

Кіровоградський інститут сільськогосподарського
машинобудування

Хамдан Мухаммед

УДК 621.923.5:621.833

**ФОРМОУТВОРЕННЯ ЗУБІВ ЦИЛІНДРИЧНИХ
КОЛІС ПРИ ШЕВІНГУВАННІ З УРАХУВАННЯМ
СПАДКОВОСТІ ПОПЕРЕДНІХ ПРОХОДІВ**

Спеціальність 05.03.01 “Процеси механічної обробки,
верстати та інструменти”

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Кіровоград - 1997



00743549 (W)

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Кіровоградському інституті сільськогосподарського машинобудування Міністерства освіти України.

Науковий керівник : кандидат технічних наук, доцент
Надеїн Владислав Семенович,
Кіровоградський інститут
сільськогосподарського
машинобудування, декан механіко-
технологічного факультету.

Офіційні опоненти : доктор технічних наук, професор
Радзевич Степан Павлович,
Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут", професор
кафедри "Інструментальне виробництво";

кандидат технічних наук
Підгаєцький Михайло Матвійович,
Кіровоградський інститут
сільськогосподарського машинобудування,
доцент кафедри "Технологія
машинобудування".

Провідна установа : Інститут надтвердих матеріалів
НАН України, відділ обробки металів різанням
та пластичним деформуванням, м. Київ.

Захист відбудеться " 20 " березня 1998 р. о 13 год. на
засіданні спеціалізованої вченої ради К 23.073.01 Кіровоградського
інституту сільськогосподарського машинобудування за адресою:
316050, м.Кіровоград, просп.Правди, 70 А.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Кіровоградського
інституту сільськогосподарського машинобудування за адресою:
316050, м.Кіровоград, просп.Правди, 70 А.

Автореферат розісланий " 14 " лютого 1998 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Каліч В.М.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми. Якість та технічні характеристики продукції машинобудування, до складу якої входять зубчаті колеса, у великій мірі залежать від якості останніх.

Так, наприклад, похибки кроку зуб'їв приводять до додаткового динамічного навантаження, концентрація навантаження виникає при наявності похибок напряду зуб'їв, похибки профілю є причиною порушення кінематики механізму, тощо.

Зменшення похибок зубчатого вінця колеса дозволяє істотно підвищити навантажувальну здатність передачі, зменшити габарити механізму, збільшити його ККД та строк служби.

Досвід виробництва та експлуатації зубчатих передач, дослідження вземозв'язку їх технічного рівня з методами формоутворення зубчатого вінця свідчать про те, що на технічний рівень показників навантажувальної здатності зубчатої передачі істотно впливає процес чистової обробки зуб'їв.

З числа методів чистової обробки бокових поверхонь зуб'їв зубчатих коліс в машинобудуванні широке застосування має процес шевінгування дисковими шеверами. Однак не зважаючи на велику кількість теоретичних та експериментальних досліджень процесу шевінгування, якість обробки не перевищує 8 ступеня ГОСТ 1643-81. Крім того є ряд питань, на які дослідники дають протилежні відповіді, а вплив деяких особливостей процесу шевінгування на якість обробки не враховується.

Виходячи з того, що підвищення точності обробки зубчатого вінця є важливий резерв збільшення навантажувальної здатності передачі, розробка способів підвищення точності обробки шевінгуванням є актуальною задачею машинобудування.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалась згідно з планами 1994 - 1997 років науково-дослідної роботи кафедри "Металорізальні верстати та системи" Кіровоградського інституту сільськогосподарського машинобудування та договорами про наукову співпрацю з АТ "Гідросила" (м. Кіровоград) щодо підвищення якості обробки шестерен гідронасосів серії НШ, а також згідно з планами науково-технічної програми "Механічні приводи" при Держстандарті України (НДІ Редуктор м. Київ).

Мета і задачі дослідження. Підвищення точності обробки зубчатих коліс дисковими шеверами в умовах вільного обката в безпроміжковому верстатному зачепленні з урахуванням спадковості попе-

редніх проходів шляхом гарантованого забезпечення спряженості бокових поверхонь зубів шевера і обробляемого колеса на кожному проході і розробка способів обробки.

Для досягнення мети треба вирішити такі задачі: визначити механізм виникання похибки зубчатого вінця колеса, особливості зміни їх по проходах; визначити геометричні складові верстатного зачеплення, які впливають на величину похибок; розробити методи шевінгування, які дозволять підвищити точність і продуктивність обробки; перевірити практично винайдені методи шевінгування та розробити рекомендації щодо їх впровадження у виробництво.

