

## **Відгук**

офіційного опонента Луціва Ігоря Володимировича  
на дисертаційну роботу Хамуйела Жоакім Аугушто Герра  
на тему «Генетико-морфологічний синтез затискних патронів», представлену  
на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук зі спеціальності  
05.03.01 – процеси механічної обробки, верстати та інструменти

### **1. Актуальність теми дисертації**

Дисертаційна робота виконана на кафедрі конструювання верстатів та машин Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» і присвячена розробці теоретико-експериментальних основ генетико-морфологічного синтезу затискних патронів.

Ефективність технологічних процесів металообробки визначається можливістю підвищення продуктивності і точності металорізальних верстатів і автоматичних верстатних систем. Це в свою чергу потребує покращення характеристик їх основних механізмів і засобів керування. Одним із основних вузлів верстату є затискний механізм, а стосовно до більшості верстатів власне затискний патрон.

На даний момент створені і детально опрацьовані методики створення надійних і високоточних та високошвидкісних затискних патронів на основі методологій теорії технічних систем, зокрема із застосуванням морфологічного аналізу та синтезу. При цьому широко застосовуються концепції оптимального проектування таких технічних об'єктів – як з точки зору структурного, так і параметричного синтезу.

Поява в останній час у техніці нових підходів щодо створення перспективних конструкцій технічних об'єктів і систем, яка базується на аналогії цих структур із живою природою і її генетичною ієрархією поклікала науковий пошук методів і методик розробки нових конструкцій у галузі машинобудування і зокрема – елементів верстатного обладнання, які базуються на таких підходах.

При цьому видається можливим знаходження нових принципів роботи і конструктивного виконання технічних систем, які б забезпечували нові позитивні ефекти з можливим відходом навіть від традиційних конструктивних рішень.

З цієї точки зору розвиток методології генетико-морфологічного синтезу на багаторівневому і різноструктурному рівні для створення

перспективних і конкурентоспроможних затискних патронів різного функціонального призначення і виконання для металообробного обладнання з підвищеними техніко-економічними показниками і розширеними технологічними можливостями є актуальною науково-технічною проблемою, яка має виражене народногосподарське значення.

## **2. Наукова новизна одержаних результатів**

Найбільш вагомим науковим результатом є креативний розвиток теорії синтезу затискних патронів на основі вперше розробленої і апробованої стосовно конкурентоспроможних конструкцій методології багаторівневого генетико-морфологічного синтезу і формалізованого опису цих технічних об'єктів різного ступеня структурної складності. При цьому вперше запропоновано на нижньому початковому рівні моделювання і структурному описі затискних патронів застосовувати матеріальну точку як штучний елемент технічної спадковості (названий автором «механічним геном»), що несе інформацію про вид поступальних обертових рухів і навантажень з відповідними векторами тривимірного простору. Показано, що передача енергії від однієї матеріальної точки на вході до іншої матеріальної точки на виході здійснюється у вигляді безлічі силових чи енергетичних потоків, що представляють морфологічну модель попарних входів та виходів, які дозволяють отримати значне число варіантів механізмів, що забезпечують закріплення нерухомих об'єктів складної форми і тіл обертання. Запропонована також класифікація джерел пружно-силового поля, в основу якої покладені просторові форми контактної взаємодії затискних елементів із об'єктом затиску. Автором доведено, що основу структуроутворення масиву затискних патронів при запропонованому підході визначають силові (енергетичні) потоки та видові форми перетворення енергії, що у випадку затискних патронів можуть бути типізовані як важільні, клинові, плунжерні, спіральні, гвинтові, зубчасті та пружні. Вперше стосовно затискних патронів розроблений новий підхід до синтезу з використанням 5 універсальних операторів генетичного (спадкового) типу. Також отримав розвиток метод приведення жорсткості в місці затиску, який дозволяє характеризувати довільний затискний патрон відповідним динамічним портретом. Наведені наукові результати є новими і до даного часу не були відомими.

## **3. Практична цінність одержаних результатів**

Найбільш важливими науковими результатами з точки зору практичної цінності є розроблені в роботі схеми, конструкції і досліджені нові зразки затискних патронів для токарних і свердлильно-фрезерних верстатів з ЧПК, які дозволяють підвищити техніко-економічні показники металообробного

обладнання і розширити його функціональні можливості при обробці деталей різної форми у виробничих умовах. Запропоновані і обґрунтовані практичні рекомендації стосовно розширення областей застосування запропонованих підходів до синтезу технічних об'єктів різної структури. Розроблені ТУ на створення широкодіапазонних ексцентрикових інструментальних затискних патронів типу ЕСФПШ-13, які впроваджені у ТОВ «Техноелектропласт» (м. Полтава).

