

РОЗДІЛ I. МЕХАНІКА

УДК 621.941

Ю.М. Кузнєцов, д-р техн. наук

Національний технічний університет України «КПІ», м. Київ, Україна

Б.І. Придальний, канд. техн. наук

Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна

Г.Ж.А. Хамуйєла, канд. техн. наук

Національний технічний університет України «КПІ», м. Київ, Україна

НОВИЙ ПІДХІД ДО ОПИСУ І СИНТЕЗУ ПРИВОДІВ МЕХАНІЗМІВ МАНІПУЛЮВАННЯ ОБ'ЄКТАМИ В ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ОБЛАДНАННІ

Ю.М. Кузнєцов, д-р техн. наук

Национальный технический университет Украины «КПИ», г. Киев, Украина

Б.И. Придальный, канд. техн. наук

Луцкий национальный технический университет, г. Луцк, Украина

Г.Ж.А. Хамуйєла, канд. техн. наук

Национальный технический университет Украины «КПИ», г. Киев, Украина

НОВЫЙ ПОДХОД К ОПИСАНИЮ И СИНТЕЗУ ПРИВОДОВ МЕХАНИЗМОВ МАНИПУЛИРОВАНИЯ ОБЪЕКТАМИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ОБОРУДОВАНИИ

Yurii Kuznetsov, Doctor of Technical Sciences

National Technical University of Ukraine «KPI», Kyiv, Ukraine

Borys Prydalnyi, PhD in Technical Sciences

Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine

Herra J. A. Hamuiela, PhD in Technical Sciences

National Technical University of Ukraine «KPI», Kyiv, Ukraine

NEW APPROACH TO THE DESCRIPTION AND SYNTHESIS OF DRIVES OF MECHANISM OF MANIPULATING OBJECTS IN TECHNOLOGICAL EQUIPMENT

Захватний пристрій механізмів маніпулювання за однією з функцій, яку він виконує, відноситься до певного виду затискних механізмів, і зокрема, затискних патронів, оскільки повинен забезпечувати надійне утримання об'єкта під час маніпулювання. Тому в хватних пристроях існують силові потоки від джерела енергії та привода, які подібні до тих, що існують у механізмах затиску заготовки металорізальних верстатів. Запропоновано застосовувати при описі та синтезі хватних пристроїв теорію генетичного та еволюційного синтезу на різних рівнях структурної організації: хромосомному, об'єктному, видовому. Представлено передумови до синтезу та опису приводів механізмів маніпулювання об'єктами в технологічному обладнанні. Показано, що передача до захоплюючих елементів переміщень, сил та енергії може бути описана на хромосомному рівні у вигляді морфологічної моделі елементарних силових потоків.

Ключові слова: хватний пристрій, привод механізму маніпулювання, генетично-морфологічний синтез, силові потоки, морфологічна модель.

Захватное устройство механизмов манипулирования за одной из функций, которую оно выполняет, относится к определенному виду зажимных механизмов, и в частности, зажимных патронов, поскольку должно обеспечивать надежное удержание объекта во время манипулирования. Поэтому в захватывающих устройствах существуют силовые потоки от источника энергии и привода, которые подобны тем, что существуют в механизмах зажима заготовки металлорежущих станков. Предложено применять при описании и синтезе захватывающих устройств теорию генетического и эволюционного синтеза на разных уровнях структурной организации: хромосомном, объектном, видовом. Представлены предпосылки к синтезу и описанию приводов механизмов манипулирования объектами в технологическом оборудовании. Показано, что передача к захватывающим элементам перемещений, сил и энергии может быть описана на хромосомном уровне в виде морфологической модели элементарных силовых потоков.

Ключевые слова: хватное устройство, привод механизма манипулирования, генетически-морфологический синтез, силовые потоки, морфологическая модель.

