

Донбаська державна машинобудівна академія  
Вченому секретарю спеціалізованої  
вченої ради К 12.105.02  
С. Л. Міранцову  
вул. Шкадінова, 76  
м. Краматорськ, 84313

### ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу  
**ХОРОШАЙЛО ВАДИМА ВІКТОРОВИЧА**  
«Підвищення ефективності розточування на токарних верстатах шляхом  
створення вібростійкої інструментальної системи»,  
представленої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за  
спеціальністю 05.03.01 - процеси механічної обробки, верстати та інструменти

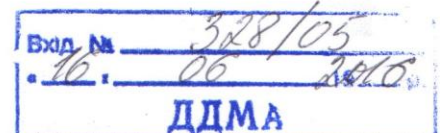
#### 1. АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ ДИСЕРТАЦІЇ

У умовах ринкової економіки машинобудівні підприємства при високій швидкості переналагодження на випуск нової продукції повинні мати можливість ефективно використовувати технологічне обладнання та інструмент. Оскільки в більшості галузей промисловості механічна обробка різанням становить до 90-95% всіх виконуваних операцій і в найближчій перспективі альтернативи їй немає, роботи, присвячені підвищенню ефективності обробки різанням, є актуальними на сучасному етапі. Деталі типу тіл обертання складають понад 60% всієї номенклатури заготовок, тому підвищення ефективності розточування обробки на токарних верстатах є актуальною науково - технічною завданням.

Однією із найбільш проблемних технологічних операцій, які виконуються на токарних верстатах є розточування отворів, оскільки доводиться вести обробку при великому вильоті державки різця. При цьому величина вильоту інструменту визначається довжиною оброблюваного отвору. Великий виліт інструменту із різцетримача призводить до значних динамічних пружних деформацій різця і зниженню його вібростійкості. Виходячи з цього, науково-технічна задача підвищення ефективності обробки отворів на токарних верстатах за рахунок збільшення вібростійкості інструменту, є актуальною.

#### 2. АПРОБАЦІЯ РОБОТИ ТА ЇЇ ВІДПОВІДНІСТЬ ПЛАНАМ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дисертаційні дослідження виконувалися згідно тематичних планів науково-дослідних робіт Міністерства освіти і науки України та є частиною досліджень науково-дослідних тем: ДК 08-04 «Удосконалення технологічного середовища для автоматизованого виробництва продукції важкого машинобудування» (№ 0105U002445), ДК 01-2014 «Підвищення надійності і продуктивності комп'ютеризованих мехатронних верстатно-інструментальних



систем важкого машинобудування» (№ 0114U002757), Д-01-2015 «Підвищення енергоефективності процесів механообробки на основі багатокритеріальної оптимізації параметрів технологічних систем важкого машинобудування» (№ 0115U003122) кафедри «Комп'ютеризовані мехатронні системи, інструменти та технології» Донбаської державної машинобудівної академії.

Основні питання дисертаційної роботи були представлені, обговорені та одержали схвалення на 6-ти міжнародних науково-технічних конференціях.

### 3. НОВИЗНА НАУКОВИХ ПОЛОЖЕНЬ, ВИСНОВКІВ ТА РЕКОМЕНДАЦІЙ

Виходячи із змісту дисертаційної роботи, нові наукові положення сформульовані наступним чином:

- уперше розроблено математичну модель коливань розточувального різця, що дозволяє прогнозувати вплив параметрів жорсткості інструментальної системи з додатковою рухомою опорою різця на амплітудні характеристики вібрацій процесу розточування;

- уперше розроблено інструментальну систему з двоопорним закріпленням інструменту для розточування на токарних верстатах, яка дозволяє підвищити вібростійкість процесу різання;

- оцінено вплив пружних деформацій на динамічні характеристики інструменту при розточуванні за рахунок розробленої тривимірної моделі інструментальної системи.

- встановлено вплив застосування розробленої інструментальної системи для розточування на підвищення точності, якості і продуктивності обробки отворів великих діаметрів на токарних верстатах.

Виконаний у дисертаційній роботі комплекс теоретичних і експериментальних досліджень, висунуті наукові положення та їх практична реалізація дійсно вирішують поставлену науково – технічну задачу.

### 4. ОЦІНКА ДОСТОВІРНОСТІ ТА ОБҐРУНТОВАНOSTІ ОСНОВНИХ ПОЛОЖЕНЬ ДИСЕРТАЦІЇ

Отримані теоретичні результати знайшли підтвердження експериментальними дослідженнями у лабораторних умовах з використанням сучасної виміральної апаратури і обладнання, обробкою результатів експериментальних даних з використанням математичної статистики. Достовірність отриманих у роботі результатів підтверджуються досить близьким збігом розрахункових і експериментальних даних.

### 5. ПОВНОТА ВИКЛАДУ РЕЗУЛЬТАТІВ В ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЯХ

Результати дисертації достатньо повно викладені у 14 наукових працях, серед яких 4 статті у наукових фахових виданнях України, 1 стаття у виданні, яке включене до міжнародних наукометричних баз даних, 1 стаття в зарубіжному виданні матеріалів міжнародної конференції, 6 тез доповідей, 2 патенти України на корисну модель.

