

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Ламнауер Наталія Юріївна

УДК621.717:658.562.3

**ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ З'ЄДНАНЬ,
ЩО ОБЕРТАЮТЬСЯ, СКЛАДАННЯМ З ТЕРМОДІЄЮ**

Спеціальність – 05.02.08 – технологія машинобудування

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків-2007

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі технологій та управління якістю в машинобудуванні в Українській інженерно-педагогічній академії Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Арпентьев Борис Михайлович,
Українська інженерно-педагогічна академія
(м.Харків).

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Сизий Юрій Анатолійович,
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», кафедра
«Технології машинобудування та металорізальні
верстати».

Кандидат технічних наук, доцент
Коноплянченко Євгеній Владиславович,
Сумський національний аграрний університет,
кафедра «Технічний сервіс».

Провідна установа: Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут» Міністерства
освіти і науки України, м. Київ.

Захист відбудеться 22 лютого 2007р. о 14 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д
64.050.12 у Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» за
адресою: 61002, м. Харків, вул.. Фрунзе,21.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут» (Харків, вул.. Фрунзе, 21).

Автореферат розісланий «19» січня 2007р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



Пермяков О.А.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА

Актуальність теми. З розвитком ринкових відносин в машинобудівному виробництві проблема одержання продукції стабільної якості стає все більш актуальною. Якість виробу остаточно формується на складальних операціях, тому технологіям складання приділяється велика увага. Вибір технології складання повинен базуватися на глибокому дослідженні технологічних факторів, ретельному вивченні умов роботи обладнання та оснастки у взаємозв'язку, а також на нових методах розрахунку параметрів якості. Основна задача, котра повинна вирішуватися при цьому, стає в забезпеченні якості продукції самим технологічним процесом. Одним з важливих показників якості деталей, посаджених на вали, що широко застосовують в промисловості при виготовленні виробів, які передають обертаючий момент, є їхнє радіальне та торцеве биття. До цього часу вибір технологій складання таких з'єднань проводився без порівняльної оцінки та прогнозування якості складання з'єднань по параметру биття. Виконувалося оцінювання кількості браку з використанням моделі Релея, з якою не завжди існує згода масових випробувань з биття, що довели інші дослідники, та яка не дає можливості розрахувати резерв технологічної точності. Тому стало актуальним для з'єднань, що обертаються, знайти адекватну модель биття та за її допомогою, а також одержаних для параметрів моделі оцінок, вирішувати задачі, пов'язані з вибором технології складання і управлінням якістю технологічного процесу. При цьому витрати матеріальні та часу повинні бути доведені до мінімуму.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Напрямок досліджень пов'язаний з держбюджетною темою ДР № 0105U001951 «Створення технологій та устаткування індукційного нагрівання складних виробів для роз'єднання на елементи», яка виконується в пріоритетному напрямку розвитку науки і техніки «Новітні технології та ресурсозберігаючі технології в енергетиці, промисловості та агропромисловому комплексі», і з виконанням госпдоговорів.

Мета і задачі досліджень: метою дисертаційної роботи є вибір та обґрунтування технології складання, яка забезпечує точність з'єднань, що обертаються, по параметру биття на основі прогнозування по невеликій кількості випробувань. Дослідження проводилися при порівнянні двох технологій складання зубчастого колеса з валом: пресування та індукційним нагріванням колеса.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні задачі:

- визначити, для яких посадкових діаметрів, рекомендованих ГОСТ посадок з натягом при сьомому квалітеті в системі отвору, можливо застосовувати складання з індукційним нагріванням зубчастого колеса зі збереженням його якісних показників;
- запропонувати модель радіального та торцевого биття, яка адекватно описує цей процес, та знайти оцінки її параметрів;

- запропонувати методику оцінки моделі на адекватність з використанням чуттєвих λ – характеристики і μ – характеристики, яка дозволяє ідентифікувати закон розподілу випадкових величин;

- розробити методику розрахунку показників якості технологічного процесу з параметру биття;

- побудувати модель надійності з'єднань, що обертаються, та за її допомогою дати розрахунок часу початку профілактичних робіт цих з'єднань з урахуванням вартості ремонту та втрат від відмови, де її причиною є биття.

