

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет «Чернігівська політехніка» (Україна)  
Асоціація випускників Національного університету «Чернігівська політехніка»  
Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»  
Oerlikon Barmag GmbH (Німеччина)  
Херсонський національний технічний університет (Україна)  
Донбаська державна машинобудівна академія (Україна)  
Національний авіаційний університет (Україна)  
ТОВ «БАХ-Інжиніринг» (Україна)  
Інженерна академія України  
Академія наук вищої освіти України  
Лодзький технічний університет (Польща)  
Технічний університет в Кошице (Словаччина)  
Thyssenkrupp Materials International GmbH (Німеччина)  
Національний університет «Львівська політехніка» (Україна)  
Батумський державний університет ім. Шота Руставелі (Грузія)  
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»  
Українське товариство механіки ґрунтів, геотехніки і фундаментобудування  
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння  
та військової техніки (Україна)



Матеріали XI міжнародної  
науково-практичної конференції

# «КОМПЛЕКСНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ТА СИСТЕМ»

Том 1

26 - 27 травня 2021 р.  
м. Чернігів

УДК 621; 624; 674; 684; 621.22; 621.51-54; 661; 664; 620.268;621.791; 004  
К63

*Рекомендовано до друку вченою радою Національного університету  
«Чернігівська політехніка» (протокол № 5 від 31.05.2021)*

К63 Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2021) : матеріали тез доповідей XI Міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів, 26–27 травня 2021 р.) : у 2 т. / Національний університет «Чернігівська політехніка» [та ін.] ; відп. за вип.: Єрошенко Андрій Михайлович [та ін.]. – Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2021. – Т. 1. – 240 с.

ISBN 978-617-7932-15-3

### **ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ**

к.т.н., доц. Єрошенко Андрій Михайлович, (Секція №1)  
к.т.н., доц. Космач Олександр Павлович, (Секція №2)  
к.т.н., доц. Сапон Сергій Петрович, (Секція № 3)  
к.т.н., доц. Хребтань Олена Борисівна, (Секція № 4)  
к.т.н., доц. Прибисько Ірина Олександрівна, (Секція №5)  
к.т.н., доц. Корзаченко Микола Миколайович, (Секція №6)  
к.т.н., доц. Терещук Олексій Іванович, (Секція № 6)  
к.т.н., доц. Приступа Анатолій Леонідович, (Секція №7)  
к.т.н., доц. Базилевич Володимир Маркович, (Секція № 8)  
к.пед.н., доц. Коленіченко Тетяна Іванівна (Секція №9)

#### **Відповідальний координатор конференції:**

к.т.н., доц. Сапон Сергій Петрович, тел. (097) 3844197, e-mail: [s.sapon@gmail.com](mailto:s.sapon@gmail.com) або  
[kzyatps@gmail.com](mailto:kzyatps@gmail.com)  
<https://www.facebook.com/kzyatps/>  
[www.conference-chernihiv-polytechnik.com](http://www.conference-chernihiv-polytechnik.com)

\*За зміст матеріалів, викладених в тезах доповідей персональну відповідальність несуть автори



УДК 621; 624; 674; 684; 621.22; 621.51-54; 661; 664; 620.268;621.791; 004  
ISBN 978-617-7932-15-3

© Національний університет  
«Чернігівська політехніка»