Наукова новизна одержаних результатів. В основу досліджень, спрямованих на досягання мети роботи, покладено передумови про те, що у верстатному зачепленні шевер-колесо без жорсткого кінематичного зв'язку між осями їх обертання, однією з важливих причин виникнення похибок зубчатого вінця колеса є відсутність спряженості бокових поверхонь зубів шевера та колеса і пов'язане з цим успадковування похибок зубчатого вінця, обробленого на попередньому проході.

Експериментально досліджено характер зміни похибок зубчатого вінця колеса на кожному проході. Показано, що при шевінгуванні традиційним паралельним методом на перших 3-х...4-х проходах, величина міжосьової відстані на яких значно відрізняється від такої на останньому чистовому проході, спряженість поверхонь зубів шевера та колеса відсутня. Внаслідок цього похибки зубчатого вінця на цих проходах порівнянні з похибками вихідної заготовки, обробленої зубофрезеруванням чи зубодовбанням, і значно перевищують похибки зубчатого вінця вихідної заготовки із шліфуваними зуб'ями.

Визначені умови, за яких забезпечується спряженість поверхонь зубів шевера і колеса на кожному проході. На основі цих умов отримані аналітичні залежності для синтезу спряженого верстатного зачеплення без модифікації бокової поверхні зубів шевера.

Практична цінність одержаних результатів. Розроблено два способи шевінгування дисковими шеверами в умовах вільного обкату, які забезпечують спряженість поверхонь зубів шевера і колеса на кожному проході. Розроблено інженерну методику розрахунку параметрів процесу шевінгування з урахуванням наявного припуску на обробку і параметрів шевера, реалізація якої виключає дуже трудомістку модифікацію профілю зубів шевера.

Експериментальні лабораторні дослідження та виробничі вип-

робування обох способів шевінгування підтвердили наукову передумову досліджень.

Розроблені способи шевінгування дозволяють вже на першому або другому проході отримати точність обробки зубчатого вінця таку, як і на останніх чистових проходах при традиційному способі шевінгування. Це дозволяє зменшити припуск на обробку, підвищити її продуктивність та стійкість шевера.

На основі виконаних теоретичних та експериментальних досліджень на АТ "Гидросила" (м.Кіровоград) обидва способи шевінгування та методика розрахунку технологічних параметрів процесу перевірені у виробничих умовах (акти виробничих випробувань від 16.05.1996р. та 30.08.1997р.). До впровадження у виробництво зубчатих коліс маслососів серії НШ прийнято спосіб шевінгування із змінним кутом нахилу зуба колеса-заготовки. Цей метод шевінгування не потребує додаткових матеріальних витрат для його реалізації і може бути використаний в будь-якому виробництві.

Особистий внесок здобувача. Для підвищення точності обробки запропоновано забезпечити спряженість поверхонь зубів шевера і колеса на кожному проході, для чого необхідно, щоб величині міжосьової відстані на кожному проході відповідали міжосьовий кут і кути нахилу зубів шевера і колеса. Запропоновано два способи шевінгування, розроблено аналітичний апарат, методику розрахунку параметрів верстатного зачеплення і програмне забезпечення. Експериментально у виробничих умовах перевірені методи шевінгування.

Апробація роботи. Основні результати роботи доповідалися і були схвалені на міжнародній конференції "Оснастка-95" (Київ, 1995р.), 26-й та 27-й конференціях викладачів, аспірантів та співробітників КІСМу (Кіровоград, 1995, 1996р.), міжнародній науково-практичній конференції (Луганськ, 1996 р.), міжнародній конференції "Технологическое обеспечение работоспособности деталей машин, механизмов и инструмента" (Київ, 1997 р.).

Публікації. За результатами досліджень надруковано 11 робіт, в т.ч. 2 позитивних рішення про видачу патентів України на винахід.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, 4 розділі, висновків, списку літератури, який включає 113 найменувань, додатку 4, викладена на 165 сторінках машинописного тексту в тому числі 37 рисунків та 7 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі розглядається стан наукової задачі, показана її значущість для підвищення якості зубчатих передач, обгрутовується актуальність, мета та задачі дослідження.

В 1 розділі поданий аналіз існуючих методів чистової обробки зуб'їв евольвентних зубчатих коліс, стан теоретичних та експериментальних досліджень одного з найпоширеніших методів - шевінгування дисковими шеверами, а також наведено напрямки наукових досліджень.

Теоретичні основи процесу шевінгування і практичні рекомендації використання його у виробництві розроблені в наукових роботах Адама Я.Ц., Ананьєва Н.Т., Бабака В.Ф., Еріхова М.Л., Калашнікова С.Н., Клепікова В.Д., Кузоватова В.С., Літвіна Ф.Л., Мільштейна М.З., Петрухіна С.С., Радзевича С.П., Родіна П.Р., Романова В.Ф., Сахарова Г.М., Семеченко І.І., Соколова В.М., Сухорукова Ю.М., Тайца Б.А., Дадлея Д., К.Сюя та інших.

