

ОХРИМЕНКО О.А., КЛОЧКО О.О., НАБОКА О.В., СТРИЛЕЦЬ О.С., ГОРБУЛИК В.І.

РОЗШИРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ВЕРСТАТІВ ДЛЯ НАРІЗАННЯ КОНІЧНИХ КОЛІС З КРУГОВИМ ЗУБОМ ЗІ ЗБІЛЬШЕНОЮ ЗОВНІШНЬОЮ КОНУСНОЮ ВІДСТАННЮ

У статті розглянуто розширення технологічних можливостей верстатів мод. 528С для нарізування конічних коліс з круговим зубом зі збільшеною зовнішньою конусною відстанню коліс з кутом зхрещування 300. Проаналізовано оптимізуючі програми для визначення геометричних параметрів з отриманням локалізації зони контакту по висоті, для форми зуба Ш, навіть на верстаті без нахилу інструменту з нахилом інструментального шпинделя, широко застосовувати подвійний -двосторонній метод нарізання для великого діапазону конічних і гіпоїдних передач, і не тільки для передач малого модуля, але і для коліс середніх модулів, що раніше вважалося неможливим без використання спеціальних верстатів з гвинтовим рухом. Аналітично визначено параметри налаштування верстата зі збільшеною зовнішньою конусною відстанню на верстаті з недостатніми для цього зсувами налагодження. В результаті встановлено, що при певних осьових зсувах бабки виробу можна розмістити заготовку колеса зі збільшеним розміром зовнішньої конусної відстані. При цьому обробка проводиться зменшеним плоским колом, що виробляє. Часткове зміщення бічної поверхні зубів колеса компенсується оптимізацією налагоджувальних параметрів при обробці парної шестірні, при цьому розраховані зміщення, з-за можливого перетину колеса з базовими деталями, можуть коригуватися у більшу сторону. Нові величини зсувів знову вводяться у програму оптимізації як вихідні.

Ключові слова: конічні колеса, круговий зуб, розширення технологічних можливостей, збільшена зовнішня конусна відстань, кут зхрещування, оптимізуючі програми, параметри налаштування верстата.

OKHRIMENKO O. A., KLOCHKO O.O., NABOKA O.V... STRILETS O.S., GORBULIK V.I. EXPANDING THE TECHNOLOGICAL CAPABILITIES OF MACHINES FOR CUTTING BEVERED WHEELS WITH CIRCULAR TOOTH WITH INCREASED OUTER TONE DISTANCE

Considered in the article. expansion of technological capabilities of machine tools mod. 528C for cutting bevel gears with a circular tooth with an increased outer taper distance of the gears with a crossing angle of 300. Optimizing programs are analyzed to determine the geometric parameters with obtaining the localization of the contact zone in height, for the tooth shape Ш, even on a machine tool without tilting the tool, and in the presence of a machine with the inclination of the tool spindle, widely apply the double-double-sided cutting method for a wide range of bevel and hypoid gears, and not only for gears of small modules, but also for wheels of medium modules, which was previously considered impossible without the use of special machines with helical movement. The machine settings with an increased external taper distance on a machine with insufficient adjustment offsets are analytically determined. As a result, it was found that with certain axial displacements of the headstock of the product, it is possible to place a wheel blank with an increased size of the outer conical distance. In this case, the processing is carried out by a reduced flat producing wheel. Partial displacement of the lateral surface of the wheel teeth is compensated by the optimization of the setting parameters when processing a paired gear, while the calculated displacements, due to the possible intersection of the wheel with the base parts, can be corrected upwards. The new displacement values are again entered into the optimization program as initial ones.

Key words: bevel gears, circular tooth, expansion of technological capabilities, increased external taper distance, crossing angle, optimizing programs, machine settings

Вступ. Зазвичай, можливості нарізання конічних коліс з коловим зубом визначаються технічними характеристиками спеціальних верстатів (Рис. 1) і визначаються модулем, кількістю зубів, що нарізаються, формою зуба, ступінню точності, зовнішньою конусною відстанню, кутом зхрещування інструменту, що використовується, партионністю заказу, програмним забезпеченням.