Gripping mechanisms of manipulation device according to one of the functions, which it performs, refers to a certain type of clamping mechanisms, and in particular to the clamping chuck, because they must provide reliable maintenance of object during manipulation. Therefore, there are power flows in the gripping devices, which run from the sources of energy and drive, which are similar to those that exist in the workpiece clamping mechanisms of machine tools. The theory of genetic and evolutionary synthesis is proposed to be used in the description and synthesis of devices of gripping on different levels of structural organization, chromosomal, object, species. Preconditions of synthesis and description of drive mechanisms for manipulating objects in technological equipment are presented. It is shown, that the transfer to the gripping elements of movement, strength and energy can be described at chromosomal level in the form of basic morphological patterns of power flows.

Key words: gripper mechanism, the drive mechanism of manipulation, genetic-morphological synthesis, power flows, morphological model.

Постановка проблеми. У затискних механізмах (ЗМ) металорізальних верстатів приводи затиску (ПрЗ) класифікують за джерелами та перетворювачами енергії, за характером замикання силового контуру [10]. Залежно від джерела енергії та способу її перетворення ПрЗ поділяють на: механічні, гідравлічні, пневматичні, вакуумні, електричні, відцентрової дії та їх комбінації (електрогідравлічні та інші). За характером замикання існують ПрЗ з: 1) непружним силовим; 2) пружним силовим; 3) геометричним; 4) фрикційним; 5) комбінованим.

Природно, що у приводах захватних пристроїв (ЗП), де основна функція – забезпечення необхідної сили затиску для надійного захвату об'єкта маніпулювання, можливе використання приводів, аналогічних до тих, що використовуються у ЗМ при конструктивних обмеженнях їх розташування. У роботах привод ЗП повинен розташовуватися на маніпулюючому органі – механічній руці, яка оснащена на кінцевій (вихідній) ланці однозахватним або двозахватним пристроєм з різними функціональними можливостями [5; 6; 7]. Крім забезпечення надійного захвату об'єкта, маніпулювання під час виконання допоміжних рухів у складі робототехнічного комплексу важливою є швидкодія, що накладає додаткові вимоги на приводи ЗП. Тому не всі з можливих приводів, що використовуються в ЗМ, доцільно застосовувати у маніпуляторах для ЗП. Нині існує значна кількість виконань ЗП, які можна розподілити за такими ознаками: спосіб утримання об'єкта; принцип дії; характер базування об'єкта; ступінь спеціалізації; робочий діапазон розмірів об'єкта, який захоплюється; наявність додаткових пристроїв та механізмів; число робочих позицій (захватних органів); вид керування; характер кріплення ЗП до руки промислового робота або маніпулятора.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Таким чином, у ЗП існують силові потоки від джерела енергії та привода, які подібні до тих, що існують у ЗМ [3]. Це дозволяє застосовувати при описі та синтезі ЗП теорію генетичного та еволюційного синтезу [1; 9] на різних рівнях структурної організації (рис. 1). Відповідно до генетико-морфологічного підходу до опису та синтезу ЗМ передача захоплюючим елементам переміщень, сил та енергії може бути описана на хромосомному рівні у вигляді морфологічної моделі (матриці) елементарних силових потоків – батьківських хромосом (пара вхідного та вихідного зусиль) для об'єктів типу тіл обертання у циліндричній системі координат [3; 4] представлено у вигляді (1). З рис. 1 видно, що ЗП та його привод відповідно до теоретичних положень генетико-морфологічного підходу можна описувати на різних рівнях складності: генетичному, хромосомному, об'єктному, видовому, популяційному, системному, міжсистемному [3; 9; 10].

$$M_{in} = \begin{array}{|c|} \hline F_{a1} \\ \hline F_{a1} \\ \hline F_{r1} \\ \hline F_{r1} \\ \hline F_{t1} \\ \hline F_{t1} \\ \hline M_{a1} \\ \hline M_{a1} \\ \hline M_{r1} \\ \hline M_{r1} \\ \hline M_{t1} \\ \hline M_{t1} \\ \hline \end{array} \Rightarrow M_{EX} \begin{array}{|c|} \hline F_{a2} \\ \hline F_{a2} \\ \hline F_{r2} \\ \hline F_{r2} \\ \hline \end{array} \quad (1)$$

