

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Бичкова Миколи Ігоровича

«Математичне моделювання формоутворюючих процесів

при високошвидкісній обробці складнопрофільних деталей»

подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання

та обчислювальні методи

Актуальність теми дисертації.

Процес формоутворення при високошвидкісній обробці в значній мірі визначається геометрією траєкторії переміщення інструменту і кінематичними характеристиками цього процесу. Більшість сучасних САМ-систем при розробці керуючих програм процесами обробки обмежуються тільки формуванням траєкторії переміщення інструменту в заданому координатному просторі зони обробки. При такому підході вибір швидкісних режимів виконується в процесі налагодження програми безпосередньо на верстаті. Якщо деталі мають складну форму, то процес налагодження може займати досить тривалий час. Широке застосування на сучасних підприємствах режимів високошвидкісної обробки істотно обмежує тимчасові інтервали для прийняття обґрунтованих рішень при налагодженні програм, та й виконання елементарних вимог безпеки забороняє доступ осіб в зону обробки в процесі її виконання. Наведені вище і багато інших причин призвели до виникнення завдання розробки математичної моделі процесів формоутворення при високошвидкісній обробці з урахуванням способів формування траєкторії переміщень і кінематичних характеристик робочих органів обладнання. Наявність такої моделі дозволить розробляти керуючі програми з урахуванням особливостей і характеристик кожної одиниці обладнання цеху, що забезпечить максимальний ефект (і економічний в тому числі) від експлуатації верстатного парку з ЧПУ. Все перераховане вище вказує на актуальність постановка задачі.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами.

Дисертаційна робота виконана автором в рамках бюджетних тем ІПМаш ім. А. М. Підгорного НАН України: № ДР 0106U008611, № ДР 0111U001755, № ДР 0115U001938. Результати роботи використовувалися на Харківському

державному авіаційному виробничому підприємстві згідно з договорами № 346-28, № V-3-2012, що також свідчить про її актуальність.

Достовірність та обґрунтованість одержаних результатів.

Достовірність та обґрунтованість дисертаційної роботи забезпечуються використанням теорії формальних та алгоритмічних систем, сучасними технологіями створення комп'ютерних систем управління при синтезі складу і структури програмно-інструментальних засобів. Достовірність підтверджена проведенням експериментальних досліджень на фрезерній групі верстатного обладнання ХДАВП з послідуючим виготовленням складнопрофільних деталей авіаційного виробництва.

Оцінка змісту дисертаційної роботи

Дисертація виконана державною мовою, основний зміст структурований за розділами і підрозділами. Дисертація містить вступ, чотири розділи, висновки по роботі, список використаних джерел та додатки. Висновки мають важливий теоретичний та практичний характер, достатньо аргументовані.

У вступі проведено аналіз в галузі моделювання процесів формоутворення з використанням систем ЧПК, сформульовано мету і задачі дослідження, вказано об'єкт, предмет і методи дослідження, визначено наукову новизну і практичну значимість отриманих результатів. Виявлено проблеми, розв'язання яких є актуальним для предметної області, наведено відомості про публікації за темою дисертації.

Перший розділ присвячений огляду наукових праць за темою дисертації. Проаналізовано дослідження Н. А. Акіма, П. Безье, Л. Піглія, К. Де Бура, З. Кокс, Ю. С. Зав'ялова, В. М. Кисельова, S. S. Yeh, Ю. А. Раїсова, В. Л. Рвачова, В. Л. Сосонкіна, MY Chenga та інших. Визначено сучасний стан опису процесів формоутворення складнопрофільних деталей на сучасних підприємствах машинобудування. проблеми, обрано напрям досліджень і їх реалізація. Обґрунтовано необхідність розробки моделі характеристик таких процесів. Моделювання процесу формоутворення на обладнанні з ЧПУ пов'язано з траєкторією та швидкістю переміщення зони, в якій відбуваються фізичні процеси з видаленням, додаванням або перерозподілом матеріалу деталі (далі по тексту — «зона формоутворення»). Модель формоутворення повинна складатися з моделі переміщення, моделі управління і стабілізації контурної швидкості, а також обмежень. На основі проведеного аналізу сформульовано задачі дослідження.

Другий розділ присвячено моделюванню геометрії траєкторій переміщення інструменту в координатному просторі зони обробки верстата. Особливості геометрії траєкторії в значній мірі визначають метод її математичного моделювання. В якості основних застосовані моделі лінійних переміщень, модель еліптичних переміщень з включенням в себе переміщень по колу і широкий клас моделей сплайнів переміщень, які знайшли широке застосування в CAD-системах.