Рис. 1 – Нарізання конічних коліс з коловим зубом на станках мод. 528С

При технологічному контролі конічних зубчатих коліс з коловим зубом приходиться приймати рішення про вибір варіанту геометрії коліс, обладнання, наявності інструмента і засоба зубообробки - і все це, в умовах обмеження часу на виконання заказу, до того без повного комплекту зуборізного інструменту з необхідними параметрами.

© О.А. Охрименко., О.О. Клочко, О.В. Набока, О.С. Стрілець, В.І Горбулик, 2022

Основна частина. Попереднє опрацювання передбачає кілька перевірочних розрахунків геометрії зчеплення та карт технологічних наладок. Забезпечуючи технічні можливості виконують 3-4 варіанти розрахунків при запуску кожної пари коліс у виробництво. При цьому слід зазначити, що нормативні документи, необхідні для більш об'єктивного розрахунку та надійного виробництва конічних коліс вимагають доопрацювання та удосконалення.

Так, наприклад, ДСТУ 19326-73 "Передачі зубчасті конічні із круговими зубами. Розрахунок геометрії" не перевидавався 47 років, містить застарілі спірні та некоректні положення, перенасичений малоінформативними, не особливо потрібними для виробництва, розрахунками, таблицями та графіками, орієнтований на ручний розрахунок. Деякі перевірки та таблиці виконані приблизно і з дуже великими запасами, вибір початкових даних наприклад, зуборізних головок, орієнтується на застарілі стандарти, зокрема на ВН 451-55, ДСТУ11902-66, хоча давно вже є ДСТУ11902-77 и ОСТ2- И45-4-79, ОСТ2-И45-5-79.

Рекомендації з вибору модуля нормального m_n і кута ножки зубів θ_f не зовсім удачні, в сучасних умовах, так як вони прив'язані до розводу зуборізної голівки, їх нужно брати уже з нових нормативів.

Цей зв'язок може бути логичним і оправданим тільки за наявності більшої номенклатури разводів головок. Гораздо простіше в умовах одиничного виробництва, для отримання необхідної товщини зубів використовувати поворотний метод обробки колеса. В сучасний час це основний засіб нарізання зубів колес, що використовуються у виробництві на верстатах мод. 5С280П, 528С для нарізання конічних колес с круговими зубами $\varnothing 800$.

При обмеженій номенклатурі інструмента не завжди виходить підібрати зуборізну голівку з точно відповідними параметрами.

В ГОСТ 19326 -73 не зовсім коректно ідеалізується осьова форма зуба II, в той час, і іншим формам належні деякі недоліки, такі як :

- збільшена висота зуба на більшому торці,
- часто зворотне звуження вершинної стрічки,
- ускладнення у вигляді вторинного різання при використанні ширини зубчастого вінця у вигляді вторинного різання при використанні ширини зубчастого вінця.

У світовій практиці виробництва конічних передач оновлення нормативних документів проводиться регулярно, існує спеціальна міжнародна організація AGMA (Американська організація виробників шестерень), яка займається координацією, оновленням, розробкою та публікацією нормативних та рекомендаційних матеріалів з виробництва всіх видів зубчастих передач. Більшість цих матеріалів через деякий час реєструються як міжнародні стандарти ISO, які потім приймаються багатьма країнами як національні стандарти. Так, наприклад, цією організацією в 2007 році опубліковано ISO 23509:2006 "Bevel and hypoid geometry" і вже в 2008-2009 роках багато країн прийняли його як національні, в тому числі і Україна прийняла стандарт ДСТУ-ISO 23509. У цьому матеріалі, заснованому на стандарті фірми Глісон [1, 2, 3, 12], геометрія всіх видів конічних і гіпоїдних, передач розраховується по одних і тих же формулах, змінюються лише коефіцієнти, причому самі формули зручні для складання програми на комп'ютері. Тут, крім осьової форми I, II і III, застосовується ще одна форма, (яка відсутня в ДСТУ 19326-73), в якій кут ніжки розраховується як у формі зуба II, а висота зуба обчислюється формою зуба I. Цей тип геометрії дозволяє отримувати рівномірну ширину вершинної стрічки зубів, не збільшуючи висоту зуба на зовнішньому торці та використовувати більший діапазон діаметрів та розлучень зуборізних головок.