- запропонувати методику оцінки часу роботи з'єднань, що обертаються, до виходу за допуск по биттю.

- розробити методику порівняння технологій за економічним критерієм з урахуванням відсотку браку за параметром биття.

Об'єкт дослідження – технології складання з'єднань.

Предмет дослідження – складання з'єднань, що обертаються.

Методи дослідження: теоретичні та експериментальні. Теоретичні дослідження проводилися на основі використання сучасних досягнень технології машинобудування, фундаментальних положень теорії ймовірностей, математичної статистики та теорії надійності, теорії порядкових статистик, математичного аналізу, обчислювальної математики та програмування.

Експериментальні дослідження базувались на сучасних методиках з використанням контрольньо-вимірального обладнання. Обробка результатів досліджень проводилась на ЕОМ з використанням теорії обробки результатів вимірювань.

Наукова новизна отриманих результатів. Аналіз даних про якість з'єднань, що обертаються, та дослідження технологій складання дозволив обґрунтувати застосування технології з індукційним нагріванням для підвищення їхньої якості, та вперше запропонувати оцінювати та прогнозувати величину биття деталей за малою кількістю випробувань. При цьому:

- розроблена нова модель, яка описує радіальне або торцеве биття з'єднань, що обертаються, з урахуванням верхньої межі, котра погоджується з фізичною сутністю процесу;

- запропоновані статистичні оцінки параметрів моделі биття та визначені найкращі з них для прогнозування найбільшої величини радіального або торцевого биття, що дозволяє визначити запас технологічної якості;

- визначені поняття: стовідсотковий резерв технологічної точності з биття, гарантована верхня величина биття, гарантований коефіцієнт точності з биття;

- визначено час роботи з'єднань, що обертаються, до виходу биття за заданий допуск;

- побудована модель надійності циліндричних з'єднань, що дає змогу визначити оптимальний час початку ремонтно-профілактичних робіт з урахуванням вартості ремонту та втрат від відмови, де її причиною є биття.

Практичне значення отриманих результатів. В результаті проведеної роботи, одержано:

- аналітичні залежності та програма розрахунку для ЕОМ, що дозволяє визначити температуру індукційного нагрівання деталі, що є об'ємною, від посадкових діаметрів 40-500 мм для рекомендованих ГОСТом посадок;

- пакет програм для ЕОМ розрахунку найбільшої величини радіального та торцевого биття з'єднань, що обертаються, складених з різними технологіями, та статистичних характеристик результатів вимірювань по биттю;

- методика розрахунку показників якості технологічного процесу з параметру биття;

- методика прогнозування величини радіального та торцевого биття та програма для ЕОМ, що дозволяє визначити час виходу величини верхньої межі биття за допуск;

- програма для ЕОМ розрахунку часу початку ремонтно-профілактичних робіт виробів із з'єднаннями, що обертаються, з урахуванням ціни ремонту та втрат від відмови, якщо вона залежить від биття;

- методика порівняння технологій складання за економічним критерієм з урахуванням відсотку браку

Результати роботи реалізовані у науково-виробничій фірмі «Надійність», де впроваджена технологія з індукційним нагріванням зубчастого колеса для складання з'єднань під'ємного механізму крана.

На ВАТ «АВТРАМАТ» впроваджені методики оцінки та система контролю точності з параметру биття виготовлення канавок поршня двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ). Теоретичні положення, доведені у дисертаційній роботі, використовуються в навчальному процесі на кафедрі «Технології та управління якістю в машинобудуванні» Української інженерно-педагогічної академії.