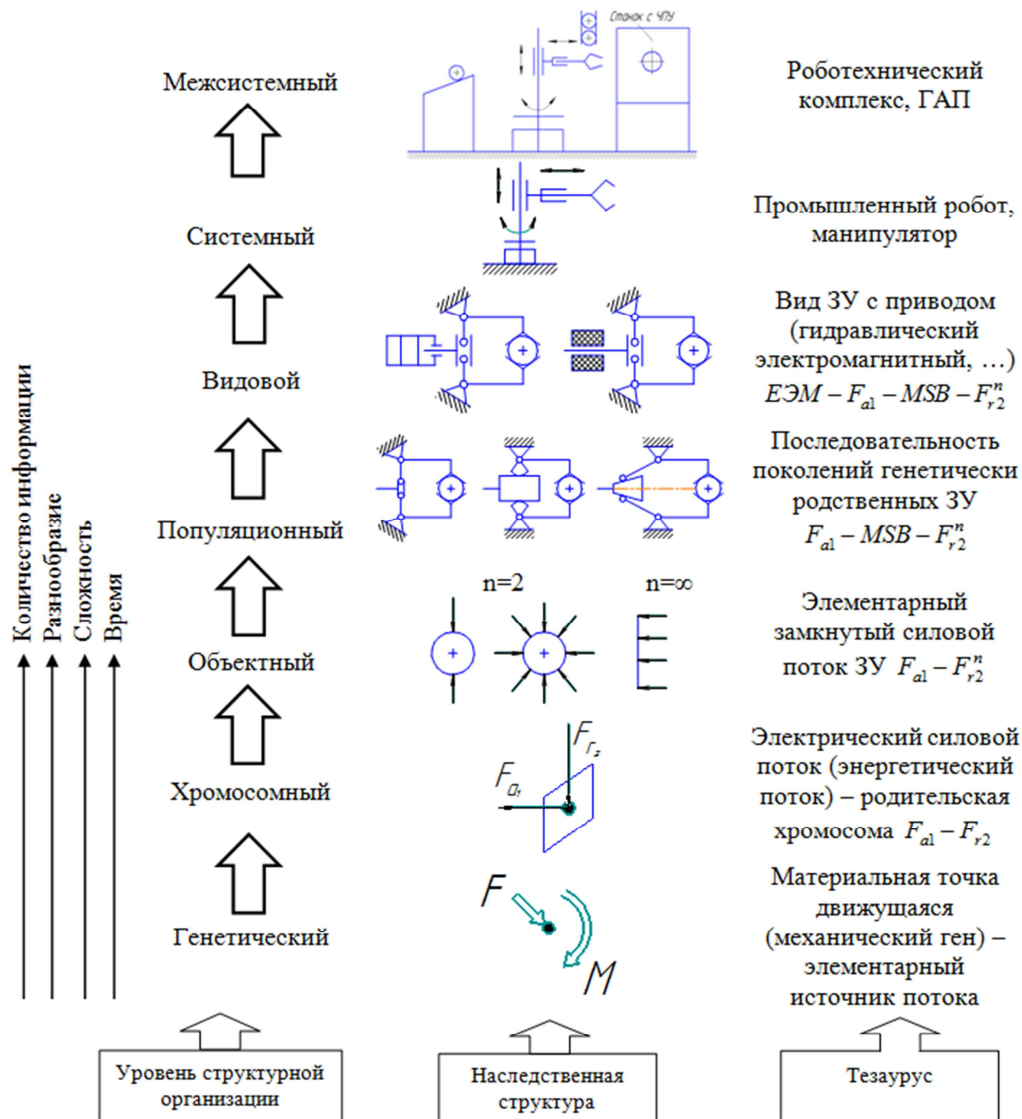


Рис. 1. Генетична модель структурної організації та еволюції складних робототехнічних систем та комплексів у гнучкому автоматизованому виробництві

