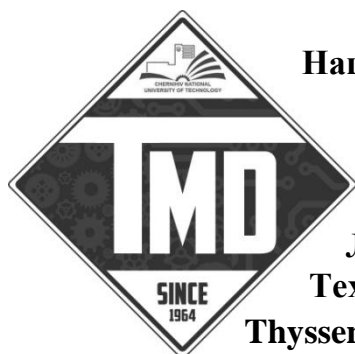


Міністерство освіти і науки України  
Чернігівський національний технологічний університет (Україна)  
Національний технічний університет України «КПІ ім. І. Сікорського» (Україна)



Oerlikon Barmag GmbH (Німеччина)  
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. Ш. Руставелі (Грузія)

Українське товариство механіки ґрунтів, геотехніки і фундаментобудування  
Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки (Україна)



Матеріали ІХ міжнародної  
науково-практичної конференції

# «КОМПЛЕКСНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ТА СИСТЕМ»

Том 1

14 - 16 травня 2019 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 Чернігівського національного технологічного університету (протокол № 4 від 22.04.2019)*

Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2019) : матеріали тез доповідей ІХ Міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів , 14–16 травня 2019 р.) : у 2-х т. / Чернігівський національний технологічний університет [та ін.]; відп. за вип.: Єрошенко Андрій Михайлович [та ін.]. – Чернігів : ЧНТУ, 2019. – Т. 1. – 240 с.

ISBN 978-617-7571-53-6

Видання індексується у наукометричній базі даних РІНЦ (Ліцензійний договір № 611-03/2016К від 17.03.2016р.

#### **ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ**

к.т.н., доц. Єрошенко Андрій Михайлович, тел:(093) 798 27 55  
к.пед.н., доц. Коленіченко Тетяна Іванівна (096) 213 38 16  
к.т.н., доц. Корзаченко Микола Миколайович, тел:(067) 378 90 34  
к.т.н., доц. Космач Олександр Павлович, тел:(063) 335 39 34  
к.т.н., доц. Прибитько Ірина Олександрівна, тел:(098) 078 78 70  
к.т.н., доц. Приступа Анатолій Леонідович, тел:(050) 465 20 13  
к.т.н., доц. Сапон Сергій Петрович, тел:(097) 384 41 97

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

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/>

\*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 978-617-7571-53-6

©Чернігівський національний  
технологічний університет

- Кошель С.О., Кошель Г.В.** Структурний аналіз складного плоского шестиланкового механізму 98  
*Київський національний університет технологій та дизайну, м. Київ*
- Лимарченко О.С.<sup>1</sup>, Губська В.В.<sup>2</sup>** Дослідження узагальненого параметричного резонансу для резервуара гіперболоїдальної форми 100  
<sup>1</sup> *Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ*  
<sup>2</sup> *Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ*
- Дзюбик А.Р., Назар І.Б., Дзюбик Л.В.** Ключові етапи забезпечення якості інженерних проектів 101  
*Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів*
- Дзюбик Л. В., Зінько Я. А.** Особливості дослідження міцності крупногабаритних оболонкових конструкцій 102  
*Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів*
- Веселовська Н.Р., Гнатюк О.Ф.** Методи ефективного розвантаження насипних вантажів транспортних засобів 103  
*Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця*
- Повстяной О.Ю., Полінкевич Р.М., Четвержук Т.І.** Прогнозування часових тенденцій на прикладі експериментальних досліджень високошвидкісних опор шпіндельних вузлів 104  
*Луцький національний технічний університет, м. Луцьк*
- Охріменко О.А., Станєв А.І.** Визначення профілю дискового інструменту для обробки гвинтових канавок за допомогою САД систем 106  
*Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ*
- Чаругин Н. В., Хамитов Ю. А.** Воздействие поверхностной энергии электродов на производительность процесса электроэрозионной обработки 108  
*Одесский национальный политехнический университет, г. Одесса*
- Пасов Г.В., Бакалов В.Г.** Симулятор робозізованого технологічного комплексу на базі токарного верстата з ЧПК 109  
*Чернігівський національний технологічний університет, м. Чернігів*
- Штанкевич В.С.<sup>1</sup>, Балушок К.Б.<sup>2</sup>, Клименко В.Ю.<sup>2</sup>** К вопросу о подавлении автоколебаний при концевом цилиндрическом фрезеровании 111  
<sup>1</sup> *Национальный университет «Запорожская политехника», г. Запорожье*  
<sup>2</sup> *Акционерное общество «Мотор Сич», г. Запорожье*
- Рудик А. В., Венжега В. І.** Підвищення ефективності шліфування поверхонь обертання за рахунок керування контактом 113  
*Чернігівський національний технологічний університет, м. Чернігів*
- Кондрашев П. В.** Визначення оптимальних аеродинамічних характеристик коаксимального сопла 114  
*Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ*
- Grechana O., Kovalenko Yu., Bondarenko M.** Gradient microstructures formed by electron flow on the optical glass 115  
*Cherkasy State Technological University, Cherkasy*
- Пермяков А.А.<sup>1</sup>, Клочко А.А.<sup>1</sup>, Старченко Е.П.<sup>1</sup>, Камчатная-Степанова Е.В.<sup>1</sup>, Сапон С.П.<sup>2</sup>** Технологические основы зубофрезерования шевронных закаленных колес с раздельной схемой формообразования 117  
<sup>1</sup> *Национальный технический университет «ХПИ», г. Харьков*  
<sup>2</sup> *Черниговский национальный технологический университет, г. Чернигов*