Не можна назвати вдалим положення ДСТУ19326-81, коли для кожної суми кутів ніжок зубів передачі, потрібен свій номер різців зуборізної голівки, при цьому номенклатура інструменту, з урахуванням різноманітності сполучень і номерів різців, при одиничному виробництві різних передач, може знадобитися величезної та непідйомної великого підприємства. Тому можна назвати малозручними для виробництва, в реальних умовах, багато існуючих програм розрахунку геометрії конічних передач, засновані на ДСТУ19326-81. Програма фірми Аскон-"Компас#Gears" блокує подальший розрахунок із некоректними параметрами ДСТУ19326-81.

Ці параметри є наслідком того, що проектування зубчастих передач механізмів здебільшого проводиться від загального виду або схеми виробу, а не від технологічних рекомендацій щодо можливості зубообробки коліс. Стандарт [3, 4, 11] у довідковому додатку пропонує, що кращими для застосування є фіменко більш технологічні, конічні передачі з круговими зубами, а не з прямими. Однак через складність розрахунків конструктора багатьох галузей машинобудування, переходять на прямі конічні зуби, причому дуже часто з помилками в геометрії, наприклад, коефіцієнт зміщення вихідного контуру, майже завжди ставлять рівним нулю, незалежно від числа зубів коліс. Крім іншого по ГОСТ19326-81 неможливо розрахувати геометрію гіпоїдної передачі, що є причиною рідкісного застосування цього прогресивного виду передач у виробках машинобудування.

Відсутність належних нормативних документів та недостатня номенклатура інструменту, є гальмом для оперативного виробництва, проте органічним виходом із цього положення може бути втілення ідеї висловленої Д.Т. Бабичевим [4, 5, 6, 10] - створення так званого "комп'ютерного паспорта зуборізного інструменту" або інакше проведення великого комплексу попередніх розрахунків із застосуванням самоорганізованих, автоматизованих програм з оптимізації геометрії коліс, налагоджувальних параметрів верстатів, при оптимальній плямі контакту та мінімізації параметрів [5, 7, 8]. Такий підхід дає можливість виконати вибірку оптимального комплексу зуборізних головок, яким можна обробити максимальну кількість зубчастих передач із різною геометрією. Для виконання цього завдання можуть бути залучені допрацьовані до потрібного ступеня такі програми як "Волга5" [6, 9], програмний комплекс "Експерт".

Малоймовірно, що імпорتنі розрахункові комплекси, такі як: KIMoS, фірми Клінгельнберг (ФРН); KISSsoft, LTCA, фірми Глісон; (США); PCD К. Кавасакі (Японія) та інші програми, через високу вартість та складність самостійного навчання роботи з ними, можуть бути впроваджені у споживачів. Для демонстрації реальності втілення

ідеї "паспортизації зуборізного інструменту", можна навести приклад багаторічного використання досить швидкодіючої програми "Волга5", що дозволяє в режимі діалогу з компетентним оператором, миттєво проводити розрахунок геометрії та налагодження практично будь-яких верстатів (крім верстатів з багатоосьовим управлінням) для обробки величезного діапазону конічних та гіпоїдних передач, з різною геометрією, будь-яким відомим способом та будь-яким рухом, застосовуючи всього три номери різців: це номери N-0, N-12, N-24. Додавши до цього списку N-36, можна забезпечити розрахунок і великий діапазон гіпоїдних передач з високими експлуатаційними параметрами. В принципі, використання програм з оптимізацією параметрів і верстатів з нахилом інструментального шпинделя дозволяє обійтися одним універсальним номером -12 для виготовлення досить великого діапазону конічних передач з різною геометрією.

