

Вченому секретарю спеціалізованої  
вченої ради К 58.052.03  
Тернопільського національного  
технічного університету ім. І.Пулюя  
к. т. н., доц. Дячуну А.Є.  
46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56

## ВІДГУК

офіційного опонента Кузнецова Ю. М. на дисертаційну роботу  
Буховця Валерія Миколайовича «**Комплексне самоналагоджувальне  
оснащення для високоефективного затиску та багаторізцевої обробки**»,  
подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за  
спеціальністю 05.03.01 – Процеси механічної обробки, верстати та  
інструменти

### 1. Актуальність теми дисертаційної роботи

Тенденції підвищенння вимог до якості продукції машинобудування при одночасному зниженні її металоємності тягнуть за собою все більше використання деталей малої жорсткості. Диспропорція в конструктивних параметрах маложорстких деталей типу тіл обертання створюють серйозні технологічні труднощі при їх виготовленні, основними причинами яких є: значні деформації на різних стадіях механічної обробки; різна податливість елементів технологічної оброблювальної системи; низька вібростійкість технологічної оброблювальної системи та ін.

В процесі токарної обробки маложорстких деталей в технологічній системі появляються згинні та крутильні коливання, що зумовлено наявністю і взаємним впливом технологічних умов різання, зовнішніх збурюючих сил і деформаційно-пружних характеристик технологічної оброблювальної системи. Okрім того, нерівномірна жорсткість традиційних затискних пристрій, що мають дискретне розташування затискних елементів по контуру затиску, спричиняє зміну складових радіальних відтискань. Всі ці чинники негативно впливають на продуктивність, точність і якість оброблюваної поверхні.

Тому вирішення актуальної проблеми токарної обробки нежорстких деталей повинно бути комплексним і полягати в керуванні процесом обробки конструкторськими і технологічними методами, зокрема шляхом створення надійних затискних патронів із незмінною радіальною жорсткістю та забезпечення регулювання режимів обробки. Застосування багаторізцевого оснащення адаптивного типу поряд із досягненням рівномірно розподіленого затиску маложорстких деталей може забезпечувати за рахунок

саморегулювання режимів різання стабільність показників якості їх обробки. При цьому внутрішні механізми адаптації всієї системи до зміни умов різання, які повинні створюватись в структурі верстатно-інструментального оснащення, є одним із ефективних способів покращення точності та якості поверхонь нежорстких деталей при обробці на токарних верстатах.

Тому підвищення ефективності токарної обробки деталей малої жорсткості на основі створення та дослідження комплексних конструкцій самоналагоджувальних систем із затискними патронами з рівномірно розподіленим зусиллям затиску і багаторізцевого оснащення є актуальною науково-прикладною задачею.

## 2. Наукова новизна одержаних результатів

В процесі розв'язання науково-технічних задач, які були поставлені в роботі, виходячи з її мети, автором було отримано низку нових науково-технічних результатів.

Зокрема, автором дисертації показано, що об'єднання в одній комплексній системі рівномірно розподіленого затиску і багаторізцевого різання підвищеної продуктивності і вібростійкості дозволяє досягнути підвищення точності токарної обробки мало жорстких деталей, якості їх поверхні та подрібнення зливної стружки.

В дисертації з використанням варіаційного методу розрахунку точності машин для комплексного оснащення розроблена аналітична модель оцінки впливу похибок, що виникають в результаті силової дії з боку різальних елементів та затискного пристрою, на вихідну точність оброблюваних циліндричних поверхонь консольно закріплених деталей. Вказана модель дозволила визначити відхилення радіуса циліндричної поверхні деталі по куту повороту, яка враховує лінійні та кутові зміщення, викликані поперечним заклинюванням заготовки в затискному патроні та деформаціями різцевих блоків під дією складових сил різання. Встановлено, що при цьому забезпечується постійність відхилення радіуса циліндричної поверхні деталі по довжині у певних кутових положеннях.

В результаті комп'ютерного моделювання автором дисертації вперше для випадку затиску заготовок гідравлічними токарними патронами з різними типами втулкових елементів отримані залежності діапазону затиску від товщини стінки та силового навантаження зі сторони приводу затиску. На основі таких моделей також отримані картини напруженого-деформованого стану втулкових елементів затиску, в результаті чого визначені максимальні переміщення їх затискної частини.

Отримані наукові результати свідчать про доцільність застосування при обробці мало жорстких заготовок багаторізцевого самоналагоджувального оснащення у комплексі із патронами з рівномірним затиском.