**References:**

1. Bondarenko M. Power supply method of micro- and nanosystem engineering devices [Text] / M.Bondarenko, I.Bondarenko // Energy Challenges & Mechanics: 6<sup>th</sup> International Symposium, 14-18 August 2016. – Inverness, Scotland, UK, 2016. – P.245-246.
2. Skoryna E. The investigation of the nanoreliefs of optical elements of measuring instruments, which modified by electron-beam microprocessing [Text] / E.Skoryna, V.Medyanyk, M.Bondarenko, I.Bondarenko [etc.] // “Machines. Technologies. Materials 2018”: in Proc. XV Intern. Scien. Congress, 14-17 March 2018. – Borovets, Bulgaria, 2018. – Year II. – Iss. 1 (8), Vol. 1. – pp.90-93.
3. Bondarenko M. Peculiarities of metalized surfaces modification of silicon elements of microelectromechanical systems with low-power electronic flow [Text] / M.Bondarenko, I.Bondarenko, V.Antoniuk [etc.] // “Theoretical problems in innovations”, “Innovation policy and innovation management”: in Proc. III Intern. Scien. Congress Innovations, 19-22 June 2017. – Varna, Bulgaria, 2017. - Year I. – Vol. 1/1. – pp.53-55.

УДК 621.9

**Пермяков А.А., докт. техн. наук, профессор**  
**Клочко А.А., докт. техн. наук, профессор**  
**Старченко Е.П., аспирант**  
**Камчатная-Степанова Е.В., ассистент**

Национальный технический университет «ХПИ», ukrstanko21@ukr.net

**Сапон С.П., канд. техн. наук, доцент**

Черниговский национальный технологический университет, s.sapon@gmail.com

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЗУБОФРЕЗЕРОВАНИЯ ШЕВРОННЫХ  
ЗАКАЛЕННЫХ КОЛЕС С РАЗДЕЛЬНОЙ СХемой ФОРМООБРАЗОВАНИЯ**

Современные технологические направления зубофрезерования крупномодульных шевронных закаленных колес развиваются по различным направлениям: Одним из таких направлений предложена технология с раздельной схемой формообразования червячными твердосплавными фрезами с уменьшенным углом профиля зубьев.

Для различных чисел зубьев нарезаемых шевронных колес, червячные твердосплавные фрезы с раздельной схемой формообразования имеют различное конструктивное оформление, но могут производить как черновое, так и чистовое фрезерование.

Крупномодульные шевронные закаленные колеса с числом зубьев  $z < 56$  рекомендуется нарезать червячными твердосплавными фрезами с возможным нанесением коррекции высот зубьев. Для колес с  $z = 56-65$  применяются червячные твердосплавные фрезы составные с разным направлением стружечных канавок в обеих частях. Колеса с числом зубьев свыше  $z > 65$  нарезаются червячными твердосплавными фрезами разъемной конструкции, состоящей из двух корпусов, с промежуточным дистанционным кольцом. Если первые два вида червячных твердосплавных фрез являются специальными, предназначенными для нарезания определенного числа зубьев, то последний вид червячной твердосплавной фрезы универсальный, что достигается за счет изменения ширины дистанционного кольца.