Автореферат дисертації достатньо повно відображає основні положення дисертаційної роботи.

## 6. ПРАКТИЧНА ЦІННІСТЬ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Практична цінність роботи полягає у розробці комплексної методики математичного й тривимірного моделювання розточувальних різців і інструментальних систем та нового способу розточування отворів великих діаметрів на токарних верстатах із двоопорним закріпленням розточувального різця. Також створено інструментальну систему для розточування, яка забезпечує підвищення ефективності процесу розточування на токарних верстатах за рахунок додаткової рухомої опори державки розточувального різця.

Практичний результат роботи, яким є розроблена інструментальна система для розточування на токарних верстатах, впроваджено на ТОВ «НДПТмаш – дослідний завод» і ПАТ «Новокраматорський машинобудівний завод». Методику математичного і тривимірного моделювання інструментальних систем впроваджено в навчальний процес кафедри «Комп'ютеризовані мехатронні системи, інструменти та технології», ДДМА (м. Краматорськ).

## 7. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Дисертація складається зі вступу, шести розділів, висновків, переліку використаних джерел зі 135 найменувань і додатків. Загальний обсяг дисертації разом із списком використаних джерел та додатками складає 180 сторінок.

**У вступі** розкривається актуальність проблеми, обґрунтовується вибір теми дослідження, сформульовані мета і завдання досліджень, приведені методи досліджень і наукова новизна висунутих положень, а також вказано практичне значення отриманих результатів.

**У першому розділі** проаналізовані умови експлуатації розточувальних різців при обробці на токарних верстатах і літературні джерела, в яких розглядаються дослідження причин виникнення вібрацій в процесі різання та їх впливу на точність, якість обробки і зносостійкість. Також проведено аналіз засобів зниження рівня коливань при обробці отворів. Аналіз літературних джерел показав, що існують два основні напрями пошуку рішень для зниження рівня коливань: підвищення жорсткості та демпфування різального інструменту. Для вирішення поставленої мети автором був обраний шлях дослідження за напрямком методу підвищення жорсткості інструменту.

Виходячи із вище наведеного, сформульовано мету роботи – підвищення ефективності обробки отворів деталей типу циліндрів і втулок на токарних верстатах шляхом розроблення вібростійкої інструментальної системи, використання якої забезпечує підвищення продуктивності, точності та якості обробки при зниженні її собівартості.

**Другий розділ** присвячений розробці методик теоретичних та експериментальних досліджень. Приведена структурно-логічна схема роботи, в якій враховані головні етапи проведення досліджень. Для дослідження статичних і динамічних характеристик розточувальних інструментів була

запропонована методика, яка включає математичне й комп'ютерне моделювання. Математичні моделі дозволяють теоретично розраховувати параметри статичних деформацій і власної частоти коливань розточувальних різців з прямокутним перерізом державки в залежності від його відносного вильоту. Запропонована методика комп'ютерного моделювання складається із двох етапів – стрижньового і тривимірного. Розроблена методика передбачає, що після комплексного аналізу з використанням теоретичних методів моделювання інструментальних систем, застосовуються експериментальні методи дослідження процесу розточування і результати, отримані в лабораторних і виробничих умовах.

**Третій розділ** стосується математичного і стрижньового моделювання інструментальної системи для розточування на токарних верстатах, що проводилося згідно розробленої методики досліджень. На базі теоретичного аналізу обґрунтовано ідею створення інструментальної системи з додатковою рухомою опорою розточувального різця для підвищення вібростійкості процесу розточування. Були розроблені структурні схеми консольнозакріпленого розточувального різця та інструментальної системи з двоопорним закріпленням різця для порівняльного аналізу жорсткісних та частотних характеристик інструменту. Математична модель коливань вершини розточувального різця дозволяє прогнозувати динамічні характеристики інструменту в залежності від параметрів жорсткості і кута орієнтації головних осей жорсткості, який змінюється при використанні додаткової рухомої опори державки різця. За результатами стрижньового моделювання зроблено висновок, що при утворенні додаткової рухомої опори різця істотно поліпшуються статичні та динамічні характеристики розточувального інструменту.

**У четвертому розділі** розроблено принципову схему конструкції інструментальної системи з двоопорним закріпленням розточувального різця, за якою створено тривимірні моделі. Тривимірне проектування з розрахунками за методом скінченних елементів стало основою для створення реальної інструментальної системи для розточування на токарних верстатах. Моделювання коливального процесу консольнозакріплених розточувальних різців і різців із двоопорним закріпленням в умовах динамічного навантаження проводилося за умови динамічного змінення сили різання. В результаті було отримано графіки вібропереміщень вершини різця в радіальному і тангенціальному напрямках. Встановлено, що при великих вильотах державки різця з використанням інструментальної системи, амплітуди коливань знижуються в середньому в 2,3 рази у порівнянні з цими показниками при розточуванні консольнозакріпленим розточувальним різцем.