Особистий внесок здобувача.

Всі положення дисертації, що винесені на захист, отримані здобувачем особисто. Постановка задач та аналіз деяких результатів виконані з науковим керівником і частково із співавторами публікацій.

Апробація результатів дисертації. Результати дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на XXXVIII та XXXIX науково-технічних конференціях Української інженерно-педагогічної академії (м. Харків, 2005р.,2006р.), на II науково-технічному семінарі, який проводили Госспоживстандарт України, Харківський національний університет радіоелектроніки

та Національний науковий центр «Інститут метрології» (м. Харків, 2005р.), на XV міжнародному науковому семінарі «Високі технології у машинобудуванні» - «Інтерпартнер-2006» (Україна, м. Алушта, 2006р.), на науково-практичній конференції молодих вчених «Семковские чтения» (м. Харків, НТУ «ХПІ»-2006р.).

У повному обсязі дисертація доповідалася на методичних семінарах кафедри «Технології машинобудування» НТУ «ХПІ» і кафедри «Технології та управління якістю в машинобудуванні» Української інженерно – педагогічної академії.

Публікації. Основний зміст дисертації відображено у 12 публікаціях. З них 9 – опубліковано у виданнях, рекомендованих ВАК України, 3 – матеріали конференцій та семінарів.

Структура і обсяг роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел, додатків. Повний обсяг дисертації складає 218 сторінок, 24 рисунки за текстом, 5 рисунків на окремих сторінках, 6 таблиць за текстом, 2 таблиці на 4 окремих сторінках, список літератури з 126 найменувань на 11 сторінках. Додатки складаються з 50 сторінок і містять 2 допоміжні таблиці, програми і результати розрахунків, акти, що підтверджує використання результатів.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Вступ. У вступній частині обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, представлено наукову новизну й практичну цінність отриманих результатів досліджень та їхній зв'язок з науковими програмами, темами, планами, подана інформація про апробацію роботи.

У **першому розділі** проведено аналіз сучасного стану теорії і практики технології складання з'єднань, що обертаються. Розглянуті різні способи складання цих з'єднань, та переваги і недоліки таких способів складання, як пресування та термічне складання. Розглянуті питання, пов'язані з якістю складання виробів, де одним з показників є радіальне та торцеве биття. Показано, що сучасна теорія якості складання займається розробкою методів визначення чи прогнозування похибок складання з ціллю побудови оптимальних за якістю технологічних процесів та операцій. Метою вивчення ймовірних закономірностей є ідентифікація реального процесу складання якою-небудь математично-статистичною моделлю, використання якої дозволить вирішувати наступні задачі: оцінити досягнуту якість складання, прогнозувати можливу якість, синтезувати задану якість складання. Дослідження вчених в цій галузі довели, що випадкова величина биття деталей, що обертаються, не завжди погоджується з загально прийнятою для прогнозування моделлю Релея, а також ця модель не дозволяє визначити запас технологічної якості. Тому побудова нової моделі биття, визначення її параметрів та знаходження їхніх оцінок дозволить розробити методику прогнозування величини радіального та торцевого биття за невеликою кількістю випробувань. Все це дасть змогу визначити найкращу з існуючих технологій складання з'єднань, що обертаються, з параметру биття.

Аналізуючи літературні джерела, що стосуються дисертаційної роботи, були розглянуті твори таких вчених, як Андреев Г.Я., Арпентьев Б.М., Бобровников Г.А., Богатирьев А.А., Воробьёв Л.Н., Гиссин В.І., Дальський А.М., Длин Л.М., Жабін А.І., Захаров М.В., Зенкін А.С., Ісаєв А.І., Коваленко В.М., Коноплянченко Є.В., Корсаков В.С., Куцин А.М., Лумельський Я.П., Митропольський А.К., Митрофанов С.П., Нікітін Б.Г., Новіков М.П., Ноулер Л., Румшинський Л.З., Сизий Ю.А., Тимофеев Ю.В., Филипов Ю.Д., Федоров Б.Ф., Ящерицин П.І.