Несмотря на прогрессивность рассмотренных конструкций червячных твердосплавных фрез с раздельной схемой формообразования, зарекомендовавших себя в производственных условиях, по отдельным технологическим признакам такие схемы целесообразно применять для условий нарезания мелко- и среднемодульных зубчатых колес. Для нарезания зубьев крупного модуля ( $m = 12-65$  мм) при относительно больших периметрах и сечениях среза, задние углы  $\alpha_{\sigma} = 1.5^{\circ} - 2^{\circ}$  не являются оптимальными с точки зрения процесса резания и качества обработанной поверхности.

Технологическая схема резания с раздельной схемой формообразования (рис. 1)



определяет последовательность установки каждой из двух корпусов червячной твердосплавной фрезы для окончательной обработки только одной боковой поверхности зубьев колеса, не затрагивая дно впадин.

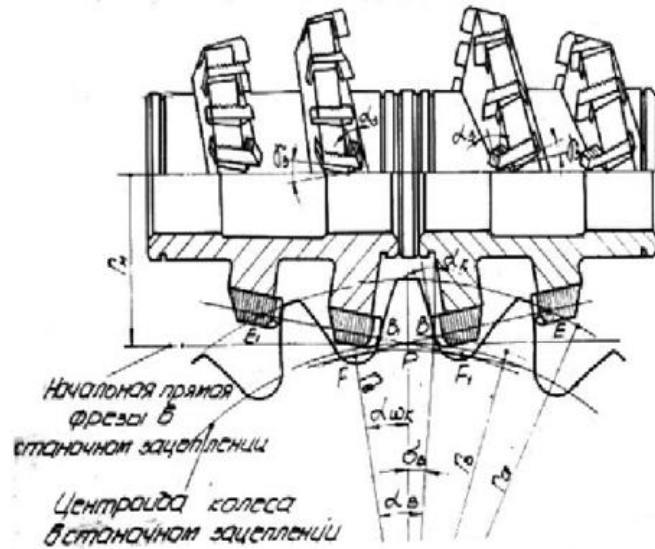


Рис. 1 – Технологическая схема резания фрезы с раздельной схемой формообразования шевронных зубчатых колес

Черновое нарезание зубьев колеса с обработкой дна впадин в размер производится червячными, дисковыми или пальцевыми фрезами с "протуберанцем", а также специальными дисковыми прорезными фрезами.

Технология формообразования крупномодульных шевронных закаленных колес наиболее полно соответствует условиям их обработки. Фрезы с раздельной схемой формообразования расширяют область применения метода обкатки в обработке шевронных зубчатых колес до модуля 65 мм.

Технология лезвийной обработки крупномодульных шевронных закаленных колес и валов-шестерен используется для обработки с раздельной схемой формообразования закаленных колес с параметрами:  $3m = 16...36$  мм;  $z_k = 12...86$ ;  $b = 200...700$  мм;  $\beta_d = 0^\circ...28^\circ$ ;  $D_a = 400...1800$  мм; материал: сталь 20ХН3А;  $HRC \geq 55$ , используемых в прокатных станах «2500», «3600» и «5000» и валов-шестерен (рис. 2 и рис. 3).

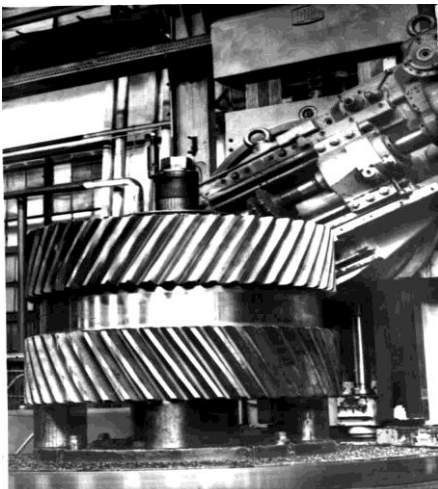


Рис. 2 – Лезвийная обработка закаленного шевронного зубчатого колеса  $m=28$  мм;  $z = 48$ ;  $\beta = 27^\circ 26'$ ;  $b = 390$  мм; сталь 20ХН3А,  $HRC \geq 55$

