін.) та ін. У запропонованих конструкціях електромеханічних ПрЗ система керування становить електронний блок а система живлення – статор, нерухомо зафіксований на корпусі верстата. При цьому вхідна ланка ПрЗ оснащується ротором.

Висновки

1. Описано основні теоретичні положення генетично-морфологічного синтезу електромеханічних ПрЗ токарних верстатів.

2. Виконано ідентифікацію та запропоновано спосіб кодування частини генетичної інформації при описі на різних рівнях складності структур ПрЗ. Запропоновано як основний носій інформації використати силовий потік.

3. Представлена класифікація (Породжувальна система) можливих варіантів структур силових потоків у ПрЗ, що обертаються. Системні властивості запропонованої класифікації підтверджуються можливістю опису усіх імовірних варіантів просторових «композицій» силових потоків ПрЗ з використанням обмеженої (мінімальної) кількості ознак.

4. За попереднім аналізом представленої класифікації структур силових потоків ПрЗ можна стверджувати те, що на цьому етапі розвитку (еволюції) ПрЗ токарних автоматів існує значна кількість просторових «композицій» силових потоків ПрЗ, ще не реалізованих у вигляді конкретних конструкцій.

5. Шляхом використання еволюційної теорії розвитку технічних систем виконано генетично-морфологічний опис і синтез конструкцій електромеханічних ПрЗ, що володіють покращеними експлуатаційними властивостями.

Аннотация. *Описаны основные теоретические положения генетическо-морфологического подхода к синтезу электромеханических приводов механизмов зажима токарных станков, в пределах которых выполнено идентификацию и предложен способ кодирования части генетической информации. Рассмотрено обобщенную структуру и модель силовых потоков, действующих в механизмах зажима. Представлена классификация возможных вариантов структур силовых потоков в приводах механизмов зажима, которые вращаются. Показано, что передача сил и энергии от силового входа в механизм зажима к объекту зажима может быть описана на разных уровнях сложности структуры. Приведены структурные формулы, описывающие силовые потоки в электромеханических приводах механизмов зажима заготовки.*
Ключевые слова: механизм зажима; токарный станок; электромеханический привод; генетически морфологический синтез.

Abstract. *Purpose. Development preconditions of the new approach to creating and describing electromechanical actuators of clamping mechanisms wgich based on genetic and morphological synthesis.*

Design/methodology/approach. The main theoretical basics of genetic-morphological approach to the synthesis of electric-mechanical drives of clamp lathes, into them genetic information is identified, method of its coding is proposed. Common structure and model of power flows, acting in lathes mechanisms are observed. Classification of possible cases of the power flows in the rotating drive mechanisms of clamping. There is shown, that transfer of power and energy from power entrance to the clamping mechanism to the clumping object can be described at different levels of complexity of structure. Structure formulae, describing power flows in electric-mechanic billet clamping mechanism, are given.

Findings. Using evolutionary theory of technical systems was made constructions of electromechanical actuators of clamping mechanism by genetically morphological synthesis.

Originality/value. Proposed to use evolutionary theory of technical systems for the synthesis of structures electromechanical actuators of clamping mechanism.

Keywords: clumping mechanism, lathe, electric-mechanical drive, genetic-morphological synthesis