Аналіз результатів досліджень процесу шевінгування дозволив виявити таке.

При дослідженні процесу шевінгування найбільшу увагу авторами цих робіт було спрямовано на вивчення впливу на якість зубчатого вінця різноманітних факторів, які супроводять процес шевінгування. Основним висновком більшості робіт є висновок про те, що на якість обробки - точність елементів зубчатого вінця та шорсткість бокової поверхні зуба - впливають силові характеристики процесу, якість попередньої обробки зубчатого вінця, похибки базування шевера та обробляемого колеса, режим різання.

Більшість дослідників, які досліджували процес шевінгування експериментально, стверджують, що основною причиною виникнення похибок зубчатого вінця, є змінність силової взаємодії поверхонь зуб'їв шевера і колеса із-за змінної площі плям контакту і кількості зон контакту вздовж активної лінії зачеплення.

Однак є ряд робіт, результати яких протиречать цим висновкам. Так, в декількох роботах В.С.Кузоватова показано, що технологічні параметри процесу (режим різання, величина припуску, твердість матеріалу заготовки) не впливають на основну похибку - викривлення профілю в зоні ділального кола, кількість зон контакту впливає тільки на форму евольвентограми, а величина похибок профілю залишається практично незмінною. В роботі С.І.Самойлова показано, що при шевінгуванні коліс з модифікованим біля головки зуба профілем (так званим двоховольвентним профілем) попередньою обробкою, похибки профілю обробленого колеса більше, чим при обробці

колеса з немодифікованим профілем. В роботі М.З.Мільштейна показано, що при однопроходному шевінгуванні похибки зубчатого вінця значно менші, ніж при багатопроходному, хоч сили в зачепленні не менші. В дослідженнях, виконаних Чижовим В.И., Шунаєвим Б.К., Sykes А. показано, що зміна напрямку хвилястості поверхні зубу та зменшення її величини сприяє зменшенню похибок шевінгування.

Результати приведених вище досліджень вказують на те, що не всі особливості процесу шевінгування враховані; виявлення їх і врахування їх впливу на процес дозволить підвищити точність обробки.

В 2 розділі проведено аналіз верстатного зачеплення шевер-колесо. Запропоновано при аналізі механізму виникання та розвитку похибок зубчатого венця враховувати кінематику та спряженість поверхонь зубів шевера і колеса на кожному проході і експериментальна перевірка цієї пропозиції.

Особливість наявних досліджень, як експериментальних, так і теоретичних, полягає в тому, що майже всі дослідники, аналізуючи точність обробки шевінгованих коліс, розглядають кінцеву стадію процесу; аналізуючи формоутворення поверхні зуба колеса, вважають поверхню зуба шевера безперервною.

В реальному процесі шевінгування обробка виконується за декілька проходів в умовах вільного обкату. Наявність припуску на обробку приводить до того, що на проходах, які передують останньому чистовому, взаємодія поверхонь зубів шевера і колеса, кінематика та формоутворення проміжних поверхонь зубів колеса відрізняються не тільки від таких на останньому чистовому, а і між сусідніми.

Різальні кромки шевера є лініями перетину бокової поверхні зуба стружковими канавками. Внаслідок цього бокова поверхня зуба шевера перервна і складається з канавок і декількох ділянок евольвентної гвинтової поверхні. Ділянки ці є задніми поверхнями різального клина зубчиків, які утворилися на поверхні кожного зуба шевера.

Різальна частина кожного зуба шевера має чорнову та профілюючу частини. В умовах вільного обкату в безпроміжковому верстатному зачепленні задні поверхні зубчиків чорнової частини деформують поверхню зубу колеса. Деформована ними поверхня зубу колеса є напрямною поверхнею в обкатному русі поверхонь зубів шевера і колеса. Профілююча частина різальної частини шевера взаємодіє з поверхнею, яка оброблена чорною частиною. Профілююча частина співпадає з центром миттєвої плями контакту.

Різальна кромка шевера заглиблюється в тіло зуба заготовки на величину контактної деформації її поверхні при взаємодії з задньою

поверхнею зуба шевера. Форми траекторій точок різальної кромки в системі координат, зв'язаної з оброблюваним колесом, будуть залежати від траекторії, яку в тій же системі координат описує центр миттєвої плями контакту. Тому профіль зуба колеса буде обвідною послідовних положень різальної кромки і еквідистантним траекторії центру миттєвої плями контакту. Реальна поверхня зуба колеса-заготовки не є математично гладкою, а складається з часток площин різання попередньої обробки. Ребра перетину цих площин різання є похибками профілю зуба. Ці ребра деформуються в першу чергу, і в зоні однопарного контакту деформація набуває максимального значення. Ці деформації вздовж профілю зуба колеса обумовлюють те, що похибки профілю зуба та його положення у зубчастому вінці, обробленому на даному проході, копіюються з аналогічних похибок попереднього зубчастого вінця. Таким чином, похибки, які були на попередньому зубчастому вінці, з деяким масштабом успадковуються обробленим зубчастим вінцем.