- Хавін Г.Л., Хоу Чживень** Оцінка зношування інструменту при обробці полімерних композиційних матеріалів 64  
*Національний технічний університет «ХПІ», м. Харків*
- Загородний А.І., Завгородній Б.М., Кириченко А.М.** Програмування друку тіл з гвинтовими поверхнями на 3D принтері з поворотною віссю 65  
*Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький*
- Пилипенко О.І., Колесник Д.М., Березняк А.М.** Засоби технічного діагностування зубчастих передач вертольотних редукторів 67  
*Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, м. Чернігів*
- Яглінський В.П.<sup>1</sup>, Гутиря С.С.<sup>2</sup>, Чепков І.Б.<sup>2</sup>, Даник Ю.Г.<sup>3</sup>, Бєліков В.Т.<sup>4</sup>,** 69  
Перспективи створення конструктивних варіантів бойових платформ підвищеної прохідності  
<sup>1</sup>*Державний університет «Одеська політехніка», м. Одеса*  
<sup>2</sup>*Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних сил України, м. Київ*  
<sup>3</sup>*Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ*  
<sup>4</sup>*Одеська військова академія, м. Одеса*
- Яглінський В.П.<sup>1</sup>, Гутиря С.С.<sup>2</sup>, Чепков І.Б.<sup>2</sup>, Даник Ю.Г.<sup>3</sup>, Бєліков В.Т.<sup>4</sup>,** 71  
Відтворення рівня акселераційних навантажень на комбінованих модульних тренажерах  
<sup>1</sup>*Державний університет «Одеська політехніка», м. Одеса*  
<sup>2</sup>*Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних сил України, м. Київ*  
<sup>3</sup>*Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ*  
<sup>4</sup>*Одеська військова академія, м. Одеса*
- Пермяков О.А.<sup>1</sup>, Клочко О.О.<sup>1</sup>, Камчатная-Степанова О.В.<sup>1</sup>, Ковальов В.Д.<sup>2</sup>, Васильченко Я.В.<sup>2</sup>, Сапон С.П.<sup>3</sup>** 73  
Моделювання технологічних процесів оброблення великомодульних зубчастих коліс  
<sup>1</sup>*Національний технічний університет «ХПІ», м. Харків,*  
<sup>2</sup>*Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ*  
<sup>3</sup>*Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів*
- Гасанов М.І.<sup>1</sup>, Клочко О.О.<sup>1</sup>, Шелковий О.М.<sup>1</sup>, Мироненко Є.В.<sup>2</sup>, Шаповалов М.В.<sup>2</sup>** 75  
Відновлення великогабаритних загартованих зубчастих коліс методом високошвидкісної лезової обробки  
<sup>1</sup>*Національний технічний університет «ХПІ», м. Харків*  
<sup>2</sup>*Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ*
- Марчук В.І.<sup>1</sup>, Марчук І.В.<sup>1</sup>, Джугурян Т.Г.<sup>2</sup>** Керування температурою на операціях безцентрового шліфування 77  
<sup>1</sup>*Луцький національний технічний університет, м. Луцьк*  
<sup>2</sup>*Щецинська морська академія, м. Щецин, Польща*
- Солових Є. К., Катеринич С. Є., Солових А. Є., Магопець С. О., Дубовик В. О.** 78  
Підвищення експлуатаційних параметрів і вимог в сучасному двигунобудуванні  
*Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький*
- Шаповал М.В., Вірченко В.В., Криворот А.І., Скорик М.О.** Аналіз роботи розчинонасоса різних конструктивних рішень 79  
*Національний університет «Полтавська політехніка ім. Ю. Кондратюка», м. Полтава*

УДК 621.9

**Пермяков О.А.,** докт. техн. наук, професор  
**Ключко О.О.,** докт. техн. наук, професор  
**Камчатная-Степанова О.В.,** асистент  
Національний технічний університет «ХПІ», м. Харків, [ukrstanko21@ukr.net](mailto:ukrstanko21@ukr.net)  
**Ковальов В.Д.,** докт. техн. наук, професор  
**Васильченко Я.В.,** докт. техн. наук, професор  
Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ  
**Сапон С.П.,** канд. техн. наук, доцент  
Національний університет «Чернігівська політехніка», [s.sapon@gmail.com](mailto:s.sapon@gmail.com)

## **МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ОБРОБЛЕННЯ ВЕЛИКОМОДУЛЬНИХ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС**

Сучасний розвиток обробки зубчастих коліс вимагає широкого застосування ефективних технологічних процесів, що забезпечують істотне підвищення продуктивності і якості виготовлення продукції. Для практичного здійснення цих завдань потрібні нові високопродуктивні зубообробні верстати, інструменти і професійно підготовлені фахівці, здатні створювати і впроваджувати у виробництво оптимальні технологічні рішення. При цьому технологи повинні володіти математичним апаратом і використати його для порівняння різних варіантів технологічних процесів.

Для математичного описання і моделювання основних закономірностей технологічних процесів необхідно використати основні положення фізики і особливо технічної механіки - елементи теоретичної механіки (кінематику, статику, динаміку), опору матеріалів і деталей машин [1, 2]. Встановлення на цій основі оптимальних параметрів технологічних процесів і їх практична реалізація дозволять максимально використати можливості технологічних процесів і забезпечать виготовлення цілком конкурентоздатної машинобудівної продукції. У особливій мірі це відноситься до шліфування - методу фінішної обробки великомодульних зубчастих коліс, що має унікальні можливості з точки зору забезпечення якості і точності оброблюваних поверхонь. В той же час, його практичне використання не завжди ефективно через підвищену теплову напруженість процесу і можливе виникнення припалів, мікротріщин й інших температурних дефектів на оброблюваній поверхні, які знижують якість обробки і експлуатаційні властивості оброблюваних поверхонь. Особливо це відноситься до шліфування виробів із загартованих сталей, твердих сплавів й інших матеріалів з підвищеними фізико-механічними властивостями, де постійно виникають проблеми, пов'язані з появою на оброблюваних поверхнях припалів, мікротріщин й інших дефектів температурного походження.