Список використаної літератури

1. *Балашов* Е.П. Эволюционный синтез систем. /Е.П. Балашов – М.: Радио и связь, 1985. –328 с.
2. *Вейц* В.Л., Фридман Л.И. Электромеханические зажимные устройства станков и станочных линий. Расчёт и конструирование. Л., "Машиностроение", 1973. – 262с.
3. *Дурнев* В.Д., Талашкевич И.П. Симметрия в технологии. – Спб.: Политехника, 1993. – 256с.
4. *Кузнецов* Ю.М. Морфологический синтез станков и их механизмов. Монография: / Ю.Н.Кузнецов, Герра Ж.А. Хамуйела, Т.О. Хамуйела. – К.: ООО «ГНОЗИС», 2012. – 416 с.
5. *Кузнецов* Ю.Н., Хамуйела Жоаким А.Г., Ангел Попаров. Генетико-морфологический подход к созданию и прогнозированию развития зажимных механизмов для вращающихся деталей //Journal of the Technical University – Sofia Plovdiv branch, Bulgaria "Fundamental Sciences and Applications". – Bulgaria, vol. 19, Book 2, 2013, ISSN 1310-8271. – pp. II7–13.
6. *Кузнецов* Ю. Н., Герра Хамуйела Ж. А., Недобой В. А., Придальный Б. И. Шпиндельные узлы с электромеханическим зажимом и текучей средой для станков нового поколения // Збірник Вісник СевНТУ №139, Серія : Машиноприладобудування та транспорт. – Севастополь: Вид-во СевНТУ, 2013. - ISSN 2307-6488 - с. 121-125.
7. *Овчинников* Н.Ф. Симметрия – закономерность природы и принципы познания /Н.Ф. Овчинников //Принцип симметрии. – М.: Наука, 1978. – С. 4-38 с.
8. *Шинкаренко* В.Ф. Основи теорії еволюції електромеханічних систем: Монографія / В.Ф. Шинкаренко. – К.: Наукова думка, 2002. – 288 с.
9. *Hamuyela* J.A. Guerra, Kuznetsov Y.N., Ibrahim Al-Refo Farhan. Creation of new clamping mechanisms using genetic-morphological method // Journal of mechanical engineering NTUU «Kyiv Polytechnic Institute» №67, 2013, ISSN 2305-9001. – pp. 155–162.
10. *Yuriy Kuznietsov*, Vasiliy Shynkarenko. The Genetic approach is the key to innovative Synthesis of complicated Technical Systems. Journal of the Technical University at Plovdiv, Bulgaria Fundamental Sciences and Applications/ Volume 16, book 2, 2011. P.p.15 – 33.

References

1. *Balashov* E.P. Evolyutsionnyiy sintez sistem. Moscow: Radio i svyaz, 1985. 328 p.
2. *Veyts* V.L., Fridman L.I. Elektromehanicheskie zazhimnyie ustroystva stankov i stanochnyih liniy. RaschYot i konstruirovanie. Lviv, "Mashinostroenie", 1973. 262p.
3. *Durnev* V.D., Talashkevich I.P. Simmetriya v tehnologii. Spb.: Politehnika, 1993. 256p.
4. *Kuznetsov* Yu.M., Gerra Zh.A. Hamuyela, T.O. Hamuyela Morfologicheskiy sintez stankov i ih mehanizmov. Monografiya. Kyiv: OOO «GNOZIS», 2012. 416 p.
5. *Kuznetsov* Yu.N., Hamuyela Zhoakim A.G., Angel Poparov. Genetiko-morfologicheskiy podhod k sozdaniyu i prognozirovaniyu razvitiya zazhimnyih mehanizmov dlya vraschayuschihsya detaley. Journal of the Technical University – Sofia Plovdiv branch, Bulgaria "Fundamental Sciences and Applications". Bulgaria, vol. 19, Book 2, 2013, ISSN 1310-8271. pp. II7–13.
6. *Kuznetsov* Yu. N., Gerra Hamuyela Zh. A., Nedoboy V. A., Pridalnyiy B. I. Shpindelnyie uzlyi s elektromehanicheskim zazhimom i tekuchey sredoy dlya stankov novogo pokoleniya. Zbirnik Visnik SevNTU no 139, Seriya: Mashinopriladobuduvannya ta transport. Sevastopol: Vid-vo SevNTU, 2013. ISSN 2307-6488 p. 121-125.
7. *Ovchinnikov* N.F. Simmetriya – zakonomernost prirodyi i printsipyi poznaniya. N.F. Ovchinnikov. Printsip simmetrii. Moscow: Nauka, 1978. P. 4-38 p.
8. *Shinkarenko* V.F. Osnovi teoriyi evolyutsiyi elektromehanIchnih sistem: MonografIya. V.F. Shinkarenko. Kyiv: Naukova dumka, 2002. 288 p.
9. *Hamuyela* J.A. Guerra, Kuznetsov Y.N., Ibrahim Al-Refo Farhan. Creation of new clamping mechanisms using genetic-morphological method. Journal of mechanical engineering NTUU «Kyiv Polytechnic Institute» no 67, 2013, ISSN 2305-9001. pp. 155–162.
10. Yuriy Kuznietsov, Vasiliy Shynkarenko. The Genetic approach is the key to innovative Synthesis of complicated Technical Systems. Journal of the Technical University at Plovdiv, Bulgaria Fundamental Sciences and Applications. Volume 16, book 2, 2011. P.p.15 – 33.

Подана до редакції 15.06.2015