

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу  
**Миговича Артура Володимировича**  
на тему «Оптимізація процесу контурного фрезерування на верстатах з ЧПК»,  
представлену на здобуття ступеня доктора філософії  
в галузі знань 13 – Механічна інженерія  
за спеціальністю 131 – Прикладна механіка

### **Актуальність теми дисертації.**

Тема дисертаційної роботи Миговича Артура Володимировича "Оптимізація процесу контурного фрезерування на верстатах з ЧПК" присвячена вирішенню актуальної науково-технічної проблеми підвищення продуктивності обробки складних контурів за рахунок стабілізації та оптимізації процесу різання.

Контурне фрезерування є однією з основних операцій обробки у сучасному машинобудуванні, авіаційній промисловості, штампувальному виробництві та сфері швидкого прототипування. Цей процес забезпечує можливість формування складних просторових поверхонь з дотриманням високих вимог до точності та якості.

Однак характеризується квазістаціонарністю: при зміні траєкторії фрези (наприклад, при переході на увігнуті або опуклі ділянки) відбуваються коливання швидкості видалення матеріалу, сили та потужності різання, що призводить до погіршення точності, якості утвореної поверхні та зниження часу стійкості інструмента.

У дисертаційній роботі розроблено задачу оптимізації процесу контурного фрезерування для збільшення продуктивності з дотриманням всіх необхідних обмежень. Для цього розроблено математичну модель процесу фрезерування, алгоритм управління подачею для стабілізації швидкості видалення матеріалу, а також програмне забезпечення, що дозволяє автоматизувати підбір оптимальних режимів різання і генерувати нову управляючу програму в G-кодах.

Розроблені рішення були апробовані в експериментальних дослідженнях. Отримані результати показали скорочення часу обробки, стабілізацію процесу за силою та потужністю різання порівняно з існуючими САМ-рішеннями, такими як SolidCAM та iMachining.

Дисертаційна робота робить значний внесок у розвиток сучасних методів підготовки управляючих програм для верстатів з ЧПК, дозволяє ефективно

використовувати наявне обладнання та підвищує продуктивність обробки. Тема дослідження є актуальною як з наукової, так і з прикладної точки зору.

**Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.**

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

- розроблено математичну модель процесу контурного фрезерування, що враховує квазістаціонарний характер обробки та дозволяє моделювати зміну швидкості видалення матеріалу (MRR) та сили різання вздовж траєкторії руху інструмента.

- запропоновано алгоритм стабілізації процесу різання на основі управління подачею для забезпечення сталої швидкості видалення матеріалу (MRR).

- вперше сформульовано та реалізовано задачу оптимізації процесу контурного фрезерування на верстатах з ЧПК з метою мінімізації часу обробки при дотриманні технологічних та конструкторських обмежень.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі Технології машинобудування КПІ ім. Ігоря Сікорського під керівництвом наукового керівника кафедри, доктора технічних наук, професора Петракова Юрія Володимировича.

Матеріал, викладений у дисертаційній роботі Миговича Артура Володимировича, свідчить про обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, що виносяться на захист. Усі технічні рішення підтверджені результатами чисельного моделювання та експериментальних досліджень.

Теоретичні напрацювання реалізовані у вигляді програмного продукту, який може бути використаний як інженерний інструмент для розробки управляючих програм.

Отже, результати дослідження мають не лише наукову новизну, а й прикладну цінність для машинобудівної галузі.

**Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.**

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Миговича А.В. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 131 – Прикладна механіка та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Прикладна механіка».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям «Освоєння нових

технологій виробництва матеріалів, їх оброблення і з'єднання, створення індустрії наноматеріалів та нанотехнологій».

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Миговича Артура Володимировича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

### **Мова та стиль викладення результатів**

Дисертаційна робота написана українською мовою. Текст витримано в академічному стилі, характерному для технічних наук. Виклад матеріалу є логічним, послідовним і структурованим. У роботі використано загальноприйняту інженерну та науково-технічну термінологію.

Дисертація складається зі вступу, чотирьох основних розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 142 сторінки.

У вступі подано загальну характеристику роботи, обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету, завдання, об'єкт і предмет дослідження, наведено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Описано особистий внесок здобувача, наведено відомості про апробацію та публікації.

У першому розділі проведено аналіз сучасного стану досліджень у галузі контурного фрезерування, розглянуто підходи до управління режимами різання за апріорними, поточними та апостеріорними даними. Здійснено аналіз САМ-систем, їхніх можливостей і обмежень, що підтверджує необхідність подальших досліджень.

У другому розділі запропоновано математичну модель процесу контурного фрезерування, яка розраховує значення швидкості видаленого матеріалу (MRR) по всій траєкторії руху інструмента. Створено прикладну програму для візуалізації, прогнозування та аналізу параметрів різання з метою їх подальшої стабілізації та оптимізації.

У третьому розділі розроблено алгоритм управління подачею, який забезпечує стабілізацію процесу різання за критерієм швидкості видаленого матеріалу (MRR). Реалізовано програмний модуль генерації G-кодів, а також виконано чисельне моделювання та експериментальне порівняння з SolidCAM та iMachining, що продемонструвало переваги запропонованого підходу.

У четвертому розділі сформульовано задачу оптимізації з метою мінімізації часу обробки з урахуванням конструктивних та технологічних

обмежень. Представлено відповідну математичну модель та прикладну програму для автоматизованого підбору режимів різання. Експериментальні дослідження підтвердили ефективність реалізованих рішень та адекватність математичної моделі.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

### **Оприлюднення результатів дисертаційної роботи**

Наукові результати дисертації висвітлені у 8 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 5 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 2 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та Scopus, з яких 1 стаття у виданні, віднесених до третього квартилю (Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank і Journal Citation Reports; 1 патент України на корисну модель.

Також результати дисертації були апробовані на 2 наукових фахових конференціях.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

### **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.**

– У дисертації доцільно було б розширити порівняльний аналіз розроблених управляючих програм не лише з SolidCAM та iMachining, а й з іншими сучасними САМ-системами. Це дозволило б оцінити переваги запропонованого підходу в контексті існуючих інженерних рішень.

– Не розглянуто проблематику постпроцесора для конкретних верстатів з ЧПК. У роботі зазначено генерацію G-кодів, однак не наведено прикладів адаптації під специфічні постпроцесори, що є ключовим у виробничій практиці.

– У третьому розділі незначної деталізації потребує алгоритм дискретизації подачі для генерації нової управляючої програми – це дозволило б краще зрозуміти можливості запропонованого підходу.

– Експериментальні результати підтверджують ефективність розробленого підходу до стабілізації та оптимізації процесу контурного фрезерування. Водночас, доцільним було б розширити діапазон досліджених режимів та глибин різання, що дозволило б більш повно оцінити універсальність та переваги запропонованої оптимізації процесу контурного фрезерування.



Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

### **Висновок про дисертаційну роботу**

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Миговича Артура Володимировича на тему «Оптимізація процесу контурного фрезерування на верстатах з ЧПК» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для 13 – Механічної інженерії.

Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Мигович Артур Володимирович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 13 – Механічна інженерія за спеціальністю 131 – Прикладна механіка.

### **Офіційний опонент:**

Завідувач кафедри  
«Інтегровані технології  
машинобудування» ім. М.Ф.Семка,  
Національного технічного університету  
«Харківський політехнічний інститут»,  
доктор технічних наук, професор



«11» серпня

2025 року