Звичайно, погіршення якості оброблюваних поверхонь знижує ефективність обробки, призводить до втрат від браку оброблюваних виробів і вимагає дослідження нових шляхів виключення цих дефектів обробки, оскільки традиційні методи шліфування не забезпечують вирішення цієї задачі без зниження продуктивності обробки, а це малоефективно [1, 3].

Для усунення дефектів обробки в процесі шліфування застосовують різні технологічні рішення, пов'язані в першу чергу зі зменшенням температури різання за рахунок підвищення різальної здатності інструменту і зниження інтенсивності тертя в зоні різання. Це відноситься до застосування переривчастих, імпрегнованих і високопористих абразивних шліфувальних кругів, кругів з синтетичних надтвердих матеріалів, ефективних технологічних середовищ і так далі. У ряді випадків замість шліфування застосовують фінішну лезову обробку, що забезпечує більш високі показники якості оброблюваних поверхонь внаслідок зменшення енергоємності. В той же час, і при лезовій обробці, також

як і при шліфуванні, зі збільшенням продуктивності обробки силова і теплова напруженості процесу різання зростають, що знижує якість і точність оброблюваних поверхонь.

Температурний чинник при механічній обробці деталей машин стає визначальним у формуванні якості поверхневого шару оброблюваної деталі, стійкості різального інструменту і продуктивності обробки. Тому дослідження ефективних шляхів зменшення температури різання і глибини проникнення тепла в поверхневий шар оброблюваної деталі, а відповідно зменшення товщини дефектного шару і виключення утворення температурних дефектів на оброблюваних поверхнях, є актуальним завданням сучасної технології машинобудування.

Актуальне також завдання підвищення продуктивності механічної обробки з урахуванням обмеження по температурі різання, спрямована на інтенсифікацію машинобудівного виробництва, і що вимагає визначення нових технологічних рішень на основі досліджень теплових процесів при шліфуванні і лезовій обробці, особливо при використанні сучасних металорізальних верстатів з ЧПУ типу "оброблювальний центр" і прогресивних абразивних і лезових інструментів. Зокрема зарубіжне виробництво характеризується високими показниками зносостійкості та різальної здатності.

У зв'язку з цим виникає необхідність теоретичного аналізу закономірностей формування параметрів теплового процесу при механічній обробці на основі розробки нових підходів і, в першу чергу, до визначення температури різання.

Важливим завданням раціонального використання процесу шліфування на фінішних операціях є завдання зниження теплової напруженості за рахунок встановлення оптимальних режимів шліфування і характеристик кругів, застосування нових кінематичних схем шліфування і виключення інтенсивного тертя зв'язки круга з оброблюваним матеріалом - основного осередку появи температурних дефектів на оброблюваній поверхні.

Усе це обмежує можливості точного визначення температури шліфування й інших параметрів теплового процесу і вимагає отримання нового уточненого рішення, наприклад, на основі теоретичного підходу. Його суть полягає в тому, що, представляючи припуск, що знімається, у вигляді множини нескінченно тонких адіабатичних стержнів, розглядається формування температури в зоні шліфування з урахуванням перерізання шліфувальним кругом адіабатичних стержнів, тобто з урахуванням руху теплового джерела углиб поверхневого шару оброблюваної деталі зі швидкістю, визначуваною параметрами режиму шліфування.

Такий підхід дозволяє встановити цілком конкретну глибину проникнення тепла в поверхневий шар оброблюваної деталі, при якій температура набуває нульового значення. Тому в справжній роботі на цій основі отримав подальший розвиток теоретичний підхід для встановлення нових закономірностей формування параметрів теплового процесу при механічній обробці лезовими і абразивними інструментами, а також для визначення умов зниження температури різання і підвищення якості і продуктивності обробки.

Використання цього підходу не вимагає введення поправочного коефіцієнта, що враховує розподіл тепла, що йде в стружку, що утворюються, і в поверхневий шар оброблюваної деталі, як це прийнято в існуючих розрахункових схемах . [4]

Такий поправочний коефіцієнт визначається розрахунком і дозволяє оцінити частку тепла, що йде в стружку, що утворюються, і в поверхневий шар оброблюваної деталі, як при лезовій обробці, так і при шліфуванні. Встановлено, що при лезовій обробці набагато простіше забезпечити повний перехід тепла в стружку, що утворюється, ніж при шліфуванні, і досягнути поліпшення якості обробки.