### **3. Зв'язок роботи з науковими планами та темами**

Дисертаційну роботу виконано на основі плану науково-дослідної роботи Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя згідно до Постанови Кабінету Міністрів України № 516 від 18.04.2006р. «Державна програма розвитку машинобудування», за програмою наукових досліджень Міністерства освіти та науки України. Ряд науково-технічних рішень розроблено також відповідно до держбюджетної науково-дослідної теми «Енергоекспективні технології обробки деталей з полімерних матеріалів для обладнання магістральних газопроводів» (01.01.2013 р.– 31.12.2014 р.) (номер державної реєстрації 0113U000252).

### **4. Практичне значення одержаних результатів**

В дисертації для токарної обробки деталей малої жорсткості запропоновані конструкційні схеми дворізцевих самоналагоджувальних систем, на верстатах оснащених патронами з розширеним діапазоном і рівномірно розподіленим зусиллям затиску.

Автором дисертації в результаті аналізу динамічної дворізцевої самоналагоджувальної системи встановлено підвищення стійкості проти автоколивань при обробці деталей малої жорсткості з використанням патронів із рівномірним затиском заготовок порівняно із одно різцевим різанням.

В результаті досліджень на експериментальному стенді похибок затиску заготовок малої жорсткості при використанні затискних елементів адаптивного типу отримані покращені характеристики експериментального патрону в діапазоні його діаметрів затиску порівняно із традиційним трикулачковим. Випробування комплексного самоналагоджувального оснащення виявило позитивні ефекти збільшення продуктивності обробки у 2,4 рази, зменшення радіальних похибок – у 2,1 рази, шорсткості поверхні обробки у 1,7 рази, подрібнення стружки порівняно із традиційною токарною обробкою.

Позитивним є те, що окрім матеріали дисертаційної роботи, згідно актів в додатках, впроваджені на ТОВ «TeXС» (м. Тернопіль) та УМГ «Прикарпаттрансгаз». Автором дисертації отриманий патент України на корисну модель. Окрім цього, результати роботи використовуються у навчальному процесі кафедри конструювання верстатів інструментів та машин Тернопільського національного технічного університету при вивченні дисциплін, що стосуються металообробного обладнання.

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

Дисертаційна робота складається зі вступу, 4 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел (175 найменувань), 3 додатків. Повний зміст роботи викладений на 201 сторінці машинописного тексту, з

них 160 сторінок основного тексту, 19 сторінок списку літератури, 9 сторінок додатків, 58 рисунків, 14 таблиць.

У **вступі** обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету й задачі дослідження, представлено наукову новизну й практичну значимість отриманих результатів, наведено загальну структуру роботи.

У **першому розділі** запропонована класифікація деталей малої жорсткості та описані проблеми, що виникають при їх виготовленні. Автором проведений аналіз відомих методів і пристрой затиску заготовок під час обробки, в тому числі із самоналагодженням, та наукових праць вітчизняних та закордонних вчених, що стосуються даної проблематики. В дисертації також проаналізовані методи підвищення точності обробки деталей малої жорсткості, зокрема, із використанням багаторізцевого оснащення, та публікації відомих вчених з цього питання.

На основі проведеного аналізу сучасного стану проблеми та її актуальності визначені об'єкт, предмет, мета і основні завдання досліджень

У **другому розділі** проаналізовані складові комплексного оснащення: підсистема затиску заготовок адаптивного типу та самоналагоджувальна підсистема обробки. При цьому запропонована морфологічна матриця гіdraulічних затискних патронів із адаптацією до рівномірного затиску та на її основі вибрані 4 варіанти схем пристрой затиску з використанням втулкових затискних елементів. Також проаналізовані конструктивні схеми дворізцевих пристрой, які забезпечують міжінструментальний зв'язок між елементами різання для досягнення адаптації оброблюючого пристрою в процесі обробки малої жорсткості деталей.

На основі аналізу функції формоутворення комплексного самоналагоджувального технологічного оснащення у складі патрона і дворізцевого блоку побудована модель оцінки похибок оснащення від його пружних деформацій при дії силового навантаження. В результаті розвязку моделі встановлена постійність відхилення радіуса циліндричної поверхні деталі по довжині у певних кутових положеннях затискного пристрою що свідчить про доцільність застосування дворізцевого самоналагоджувального оснащення.

У **третьому розділі** запропоновано та обґрунтувано розрахункову динамічну схему дворізцевого самоналагоджувального оснащення в процесі токарної обробки в системі патрон-заготовка-оснащення та з використанням апарату теорії автоматичного керування проведено моделювання його характеристик. При цьому автором встановлено, що запас динамічної стійкості системи при різанні порівняно із традиційною одно різцевою обробкою зростає у 1,5-4,1 рази в залежності від умов обробки.