Оптимізація програми дозволяє, при певному поєднанні геометричних параметрів, отримувати локалізацію зони контакту по висоті, для форми зуба Ш, навіть на верстаті без нахилу інструменту, а за наявності верстата з нахилом інструментального шпинделя, широко застосовувати подвійний-двосторонній метод нарізування [7, 8] для великого діапазону конічних і гіпоїдних передач, і не тільки для передач малого модуля, але і для коліс середніх модулів, що раніше вважалося неможливим без використання спеціальних верстатів з гвинтовим рухом. Природно, при цьому потрібно проаналізувати всі можливі дефекти передачі, такі як:

- звуження та загострення вершинної стрічки,
- підрізання ніжок зубів коліс,
- розміри, форму та поведінку зони торкання,
- напрямок робочої лінії,
- криві Бакстера,
- реальні величини підналадок верстата для нарізування коліс.

Крім того, застосування програм з оптимізацією дозволяє проводити нарізування передач з налагоджувальними параметрами, що виходять за межі паспортних даних верстатів, наявних у виробництві, наприклад, для неортогональних з великою довгою утворюючою або ортогональних з габаритами колеса, налагоджувальні установки для яких, параметри розраховані за звичайною методикою, не вписуються у характеристики верстата.

Найчастіше не вистачає "радіальної установки" верстата, яку зазвичай настроюють кутом ексцентрикового барабана. Інші установки не такі критичні. Наприклад, відсутній розмір осьової установки можна "наростити" другою додатковою шкалою або вимірюванням переміщення, наприклад глибиномір за межами основної шкали. Недостатній хід шкали, "зміщення столу" (або усунення ковзної бази), можна змінити подовженням штока відведення столу на певну величину. Невелике перетинання базових елементів верстата з нарізним колесом або кріпильною планшайбою при збообробці, можна усунути підрізуванням цих елементів, недостатню величину робочого циклу верстата, можна подовжити установкою більш тихохідного двигуна подачі або його частотним регулюванням.

Звичайно, всі ці маніпуляції виробляються не "від хорошого життя", а внаслідок хронічної нестачі коштів у підприємств на придбання відповідного, дорогого більшого обладнання.

Розглянемо можливість нарізання передачі з великою зовнішньо конусною відстанню на верстаті з недостатніми для цього налагоджувальними зсувами. Допустимо необхідно нарізати передачу з параметрами: $Z_1 = 25$, $Z_2 = 25$, кут перетину між осями 30° , $Mte = 10.2$, $\beta_0 = 25^\circ$, $R = 492.62$, $\delta_2 = 15^\circ$, $b = 95$, з формою зубів - I, зуборізною головкою $\Phi = 457.2$, мм, ($r_0 = 228.6$), на верстаті моделі 528С максимальною радіальною установкою $U_{max} = 340$ мм та максимальним Р.

Запропоновано налагоджувальні установки для колеса (1), (2), (3):

$$\text{Радіальное смещение } U_0 = \sqrt{(r_0 \cos \beta_0)^2 + (R \cos \theta_f - r_0 \sin \beta_0)^2} = 405.3408 \quad (1)$$

$$\text{Угловая установка } a_0 = \arctg \left(\frac{r_0 \cos \beta_0}{R \cos \theta_f - r_0 \sin \beta_0} \right) = 54.831875^\circ \quad (2)$$

$$\text{Число зубьев плоского производящего колеса } Z_c = \sqrt{Z_1^2 + Z_2^2} = 21.213203 \quad (3)$$

Такі установки неможливо здійснити на станку 528С, так як не забезпечується величина радіального зміщення. Позначимо його як: $\Delta U = U_{max} - U_0 = 340 - 405.341 = -65.341$.

Для такого налагодження потрібен більший верстат, наприклад 5A284 з діаметром оброблюваних коліс до 1600 мм і модулем до 30 мм. Але цей верстат стоїть на порядок дорожче, ніж 528С, і їх залишилася обмежена кількість в Україні.