Для опису привода ЗП на хромосомному рівні необхідно використовувати елементарний силовий потік [10], враховуючи, що:

1. Силових (енергетичних) потоків може бути кілька за входами і виходами.
2. 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).
3. Силові потоки бувають переважно із зовнішнім джерелом енергії.
4. З'єднання окремих силових потоків може бути послідовним, паралельним, паралельно-послідовним.
5. Між входом і виходом силового потоку є різні перетворювачі, але їх кількість обмежена (наприклад, до механічних перетворювачів безпосередньо в ЗП відносяться важільні, клинові, плунжерні, спіральні, зубчасті, гвинтові, пружні).
6. Можлива комбінація перетворювачів силових потоків ЗП, а можливий один перетворювач, коли функції привода виконує сам ЗП.
7. Передача та перетворення (трансформація) силових потоків може відбуватися у різних середовищах (твердих, плинних, сипучих, рідинних, повітряних, електромагнітних, магнітострикційних, біологічних та інших, поки нам невідомих).

Як і в ЗМ, привод захвата Прз є проміжним перетворювачем силових (енергетичних) потоків між джерелом і ЗП (рис. 2, а).

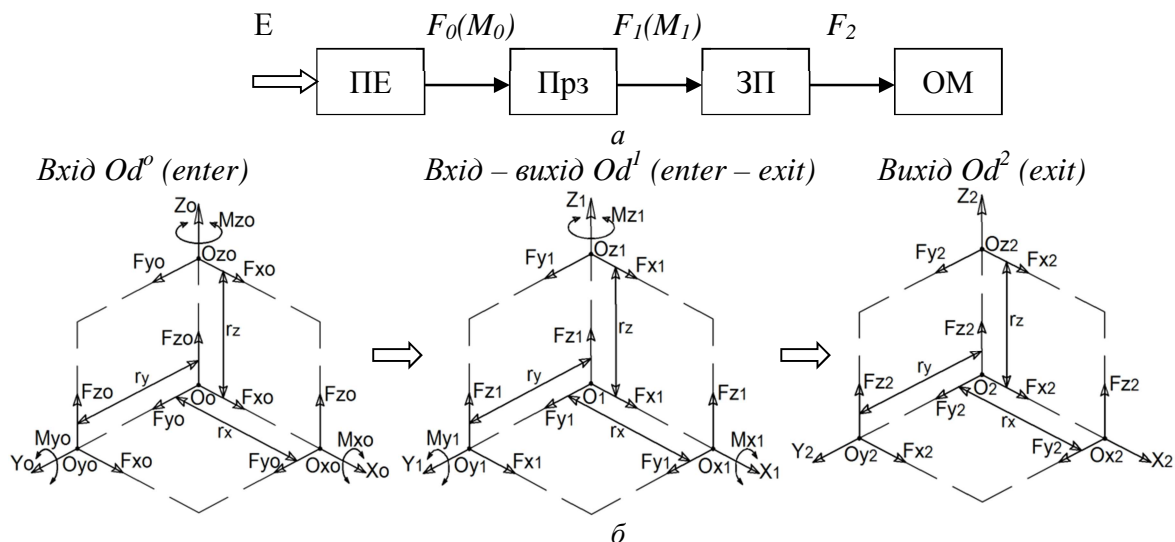


Рис. 2. Узагальнені структура (а) і модель силових (енергетичних) потоків (б) у маніпуляторі промислового робота: Е – джерело енергії; ПЕ – перетворювач енергії; Прз – привод механізму захвата; ЗП – хватний пристрій; ОМ – об’єкт маніпулювання

Метою дослідження є розроблення передумов нового підходу до створення та опису хватних пристроїв механізмів маніпулювання об’єктами в технологічному обладнанні на основі генетико-морфологічного синтезу. Умовно кажучи, якщо абстрактно уявити маніпулятор, якого ще не існує, але який треба створити, то модель силових (енергетичних) потоків буде складатися з двох елементарних потоків: один у Прз $F_0(M_0) - F_1(M_1)$, а другий у ЗП $F_1(M_1) - F_2$ без зазначення координатного напрямку сил (моментів) на вході і виході. Тоді повний потік від джерела енергії Е через перетворювачі ПЕ до об’єкта маніпулювання (ОМ) запишеться у вигляді генетичної формули – взаємодії трьох матеріальних точок О, О₁, О₂ (рис. 2, б)

$$F_0(M_0) - F_1(M_1) - F_2,$$

де на хромосомному рівні для маніпулятора генетичний код Прз буде $F_0(M_0) - F_1(M_1)$, а ЗП – $F_1(M_1) - F_2$.

