

**ВІДГУК**  
**офіційного опонента на дисертаційну роботу**  
**Бици Романа Олеговича «ОБГРУНТУВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК**  
**ТОКАРНИХ КУЛАЧКОВИХ ПАТРОНІВ З АДАПТИВНИМИ**  
**ЗАТИСКНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ», представленої на здобуття**  
**наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю**  
**05.03.01 – процеси механічної обробки, верстати та інструменти**

**1. Загальна характеристика**

Дисертаційна робота виконана у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пуллю Міністерства освіти і науки України і присвячена актуальній науково-технічній задачі – підвищення гнучкості обладнання для токарної обробки, яке працює в умовах частого переналагодження, шляхом створення нових конструкцій затискних елементів токарних кулачкових патронів з адаптацією до поверхонь затиску та обґрунтування їх характеристик.

Рецензована роботи містить вступ, п'ять розділів, загальні висновки по роботі, список використаних джерел та додатки.

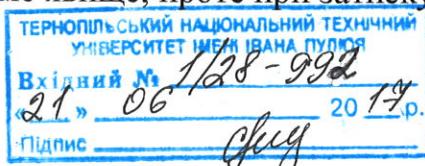
Загальний обсяг роботи – основний текст представлено на 163 сторінках, у тому числі 82 рисунки і 8 таблиць, 5 додатків на 27 сторінках, список використаних джерел із 118 найменувань.

**2. Оцінка актуальності роботи та відповідність її планам наукових досліджень**

Задача підвищення технічного рівня сучасних токарних верстатів і автоматичних верстатних систем в умовах багатономенклатурного виробництва, високошвидкісної і прецизійної обробки деталей вимагає покращення характеристик їх основних механізмів та вузлів, одними із яких є механізми затиску.

Токарний кулачковий патрон, як підсистема механізму затиску, повинен забезпечити виконання основної функції – базування та закріплення деталей. Ця основна функція розділяється на ряд підпорядкованих функцій, які реалізуються відповідними функціональними підсистемами токарного патрона. Однією з таких підсистем є підсистема безпосереднього впливу на об'єкт закріплення, яка виконана у вигляді системи затискних елементів.

Існуючі на сьогодні способи охоплення діаметрів заготовок затискними елементами токарних патронів на автоматизованому обладнанні для токарної обробки та модулях на його основі реалізуються по трьох основних схемах: дискретній; неперервній; дискретно-неперервній. При реалізації найбільш розповсюдженій дискретної схеми охоплення геометрія поперечного перерізу затискного елемента виконується під певний номінальний діаметр поверхні затиску із заданими відхиленнями. Для дискретної схеми охоплення затиск по циліндричній поверхні більшого чи меншого діаметрів призводить до того, що прилягання затискного елемента відбувається не по всій поверхні затиску. При затиску заготовки по чорнових базах це допустиме явище, проте при затиску по



оброблених чистових базах на кінцевих операціях технологічного процесу це може призвести до пошкодження поверхні затиску, зниження точності та жорсткості затиску.

Одним із варіантів вирішення цієї проблеми є розточування «сирих» затискних кулачків або шліфування загартованих кулачків під певний діаметр затиску. Але в умовах швидко переналагоджуваного виробництва це вимагає значних фінансових затрат.

Виходячи із цих позицій, дисертаційна робота Бици Р.О., яка спрямована на створення та обґрунтування характеристик токарних кулачкових патронів, які володіють властивостями адаптації до поверхонь затиску різної геометрії є актуальною.

Дисертаційна робота Бици Р.О. виконувалась у відповідності до плану науково-дослідної роботи викладачів Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пуллюя згідно Постанови Кабінету Міністрів України №516 від 18.04.2006р. «Державна програма розвитку машинобудування», за програмою наукових досліджень Міністерства освіти і науки України, а також в рамках виконання держбюджетної науково-дослідної теми «Енергоекспективні технології обробки деталей з полімерних матеріалів для обладнання магістральних газопроводів» (01.01.2013р. – 31.12.2014р.) (номер державної реєстрації НДР: 0113U000252).