Результати дисертаційної роботи використані у навчальному процесі кафедри конструювання верстатів і машин НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського» при викладанні ряду навчальних дисциплін, а також на факультеті інженерії у Університеті Августиньо Нето (м. Луанда, Республіка Ангола).

#### **4. Апробація роботи та її відповідність планам наукових досліджень**

Дисертаційна робота виконувалася відповідно до наукової тематики кафедри Конструювання верстатів та машин НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського» в рамках держбюджетних тем №2267-ф «Розробка теорії проектування верстатів нових компоновок на основі системного аналізу і синтезу механізмів з паралельною структурою» (ДР № 0109U000817), №2652-п «Створення багатоцільових токарних і багатокоординатних свердлильно-фрезерних верстатів нового покоління» (ДР № 0106U007223), №2805-п «Створення і дослідження високошвидкісних шпиндельних вузлів із затискними механізмами на модульному принципі для багатокоординатних верстатів нового покоління» (ДР № 0115U002422). Дисертація також пов'язана з науково-дослідною і дослідно-конструкторською роботами в рамках міжнародного співробітництва між НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського» та Технічним університетом м. Габрово (Болгарія).

Основні питання дисертаційної роботи були представлені, обговорені та одержали схвалення на 18-ти державних та міжнародних наукових і науково-технічних конференціях в Україні і закордоном. У повному обсязі дисертаційна робота доповідалась на розширеному науковому семінарі кафедри Конструювання верстатів та машин Національного технічного університету України «НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського».

#### **5. Оцінка достовірності та обґрунтованості основних положень дисертації**

Теоретичні дослідження проведені на основі фундаментальних засад теорії технічних систем, автоматизації пошукового конструювання, методології пошуку нових технічних рішень, теорії множин і алгебри логіки,

теоретичної механіки, опору матеріалів і теорії пружності, методів прийняття рішень та багатокритеріальної оптимізації, спадкового підходу до еволюції складних систем, що розвиваються, різного антропогенного походження.

В роботі використані сучасні ефективні інформаційні методи дослідження процесів. Експериментальні дослідження проведені в статистиці і у виробничих умовах, а також на діючих макетах, а обробка їх результатів здійснювалась з використанням сучасних методів цифрової обробки сигналів з використанням теорії експерименту і математичної статистики.

Достовірність одержаних результатів підтверджена обґрунтуванням припущень та відповідності результатів розрахунку експериментальним даним, відсутності логічних протиріч і відповідності фізичній сутності вирішуваних задач.

Використані в дисертації основні теоретичні положення та припущення є коректними і узгоджуються із загальноприйнятими в теорії технічних систем та дисциплінах щодо проектування і розрахунку верстатів. Обґрунтованість наукових результатів забезпечується коректністю поставлених мети та завдань досліджень, точністю використаних засобів вимірювання та підтвердженою адекватністю розроблених моделей.

## **6. Відповідність змісту автореферату і дисертаційної роботи та висвітлення результатів роботи в наукових виданнях**

Автореферат у повній мірі відображає структуру дисертаційної роботи та за своїм змістом відповідає основним її положенням і висновкам. Оформлення автореферату забезпечує існуючі вимоги. Висновки, зазначені у дисертаційній роботі та в авторефераті, є ідентичними.

За результатами досліджень опубліковано 57 наукових праць, в тому числі: 3 монографії, 22 статті у провідних фахових вітчизняних і іноземних виданнях, в тому числі у виданнях, що включені до міжнародних наукометричних баз даних, 18 матеріалів та тез доповідей міжнародних і державних конференцій, 14 патентів України на винаходи і корисні моделі, 1 патент України на промисловий зразок.

Об'єм публікацій в повній мірі відповідає вимогам до докторських дисертацій відповідно до п.п.9, 10 «Порядку присудження наукових ступенів».

## **7. Структура, зміст та оформлення дисертації**

Дисертація складається зі вступу, 7 розділів основної частини, висновків і додатків.

Текст дисертації викладений на 329 сторінках машинописного тексту, повний текст становить 379 сторінок і містить 172 рисунки та 37 таблиць. Список використаних джерел складається із 340 найменувань. Таким чином,

об'єм і структура дисертаційної роботи відповідають вимогам, що визначені п.11 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника».

Стиль тексту та оформлення дисертаційної роботи зауважень не викликають.

**У вступі** обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи, сформульовано мету і задачі дослідження, викладено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів дослідження, наведено інформацію щодо апробації результатів дисертації та публікацій.

**Перший розділ** присвячено аналізу основних проблем розвитку теорії проектування затискних механізмів з використанням системно-морфологічного підходу.

В розділі наведено класифікацію відомих методів пошуку технічних рішень, серед яких основну увагу приділено методу морфологічного аналізу і синтезу і здійснено огляд літератури, присвяченої теоретичним і експериментальним дослідженням в даній галузі.