#### Список посилань

1. Гасанов М.И., Волошин А.И., Ключко А.А., Бабенко М.В. влияние технологического воздействия на обеспечение эксплуатационных свойств восстановленных крупномодульных

зубчатых колес на основе применения комплексных параметров их состояния // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Технології в машинобудуванні = Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Techniques in a machine industry: зб. наук.пр. / Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». – Харків : НТУ «ХПІ», 2020. – № 1 (1) 2020. – С. 3–12. – ISSN 2079-004X.

2. Клочко А. А. Технологическое основы обеспечения процесса зубообработки закаленных крупномодульных зубчатых колес [Текст] / А. А. Клочко, А. Н. Кравцов; Донбасская государственная машиностроительная академия; Закрытое акционерное об-во "ОНИКС" - Краматорск: ДГМА; Ирбит: ОНИКС, 2014 – 299 с.

3. Технологические методы скоростного зубофрезерования крупномодульных шевронных зубчатых колес / А.А. Клочко, Е.В. Басова, Е.В. Камчатная-Степанова // Труды Двадцать девятой международной конференции «Новые технологии и в машиностроении» (2-8 сентября 2019 г., Коблево). – Харьков: НАКУ «ХАИ». – 2019. – С.7.

4. Клочко О.О., Шелковий О.М., Анциферова О.О., Пермінов Є.В. Формування поверхневого шару в процесі зубошліфування // Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції 29 – 31 травня 2018 року / Під заг. ред. В. Д. Ковальова. – Краматорськ: ДДМА, 2018. – С. 40.

УДК 621.9

**Гасанов М.І., докт. техн. наук, професор**

**Клочко О.О., докт. техн. наук, професор**

**Шелковий О.М., докт. техн. наук, професор**

Національний технічний університет «ХПІ», м. Харків, [ukrstanko21@ukr.net](mailto:ukrstanko21@ukr.net)

**Мироненко Є.В., докт. техн. наук, професор**

**Шаповалов М.В., канд. техн. наук, доцент**

Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ

## **ВІДНОВЛЕННЯ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ ЗАГАРТОВАНИХ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС МЕТОДОМ ВИСОКОШВИДКІСНОЇ ЛЕЗОВОЇ ОБРОБКИ**

Розроблена технологія відновлення великогабаритних зубчатих коліс приводів крокуючих екскаваторів, рудорозмельних млинів, кульових млинів є актуальним напрямом через відносно малий термін служби коліс, які працюють в агресивно абразивному середовищі, і, при цьому, високу собівартість і трудомісткість їх виготовлення. Метою розробки нової технології відновлення великогабаритних зубчатих коліс модулем ( $m = 12-36$  мм), для чого запропоновано метод переривчастого обкатування з використанням дискових немодульних фрез (розміри фрези не залежать від модуля оброблюваних зубів), оснащених керамічними пластинками і спеціальними фрезерними супортами. Метод переривчастого обкатування використовується на зубостругальних і зубошліфувальних верстатах і має ту перевагу, що в момент робочого ходу інструменту заготовка або нерухома, або робить незначний поворот, тобто обробка протікає в порівнянні з методом обкатки, в більш жорстких умовах. Для реалізації нової високошвидкісної технології зубообробки були прийняті два напрямки. Перший полягав у розробці нескладних за конструкцією спеціальних фрезерних супортів, що встановлюються на зубостругальних верстатах фірми «МААГ» (Швейцарія). Другий враховував вкрай мале число заводів, що мають верстати фірми «МААГ», і тому передбачав розробку, виготовлення і впровадження на заводах спеціальних фрезерних супортів до широко поширених вертикально-зубофрезерних верстатів. Первинне впровадження нової технології ремонту та відновлення зубчатих коліс при чистовій обробці загартованих коліс з використанням зубостругального верстату здійснювалось у виробничих умовах при обробці коліс псевдопланетарного редуктора з наступними характеристиками:  $m = 28$  мм;  $z_1 = 1$ ;  $z_2 = 24$ ;  $z_3 = 32$ ;  $b = 400$ ;  $\beta_0 = 0^\circ$ ; сталь 34ХМЮА; НРС 48 ... 54. У порівнянні з процесом зубошліфування, при якому в