

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет  
“Львівська політехніка”

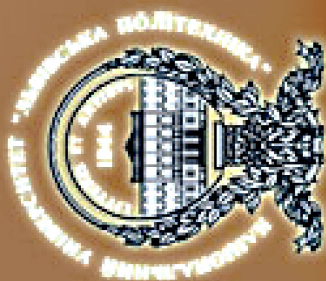
**ЗБІРНИК  
НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

VII-ої Міжнародної  
науково-технічної конференції

***“Прогресивні  
технології в  
машинобудуванні”***

5 - 9 лютого  
2018

*Львівська політехніка  
Національний університет*





**25. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ АДАПТИВНОГО ПРОФІЛЬНОГО ЗУБОШЛІФУВАННЯ**

<sup>1</sup>Ліщенко Н.В., *к.т.н., доцент*, <sup>2</sup>Ларшин В.П., *д.т.н., професор*

<sup>1</sup>Одеська національна академія харчових технологій

<sup>2</sup>Одеський національний політехнічний університет

86

**26. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ФОРМИ КІЛЬЦЕВИХ ДЕТАЛЕЙ ТА ПОДРІБНЕННЯ СТРУЖКИ ПРИ ОБРОБЦІ БАГАТОЛЕЗОВИМ ОСНАЩЕННЯМ АДАПТИВНОГО ТИПУ**

Луців І.В., *д.т.н., професор*, Волошин В.Н., *к.т.н., доцент*,

Буховець В.М., *асистент*, Стахурський О.О., *аспірант*

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

89

**27. ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ВИСОТИ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ТРУБИ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ОЧИЩЕННЯ В ЦИКЛОНІ ІЗ СПІРАЛЬНИМ НАПРАВЛЯЮЧИМ АПАРАТОМ**

Майструк В.В., *к.т.н., доцент*, Гаврилів Р.І., *к.т.н., доцент*,

Майструк П.В., *студент*

Національний університет "Львівська політехніка"

91

**28. ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ТА ДЖЕРЕЛА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ШЛІФУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ ПІДШИПНИКОВОГО ВИРОБНИЦТВА**

Марчук В.І., *д.т.н.*, Марчук І.В., *к.т.н.*, Олексин М.В., *технік 1*

*категорії*, Красовський В.В., *ст. лаборант*

Луцький національний технічний університет

93

**29. ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ПРОФІЛЮ ЗАМКОВОЇ НАРІЗИ ВИГОТОВЛЕНОЇ РІЗЦЯМИ ІЗ ЗАГАЛЬНИМ ПОЛОЖЕННЯМ ПЕРЕДНЬОЇ ПОВЕРХНІ ТА ЗАДАНОЇ ТОЧНІСТЮ ЇЇ ВСТАНОВЛЕННЯ**

Медвідь Ю.В., *магістрант*, Онисько О. Р., *к.т.н., доцент*,

Панчук В.Г. *д.т.н., професор*.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

96

**30. ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛИВАНЬ ЗБІРНИХ РІЗЦІВ В ПРОЦЕСІ ВІДНОВЛЕННЯ КОЛІСНИХ ПАР**

Мироненко Є.В., *д.т.н., професор*, Міранцов С.Л., *к.т.н., доцент*,

Полупан І.І., *к.т.н., старший викладач*

Донбаська державна машинобудівна академія

100



## ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ АДАПТИВНОГО ПРОФІЛЬНОГО ЗУБОШЛІФУВАННЯ

<sup>1</sup>Ліщенко Н.В., *к.т.н., доцент*, <sup>2</sup>Ларшин В.П., *д.т.н., професор*

<sup>1</sup>Одеська національна академія харчових технологій

<sup>2</sup>Одеський національний політехнічний університет

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є розробка наукових основ підвищення продуктивності адаптивного профільного зубошліфування.

Для досягнення поставленої мети вирішені наступні задачі.