Проведений аналіз дозволив визначити задачі наукового дослідження.

У другому розділі наведені результати теоретичних досліджень складання та якості з'єднань з параметру биття. Були розглянуті особливості технології складання з індукційним локальним нагрівом осесиметричних деталей зі ступицею і диском з валами і знайдена аналітична залежність температури від посадкового діаметра для рекомендованих ГОСТ 27.202-83 посадок (рис.1). Запропоновано враховувати зменшення термічного складального зазору внаслідок перерозподілу тепла у нагрітій деталі збільшенням коефіцієнту тепловіддачі від деталі.

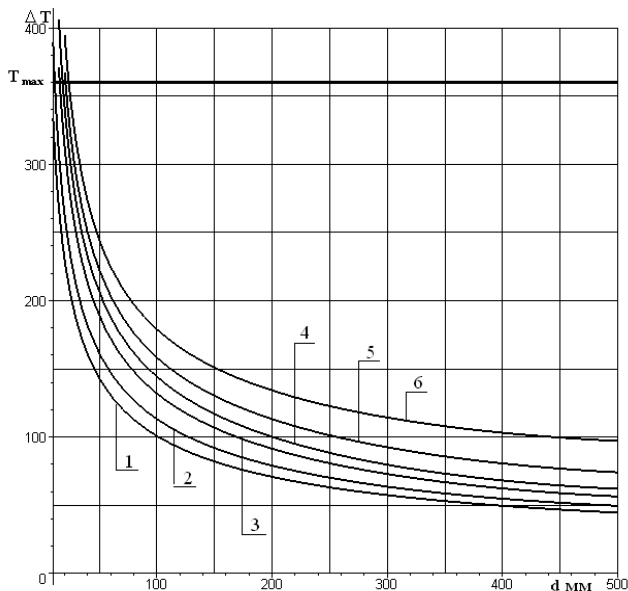


Рис.1. Залежність температури індукційного нагрівання від от посадкового діаметра при сьомому рекомендованому квалітеті посадки у системі отвору:

$$1 - \frac{H7}{js6}; 2 - \frac{H7}{k6}; 3 - \frac{H7}{n6}; 4 - \frac{H7}{p6}; 5 - \frac{H7}{r6}; 6 - \frac{H7}{s6}.$$

загальноприйнята модель Релея. Оскільки, як довів статистичний аналіз, з використанням критерію згідності Пірсона з масових випробувань величин дійсних значень радіального та торцевого биття роликів прокатного стану, з матеріалу: сталь 95X18 ГОСТ 5632-72, які оброблялися на токарно-гвинторізному станку з ЧПК на заводі «Еталон» м. Донецьк та радіального биття заготовки плашки, які вироблялися на заводі «Фрезер» м. Москва, такі випадкові

Також були проведені теоретичні дослідження якості з'єднань, складених з технологією індукційного нагрівання, з міцності та температурним напруженням. Міцність при цьому збільшується десь у 2 рази, а температурні напруження повинні знаходитися у допустимих межах. Тому застосування технології складання з індукційним нагріванням для підвищення їхньої якості з параметру биття повинно базуватися на додатковій перевірці основних параметрів якості.

Для оцінки якості технологій по невеликій кількості випробувань вирішувалась задача знаходження моделі розподілення величини биття, як випадкової величини, яка б описувала процес биття більш точно, ніж

величини, як радіальне та торцеве биття, не мають узгодженості з запропонованим ГОСТ 27.202-83 «Технологические системы» законом Релея.