### **3. Оцінка наукової новизни результатів дисертаций.**

Автором дисертаційної роботи Бицю Романом Олеговичом отримано наступні наукові результати:

1) вперше запропоновано, теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено новий принцип створення затискних елементів із властивостями адаптації до поверхонь затиску різної геометрії, який полягає у навмисному введенні в їх конструкцію зон деформації, що дозволяє забезпечити прилягання контакуючої поверхні затискного елемента до поверхонь затиску заготовок різних діаметрів;

2) на основі комплексного функціонального підходу до аналізу взаємозв'язку між конструктивними елементами та конструктивними параметрами затискних елементів токарних патронів вперше запропоновано використання конструктивно-функціонального синтезу нових затискних пристрій з адаптацією затискних елементів до поверхні затиску;

3) за допомогою обґрунтованих і розроблених теоретичних та комп'ютерних моделей напружено-деформованого стану зони деформації затискних елементів із адаптивними властивостями, встановлені межі їх працездатного стану, що дозволяє вибрати раціональні конструктивні параметри для забезпечення надійного затиску по наперед заданих експлуатаційних характеристиках;

4) вперше теоретично обґрунтовано та експериментально доведено підвищення якісних показників поверхонь оброблених заготовок при використанні затискних елементів адаптивного типу.

#### **4. Оцінка достовірності та обґрунтованості положень дисертації.**

В дисертаційній роботі значна увага приділена строгій обґрунтованості основних наукових положень та висновків. Теоретичні та практичні результати, які отримані в роботі, не суперечать відомим, перевіреним експериментально теоретичним засадам, та логічно їх доповнюють і розвивають.

Теоретичною базою досліджень є фундаментальні засади конструкування верстатів та машин, опору матеріалів, моделювання твердо тільних конструкцій на основі теорії пружності з використанням методу скінчених елементів, математичного та комп’ютерного моделювання. Розробка нових конструкцій затискних елементів із властивостями адаптації до геометрії поверхонь затиску здійснювалася на базі методів структурно-схемного синтезу.

Експериментальні дослідження автор виконував в лабораторних та виробничих умовах з використанням стандартного та спеціально створеного оснащення. Оброблення результатів експериментальних досліджень виконувалося з використанням методів математичної статистики та багатофакторного планування експериментів за допомогою спеціального програмного забезпечення.

Прийняті в дисертаційній роботі основні положення та припущення є коректними і не суперечать фізичній суті досліджуваних процесів і явищ.

Це дозволяє зробити висновок про те, що сформульовані в дисертаційній роботі основні положення, рекомендації та висновки є обґрунтованими, а отримані результати – достовірними.

#### **5. Цінність отриманих результатів для науки і техніки.**

Результати дисертаційної роботи Бици Р.О. «Обґрунтування характеристик токарних кулачкових патронів з адаптивними затискними елементами» є важливим вкладом в теорію і практику проектування та виготовлення затискних механізмів металообробного обладнання з урахуванням множини факторів функціонального, конструктивного, силового та технологічного характеру.

Автором на основі конструктивно-функціонального синтезу, методів математичного моделювання та експериментальних досліджень розроблено затискні пристрої із властивостями адаптації до поверхонь затиску різної геометрії та обґрунтовано їх характеристики. Зокрема:

- запропонована методика створення затискних елементів, які адаптуються поверхні оброблюваної заготовки різного діаметру; дана методика може бути використана для розробки затискних елементів, що адаптуються до інших факторів (наприклад, зміни розподілу зусилля затиску по довжині поверхні затиску затискних елементів, стабілізації сили затиску і жорсткості системи «об’єкт затиску затискний патрон-шпіндель» та ін.);

- запропонована конструкція адаптивних затискних елементів, яка захищена патентом України на корисну модель, дозволяє розширити діапазон діаметрів затиску оброблюваних деталей одним комплектом затискних елементів, відповідно до сучасних вимог щодо швидкості переналагодження та якості поверхонь оброблюваної деталі;

- вироблено практичні рекомендації щодо врахування впливу різних факторів на якість поверхні при обробці на верстатах токарної групи з використанням затискних елементів адаптивного типу;

- розроблена узагальнена методика вибору, розрахунку і проектування адаптивних затискних елементів для оснащення токарних патронів металообробного обладнання.

Автором дисертації на основі наукових положень та результатів проведених досліджень розроблені рекомендації для практичного використання отриманих результатів на виробництві, зокрема результати дисертаційного дослідження впроваджено у ТОВ «Люізо» (м. Тернопіль) для обробки валів, якими оснащаються машини для порізки сталі та ТОВ «Агросем» (м.Тернопіль) для обробки валів навіски сільськогосподарської техніки. Це дає можливість зробити висновок про цінність отриманих в дисертаційній роботі результатів для науки та економіки держави.