1. Виконано аналіз типового технологічного процесу виготовлення ЗК і аналіз найбільш трудомісткої операції профільного зубошліфування на верстатах з ЧПК, сформулювати проблему і знайти технологічні ресурси для підвищення продуктивності цієї операції.

2. Розроблено методологію теоретичних і експериментальних досліджень адаптивного зубошліфування на верстатах з ЧПК на основі методології моделювання, оптимізації і керування.

3. Розроблено теоретичні положення по визначенню припуску на зубошліфування за результатами його дискретного вимірювання і моделювання на основі теоретико-імовірностного і частотного підходів.

4. Досліджено параметри знімання припуску, які характеризують продуктивність зубошліфування і ресурс стійкості шліфування круга.

5. Розроблено спосіб вирівнювання припуску на зубошліфування без внесення корекції в кутове положення зубчастих коліс (ЗК).

6. Досліджено наступність математичних моделей температурного поля при шліфуванні з обліком і без обліку примусового охолодження і знайдено умови для застосування аналітичної моделі температурного поля в технології адаптивного бездефектного зубошліфування.

7. Обґрунтовано застосування високопоруватих шліфувальних кругів на основі дослідження аналітичної моделі температурного поля при макро- і мікропереривчастому шліфуванні і виконано комплекс виробничих випробувань цих кругів.

8. Виконано експериментальні дослідження вібрацій і мікронерівностей поверхні при кінцевому фрезеруванні площини, який є процесом-аналогом фрезерування зубів кінцевою фрезою, у зв'язку з впливом досліджуваних параметрів на величину припуску на зубошліфування.

9. Розроблено математичне та алгоритмічне забезпечення підсистеми САПР режимів зубошліфування, а також систем моніторингу і технологічної діагностики операції зубошліфування.

10. Розроблено комплекс цілеспрямованих методів і засобів інноваційної технології адаптивного зубошліфування у вигляді систем моніторингу і технологічної діагностики.



*Об'єкт дослідження* – технологічна система адаптивного профільного зубошліфування на основі верстата з ЧПК в технологічному процесі виготовлення ЗК.

*Предмет дослідження* – технологія адаптивного профільного зубошліфування на верстатах з ЧПК.

Методи дослідження. Загальнонаукові: теоретичні (методи сходження від абстрактного до конкретного, ідеалізації, формалізації) і експериментальні (метод спостереження, експеримент, порівняння, моделювання, емпірично-теоретичні (аналогія, дедукція, індукція, абстрагування). Спеціальні: частотне перетворення Фур'є та спектральний аналіз для профілограм поверхні, вібрацій і обмірюваного припуску; факторне планування експерименту (вплив режимів фрезерування на параметри вібрації; вплив режимів шліфування на потужність шліфування тощо); технологічна теплофізика (дослідження аналітичних рішень диференціального рівняння теплопровідності), динаміка (вібрації, звуковий тиск і їхня цифрова обробка) і статистика (стохастична і детерміновано-стохастична моделі для визначення максимального припуску на зубошліфування), методи аналітичної і диференціальної геометрії (визначення інтенсивності шліфування, кривизни евольвенти і геометричних параметрів шару, що зрізується).

Теоретичні дослідження виконані на основі наукових основ технології машинобудування, теорії різання матеріалів, теорії автоматичного керування, теорії інформації і теорії сигналів. Вірогідність експериментальних досліджень ґрунтується на використанні сучасного встаткування з ЧПК (обробний центр мод. 500V/5, зубошліфувальний верстат мод. Höfler RAPID 1250), датчиків віброприскорення типу AP2019, акустичного мікрофону SPL Lab USB RTA, вимірювальної станції Hommel Tester 8000; координатно-вимірювальної машини GLOBAL; автоматизованої системи наукових досліджень (NI-DAQmx і NI-LabVIEW); пакетів прикладних програм типу MathCAD, MatLAB, LabVIEW, AutoCAD, а також сучасних засобів комп'ютерної схемо- і системотехніки.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у наступному.