При певних осьових зсувах бабки виробу, можна розмістити заготівлю колеса зі збільшеним розміром зовнішньої конусної відстані. При цьому обробка проводиться зменшеним, ніж визначеним за формулою (3), плоским колом, що виробляє.

Величина зменшення радіусу колеса, що виробляє

$$\Delta R = \Delta u \cdot \cos \alpha_0 = -90,5407 \quad (4)$$

Число зубів виробляючого колеса

$$\text{Число зубів виробляючого колеса} \quad (5)$$

$$Z_p = \frac{2(R + \Delta R)}{m_p} = 76,945 \quad (6) \quad (6)$$

где $m_p = m_w \frac{R}{R + b/2} = 9,21648 \quad (7)$

Заготівля колеса при цьому зміщується на величини ΔA і ΔE .

Схема нарізування та встановлення конічних коліс з кутом 30° зі збільшеною конусною відстанню (Рис. 2 та Рис. 3.)

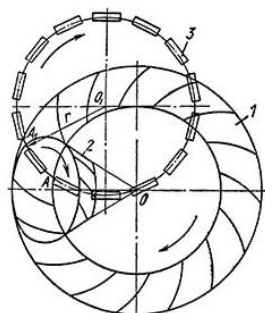


Рис. 2 – Схема нарізування конічних коліс з круговим зубом на станку мод. 528С

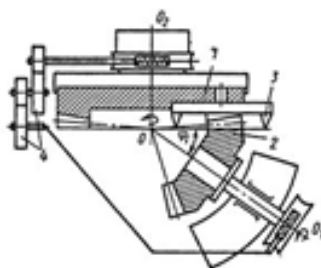


Рис. 3 – Схема пристрою для нарізування конічних коліс з кутом 30° зі збільшеною конусною відстанню

Мінімальні величини зміщень:

$$\text{Осьове зміщення } \Delta A = \Delta R / \cos \delta_2 = -93,7346 \text{ (Вперед)} \quad (7)$$

$$\text{Гіподіодне зміщення } \Delta E = \Delta U \sin \alpha_0 = 53,843 \text{ (Догори)} \quad (8)$$

$$\text{Зміщення столу } \Delta B = \Delta A \sin \delta_2 = 60,954 \text{ (Назад)} \quad (9)$$

У цьому радіальне зміщення встановлюється максимально на верстаті тобто, $U=340$ мм. Шток відведення столу подовжується на 200 мм.

Осьове зміщення колеса, що нарізається, уздовж осі вперед на 93,7346 мм і гіпоїдне зміщення на 53.843 мм вгору, дозволяє розрахувати карту налагодження для нарізування зубів. Контроль настановних зсувів виконується на контрольно-обкатному стенді (Рис. 4)



Рис. 4 – Контроль настановних зсувів конічних коліс з круговим зубом на контрольно-обкатному стенді

Отримане при цьому часткове зміщення бічної поверхні зубів колеса компенсується оптимізацією налагоджувальних параметрів при обробці парної шестірні, при цьому розраховані за формулами (7), (8) зміщення, з-за можливого перетину колеса з базовими деталями, можуть коригуватися у більшу сторону. Нові величини зсувів знову вводяться у програму оптимізації як вихідні (рис. 5).

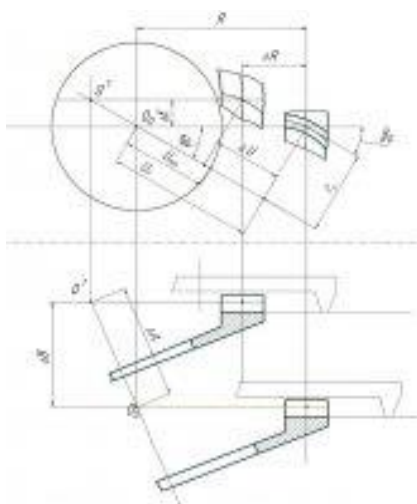


Рис. 5 – Схема оптимізації параметрів наладки при обробці парної шестерні

За описаною схемою налаштування на станку 528С було нарізано партію шестерен та коліс (Рис. 6).