## **6. Ступінь висвітлення основних результатів дисертації у наукових виданнях**

Основні положення дисертаційної роботи Бици Р.О. в достатній мірі відображені в авторефераті. Зміст автореферату та основні наукові результати дисертації - ідентичні. Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані в дисертації, викладені у 19 наукових працях (з них 2 одноосібні), в тому числі у 6-ти наукових статтях, 3 з яких - у фахових виданнях, 2 - в іноземних та 1-му патенті України на корисну модель. Основні положення дисертації доповідались на 12 вітчизняних і міжнародних наукових та науково-практичних конференціях.

У повному обсязі дисертаційна робота доповідалась на розширеному семінарі кафедри конструювання верстатів інструментів та машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя \_24 березня\_2017 р. (протокол №6).

## **7. Загальна характеристика роботи**

У вступі обґрутується актуальність теми дисертаційної роботи, визначається мета та задачі дослідження, теоретична та практична цінність одержаних результатів досліджень, рівень реалізації та впровадження наукових розробок.

У першому розділі «Проблема адаптації затискних механізмів до геометрії поверхні затиску та умов обробки» висвітлено сучасний стан досліджуваної проблеми, показано її актуальність та наведено результати аналізу літературних джерел. На їх основі визначено основні тенденції та напрямки токарної обробки, сформовано сучасні вимоги до затискних механізмів токарних верстатів, поданий аналіз затискних елементів для базування та закріплення заготовок, а також здійснено аналіз відомих конструкцій затискних пристройів з адаптацією затискних елементів до поверхні затиску та умов обробки.

Аналіз і узагальнення результатів попередніх досліджень провідних вчених у галузі машинобудування та обробки матеріалів, а також розробок провідних компаній-виробників затискних механізмів показав перспективність

застосування при токарній обробці адаптивних затискних механізмів, які дозволяють знизити час на переналагодження при зміні типорозміру оброблюваної деталі на верстаті та забезпечити прилягання контактуючої поверхні затискних елементів до поверхні затиску заготовок різних діаметрів.

За матеріалами первого розділу сформульовані мета та задачі дослідження.

Другий розділ «Розробка принципів і схемних рішень адаптації затискних елементів до поверхні затиску» присвячений розробці і теоретичному обґрунтуванню основних принципів і схемних рішень адаптації затискних елементів до поверхні затиску. Встановлено, що найчастіше при токарній обробці базування та затиск проходить по поверхнях, отриманих при обертанні прямолінійних твірних навколо осі, якими є циліндричні та конічні поверхні. Здійснено систематизацію затискних елементів з адаптацією до поверхні затиску різних діаметрів.

Запропонований принциповий підхід до створення адаптивних затискних елементів (затискних елементів із автоматичним набуттям форми в процесі затиску), що полягає у навмисному введенні в їх конструкцію зон деформації, який дозволяє забезпечити прилягання контактуючої поверхні затискних елементів до поверхні затиску заготовки.

На основі запропонованого принципового підходу з використанням евристичних прийомів повного та неповного розчленування затискних елементів, створення пустот в затисковому елементі або їх комбінації сформовано матриці для генерування зон деформації адаптивних затискних елементів та розроблено методику конструктивно-функціонального синтезу адаптивних систем затиску. Згенерована множина можливих варіантів структурних рішень адаптивних систем затиску. Приведено методику багатокритеріального вибору раціональних структурних рішень адаптивних систем затиску, отриманих в результаті конструктивно-функціонального синтезу, як початкової стадії проектування в умовах неповної вихідної інформації, з використанням теорії нечітких множин.

В третьому розділі «Методика теоретичних і експериментальних досліджень» сформульовані основні вимоги до геометричних і скінченно-елементних моделей адаптивних затискних елементів токарних патронів металорізальних верстатів, що використовуються при побудові розрахункової схеми. Запропоновані способи врахування в розрахунковій схемі різних умов закріплення і навантаження, характерних для адаптивних затискних елементів токарних патронів.

Приведено розроблену методику досліджень деформацій кільцевого сегменту зони затиску адаптивного затискного елемента засобами твердотільного моделювання. Для цього в якості базового програмного інструмента запропоновано використати пакет твердотільного моделювання Solid Works з інтегрованою системою аналізу і розрахунку фізичних процесів Cosmos Works із синхронною технологією. Також запропонована з прийнятими припущеннями методика теоретичних досліджень деформацій кільцевого сегменту зони затиску адаптивного затискного елемента, що базується на енергетичному методі дослідження деформацій безшарнірної арки, яка являє собою защемлений з двох кінців криволінійний стержень.