1. Вперше розроблено методологію дослідження технологічної системи адаптивного зубошліфування як об'єкта керування, що має вхід (режими зубошліфування, параметри ЗК, шліфувального круга), стан (сила і температура шліфування, акустична емісія) і вихід (параметри точності, якості поверхні і поверхневого шару). Методологія включає підходи (теоретико-імовірнісний, частотний тощо), методи (моделювання, оптимізація, керування), робочі методики.

2. Вперше розроблено методи визначення максимального припуску на основі теоретико-імовірнісного і частотного підходів шляхом відновлення сигналу припуску на основі теореми відліків і стохастичного моделювання припуску при його вибіркових вимірах, відповідно.

3. Вперше розроблено методику визначення інтенсивності зубошліфування на підставі сформульованої і доведеної теореми про еквівалентний прямокутний профіль, відповідно до якої визначають миттєву активну ширину профілю, що дорівнює ширині еквівалентного прямокутного профілю, встановленого на ту ж глибину шліфування.



4. Вперше сформульовано і доведено теорему про інваріантність екстремальних значень припуску відносно положення початкової западини на ЗК незалежно від обраного методу вирівнювання припусків.

5. Подальший розвиток отримало дослідження наступності три-, дво- і одновимірного рішень диференціального рівняння теплопровідності і знайдено наступні умови застосування аналітичного одновимірного рішення для визначення температури зубошліфування: безрозмірна швидкість теплового джерела (критерій Пекле) – не менш чотирьох, щільність теплового потоку усереднюють не більше як за трьома ділянками зони контакту, які мають однакову площу.

6. Вперше на основі теплофізичного рішення Г. Карслоу і Д. Егера сформовано і досліджено математичну модель для визначення температури шліфування при примусовому охолодженні з урахуванням впливу коефіцієнта теплообміну і температури мастильно-охолоджувальної рідини (MOP), що дозволило обирати режими на чистовому етапі зубошліфування.

7. Подальший розвиток отримала математична модель температурного поля при переривчастому шліфуванні, що дозволяє визначати температуру шліфування на перехідній і сталій ділянках часу макроциклу шліфування на всьому інтервалі цього часу. Встановлено формули для визначення постійної часу перехідного процесу зміни температури переривчастого шліфування і часу теплового насичення.

8. Вперше розроблено єдину математичну модель для визначення температури переривчастого макро- і мікрошліфування, яка дозволяє виконати оптимізацію частоти і скважності макро- і мікроімпульсів теплового потоку за критерієм найменшої температури переривчастого шліфування при однаковій середній щільності імпульсного теплового потоку, яка характеризує однакову інтенсивність шліфування. Виявлено параметри для оптимізації і інтервали їх оптимального значення: число  $N$  ріжучих елементів на шліфувальному крузі ( $N > 180$ ), коефіцієнт  $s$  заповнення окружного кроку цих елементів ( $s > 0,5$ ).

9. Вперше запропоновано нові сигнали технологічного призначення і способи їх формування на основі математичних моделей цих сигналів для моніторингу і технологічної діагностики на верстатах з ЧПК, наприклад, сигнали типу "range", площі під спектрограмою, середні значення питомої роботи, температури шліфування тощо.

Наприклад, для збільшення пропускної здатності, тобто продуктивності, ділянки зубошліфування розроблено спосіб вирівнювання припуску без доворота ЗК, що полягає у визначенні налагоджувальної западини за результатами вимірювання припуску по периферії ЗК на верстаті Höfler RAPID 1250 і наступної обробки обмірюваних зубчастих коліс на верстатах 5A841, 5843E (патент України 119835). Для цього виконують центрування вимірювального інструмента відносно випадкової початкової западини. Формують відліки припуску по лівій і правій сторонах западин, і представляють їх у вигляді двох вихідних матриць-рядків, які є першими основними рядками двох  $N \times N$  матриць для лівої і правої сторін западин, де  $N$  – кількість западин на ЗК.