Рис. 6 – Конічна зубчаста передача з круговим зубом

При обробці коліс з круговими зубами необхідно здійснити такі формоутворюючі рухи:

- а) головний рух - обертання різцевої головки;
- б) рух обкату - узгоджене обертання люльки (колеса, що виробляє) і заготовки;
- в) рух розподілу - поворот заготовки на обробку наступного зуба.

Узгодженість обертання люльки і заготовки досягається змінними колесами, що розраховуються в залежності від кількості зубів колеса, що нарізаються. Вершини різців повинні пересуватися по утвореним поверхням внутрішнього конуса нарізаного колеса, для цього колесо необхідно встановити під кутом внутрішнього конуса ϕ до площини, в якій пересуваються вершини різців.

При чорновому нарізанні великих коліс застосовується спеціальний метод обробки, рівносильний простому врізанню інструменту у виріб. При такому методі форма западини, що нарізається, збігається з формою профілю ріжучого інструменту.

Робочий цикл верстата при чистовому нарізанні полягає у наступному. При натисканні пускової кнопки відбувається швидке підведення столу з бабкою виробу. Одночасно включається обертання різцевої головки, обертання виробу та хитання люльки. Два останні рухи становлять обкатний рух, необхідні для утворення профілю зуба.

Після закінчення обкатки зуба виріб швидко відводиться назад, а коліска починає швидко повертатися у зворотний бік. При цьому виріб продовжує обертатися в той же бік, що й під час робочого ходу. Після закінчення зворотного повороту часточки цикл повторюється, причому, оскільки за час зворотного ходу люльки виріб продовжував обертатися вперед, до моменту початку наступного циклу буде пропущено певне число зубів, що не має загального множника з числом зубів колеса, що нарізається.

Таким чином, при повторенні циклу стільки разів, скільки зубів у колесі, що нарізається, відбудеться нарізання всіх його зубів. При чорновому нарізанні робота відбувається в основному так само, як і при чистовому з тією різницею, що величина обкатки сильно зменшується, а швидке підведення столу замінюється повільною робочою подачею, при якій інструмент поступово врізається в заготовку. Після досягнення повної глибини западини стіл швидко відводиться назад і відбувається зворотний поворот люльки на невеликий кут, достатній для попадання в сусідню западину при наступному циклі.

Висновки. Розширено технологічні можливості верстатів мод. 528С для нарізування конічних коліс з круговим зубом зі збільшеною зовнішньою конусною відстанню коліс з кутом схрещування 300.

Проаналізовано оптимізують програми для визначення геометричних параметрів з отриманням локалізації зони контакту по висоті, для форми зуба III без нахилу інструменту. Аналітично визначено параметри налаштування верстата зі збільшеною зовнішньою конусною відстанню на верстаті з недостатніми для цього зсувами налагодження.

Встановлено, що при певних осьових зсувах бабки виробу можна розмістити заготовку колеса зі збільшеним розміром зовнішньої конусної відстані.

Часткове зміщення бічної поверхні зубів колеса компенсується оптимізацією налагоджувальних параметрів при обробці парної шестірні, при цьому розраховані зміщення, з-за можливого перетину колеса з базовими деталями, можуть коригуватися у велику сторону.