З фізики процесу биття очевидно, що величина биття не може бути не обмеженою, вона повинна мати верхню межу. По масовим випробуванням, які проводили різні дослідники, нами було встановлено, що модель биття має також параметр форми. Була знайдена спрощена модель кривої Пірсону I типу, яка має один параметр форми - α та масштабний параметр: r_b – верхню межу биття. Побудова цієї моделі робилася наступним чином: биття залежить від двох незалежних один від іншого факторів, тільки припущення Релея, що функція радіусу-вектору має круговий нормальний розподіл, використане у хвильовій теорії світла, замінено на адекватне для биття – що функція радіусу-вектору має степеневий вигляд. Була одержана щільність розподілу моделі биття:

$$f(r) = \frac{(2 + \alpha)(1 + \alpha)}{r_b^{2+\alpha}} r(r_b - r)^\alpha, \quad (\alpha > -1), \quad (1)$$

та функція розподілу моделі биття:

$$F(r) = \begin{cases} 0, & r \leq 0 \\ 1 - \frac{(r_b - r)^{\alpha+1}(r_b + (1 + \alpha)r)}{r_b^{2+\alpha}}, & 0 \leq r \leq r_b \\ 1, & r \geq r_b \end{cases}, \quad (2)$$

де r – можливе значення випадкової величини биття, α - параметр форми, r_b - масштабний параметр (верхня межа биття).

Були знайдені числові характеристики моделі (1), які при заміні $r | r_b$ в інтегралах приводить до часткового виду числової характеристики β - розподілення.

Модель без оцінки її параметрів є не робочою, тому були знайдені оцінки параметрів моделі биття (1): методом моментів - оцінка параметра форми α :

$$\alpha_1 = \frac{8D_b(R) - \bar{r}^2}{\bar{r}^2 - 2D_b(R)}, \quad (3)$$

оцінка верхньої межі r_b :

$$r_{b1} = \frac{\bar{r}(\alpha_1 + 3)}{2}, \quad (4)$$

де \bar{r} - вибіркове середнє, $D_b(R)$ - вибіркова дисперсія; методом, який використовує модальне значення останньої порядкової статистики,

$$\alpha_2 = \frac{2r_b}{\bar{r}} - 3, \quad (5)$$

$$(n-1)(2r_{b2} - 2\bar{r})(2r_{b2} - \bar{r})\left(\frac{r_{(n)}}{\bar{r}}\right)^2 (r_{b2} - r_{(n)})^{\frac{2r_{b2}-2\bar{r}}{\bar{r}}} + r_{b2}^{\frac{2r_{b2}-\bar{r}}{\bar{r}}} (r_{b2} - \frac{(2r_{b2} - 2\bar{r})r_{(n)}}{\bar{r}}) - (r_{b2} - r_{(n)})^{\frac{2r_{b2}-2\bar{r}}{\bar{r}}} (r_{b2}^2 - \frac{(2r_{b2} - 2\bar{r})^2 r_{(n)}}{\bar{r}^2}) = 0. \quad (6)$$

де $r_{(n)}$ - найбільше вибіркоче значення ;

спрощеним методом, який використовує математичне очікування порядкових статистик вибірки об'ємом два та рекурентні співвідношення, які зв'язують математичні очікування порядкових статистик

$$\frac{11\alpha_3^2 + 41\alpha_3 + 36}{5\alpha_3^2 + 23\alpha_3 + 24} = \frac{\sum_{i=2}^n (i-1)r_{(i)}}{\sum_{i=1}^{n-1} (n-i)r_{(i)}}, \quad (7)$$

де $r_{(i)}$ - вимірювальне значення биття,

$$r_{b3} = \frac{2(5 + 2\alpha_3)(3 + 2\alpha_3)}{n(n-1)(8 + 5\alpha_3)} \sum_{i=1}^{n-1} (n-i)r_{(i)}; \quad (8)$$

отримані методом максимальної правдоподібності

$$\alpha_4 = \frac{2n}{r_{b4} \sum_{i=1}^n \frac{1}{r_{b4} - r_i} - n}, \quad (9)$$

$$\frac{3r_{b4}^2 \left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{r_{b4} - r_i}\right)^2 - 2nr_{b4} \sum_{i=1}^n \frac{1}{r_{b4} - r_i} - n^2}{2r_{b4}^2 \left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{r_{b4} - r_i}\right)^2 + 2nr_{b4} \sum_{i=1}^n \frac{1}{r_{b4} - r_i}} = n \ln r_{b4} - \sum_{i=1}^n \ln(r_{b4} - r_i). \quad (10)$$

Для визначення усіх цих оцінок були створені комп'ютерні програми.