Виклад основного матеріалу. Графічне зображення силових потоків у ЗП наведено на рис. 3, а позначення силових контурів у табл. 1.

Для опису Прз і ЗП в маніпуляторах промислових роботів доцільно використати породжувальну систему ЗМ [10] і такі позначення:

MSB (mechanical solid body) – механічні передачі і перетворювачі за допомогою твердих тіл;

EMF (electromagnetic field) – електромагнітні поля, що діють безпосередньо або в складі (структурі) електромеханічних систем передачі і перетворення;

LFM (liquid flowing medium) – рідинно-плинні та в’язкі середовища для передачі та перетворення (зміни параметрів потоку);

AVM (air and vacuum medium) – газові (повітряні) середовища для передачі і перетворення, в тому числі вакуум;

CMF (constant magnetic field) – магнітні поля притягання та відштовхування;

TRF (thermal field) – теплові потоки, що спричиняють сили теплового розширення (звуження) речовини;

CFF (centrifugal force) – відцентрові сили під час обертання незрівноважених мас.

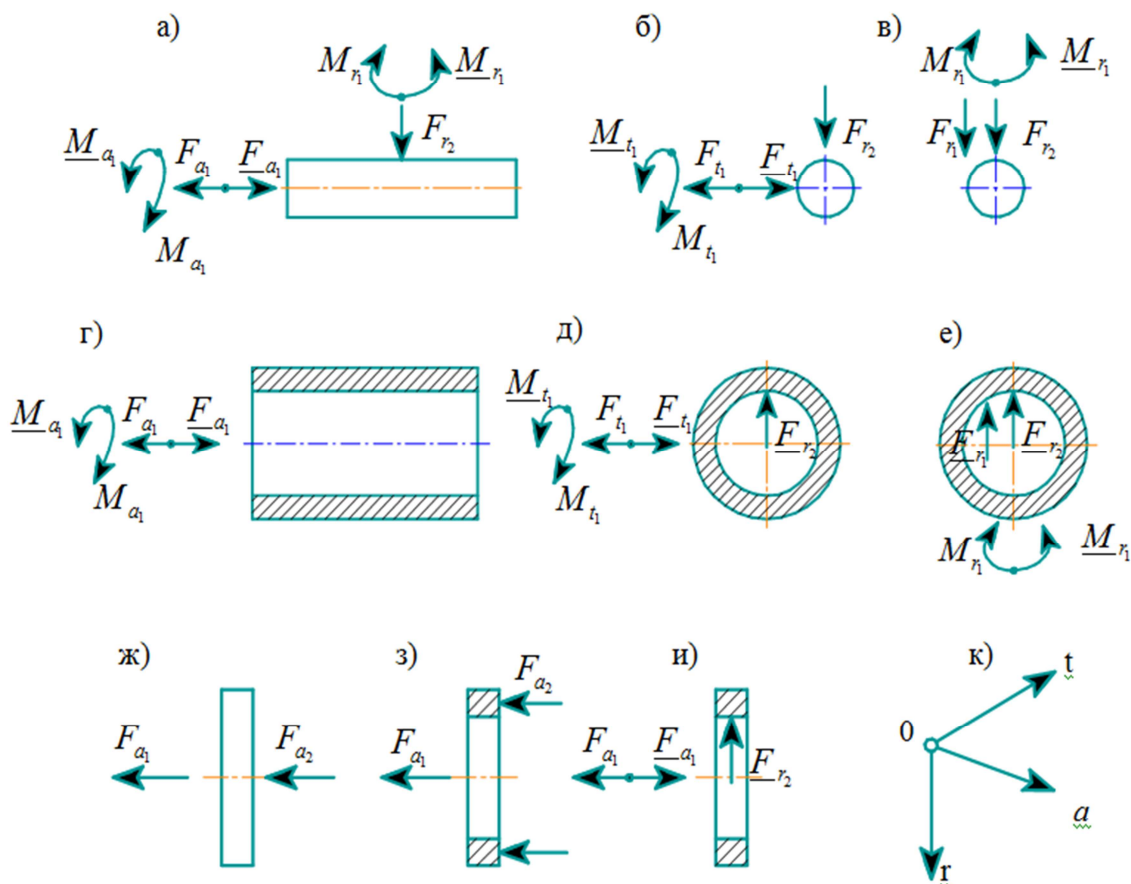