Список літератури

1. Добротворский С.С. Перспективы применения передовых технологий в зубооботке конических колес с круговыми зубьями / С.С. Добротворский, Е.В.Басова, А.А. Ключко, М.И. Гасанов, Е.Э. Тонкошкур // Автоматизированные технологии и производства. – 2016. – № 2 (12). – С. 10–14.
2. Bevel and Hypoid Gear Geometry: 9/2002, ISO/TC 60/SC 2/WG 13 DOC N43 Rev.3, Working Draft, 96 p.
3. ГОСТ 12289-76 Передатки зубчатые конические. Основные параметры. М.: Издательство стандартов, 1976, - 5 с.
4. Бабичев Д.Т. Постановка задачи о создании геометрических паспортов инструментов для зубообработки. Вестник Национального технического университета "ХПИ". Сборник научных трудов. Тематический выпуск. "Проблемы механического привода". Харьков: НТУ "ХПИ". - 2011, №28. - с. 3-13.
5. Лычкин Е.Н. Рыжков В.А. Применение самообучающихся нейронных сетей для выявления закономерностей при расчете параметров зуборезного инструмента. М: Вестник МГТУ "Станкин", 2009, №1(5) с.45-50.
6. Сегаль М.Г., Ромалис М.М. Кричалко Г.А. Совершенствование зубообработки конических и гипоидных передач. Журнал "Станки и инструмент", М.: 1986г. №5, с. 19-21.
7. Ромалис М.М. Обеспечение требуемого положения центра пятна контакта для конических и гипоидных передач с круговыми зубьями. Межвуз. научн. сб., Точность и производительность зубообрабатывающих станков и инструментов. Саратов, СПИ, 1986, с. 73-82.
8. Кедринский В.Н., Писманик К.М. Станки для обработки конических зубчатых колес. - М.: Машиностроение, 1967.
9. Прилепский В.И. Погораздов В.В. Изготовление и применение зуборезных головок для крупномодульных конических колес с круговыми зубьями.
10. Dr. Ing. Hartmuth Muller and Dr. Ing. Joachim Thomas, "Face Hobbing versus Face Milling-two heavyweights in manufacturing", Journal, Gear Solutions, September 2007, pp.48-60.
11. Шелковой А.Н., Пермяков А.А., Ключко А.А., Басова Е.В., Перминов Е.В. Глобальный метод повышения эффективности эксплуатации цилиндрических и конических зубчатых передач // 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. політех. ін-т». — Харків : НТУ «ХПІ», 2018. — № 34 (1310) 2018. — С. 67–76. — ISSN 2079-004X.
12. Воробйов С.В Радіус кривизни зуба циліндричного арочного зубчастого колеса / С.В. Воробйов, Н.С. Равська, О.О. Ключко // Надійність інструмента і оптимізація технологічних систем : сб. науч. тр. – Краматорск : ДГМА, 2016. – Вып. 38. – С. 60–66.

References (transliterated)

1. Dobrotvorskij S.S. *Perspektivy` primeneniya peredovy`kh tekhnologij v zuboobotke konicheskikh koles s krugovy`mi zub`yami* / S.S. Dobrotvorskij, E.V.Basova, A.A. Klochko, M.I. Gasanov, E.E` . Tonkoshkur // Avtomatizirovanny`e tekhnologi i proizvodstva. – 2016. – # 2 (12). – S. 10–14.
2. *Bevel and Hypoid Gear Geometry: 9/2002, ISO/TC 60/SC 2/WG 13 DOC N43 Rev.3, Working Draft, 96 p.*