За допомогою статистичного моделювання були знайдені найкращі (які мають найменшу дисперсію та незміщені) оцінки параметрів моделі биття (1). Такими оцінками стали оцінки (5) та (6), знайдені методом, який використовує модальне значення останньої порядкової статистики.

Була зроблена перевірка масових випробувань з биття за допомогою критерію Пірсона на їхню згоду з запропонованою моделлю биття (1). Всі результати масових випробувань, які проводили різні автори, погоджувались з запропонованою моделлю при рівні значущості 0,05.

Згода результатів випробувань з биття із запропонованою моделлю биття не означає її адекватність «істині». Тому для перевірки на адекватність використовувались чуттєві до типу

розподілення характеристики: λ - характеристика - інтенсивність відмов та μ - характеристика - середній остатній ресурс, які використовуються в теорії надійності. Теоретична λ - характеристика:

$$\lambda(r) = \frac{f(r)}{1-F(r)}.$$

Емпіричні оцінки λ - характеристики мають такий вигляд :

$$\lambda(r_{(i)}) = \frac{n(r_{(i)})}{\left[n - \sum_{j=1}^{i-1} n(r_{(j)}) \right] (r_{(i)} - r_{(i-1)})},$$

де n - об'єм вибірки, $n(r_{(i)})$ - кількість значень величин биття до значення r_i або $\tilde{\lambda} = -\frac{1}{\tau} \ln [1 - \tilde{p}(r, r + \tau)]$,

де $\tilde{p}(r, r + \tau)$ оцінка ймовірності $p(r, r + \tau)$ одержаного значення биття в інтервалі $(r, r + \tau)$ при умові, що в інтервалі $(0, r)$ цього значення биття не було, τ - довжина інтервалу розбиття величин биття.

Оскільки λ - характеристика чуттєва до розподілу тільки при середніх значеннях випадкової величини, то для повного дослідження на адекватність використовуємо μ - характеристику, яка чуттєва при значеннях, більших середнього.

Теоретична μ - характеристика має вигляд: $\mu(r) = \frac{1}{1-F(r)} \int_r^{\infty} (1-F(z)) dz$, а її емпірична

оцінка: $\mu(r_i) = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^{\nu} \nu_k(r_i)$,

де N - кількість виробів, які прийняли значення биття більше r_i , $\nu_k(r_i) = r - r_i > 0$ та ν - число точок розбиття.

З рис.2 та рис. 3 видно, що емпіричні оцінки λ - характеристики та μ - характеристики при середніх значеннях биття співпадають для двох моделей биття. Від'ємність є тільки при великих r , де модель (1) адекватна.

На основі зробленого дослідження отримана нова модель биття і, як показано вище, більш точна, ніж модель Релея. Вона є двоох параметричною та має верхню межу биття. Одержана модель биття дозволяє запропонувати нову методику розрахунку якості технологічного процесу складання з'єднань, що обертаються, з параметру биття. Це дозволить вирішити задачу вибору найкращої технології складання з параметру биття.