Рис. 3. Варіанти можливих силових потоків у захватних пристроях для маніпулювання суцільними циліндричними (а-в) та порожніми циліндричними (з-е) деталями, суцільними дисками (ж) та кільцями (з-и) у циліндричній системі координат art (к)

Таблиця 1

Позначення силового контуру

Захватний пристрій (ЗП)		Привод (Прз) для ЗП	
Вид контуру	Позначення	Вид замикання	Позначення
замкнений закритий	[1]	геометричне	[1]
замкнений відкритий	1	фрикційне	1
розімкнений	0	силове непружне	0
комбінований: замкнено-розімкнений	[1],0 1,0	силове пружне	[0]
комбінований: розімкнено-замкнений	0,1 0,[1]	комбіноване: геометричне - си- лове непружне	[1],0 0,[1]
		комбіноване: геометричне- фрикційне	[1],1 1,[1]
		комбіноване: геометричне- силове пружне	[1],[0] [0],[1]
		комбіноване: фрикційне-силове пружне	1,[0] [0],1
		комбіноване: фрикційне-силове непружне	1,0 0,1

Для маніпуляторів з Прз і ЗП, зображеними на рис. 4, наведені (табл. 2) формули опису на хромосомному, об'єктному і популяційному рівнях згідно з рис. 1.