Показано, що метод морфологічного аналізу і синтезу можна поєднати із так званим генетичним підходом, який передбачає розуміння структурної ієрархії технічних систем. При цьому в механічних системах в якості матеріального носія спадкової інформації можна використати елементарні частинки – штучні механічні гени.

В результаті проведеного аналізу стану питання автором сформульовано мету і задачі дослідження та встановлено шляхи, методи і засоби досягнення поставленої мети.

**Другий розділ** розглядає розробку методології багаторівневого генетико-морфологічного синтезу затискних механізмів і пошуку нових принципів дії.

При цьому виконано аналіз ієрархії технічної системи на прикладі металорізального верстату і його елементів. Показано, що до затискних механізмів, як певного ієрархічного рівня верстату, можна використовувати алгоритм багаторівневого морфологічного синтезу на 5 рівнях, причому на кожному рівні пропонується окрема ситуація вибору кращого рішення затискного механізму, яка характеризується певною векторною оцінкою значної кількості показників. Для вибору кращих рішень з морфологічної множини запропоновано застосовувати комбінований поетапний метод скорочення ознак і альтернатив.

Запропоновано у якості матеріального носія генетичної інформації в механічних системах вважати елементарне джерело енергетичного (силового) поля у вигляді матеріальної точки, що несе інформацію про вид

переміщень і навантажень в просторі з визначенням напрямку. Таку точку автор називає умовним штучним механічним геном.

Передачу сили, переміщення і енергії в просторі автор представляє у вигляді силового (енергетичного) потоку від однієї матеріальної точки до іншої. На основі цього сформовано морфологічну модель у матричному вигляді із загальною кількістю 144 силових потоки. В результаті перетворення цієї моделі сформована узагальнена модель енергетичних процесів, що відбуваються у затискному механізмі при затиску і підтримці об'єкту в затиснутому стані при обертанні шпинделя і різанні. Побудовані також часткові моделі при різних станах і виконаннях затискних механізмів.

**У третьому розділі** розвинутий генетико-морфологічний підхід до моделювання та структурно-схемного синтезу затискних патронів.

Запропонована генетична модель будови і розвитку структури затискного механізму в міру її ускладнення на різних рівнях спадкової інформації: генетичному, хромосомному, об'єктному, популяційному, видовому, системному і між системному. Запропоновані ключові ідеї багаторівневого підходу з побудовою моделей і описом синтезованого об'єкту.

З використанням цих міркувань, на основі використання генетико-морфологічного підходу, синтезовані нові затискні механізми і затискні патрони для розширення діапазону затискних діаметрів, забезпечення високошвидкісної токарної і фрезерної обробки, підвищення жорсткості системи патрон-деталь шляхом подвійного затиску.

На прикладі цангових патронів одинарного і подвійного затиску проілюстровано застосування 5 універсальних операторів синтезу генетичного типу: реплікації, схрещування, інверсії, кросинговеру, мутації.

**Четвертий розділ** містить теоретичні дослідження силових характеристик відомих і синтезованих затискних патронів з різними силовими потоками.

Зокрема, проаналізовані відомі інструментальні затискні патрони для високошвидкісної обробки. Так, теоретично досліджені силові характеристики та характеристики жорсткості інструментальних затискних патронів і патронів для тіл обертання (прутків, труб, заготовок) з різними силовими (енергетичними) потоками, які автор описав різними генетичними формулами.

Для синтезованого ексцентрикового широкодіапазонного затискного патрону проведено аналіз силових характеристик на основі розробленої функціонально-структурної схеми, а для синтезованого цангового патрона з подвійним затиском виконані теоретичні дослідження передачі сил.

**П'ятий розділ** присвячений теоретичним дослідженням характеристик жорсткості відомих і синтезованих затискних патронів. Отримав розвиток

підхід приведення до пружного і пружно-фрикційного шарніру не тільки цангових, а й інших конструкцій затискних патронів. Показано, що довільний затискний патрон можна характеризувати динамічним портретом з властивою йому частотою власних коливань.

**Розділ 6** присвячений порівняльним експериментальним дослідженням відомих і синтезованих затискних патронів.

Проведені у статистиці і виробничих умовах експериментальні дослідження підтвердили результати теоретичних викладок і працездатність синтезованих патронів, показали підвищення їх сили і жорсткості при високій осьовій точності.

Окрім того, розроблені ТУ на широкодіапазонні ексцентрикові інструментальні затискні патрони, які дозволяють у 2,5-3 рази підвищити частоту обертання патрона при фрикційному гасінні впливу відцентрових сил неврівноважених кулачків.

**Розділ 7** стосується розробки рекомендацій та розширення області застосування результатів досліджень.

Зокрема, наведені приклади реалізації нових принципів і методів затиску в затискних патронах з різними силовими потоками і передаючими середовищами.