На прикладі запропонованих гіdraulічних затискних патронів також проведено комп'ютерне моделювання з використанням CAD/CAE систем деформаційної картини та напружено-деформованого стану 3D моделей втулкових елементів патронів з різною конфігурацією адаптаційних отворів втулок. Зокрема, автором отримано, що для втулкового елемента, який забезпечує найбільший діапазон затиску, із збільшенням товщини стінки від

1 до 2 мм діапазон затиску змінюється у 1,5...1,8 рази в залежності від тиску, а максимальні переміщення затискної частини втулкових елементів складають 0,45-2,2 мм

У четвертому розділі наведені експериментальні дослідження ефектів затиску заготовок у запропонованому патроні і похибок при обробці дворізцевим оснащеннем із само налагодженням. Зокрема, отримані для зразка патрона із рівномірним гідро-затиском заготовки експериментальні залежності радіального биття, конусності та радіальної жорсткості системи патрон-оправка. При цьому спостережено, що затиск по контуру деталі сприяє підвищенню жорсткості обробної системи приблизно в 1,2 -1,6 рази, зменшенню радіального биття, а також стабілізації конусності.

Одночасно за даними автора дисертації дослідження дворізцевого оснащення на базі використання експериментального стенду виявило позитивні ефекти збільшення продуктивності обробки у 2,4 рази, зменшення радіальних похибок – у 2,1 рази, зниження шорсткості поверхні.

В четвертому розділі також розроблена аналітичну модель для прогнозування похибки форми кільцевих циліндричних деталей при розточуванні з використанням дворізцевого оснащення. Модель дозволяє сформувати рекомендації для експлуатаційних умов роботи комплексного оснащення.

У висновках сформульовано основні наукові результати дисертаційної роботи.

**Додатки** містять дані про впровадження дисертації у виробництво та навчальний процес, матеріали деклараційного патенту на корисну модель, а також приклади програм для розрахунку елементів та характеристик оснащення.

## **6. Ступінь достовірності та обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій**

Усі теоретичні та практичні висновки, які зроблені у розглянутій дисертаційній роботі, а також наукові положення та рекомендації, є достовірними і в достатній мірі обґрунтовані результатами як теоретичних так і проведених експериментальних досліджень.

Достовірність результатів досліджень підтверджується використанням сучасних методів розрахунків точності машин, методик математичного моделювання і дослідження динаміки верстатних систем, проведення експериментальних досліджень, впровадженням результатів досліджень у виробництво.

Результати досліджень достатньо повно відображені в публікаціях автора, технічна новизна підтверджена патентом України на корисну модель. Робота пройшла належну апробацію на наукових конференціях і семінарах.

## **7. Відповідність змісту автореферату і дисертаційної роботи та викладення основних положень дисертації у наукових виданнях**

Автореферат виконаний згідно із встановленими вимогами, повністю розкриває зміст дисертації. Зміст автореферату та основні положення дисертації ідентичні.

За матеріалами дисертації опубліковано 25 друкованих праць, з них 7 – статей (1 – у закордонному виданні; 6 – у фахових наукових виданнях України, з них 3 – у журналах, що входять до міжнародних наукометричних баз даних). Результати роботи в повній мірі доповідались на наукових конференціях та семінарах, про що свідчить публікації 17 доповідей і їх тез у збірниках матеріалів науково-технічних конференцій. Автором отримано патент України на корисну модель.

Обсяг друкованих робіт та їх кількість відповідають вимогам МОН України щодо публікації основного змісту дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Особистий внесок Буховця В.М. в наукових працях, що написані у співавторстві, є основним і визначальним. Результати, викладені в дисертації автором, отримані особисто.

## **8. Загальні зауваження до дисертаційної роботи та автореферату**

В результаті детального аналізу дисертаційної роботи і автореферату виникли наступні зауваження і побажання:

1. По архітектурі будови розділ 1 дисертаційної роботи є досить об'ємним і складає 32,5% основного тексту. Його можна було б скоротити за рахунок зведення конструкцій багаторізцевих систем, які приведені і описані на с.56-68, у таблицю з вказанням принципів роботи, відмінностей та їх переваг і недоліків. В той же час при аналізі сучасного стану теорії проектування затискних пристрій є посилання на джерело [165] без згадування останніх результатів досягнень в розвитку методології і нових концепцій, побудованих на основах теорії еволюційного і спрямованого генетичного синтезу з передбаченням невідомих раніше принципів затиску, а також використанням універсальних генетичних операторів реплікації, інверсії, скрещування, кросинговера і мутації. Немає згадки про «пружно-фрикційний шарнір» і «пружно-фрикційну підвіску», які використовуються автором в подальших розділах.