При відсутності жорсткого кінематичного зв'язку в механізмі шевер-колесо, тобто при наявності вільного обкату, похибки вінця колеса виникають і із-за порушення закону руху механізму.

Закон руху верстатного евольвентного гвинтового механізму описується рівнянням

$$u = \frac{r_{\omega 0} \cos \beta_{\omega 0}}{r_{\omega 1} \cos \beta_{\omega 1}} = \frac{z_0}{z_1} = \text{const} \quad , \quad (1)$$

де u - передатне число;

$r_{\omega 0}, r_{\omega 1}$ - діаметри початкових кіл;

$\beta_{\omega 0}, \beta_{\omega 1}$ - початкові кути нахилу зубів шевера і колеса відповідно;

z_0, z_1 - числа зубів.

Це рівняння повинно виконуватись на кожному проході.

Для забезпечення заданих кресленням параметрів зубів колеса в кінцевій стадії обробки, тобто на останньому чистовому проході, взаємне положення шевера і колеса описується рівняннями

$$a_{\omega 01} = \frac{m_n z_1 \cos \alpha_n (\cos \Sigma + \sin \Sigma \operatorname{tg} \beta_{\omega 1} + u)}{2 \cos \alpha_{\text{en}} \cos (\Sigma - \beta_{\omega 1})} \quad , \quad (2)$$

$$\Sigma = \beta_{\omega_1} + \beta_{\omega_0}, \quad (3)$$

де a_{ω_0} -верстатна міжосьова відстань;

Σ -міжвісьовий кут;

m_n -нормальний модуль зачеплення,

$\alpha_{\omega_1}, \alpha_n$ -ділільний і початковий нормальні кути зачеплення відповідно.

При настроюванні шевінговального верстата міжвісьовий кут Σ устанавлюють таким, щоб кут β_1 відповідав заданому кресленням. На проходах, що передують останньому чистовому, міжосьова відстань збільшується на величину Δa_1 . Разом з цим збільшуються діаметри початкових кіл шевера і колеса, а відповідно з ними збільшуються і кути нахилу зуб'їв шевера і колеса на цих колах.

Наслідком такої зміни початкових параметрів верстатного зачеплення є те, що на попередніх проходах рівняння (1) і (3) порушуються, а значить, поверхні зуб'їв шевера і колеса на попередніх проходах будуть неспряженими.

Неспряженість поверхонь зуб'їв шевера і колеса є причиною неправильного їх контакту, додаткового порушення кінематики зачеплення і збільшення похибок елементів зубчатого вінця.

Для перевірки цих висновків було проведено експеримент у виробничих умовах. За об'єкт випробовування було прийнято шестерні маслонасосів НП-90 і НШ-10, так як при шевінгуванні малозубих коліс забезпечення точності досить складна задача.

Параметри коліс: модуль $m = 3$ мм, кількість зуб'їв $z_1 = 10$, коефіцієнт зміщення $x_1 = 0.3445$, кут нахилу зуб'їв $\beta_1 = 0^\circ$. Матеріал коліс - сталь 18 ХГТ, ширина вінця $b=30$ мм и $b=15$ мм для шестерен НП-90 і НШ-10 відповідно.

Перед шевінгуванням зуб'я шестерен НП-90 були оброблені шліфуванням, а шестерні НШ-10 - зубофрезеруванням.

Похибки зубчатого вінця (в чисельнику для шестерен НП-90, в знаменнику - НШ-10): похибка напрямку зуб'їв $F_{\beta r} = 0,005/0,065$; біття зубчатого вінця на одному зубі $F_{ir} = 0,01/0,085$; коливання довжини загальної нормалі $F_{w r} = 0,01/0,055$. Обробку проводили дисковим шевером $d_0 = 180$ мм, $z_0 = 53$, $\beta_0 = 15^\circ$, профіль зуб'їв не модифікований.

Обробку проводили згідно з прийнятою на заводі технологією

за 8 подвійних проходів, з яких 4 чорнових з радіальною подачею $S_p=0,04$ мм/дв.хід, 2 чистових з $S_p = 0,02$ мм/дв.хід і 2 калібруючих. Після кожного подвійного прохода вимірювалися похибки зубчатого вінця на кожному зубі. Результати вимірювання наведені на рис.1.