Приведені розроблені методики експериментальних досліджень деформацій кільцевого сегменту зони затиску адаптивного затискного елемента, визначення радіального биття та радіальних відтискань оправок, затиснутих у адаптивних затискних кулачках. З використанням факторного планування експерименту розроблена методика експериментальних досліджень динамічної похибки обробки деталей в токарних партонах, оснащених адаптивними затискними елементами. Вибрані основні фактори, якими є подача інструменту на один оберт, швидкість різання, глибина різання, діаметр оброблюваної заготовки, та встановлені рівні інтервали варіювання факторів. В якості моделі для апроксимації результатів експерименту автором дисертаційної роботи був прийнятий поліном другого порядку.

В четвертому розділі «Теоретичні і експериментальні дослідження адаптивних затискних елементів» приведені результати теоретичних досліджень зони деформації адаптивного затискного елемента. На їх основі визначено переміщення та еквівалентні напруження, значення яких розраховувалися по гіпотезі енергії зміни форми Ріхарда Фон Мізеса. Наведені також результати теоретичних досліджень напружено-деформованого стану адаптивного затискного елемента в залежності від товщини стінки кільцевого сегменту зони затиску. На їх основі автором визначено оптимальну товщину стінки затискного елемента, яка дозволяє працювати в зоні пружних деформацій та забезпечувати максимальну адаптацію затискного елемента до поверхні затиску. Приведені картини напруженого стану затискних елементів із жорсткою геометрією та порівняно його характеристики із характеристиками затискних елементів адаптивного типу.

Приведені результати експериментальних досліджень деформацій кільцевого сегменту зони затиску адаптивного затискного елемента, якими підтверджено відповідні результати теоретичних досліджень. Наведені результати експериментальних досліджень радіального биття адаптивного затискного елемента та затискного елемента із жорстокю геометрією при різних зусиллях затиску заготовки та їх порівняння. На основі результатів експериментальних дослідження радіальних відтискань затискних елементів із жорсткою геометрією та адаптивного типу, виконано порівняння даних показників в залежності від положення затискного елемента та зусилля затиску.

В п'ятому розділі «Ефективність застосування затискних патронів із адаптивними затискними елементами і рекомендації з їх проектування» приведено отриману в результаті лабораторних випробувань емпіричну модель оцінки впливу параметрів обробки та діаметра затиску на формування похибки форми (динамічної похибки), що дозволяє прогнозувати вихідні параметри точності при заданих режимах обробки.

Запропоновано конструкцію клинового затискного патрона з адаптивними затискними елементами, які захищені патентом України на корисну модель, що дозволяє розширити діапазон діаметрів затиску оброблюваних деталей одним комплектом затискних елементів відповідно до сучасних вимог щодо швидкості переналагодження та якості оброблюваної деталі. Наведено також запропоновані затискні елементи адаптивного типу з двома та трьома зонами адаптації.

Розроблена узагальнена методика вибору, розрахунку і проектування адаптивних затискних елементів для оснащення токарних патронів, що дає змогу вибрати їх раціональні конструктивні параметри в залежності від параметрів поверхонь затиску та експлуатаційних параметрів.

Наведена методика розрахунку економічної ефективності впровадження затискних патронів, оснащених адаптивними затискними елементами.

У загальних висновках до роботи викладено отриманні автором найбільш важливі наукові і практичні результати.

В додатках до роботи наведені матеріали допоміжного характеру, які забезпечують повноту сприйняття дисертації: креслення досліджуваних зразків затискних елементів; результати теоретичних та експериментальних досліджень та практична реалізація результатів досліджень.

## **8. Оцінка змісту дисертації і її завершеність в цілому.**

Дисертаційна робота Бици О.Р. відповідає спеціальності 05.03.01 – процеси механічної обробки, верстати та інструменти оскільки спрямована на розробку затискних механізмів токарних верстатів із властивостями адаптації до поверхонь затиску різної геометрії та обґрунтуванню їх характеристик, що передбачено формулою спеціальності, і відповідає напряму дослідження – теорія проектування верстатів для обробки різних матеріалів.

Дисертація представляє собою завершену наукову роботу, яка має внутрішню єдність, сукупність наукових теоретичних положень і практичних результатів, що свідчить про індивідуальний внесок здобувача в науку і практику.