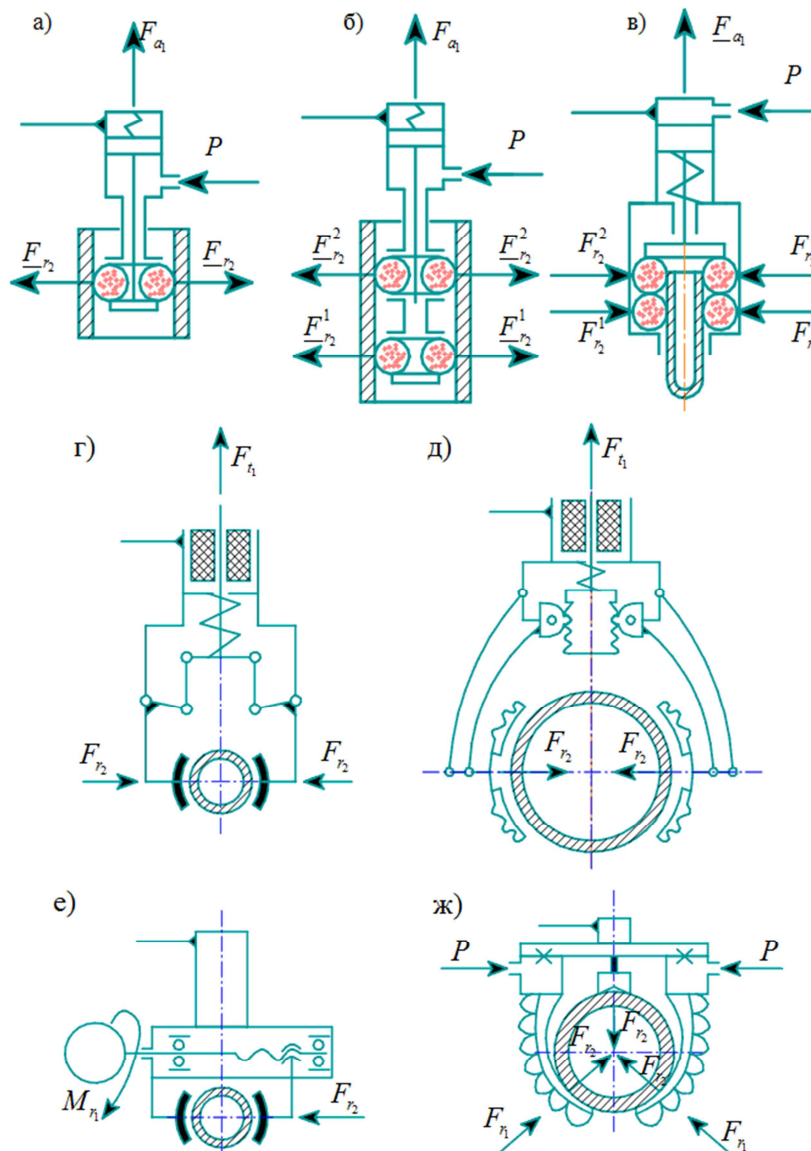
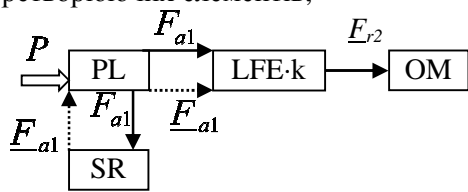
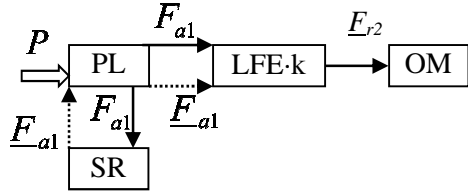
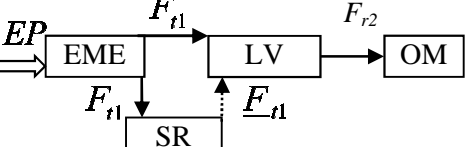
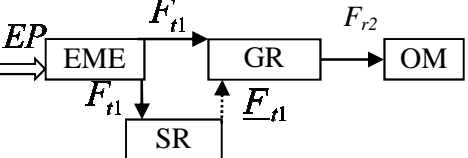
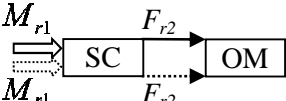
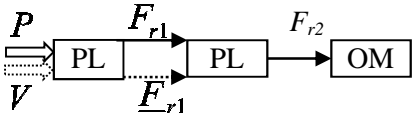


Рис. 4. Принципова схема захоплюючих пристроїв для жорстких, крихких, нежорстких об'єктів та відповідні їм батьківські хромосоми а, б – $F_{a1} - \underline{F}_{r2}$; в – $\underline{F}_{a1} - F_{r2}$; г, д – $F_{t1} - F_{r2}$; е – $M_{r1} - F_{r2}$; ж – $F_{r1} - F_{r2}$

Таблиця 2

Запис структурних (генетичних) формул маніпуляторів відповідно до рис. 4

№ рисунка	Структурні (генетичні) формули маніпуляторів на хромосомному (батьківські хромосоми)-1), об'єктному-2) і популяційному-3) рівнях
1	2
Рис. 4, а	<p>1) $(F_{a1} - \underline{F}_{r2})^{[0]}$;</p> <p>2) $AVM (P - PL - F_{a1}) \cdot MSB (F_{a1} - LFE - \underline{F}_{r2})$, де LFE – liquid flowing element, P – pressure;</p>  <p>3) , де OM – object of manipulation</p>