У *третьому розділі* подана математична модель нелінійних режимів розгону і гальмування, серед різноманіття яких виявилось корисним використання S-образних законів швидкості. Розв'язання задачі зміни швидкості від початкової до заданої при відомому значенні часу і допустимому значенні прискорення руху дає можливість попередньо визначити всі необхідні величини на ділянках нелінійної зміни швидкості. Використання таких даних у табличному вигляді при формоутворенні згідно керуючої програми в режимі реального часу зводить час розрахунку швидкості до часу зчитування з таблиць. Цей підхід був реалізований в комп'ютерній програмі «S-control».

У *четвертому розділі* подано дворівневу математичну модель процесу формоутворення. У розділі наведено вирішення важливого для практики формоутворення на обладнанні з ЧПУ завдання – використання КП, що розроблені раніше і містять велику кількість лінійних кадрів, шляхом сплайн-апроксимації. Застосування сплайн-кривих дозволяє вирішити завдання модифікації КП. Розглянуто методику B-сплайн апроксимації, що дозволяє створити послідовність сплайнів кривих третього ступеню. Достовірність розроблених моделей була оцінена на верстатному обладнанні ХДАВП в процесі його модернізації, що виконувалося шляхом виготовлення серійних деталей центроплана літака. За результатами експлуатації верстата після модернізації, формоутворюючий час операцій скоротився від 2,8 до 3,3 раз.

Загалом можна зазначити, що дисертація є закінченою науковою роботою, в якій отримані нові науково обґрунтовані результати, що мають теоретичну та практичну цінність.

Наукова новизна результатів роботи.

Автором дисертаційної роботи отримано ряд важливих результатів, наукова новизна яких полягає в наступному:

- набув подальшого розвитку метод кубічної B-сплайн апроксимації точково-заданих кривих, який, на відміну від існуючих, дозволяє виконувати сполучення сплайнів по першим і другим похідним;

- вперше запропоновано модель аналітичного уявлення кожного сегмента неоднорідного раціонального B-сплайна (NURBS) у вигляді відношення поліномів з відомими коефіцієнтами;

- отримали подальший розвиток S-образні математичні моделі зміни швидкості у вигляді програмного модуля;

- отримала подальший розвиток дворівнева модель формоутворюючих переміщень, що дозволило скоротити час розрахунків переміщення обладнання при ВШО в режимі реального часу.

Практичне значення та впровадження роботи.

Результати отримані в дисертації складають внесок у розвиток методів математичного моделювання процесів формоутворення при високошвидкісній обробці об'єктів виробництва машинобудівної галузі.

Практичне значення результатів, що отримані в дисертації, підтверджується актами впровадження: у виробництво на ХДАВП і використовуються в навчальному процесі Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», а також реалізацією розробленої моделі управління формоутворюючим обладнанням у вигляді комп'ютерних програм, захищених авторським свідоцтвом № 43077 від 26.03.2012,

Повнота відображення результатів дисертації в публікаціях.

Основні розділи дисертації висвітлені в статтях і тезах міжнародних конференцій, що включають 24 найменувань, з них 14 статей у наукових фахових виданнях, дев'яти тезах доповідей і одному свідоцтві про реєстрацію авторського права на твір.

Зауваження до дисертаційної роботи.

1. У наведеному описі S-образного закону крім експоненційних і статечних функцій можуть бути розглянуті і тригонометричні функції, що, можливо, розширило б можливості пошуку раціональних рішень.

2. Пропонуючи методику попередньої обробки масивів даних з результатами вимірювань, автор не дає рекомендацій по розбивці масиву на окремі сплайн-криві. Не зовсім зрозуміла обрана стратегія виконання цієї процедури, виконується вона: автоматично або інтерактивно?

3. Структуру розробленої моделі формоутворення для обладнання з ЧПУ немає потреби погоджувати з структурою САМ-систем, що дозволить реалізувати таку модель у вигляді відповідної програми. В іншому випадку складно забезпечити ефективність застосування розробленої моделі.

Висновки по дисертаційній роботі.

Вважаю, що дисертація Бичкова Миколи Ігоровича є завершеною науково-дослідною роботою, в якій отримані нові науково обґрунтовані результати, що вирішають науково-технічну задачу математичного моделювання формоутворюючих процесів при високошвидкісній обробці деталей машинобудівної галузі, в тому числі і складно профільних.

Автореферат повною мірою відповідає змісту дисертації. Зміст та якість дисертаційних досліджень відповідає паспорту спеціальності 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи.

За актуальністю, науковим рівнем, науковою новизною, практичним впровадженням, кількістю та якістю дисертаційна робота відповідає вимогам, пп. 9, 11, 12, 13, 14 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013р. №567, а її автор М.І. Бичков, заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи.

Офіційний опонент: д. ф.-м. н., доцент,
зав. каф. Технологій і дизайну

Української інженерно-педагогічної академії



Олег ЛИТВИН

Підпис засвідчую: Вчений секретар
Української інженерно-педагогічної академії

Оксана МЕЛЬНИЧЕНКО