Основні наукові результати, винесені на захист, отримані автором самостійно. Всі завдання, поставлені у роботі, вирішені у повній мірі, завдяки чому досягнута мета дослідження – підвищення гнучкості обладнання для токарної обробки, яке працює в умовах частого переналагодження, за рахунок створення нових конструкцій ЗЕ токарних кулачкових патронів з адаптацією до поверхні затиску та обґрунтування їх характеристик.

## **9. Зауваження до дисертації та автореферату.**

1. В п.2.1 при аналізі геометрії поверхонь затиску деталей, що обробляються на токарних верстатах (табл.2.1), автором не врахованій клас деталей з різьбовими базовими поверхнями, які широко використовуються в арматурній і сантехнічній промисловості.

2. В п.2.3 (рис.2.5) відсутній аналіз реалізації неперервної схеми адаптації поверхні затиску затискного елемента до поверхні заготовки за рахунок двох відомих принципів (див. Кузнецов Ю.Н. Использование эвристических приёмов в работе конструктора станочной оснастки.-М.: УТПМ, 1992.-86с.): об'єм затискних елементів змінний (принцип матрьошки) і об'єм затискних елементів у вигляді плинного або сипучого середовища, наприклад, в гумовій оболонці, постійний (принцип топології або гумової геометрії).

3. В розділі 3, п.3.1.2 (рис.3.5–3.7) недостатньо обґрунтоване припущення використання зосередженої сили Т для дослідження деформацій кільцевого

сегменту зони затиску адаптивного затискного кулачка, який для виконання свої функцій починає контактування всередині арки (точка С) з подальшим симетричним охопленням поверхні заготовки по обидві сторони довжини  $L/2$  арки з розподіленим навантаженням в залежності від центрального кута.

4. В методиці проведення експериментальних досліджень (п.3.2.1 і практично однакові схеми вимірювання на рис.3.8 і 3.13) помилково вказано, що вимірюються радіальні відтискання адаптивного затискного елемента одним індикатором на несучій системі верстата. При такій схемі вимірюються сумарні відтискання системи затискний елемент-патрон –шпиндельна бабка. Для коректного експерименту потрібен другий індикатор від тієї ж бази для вимірювання пружного переміщення корпуса самоцентруючого патрона, а різниця їх показань даст бажаний результат.

5. В п.1.1 (с.17-19) при формулюванні тенденцій і напрямків токарній обробці слід було дати посилання на джерело [44], а на початку п.5.4 (с.144), де наведені залежності (5.7)-(5.11) – на джерело по методиці економічної ефективності впровадження нового затискного патрона.

6. Оскільки об'єктом дослідження задекларовано процеси, що виникають при затиску деталей, то хоча б в обмеженому обсязі треба було розглянути спрощену контактну задачу взаємодії поверхонь затискного елемента і заготовки.

7. Зустрічаються похибки редакційного характеру і недоречності, зокрема:

- на с.32 є посилання на позиції 1-3, яких немає на рис.1.7,д;
- в джерелі [39] автор не Кузнеццов Ю.Н., а мій колега Кузнецов Юрий Иннокентьевич;
- двічі наведено одне і те ж джерело [79], [80];
- на с.86 зайді посилання на рис.3.8, 3.9;
- одна і та ж фраза «На підставі проведеного аналізу....(табл.2.4» повторена на с.с.62,63.

Вказані недоліки не знижують наукового та практичного рівня дисертаційної роботи, не впливають на її позитивну оцінку і носять характер побажань для подальших досліджень.

Автореферат повністю розкриває зміст дисертаційної роботи, відповідає вимогам до його оформлення.

## **10. Заключна оцінка дисертаційної роботи.**

На підставі вказаного вище, вважаю, що дисертаційна робота «Обґрунтування характеристик токарних кулачкових патронів з адаптивними затискними елементами», є завершеною науковою працею, яка за актуальністю, новизною, практичною цінністю та об'ємом публікацій відповідає вимогам до кандидатських дисертацій і має суттєве значення для машинобудування України.

Робота повністю відповідає вимогам п. 9, 10 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою КМ України від 24 липня 2013 року №567 щодо кандидатських дисертацій, а її автор Бица Роман Олегович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.01 – процеси механічної обробки, верстати та інструменти.

Офіційний опонент:

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



Ю.М. Кузнєцов

Підпис Кузнєцова Ю.М. засвідчує  
Вчений секретар



А.А. Мельниченко