1	2
Рис. 4, б	<p>1) $(F_{a1} - F_{r2})^{[0]}$;</p> <p>2) $AVM (P - PL - F_{a1}) \cdot MSB (F_{a1} - (LFE - F_{r2}) \cdot k)$, де k – кількість однакових перетворюючих елементів;</p>  <p>3)</p>
Рис. 4, в	<p>1) $(F_{a1} - F_{r2})^{[0]}$;</p> <p>2) $AVM (P - PL - F_{a1}) \cdot MSB (F_{a1} - (LFE - F_{r2}) \cdot k)$;</p>  <p>3)</p>
Рис. 4, з	<p>1) $(F_{t1} - F_{r2})^{[0]}$</p> <p>2) $EMF (EP - EME - F_{t1}) \cdot MSB (F_{t1} - LV - F_{r2})$, де EME – electromagnetic element; EP – electropower.</p>  <p>3)</p>
Рис. 4, д	<p>1) $(F_{t1} - F_{r2})^{[0]}$;</p> <p>2) $EMF (EP - EME - F_{t1}) \cdot MSB (F_{t1} - GR - F_{r2})$, EP – electropower;</p>  <p>3)</p>
Рис. 4, е	<p>1) $(M_{r1} - F_{r2})^1$</p> <p>2) $MSB (M_{r1} - SC - F_{r2})$</p>  <p>3)</p>
Рис. 4, ж	<p>1) $(F_{r1} - F_{r2})^{[0]}$</p> <p>2) $AVM (P - PL - F_{r1}) \cdot MSB (F_{r1} - PL - F_{r2})$</p>  <p>3) , де P – pressure, V – vacuum</p>

Висновки. Показано, що генетико-морфологічний підхід можна застосовувати не лише для опису та синтезу затискних механізмів, але і для захватних пристроїв промислових роботів і маніпуляторів. При цьому як батьківські хромосоми доцільно використовувати силові (енергетичні) потоки між двома матеріальними точками [3].

Список використаних джерел

1. *Балашов Е. П.* Эволюционный синтез систем / Е. П. Балашов. – М. : Радио и связь, 1985. – 328 с.
2. *Кузнецов Ю. М.* Робототехнічні системи і комплекси фармацевтичного та біотехнологічного виробництва : навч. посіб. / Ю. М. Кузнецов, В. Ю. Шибєцький ; під заг. ред. Ю. М. Кузнецова. – К., 2012. – 335 с.
3. *Кузнецов Ю. Н.* Генетико-морфологический подход к созданию и прогнозированию развития зажимных механизмов для вращающихся деталей / Ю. Н. Кузнецов, А. Г. Хамуйела Жоакин, А. Попаров // Journal of the Technical University – Sofia Plovdiv branch, Bulgaria „Fundamental Sciences and Applications”. – 2013. – Vol. 19, Book 2. – P. 7–13.
4. *Кузнецов Ю. Н.* Морфологический синтез станков и их механизмов : монография / Ю. Н. Кузнецов, Герра Ж.А. Хамуйела, Т. О. Хамуйела ; под ред. Ю. Н. Кузнецова. – К., 2012. – 416 с.
5. *Павленко І. І.* Конструктивно-кінематична структура двозахватних пристроїв промислових роботів / І. І. Павленко, В. А. Мажора // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : зб. наук. праць. – Краматорськ : ДДМА, 2006. – Вип. 19. – С. 104–109.
6. *Павленко І. І.* Промислові роботи: основи розрахунку та проектування / І. І. Павленко. – Кіровоград : КНТУ, 2007. – 420 с.
7. *Робототехніка : підручник* / В. І. Костюк, Г. О. Спину, Л. С. Ямпольський, М. М. Ткач. – К. : Вища школа, 1994. – 447 с.
8. *Челманов И. Б.* Схваты промышленных роботов / И. Б. Челманов, С. Н. Колпашников. – Л. : Машиностроение, 1989. – 285 с.
9. *Шинкаренко В. Ф.* Основи теорії еволюції електромеханічних систем / В. Ф. Шинкаренко. – К. : Наукова думка, 2002. – 288 с.
10. *Hamyela 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». – 2013. – № 67. – P. 155–162.