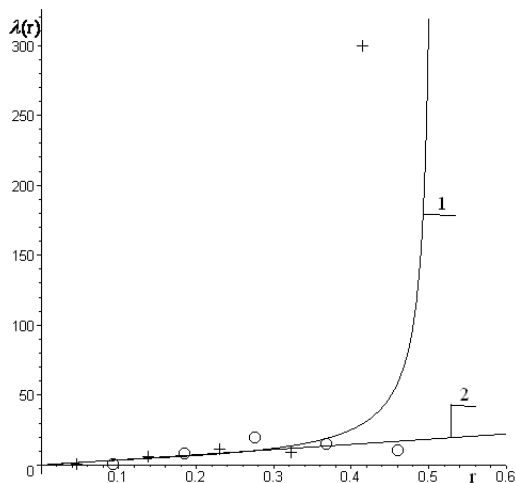


Рис. 2. Теоретичні та емпіричні λ - характеристики торцевого биття кілець, де є узгодження з моделлю Релея. 1 – теоретична λ - характеристика моделі (1), 2 – теоретична λ - характеристика моделі Релея, \circ - емпірична оцінка $\lambda(r_{(i)})$. + - оцінка $\tilde{\lambda}$

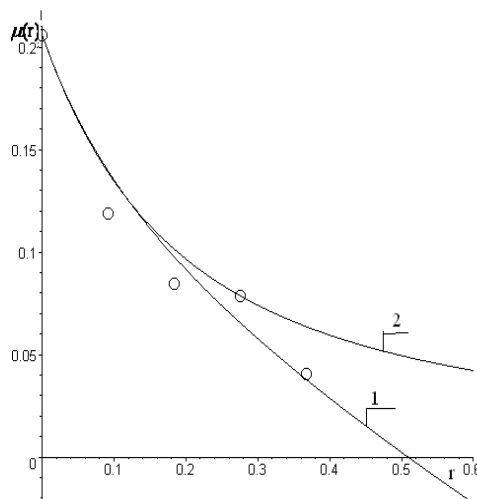


Рис.3. Теоретичні та емпіричні оцінки μ - характеристики, знайдені по масовим випробувань торцевого биття кілець. 1 – теоретична μ – характеристика моделі (1), 2 – теоретична μ – характеристика моделі Релея, \circ - емпірична оцінка μ – характеристики.

У третьому розділі наведена технологічна схема і режими складання з'єднань «вал – зубчасте колесо» кранового редуктора Ц2У-200 з використанням індукційного нагрівання; доведені результати експериментів з якості складання.

Технології складання з індукційним нагріванням для підвищення якості з'єднань з параметру биття повинна застосовуватися після перевірки впливу нагрівання на напружено-деформований стан матеріалу. Експериментально перевірено знаходження температурних напружень (радіальних та тангенціальних) у різних точках зубчастого колеса після індукційного нагрівання. За допомогою апроксимації многочленом п'ятого ступеня були побудовані аналітичні залежності напружень (радіальних - σ_r та тангенціальних σ_θ) в будь-яких точках радіуса експериментального зразка зубчастого колеса :

$$\sigma_r = 0,7830020566r^5 - 327,9427731r^4 + 52710,02698r^3 - 0,3977198863 \cdot 10^7 r^2 + 0,1362694074 \cdot 10^9 r - 0,1703853653 \cdot 10^{10}.$$

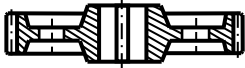
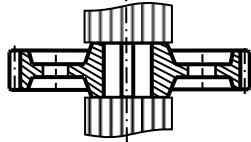


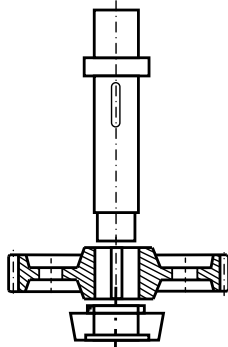
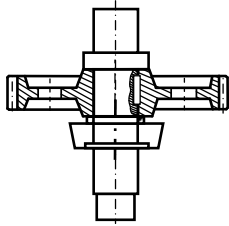