3. GOST 12289-81 *Peredachi zubchaty`e konicheskie. Osnovny`e parametry`*. M.: Izdatel`stvo standartov, 1976, - 5 s.
4. Babichev D.T. *Pstanovka zadachi o sozdanii geometricheskikh pasportov instrumentov dlya zuboobrabotki*. Vestnik Nacziional`nogo tekhnicheskogo universiteta "KhPI". Sbornik nauchny`kh trudov. Tematicheskij vy`pusk. "Problemy` mekhanicheskogo privoda". Khar`kov: NTU "KhPI". - 2011, #28. - s. 3-13.
5. Ly`chkin E.N. Ry`zhkov V.A. *Primenenie samoobuchayushhikhsya nejronny`kh setej dlya vy`yavleniya zakonemernostej pri raschete parametrov zuboreznoho instrumenta*. M: Vestnik MGTU "Stankin", 2009, #1(5) s.45-50.
6. Segal` M.G., Romalis M.M. Krichalo G.A. *Sovershenstvovanie zuboobrabotki konicheskikh i gipoidny`kh peredach*. Zhurnal "Stanki i instrument", M.: 1986g. #5, s. 19-21.
7. Romalis M.M. *Obespechenie trebuemogo polozeniya czentra pyatna kontakta dlya konicheskikh i gipoidny`kh peredach s krugovy`mi zub`yami*. Mezhvuz. nauchn. sb., Tochnost` i proizvoditel`nost` zuboobrabaty`vayushhikh stankov i instrumentov. Saratov, SPI, 1986, s. 73-82.
8. Kedrinskij V.N., Pismanik K.M. *Stanki dlya obrabotki konicheskikh zubchaty`kh koles*. - M.: Mashinostroenie, 1967.
9. Prilepskij V.I. Pogorazdov V.V. *Izgotovlenie i primenenie zuborezny`kh golovok dlya krupnomodul`ny`kh konicheskikh koles s krugovy`mi zub`yami*.
10. Dr. Ing. Hartmuth Muller and Dr. Ing. Joachim Thomas, "Face Hobbing versus Face Milling-two heavyweights in manufacturing", Journal, Gear Solutions, September 2007, pp.48-60.
11. Shelkovej A.N., Permyakov A.A., Klochko A.A., Basova E.V., Perminov E.V. *Global`ny`j metod pov`sheniya e`ffektivnosti e`kspluataczii czilindricheskikh i konicheskikh zubchaty`kh peredach* // Vi`snik Nacziional`nogo tekhnichnogo uni`versitetu «KhPI». Seri`ya: Tekhnologii`yi v mashinobuduvanni` = Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Techniques in a machine industry: zb. nauk. pr. / Nacz. tekhn. un-t «Kharki`v. poli`tekh. i`n-t». — Kharki`v : NTU «KhPI», 2018. — # 34 (1310) 2018. — S. 67–76. — ISSN 2079-004Kh.
12. Vorobjov S.V *Radi`us krivizni zuba czili`ndrichnogo arochnogo zubchastogo koleasa* / S.V. Vorobjov, N.S. Rav`s`ka, O.O. Klochko // Nadezhnost` instrumenta i optimizaczija tekhnologicheskikh sistem : sb. nauch. tr. – Kramatorsk : DGMA, 2016. – Vy`p. 38. – S. 60–66.

Поступила (received) 15.03.2022

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Охріменко Олександр Анатолійович (Ohrimenko Aleksandr) – доктор технічних наук, професор, зав. кафедри інтегрованих технологій машинобудування Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ; тел.: (067) 267-69-43; e-mail: alexhobs77@gmail.com. ORCID: 0000-0002-5446-6987

Клочко Олександр Олександрович (Klochko Aleksandr Oleksandrovych) – доктор технічних наук, професор кафедри технологій машинобудування та металорізальних верстатів Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, вул. Кирпичова, 2, Україна; тел.:+38067-936-36-64, e-mail: ukrstanko21@ukr.net. ORCID: 0000-0003-2841-9455

Набока Олена Володимирівна (Naboka Olena Volodimirivna) – кандидат технічних наук, професор кафедри технологій машинобудування та металорізальних верстатів Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, вул. Кирпичова, 2, Україна; тел.:+38050-98-65-027, e-mail: namirauza@gmail.com. ORCID: 0000-0003-3997-5481

Стрілець Олександр Сергійович (Strilec Alexandr Sergeevich) – аспірант кафедри технологій машинобудування та металорізальних верстатів Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; e mail: helivstr2@ukr.net.

Горбулик Володимир Іванович (Gorbulyk Volodymyr Ivanovych)) – кандидат технічних наук, доцент кафедри радіотехніки та інформаційної безпеки Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича, Україна м.Чернівці, вул. Коцюбинського,2., тел. +38050 9792460, E_mail gorbulic@ukr.net, ORCID 0000 0001 6091 2261