Розроблені нові конструктивні схеми шпindelних вузлів із застосуванням модульного принципу. Запропоновані рекомендації стосовно методології багаторівневого морфологічного синтезу і генетико-морфологічного підходу стосовно створення технічних систем різного призначення, зокрема захватів промислових роботів, приводів затиску, верстатів з електро-шпинделями та інших.

**У висновках** до роботи автором викладено найбільш важливі отримані наукові і практичні результати.

**В додатках** до роботи містяться використані в дисертації терміни, технічні умови на інструментальний затискний патрон, акти впровадження результатів досліджень на виробництві та у навчальний процес, копія диплому конкурсу на кращу монографію АН ВО України та приклади опису принципів одинарного затиску з різними силовими потоками.

## **8. Оцінка змісту дисертації**

В цілому дисертаційна робота містить всі необхідні розділи, які достатньо повно розкривають проведені автором дослідження – від ґрунтового аналізу існуючих теоретичних підходів та технічних рішень до конкретних рекомендацій.

## 9. Зауваження до дисертації та автореферату

1. Важливим дискусійним питанням дисертаційної роботи є певні термінологічні конструкції. Зокрема, якщо в значній мірі можна погодитись із терміном «умовний штучний механічний ген» (далі ген) стосовно матеріального носія спадкової інформації (в сенсі технічної спадковості) у механічних системах, яким служить матеріальна точка з інформацією про можливі переміщення і навантаження в тривимірному просторі, то сумнів викликає термін «хромосоми», під якими автор на мій погляд розуміє попарність силових потоків між окремими входами і виходами найменших елементів. Однаково це стосується і терміну «популяція». Можна було б вжити всіма застосовуваний термін «множина» або ж аналогічний.

2. В якості спадкового фактору автором запропонований умовний штучний механічний ген, яким служить матеріальна точка. Чи розглядалися в цьому сенсі якісь інші можливі варіанти матеріальних носіїв спадкової технічної інформації, а чи інших немає?

3. Предметом дослідження дисертаційної роботи визначені затискні патрони верстатів, проте автор у більшості випадків посилається на затискні механізми верстатів, що є більш широкою темою для обговорення, ніж та, що зумовлена визначеною темою роботи.

4. У різних формулах зустрічається використання однакових позначень для різних величин. Наприклад, у розділі 4 в межах одного розділу позначено однією і тією ж літерою  $\gamma$  і щільність (можливо густину) матеріалу і кут гвинтової лінії.

5. Недостатньо обґрунтованими є моделі (схеми) взаємодії пружного затискного елемента з оброблюваною заготовкою (рис. 4.6 дисертації і рис. 15 автореферату) (зокрема вони враховують лише контактні жорсткості елементів). Ці схеми потребували б більш детального розгляду.

6. Розв'язок диференціального рівняння (4.89) наведений лише в загальному вигляді (рівняння переміщень (4.96)), було б бажано вказаний вираз проаналізувати і зробити відповідні висновки.

7. Щодо рис. 18 автореферату, то автором не розписані коефіцієнти  $K_{p1}$ ,  $K_{p2}$ ,  $K_{b1}$ ,  $K_{b2}$ ,  $K_k$ ,  $K_{\varepsilon k}$  і не вказаний їх фізичний зміст.

8. Зміст рисунків 1, 2, 6, 20, 21 автореферату виконано російською мовою,



рис. 9 – англійською, в той час як підписи під рисунками і весь автореферат – українською. Окрім того, рис. 6 погано читається через дрібний шрифт.

9. В дисертації та авторефераті зустрічаються стилістичні неточності (зокрема відтисків, а не «віджать», часткові показники, а не «приватні показники», шпindelь, що не обертається, а не «необертальний шпindelь»).

Проте означені зауваження не знижують цінність роботи.

### 10. Загальна оцінка роботи

Дисертація на тему «Генетико-морфологічний синтез затискних патронів» є завершеним науковим дослідженням, виконана на високому науково-технічному рівні, відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України щодо докторських дисертацій та, насамперед, вимогам «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою КМ України від 24 липня 2013р. №567, має актуальність, наукову новизну та практичну цінність, а її автор Хамуйела Жоакім Аугушто Герра заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.03.01 – процеси механічної обробки, верстати та інструменти.

Офіційний опонент

завідувач кафедри конструювання  
верстатів, інструментів і машин  
Тернопільського національного  
технічного університету імені Івана Пулюя,  
заслужений працівник освіти України,  
доктор технічних наук, професор,



І.В. Луців

Підпис докт. техн. наук, проф. Ігоря Володимировича Луціва засвідчую:

Проректор з наукової роботи  
ТНТУ ім. І. Пулюя  
д.т.н., професор




Рогатинський Р.М.