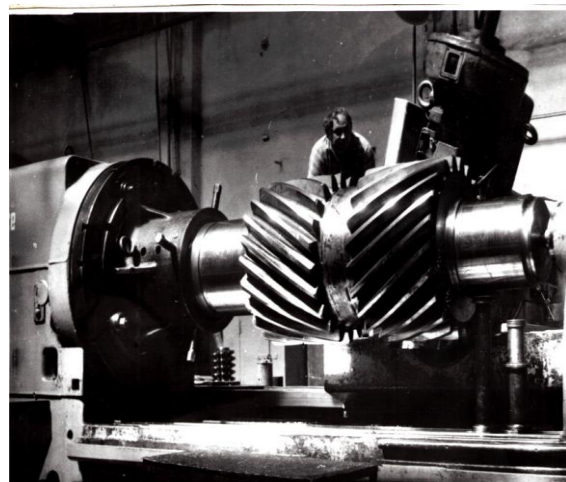


Рис. 3 – Лезвийная обработка закаленной вал-шестерни  $m = 32$  мм;  $z = 22$ ;  $\beta = 28^\circ 21'$ ;  $b = 575$  мм; сталь 20ХН3А,  $HRC \geq 55$

Зубофрезерование осуществляется червячными твердосплавными фрезами на тяжелых зубофрезерных станках мод. 5B375, 5353, ZFWZ – 3150/30 ABHVS фирмы «Modul», PowerTec 7500 без применения смазывающе-охлаждающих жидкостей. Направление фрезерования используется встречное. Режимы резания при обработке закаленных зубьев следующие: глубина резания  $t=0,5...0,8$  мм за один проход; подача фрезы  $S = 1.5...3$  мм/об; частота вращения фрезы:  $n = 10...20$  мин<sup>-1</sup>; скорость резания  $V = 10...20$  м/мин.

#### Список ссылок

1. Ключко А. А. Технологическое основы обеспечения процесса зубообработки закаленных крупномодульных зубчатых колес [Текст] / А. А. Ключко, А. Н. Кравцов; Донбасская государственная машиностроительная академия; Закрытое акционерное об-во "ОНИКС" - Краматорск: ДГМА; Ирбит: ОНИКС, 2014 – 299 с.
2. Optimizing the technology of reconditioning large high precision gear rims. / [Shapovalov V., Klochko A., Gasanov M., Antsyferova O., Belovol A.] // The current state of scientific research and technology in the industry. – Kharkiv. 2018. – № 3 (3). – P. 59–70.
3. Трибологический метод выбора технологического регламента при скоростном лезвийном зубофрезеровании / Н.С. Равская, А.А. Охрименко, А.А. Ключко, М.И. Гасанов // Труды Двадцать седьмой международной конференции «Новые технологии и в машиностроении» (3-8 сентября 2017 г., Коблево). – Харьков: НАКУ «ХАИ». – 2017. – С.19-20.

УДК 629.735.45

**Шаповалов О. Л.,** начальник відділу

**Колесник Д. М.,** начальник відділення

НДІ випробувань та сертифікації військової техніки та озброєнь ЗСУ, [ak1149cv@ukr.net](mailto:ak1149cv@ukr.net)

**Пилипенко О. І.,** докт. техн. наук, професор

Чернігівський національний технологічний університет, [opilip@ukr.net](mailto:opilip@ukr.net)

### КОНСТРУКЦІЇ, КІНЕМАТИЧНІ СХЕМИ ТА ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕРТОЛЬОТНИХ РЕДУКТОРІВ

Сучасний стан найбільш застосовуваних вертольотів Ми-8 різних модифікацій пасажирського, транспортного та військового призначення характеризується тим, що в них є агрегати з обмеженим ресурсом, відмови яких безпосередньо впливають на безпеку польотів.

До таких агрегатів, поза іншими, відносяться такі найбільш навантажені агрегати трансмісії вертольота (АТВ) як головний, проміжний та хвостовий редуктори. Редуктору вертольота встановлюється час гарантованої роботи – ресурс – на основі великого обсягу конструкторських, технологічних і доводочних робіт по усуненню дефектів, а також великої кількості різномірних випробувань.

Оскільки найближчим часом заміни даному типу вертольотів не очікується, необхідно забезпечити підтримку стану льотної придатності наявного парку вертольотів цього типу. Крім того, виробництво агрегатів для даного типу вертольотів стає все менш доцільним або здійснюється за межами країни і тоді їх вартість досягає нерентабельного рівня.

Таким чином, єдиним виходом з ситуації, яка склалася, є поетапне встановлення і збільшення ресурсів вказаних агрегатів. А для цього необхідні певні дослідження і обсяги випробувань з метою наукового підтвердження можливості встановлення нових і збільшення раніше встановлених ресурсів.

Для обґрунтованого збільшення ресурсів головного, проміжного і хвостового редукторів необхідно мати об'єктивні дані по параметрах та навантаженнях елементів трансмісії на основних режимах польоту, результати стендових випробувань, розрахунки