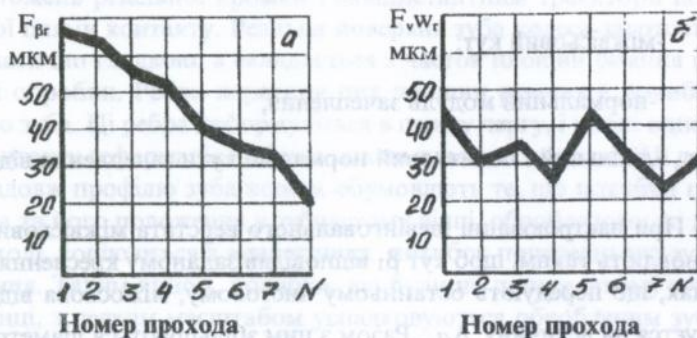


Рис.1 Зміна похибок зубчатого вінця шестірни НП-90

Таким чином, графіки (рис.1.а) свідчить про те, що на перших 4-х проходах поверхні шевера і колеса неспряжені із-за порушення закону руху кінематичної пари шевер-колесо. Аналогічний характер зміни F, w_r та F_{ir} . Характер зміни похибок зубчатого вінця шестерен насосу НШ-10 по проходах аналогічний.

В 3 розділі проведено синтез спряженого верстатного зачеплення шевер-колесо на кожному проході.

Спряжність поверхонь зуб'їв у верстатному зачепленні буде мати місце при виконанні на кожному проході умов

$$\bar{\rho}_1 = \bar{\rho}_0; \bar{e}_1 = \bar{e}_0, \quad (4)$$

де $\bar{\rho}_1, \bar{\rho}_0, \bar{e}_1, \bar{e}_0$ - радіуси-вектори і орти нормалей точок контакту поверхонь зуб'їв, записаних в одній системі координат.

Система рівнянь (4) буде виконуватись тоді і тільки тоді, якщо на кожному проході будуть виконуватись рівняння (1) і (3).

В кінцевому положенні міжосьова відстань є функцією $a = a(\beta_1, \beta_0)$ при заданих z_1, z_0, m, x_Σ .

На проходах, що передують останньому чистовому, міжосьова відстань збільшується із-за наявності припуску на обробку, причому на кожному проході величина її залежить від величини припуску на

обробку. При зміні міжосьової відстані змінюються $\beta_1, \beta_0, \alpha_n$, то на попередніх проходах ці параметри стають функціями змінної міжосьової відстані. Оскільки $u = z_0 / z_1 = \text{const}$, то виконання закону руху верстатного зачеплення, а, значить, і виконання умов спряженості на кожному проході буде тоді, якщо при зміні міжосьової відстані відповідно будуть змінюватись і залежні від a параметри верстатного зачеплення. Спряженість буде забезпечено при виконанні рівняння

$$\beta'_{1aa} d\beta_1 + \Sigma'_a d\Sigma - da = 0, \quad (5)$$

З рівняння (5) витікає два способи шевінгування при забезпеченні спряженості верстатного зачеплення :

1. Шевінгування із змінним міжосьовим кутом $\Sigma_i = \text{var}$ і $\beta_{li} = \text{const}$.
2. Шевінгування при $\Sigma_i = \text{const}$ і $\beta_{li} = \text{var}$.

Відповідні зміни $\Delta\Sigma_i$ і $\Delta\beta$ на першому проході визначаються в залежності від припуску на обробку зуб'їв і відповідній йому міжосьовій відстані в еквівалентному верстатному зачепленні.

До обробки із-за наявності припуску на бокових сторонах зуб'їв колеса, його можна представити як таке, що має в загальному випадку два зміщення (рис.2) . Одне - $x_1 m$, яке призначається конструктором передачі, і друге, яке призначає технолог для забезпечення припуску

$$2\Delta s = x_1 \cdot m, \quad \Sigma = \beta \quad (6)$$

де Δs - припуск на сторону зуба.

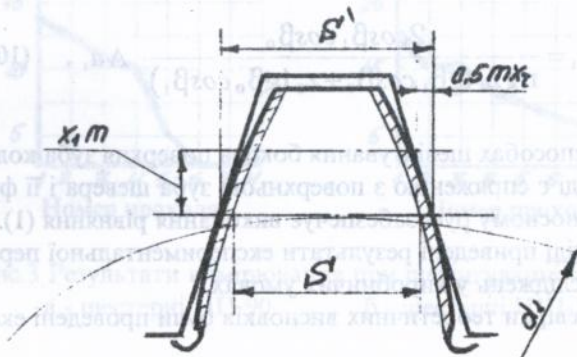


Рис.2 Припуск на обробку.

Для синтезу спряженого верстатного зачеплення з урахуванням наявного припуску на обробку на кожному проході отримано рівняння верстатного зачеплення.

Шевінгування з $\Sigma_i = \text{var}$, $\beta_{ii} = \text{const}$.