2. В розділі 2 при аналізі балансу точності верстата (рис.2.5) доцільно виділити в окремий третій блок, крім двох блоків (затискний пристрій і багатолезове оснащення) процес різання, що відповідає теорії динаміки верстатів (роботи Кудінова В.О., Орлікова М.Л. та інші). У моделі вихідної точності оброблюваних маложорстких циліндричних поверхонь враховано тільки похибки затискного пристрою із заготовкою та різцевих блоків багаторізцевого самоналагоджувального оснащення на похибки оброблюваної деталі, що виникають в результаті силової дії зі сторони процесу різання та сил затиску. Проте така модель не враховує похибки

інших вузлів, які беруть участь у формоутворенні циліндричної поверхні. Врахування цього зауваження в подальшому наблизить аналітичні залежності і результати моделювання до реальних умов.

3. Не є наглядною в розділі 2 розрахункова схема пружної системи патрон-заготовка в поперечному перетині (рис.2.7) при двохрізцевій обробці, в якій не зображеній вектор узагальненого навантаження, що входить в умови рівноваги системи. На рис. 2.8 та 2.9 приведені результати моделювання відхилення радіуса циліндра при різних кутових положеннях затискних елементів для трикулачкового затискного патрона. Доцільно було б провести таке моделювання при використанні затискних патронів із більшою кількістю затискних елементів, адже запропонована модель дозволяє це зробити.

4. У табл.2.3 розділу 2 (с.78) приведено запропоновані пристрої для затиску заготовок з рівномірним розподілом зусилля затиску, що отримані методом морфологічного синтезу. Проте не показано, за якою методикою з них відбиралися найкращі варіанти.

5. В розділі 3 динамічну розрахункову схему (рис.3.3) доцільно було б уточнити з додаванням в систему «шпиндель-патрон-деталь» підсистеми шпинделя на піддатливих опорах і затискним пристроям, в якому лівий кінець деталі контактує з робочою поверхнею затискного патрона, як балка на пружній основі.

6. На кругограмах, приведених на рис. 4.10, не вказано ціни поділки; тому важко провести кількісне порівняння похібок обробки при однорізцевому точінні оброблюваної заготовки та дворізцевій обробці з використанням самоналагодження.

7. Окрім проведених експериментальних досліджень, які підтвердили теоретичні розрахунки з використанням розроблених моделей, доцільно було б додатково ще провести експериментальні дослідження динамічної стійкості системи багатолезового комплексного оснащення в рамках підсистеми «шпиндель-заготовка».

8. Патент України на корисну модель №131072 «Цанга» не є результатом виконаних досліджень, бо основну увагу автор приділив затискному токарному патрону гідрравлічного типу із рівномірно розподіленим зусиллям затиску з кращими показниками точності. Тому доцільно оформити заявку на винахід саме по цьому патрону.

9. В дисертації та авторефераті є ряд неточностей редакційного характеру, вільне використання невизнаних термінів, частина рисунків автореферату має низьку якість друку.

Проте, вважаю, що вищепередені зауваження та недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку виконаного на високому науковому рівні дисертаційного дослідження, не зменшують її наукову новизну та практичну значимість і не знижують загального позитивного сприйняття проведеного обсягу досліджень. Частка зауважень відноситься до методичних і побажань для подальших досліджень.

## 9. Загальний висновок по дисертаційній роботі

На основі наведеного вище вважаю, що дисертаційна робота Буховця Валерія Миколайовича на тему «**Комплексне самоналагоджуvalne оснащення для високоефективного затиску та багаторізцевої обробки**» є завершеною науковою працею, у якій отримані нові науково обґрунтовані результати, що мають наукову та практичну цінність та відповідає вимогам пунктів 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів» та вимогам Міністерства освіти і науки України щодо кандидатських дисертацій, а її автор **Буховець Валерій Миколайович** заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.01 – Процеси механічної обробки, верстати та інструменти.

Офіційний опонент

Заслужений винахідник України  
доктор технічних наук, професор,  
професор кафедри конструювання верстатів та машин  
Національного технічного університету України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря  
Сікорського»



Кузнєцов Ю.М.

Підпис д.т.н., проф. Ю. М. Кузнєцова засвідчує:

Вчений секретар

 Мельниченко А.А.