**П'ятий розділ** присвячено експериментальним дослідженням статичних і динамічних параметрів консольно і двоопорнозакріпленого інструменту. Проводився порівняльний аналіз експериментально отриманих характеристик жорсткості і вібростійкості інструменту при розточуванні

консольнозакріпленим різцем і розточуванні з використанням інструментальної системи, а також вплив цих параметрів на показники точності та якості обробки. Проведені експериментальні дослідження шорсткості оброблених поверхонь з метою визначення впливу використання розробленої інструментальної системи при різних режимах різання. Встановлено, що використання розробленої інструментальної системи дозволяє отримати заданий рівень шорсткості при більш високих режимах обробки. Внаслідок зменшення амплітуди коливань показники шорсткості обробленої поверхні при розточуванні з використанням розробленої інструментальної системи знизилися в середньому в 1,3 рази.

Також наведені експериментальні дослідження показників точності обробки з використанням розробленої інструментальної системи. Зокрема, встановлено, що при використанні інструментальної системи при розточуванні отвору  $\varnothing 300$  мм і довжині 250 мм різниця діаметрів початкового та кінцевого перерізів зменшилась з 0,09 до 0,02 мм, радіальне биття зменшилось з 0,15 до 0,03 мм, у порівнянні з обробкою консольнозакріпленим розточувальним різцем.

У шостому розділі надані рекомендації застосування розробленої інструментальної системи для розточування на токарних верстатах та проведено розрахунки коефіцієнту підвищення продуктивності обробки. Встановлено, що продуктивність обробки підвищиться в середньому на 8-9% завдяки можливості збільшити величину подачі, так як з використанням інструментальної системи, підвищуються жорсткісні характеристики інструменту. Також, розрахунковим шляхом, встановлено підвищення середнього періоду стійкості інструменту в 1,37 рази при використанні інструментальної системи.

## 8. ЗАУВАЖЕННЯ ПО ДИСЕРТАЦІЇ ТА АВТОРЕФЕРАТУ

1. Пристрій закріплення інструменту має вигляд рами достатньо великих габаритів. В зв'язку з цим, в ній виникають крутильні коливання, які не враховані в схемі, представленій в розділі 3 дисертаційної роботи. В роботі треба оговорити ступінь впливу крутильних коливань рами на точність обробки.

2. Центральний шарнір різцетримача має нелінійні характеристики, їх бажано врахувати в математичній моделі. При недоцільності врахування нелінійності треба дати висновок, що базується на результатах кількісного або якісного аналізу аналогів або власних досліджень.

3. В процесі досліджень використана плоска динамічна модель, згідно якої проведено математичне моделювання інструментальної системи. Треба довести і обґрунтувати, наскільки плоска модель залежить від положення рухомої опори відносно повздовжнього напрямку оправки.

4. На мій погляд, можна було б об'єднати третій і четвертий розділи, щоб структурно не відокремлювати стрижньове і тривимірне моделювання інструментальної системи. При цьому виникає можливість порівняльного

аналізу результатів моделювання по різних підходах, що суттєво підвищує рівень досліджень та служить для підтвердження достовірності.

5. В експериментальних дослідженнях автор використовує заготовки лише із конструкційної сталі, можливо треба було б розширити область досліджень на обробку заготовок з інших матеріалів.

6. В авторефераті на графіку залежності шорсткості від амплітуди коливань (рис. 17) не вказаний напрямок амплітуди коливань.

7. В шостому розділі слід було більш чітко вказати за рахунок чого знижується собівартість обробки при використанні розробленої інструментальної системи.

## 9. ЗАКЛЮЧНА ОЦІНКА ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Наведені зауваження не впливають на головні теоретичні та практичні результати досліджень та не змінюють загальної позитивної оцінки роботи. В цілому в дисертаційній роботі Хорошайло В.В. отримані нові науково обґрунтовані результати у галузі проектування і використання вібростійкої інструментальної системи для розточування, що забезпечило підвищення ефективності оброблення наскрізних отворів великих діаметрів та довжини на токарних верстатах.

Робота має перспективу подальшого розвитку у напрямку розширення досліджень обробки отворів з використанням вібростійких інструментальних систем.

Виконана дисертаційна робота вирішує важливу науково-технічну задачу, повністю відповідає вимогам п. 9, 11 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника» до кандидатських дисертацій, має наукову новизну та практичну цінність, впровадження у виробництво та навчальний процес. Дисертація на тему «Підвищення ефективності розточування отворів на токарних верстатах шляхом створення вібростійкої інструментальної системи» заслуговує на позитивну оцінку, а її автор, Хорошайло Вадим Вікторович, на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.01 – «Процеси механічної обробки, верстати та інструменти».

Офіційний опонент,  
кандидат технічних наук,  
доцент кафедри конструювання  
верстатів та машин,  
Механіко-машинобудівний інститут,  
НТУУ «Київський політехнічний інститут»

О. Я. Юрчишин

Підпис офіційного опонента  
Засвідчую  
Вчений секретар  
НТУУ «Київський політехнічний інститут»



А.А. Мельниченко