При використанні цього способу міжосьовий кут на кожному проході Σ_i , починаючи з першого, визначають по формулі

$$\Sigma_i = \Sigma + \Delta\Sigma_i, \quad (7)$$

де Σ - міжосьовий кут на останньому чистовому проході;

$\Delta\Sigma$ - величина зміни кута Σ в залежності від зміни Δa_i міжосьової відстані.

$$\Delta\Sigma_i = \frac{2\cos^2(\Sigma - \beta_1)}{mz_0 \sin(\Sigma - \beta_1)} \cdot \Delta a_i, \quad (8)$$

Шевінгування з $\beta_{ii} = \text{var}$ і $\Sigma_i = \text{const}$.

При цьому способі шевінгування на кожному проході $\Sigma = \text{const}$. Для компенсації зміни міжосьової відстані на заготовці обробляемого колеса виконують умові

$$\beta_1 = \Sigma - \beta_{\text{в01}} = \beta_1 + \Delta\beta_{11}, \quad (9)$$

де $\beta_{\text{в01}}$ - початковий кут нахилу зуба шевера на першому проході.

$$\Delta\beta_{11} = \frac{2\cos\beta_1 \cos\beta_0}{m(z_1 \text{tg}\beta_1 \cos\beta_0 + z_0 \text{tg}\beta_0 \cos\beta_1)} \cdot \Delta a_1, \quad (10)$$

В обох способах шевінгування бокова поверхня зуба колеса на кожному проході є спряженою з поверхню зуба шевера і її функція напрямної у відносному русі забезпечує виконання рівняння (1).

В 4 розділі приведені результати експериментальної перевірки теоретичних досліджень у виробничих умовах.

Для перевірки теоретичних висновків були проведені експери-

менти у виробничих умовах. Об'єктом експерименту були шестерні маслонасосів НП-90 та НШ-10.

Для обробки із змінним кутом Σ по першому способу шестерні насоса НП-90 мали шліфовані зуб'я, але припуск на товщину зубу був змінний, відповідно із зміною міжосьової відстані на чорнових і першому чистовому проході. Величина припуску на першому чистовому проході дорівнювала подвійному биттю зубчатого вінця. Заготовки шестерен НШ-10 оброблялися за заводським техпроцесом. Обробку проводили на зубошевінгувальному верстаті новим шевером без модифікації профіля.

Для кожного проходу в залежності від зміни $a_{\text{вон}}$ визначався відповідний кут Σ_i , величина якого встановлювалась на верстаті. Після кожного проходу вимірялись параметри зубчатого вінця, як і в попередніх експериментах. Результати вимірювання наведені на рис.3.

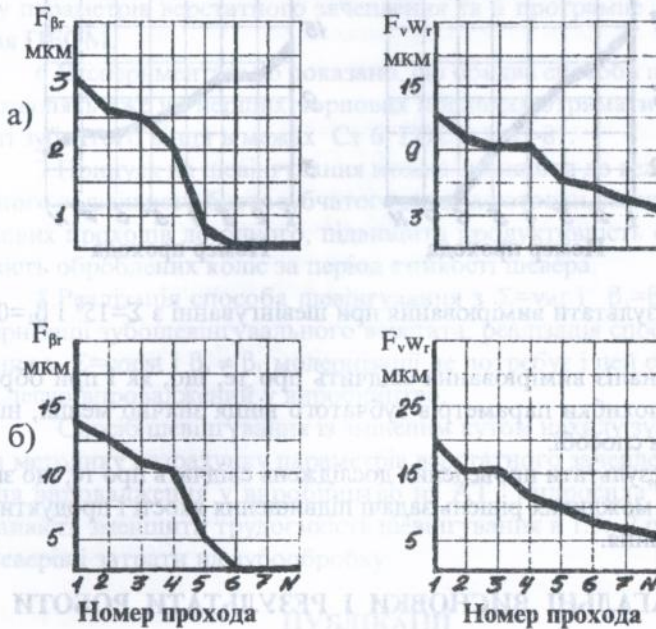


Рис.3 Результати вимірювання при шевінгуванні з $\Sigma = \text{var}$:

а - шестерні НП-90 ; б - шестерні НШ-10

Аналіз результатів експерименту свідчить про те, що вже на першому проході похибки зубчатого вінця значно менші отриманих в

першій серії експериментів і укладаються в межі 6-го ступеня точності по ГОСТ 1643-81. Характерною особливістю є те, що профіль зуба на усіх проходах співпадає з проекторним кресленням по всій висоті зуба.

Для обробки по другому способу при $\Sigma = \text{const}$ заготовки шестерен НШ-10 були нарізані на зубофрезерному верстаті 5Д32 з припуском 0.06 мм на сторону з кутом нахилу зуба $\beta_1=0.144^\circ$ з лівим напрямом зуба. Обробку проводили на зубошевінгувальному верстаті мод.5702 шевером без модифікації профілю за 1 чорновий, 2 чистові і 1 калібруючий двойні ходи.

Результати вимірювання похибок на кожному проході наведені на рис.4.

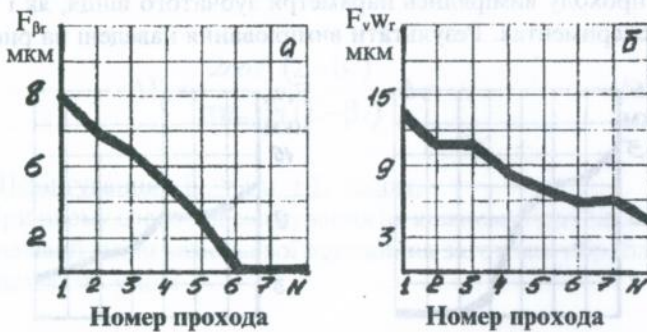


Рис.4 Результати вимірювання при шевінгуванні з $\Sigma=15^\circ$ і $\beta_1=0.144^\circ$

Аналіз вимірювання свідчить про те, що, як і при обробці з $\Sigma = \text{var}$, похибки параметрів зубчатого вінця значно менші, ніж при класичнім способі.

Результати проведених досліджень свідчать про те, що знайдено одне з можливих рішень задачі підвищення якості і продуктивності шевінгування.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

На підставі дослідження геометричних умов спряженості поверхонь зубів шевера і колеса у верстатному зачепленні в умовах вільного обката теоретично і експериментально встановлено :

1.Механізм виникнення і розвитку похибок параметрів зубча-

того вінця евольвентних циліндричних колес має спадковий відносно попередніх проходів характер і пов'язаний з геометричною неспряженістю поверхонь зуб'їв шевера і колеса.

2. Ступінь зменшення похибок зубчатого вінця на наступних проходах залежить від геометрії поверхні зуба колеса, отриманої на попереднім проході, і відповідності кутів β_1 і Σ міжосьовій відстані на даному проході.

3. Аналітично отримані рівняння верстатного зачеплення шевера з колесом з урахуванням наявного припуску під шевінгування і рівняння спряженості поверхонь їх зуб'їв

4. Розроблено два способи шевінгування, які забезпечують спряженість поверхонь зуб'їв шевера і колеса на кожному проході.

5. Отримано аналітичні залежності для розрахунку параметрів верстатного зачеплення, на підставі яких розроблено методику розрахунку параметрів верстатного зачеплення та її програмне забезпечення для ПЕОМ.

6. Експериментально показано, що обидва способи шевінгування дозволять вже на перших чорнових проходах отримати показники якості зубчатого вінця в межах Ст 6 ГОСТ 1643-81.

7. Припуск на шевінгування можна зменшити до величини подвійного радіального биття зубчатого вінця заготовки, зменшити число чорнових проходів до одного, підвищити продуктивність обробки та кількість оброблених коліс за період стійкості шевера.

8. Реалізація способу шевінгування з $\Sigma = \text{var}$ і $\beta_2 = \beta_1$ потребує модернізації зубошевінгувального верстата; реалізація способу шевінгування з $\Sigma = \text{const}$ і $\beta_2 \neq \beta_1$ модернізації не потребує і цей спосіб може бути легко впроваджений у виробництво.

Спосіб шевінгування із змінним кутом нахилу зубу заготовки та методику розрахунку параметрів верстатного зачеплення прийнято для впровадження у виробництво на АТ "Гидросила", що дасть можливість зменшити трудоемкість шевінгування в 1.5...2 рази, витрати шеверів і затрати на зубообробку.

ПУБЛІКАЦІЇ

За темою дисертаційної роботи опубліковано 11 праць, основні результати опубліковані у наступних:

1. В.С.Надеин, Хамдан Мухаммед. Механизм возникновения и развития погрешностей зубчатого венца при шевинговании // Проблемы автоматизации и энергообеспечения в машиностроении. Сб. статей.

- Кировоград, 1995. - С. 61-66. (Доля здобувача - 60 %).

2. Хамдан Мухаммед. Определение погрешности зубчатого венца по проходам при шевинговании // Проблемы розробки, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки. Зб. наук. пр. - Кировоград, 1995. - С. 97-100.

3. Хамдан Мухаммед. Об одном способе повышения точности обработки эвольвентных зубчатых колес шевингованием : Зб. наук. пр. Кировоградського інституту сільськогосподарського машинобудування - Кировоград, 1997. - Вип. № 1 - С. 159-161.

4. Хамдан Мухаммед. Повышение точности обработки малозубых шестерен шевингованием : Зб. наук. пр. Кировоградського інституту сільськогосподарського машинобудування - Кировоград, 1997. - Вип. № 1. - С. 151-153.

5. Надеїн В.С., Ковришкін М.О., Хамдан Мухаммед, Хамуйела Герра Ж.А. До розрахунку геометро-силових показників точково-локалізованого контакту поверхонь деталей машин // Наукові нотатки. міжвузівський зб. - Луцьк, 1996. - Вип. № 3. - С. 98-100. (Доля здобувача - 30 %).

6. Рішення про видачу патента України на винахід від 15.10.1997 р. по заявці № 9710198 от 20.01.1997. (Доля здобувача - 40 %).

7. Рішення про видачу патента України на винахід від 15.10.1997 р. по заявці № 9710195 от 20.01.1997. (Доля здобувача - 40 %).

8. Синтез сопряженного станочного зацепления при шевинговании эвольвентных зубчатых колес / Надеин В.С., Хамдан Мухаммед; "Кировоград. ин-т с/х машиностроения". - Кировоград, 1997. - 9 с. - Рус. - Деп. в ГНТБ Украины 24.11.97, № 580 - Ук 97. (Доля здобувача - 50 %).

9. Хамдан Мухаммед. Изменение показателей точности зубчатого венца в процессе шевингования // Тезисы докл. конф. "Автоматизация проектирования и производства изделий в машиностроении". - Луганск: ВУГУ, 1996. - С. 96.

10. В.С.Надеин, Хамдан Мухаммед. К вопросу о повышении стойкости шевиров // Тезисы докл. конф. "Оснастка-95". - Киев: Знание, 1995. - С. 100-101. (Доля здобувача - 70 %).

11. Хамдан Мухаммед, В.С.Надеин. Повышение точности обработки эвольвентных зубчатых колес шевингованием // Тезисы докл. конф. "Технологическое обеспечение работоспособности деталей машин, механизмов и инструмента". - Киев: Знание, 1997. - С. 41. (Доля здобувача - 50 %).

АНОТАЦІЯ

Хамдан Мухаммед. Формоутворення зуб'їв циліндричних коліс при шевінгуванні з урахуванням спадковості попередніх проходів. - Рукопис.

Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук із спеціальності 05.03.01 - "Процеси механічної обробки, верстати та інструменти" Кіровоградський інститут сільськогосподарського машинобудування, Кіровоград, 1997.

Дисертацію присвячено розробці способів підвищення точності параметрів зубчастого вінця і продуктивності процесу шевінгування в умовах вільного обкату за рахунок забезпечення спряженості поверхонь зуб'їв шевера і колеса на кожному проході з урахуванням спадковості похибок зубчастого вінця, обробленого на попередньому проході. Розроблено два принципово нових метода шевінгування.

Ключові слова: спряженість поверхонь, зуб'їв, напрямна поверхонь, похибка зубчастого вінця, спадковість.

АННОТАЦИЯ

Хамдан Мухаммед. Формообразование зубьев цилиндрических колес при шевинговании с учетом наследственности предыдущих проходов. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.03.01 - "Процессы механической обработки, станки и инструменты" Кировоградский институт сельскохозяйственного машиностроения, Кировоград, 1997.

Диссертация посвящена разработке способов повышения точности параметров зубчатого венца и производительности процесса шевингования в условиях свободного обката за счет обеспечения сопряженности поверхностей зубьев шевера и колеса на каждом проходе с учетом наследственности погрешностей зубчатого венца, обработанного на предыдущем проходе. Разработаны два принципиально новых метода шевингования.

Ключевые слова: сопряженность поверхностей, зубьев, направляющая поверхность, погрешность зубчатого венца, наследственность.

SUMMARY

Hamdan Mohammed. Formshaping teeths of cylindrical wheels under gear-shaving with the account of heredity of preceding passages. - Manuscript.

Thesis on cosearching for a teaching degrees of Doctor of Philosophi of technical scinces on speciality 05.03.01 - "Processes of mechanical manufacturing, machine-tools and metal cutting tools" Kirovograd Institute of agricultural machine building, Kirovograd, 1997.

The dissertation is devoted the wayof the development of raising accuracy of parameters of toothing vein and production of process gear-shaving in conditions free rolling at the expense of provision conjugate surfaces of teeths gear-shaving cutter and wheels on each passage with the account of heredity of inaccuracy of toothed vein, processed on the preceding passage. Dsingned tow is principle new methods gear-shaving.

Key words: conjugate surface, teeths, direct surface, inaccuracy of toothed vein, heredity .



Комп'ютерна верстка Колінько А.П.
Здано в набір 3.02.98. Підписано до друку 4.02.98.
Формат 60x84 1/16(A5). Папір офсетний. Надруковано на різнографі.
Умов. друк. арк. 1. Зам. №477/97. Тираж 100 прим.

© Вид. "Трелакс" (0522) 22-64-11

431097

AB 39.434