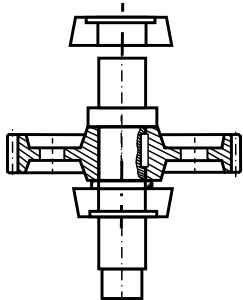
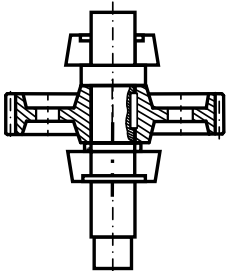
$$\sigma_\theta = 0,8878500111r^5 - 405,8859064r^4 + 70274,50643r^3 - 0,5667092341 \cdot 10^7 r^2 + 0,2106182765 \cdot 10^9 r - 0,2943991120 \cdot 10^{10}.$$

Результати аналізу температурних напружень доводять, що їхній рівень далекий від небезпечного і дозволяє використовувати складання з індукційним нагріванням з режимами:

Посадковий діаметр зубчастого колеса, мм.	Максимальний натяг, мм.	Температура нагрівання, °С.	Теплове розширення отвору, мм.	Термічний складальний зазор, мм.
70 Н7	0,062	208	0,146	0,084

Вузол, який досліджується, містить в собі: вал, зубчасте колесо, шпонку, два роликopідшипника, розпірну втулку. Поле допуску на виготовлення зовнішньої циліндричної поверхні зубчастого колеса складає 0,2 мм, а поле допуску на величину торцевого биття зубчатого венця – 0,1мм. З'єднання «вал –зубчасте колесо» на підприємстві збирались за допомогою пресування. При пресуванні із шпонкою соосність деталей не дотримується та ось симетрії зміщується, що дає збільшення величини торцевого биття. Технологія складання з використанням індукційного нагріву колеса складається з того, що воно вільно, з зазором встановлюється на вал зі шпонкою. Такий показник якості як торцеве биття зубчатого венця повинен покращитися.

Запропонована технологічна схема складання вузлу редуктора Ц2У-200 дозволяє максимально зменшити час складання, що в свою чергу, знизить втрати тепла, тобто нагрівати зубчасте колесо до менш високої температури. Вона складається з чотирьох позицій: 1- накопичення та видача коліс на стіл позиційного транспортера; 2- індукційне нагрівання зубчастого колеса; 3 – складання вала з колесом, втулкою розпірною та роликopідшипником; 4 – складання роликopідшипників з валом:

Позиція 1		Позиція 2		Позиція 3	
				А	Б
				В	Г
<p>А – накопичення , нагрів та подача внутрішніх кілець роликopідшипників в зону складання. Б – накопичення та подача розпірних втулок в зону складання. В – накопичення, орієнтація по шпонці та подача в зону складання валів. Г – складання чотирьох деталей.</p>				 	
Позиція 4					
Д	Е	Ж			
					
				<p>Д – накопичення, нагрів та подача в зону складання внутрішніх кілець роликopідшипників. Е- подача роликopідшипників в зону складання. Ж-складання роликopідшипників з валом.</p>	

Були зроблені заміри величин торцевого биття венців коліс з'єднань за допомогою індикатору часового типу: 50 з'єднань «вал-зубчасте колесо», складених з пресуванням, та 50 – за допомогою індукційного нагрівання зубчастого колеса. Для визначення по цій кількості випробувань, яка з технологій є найкращою по параметру торцеве биття, була використана запропонована модель (1), яка дає можливість визначити неспостережену величину – верхню межу биття при двох технологіях складання.

Для розрахунків була створена програма в «Maple 9.5», що включає в себе трансцендентне рівняння (6), яке дає найкращу оцінку верхньої межі биття, та рівняння (5) для визначення параметра форми моделі биття (1). Програма будує гістограму відносних частот з оптимальною кількістю інтервалів (п'ять), і розраховує та будує криву щільності розподілення величин биття для моделі (1) (рис.3, 4) Розрахунок довів, що для технології пресування середня величина биття $\bar{r}=0,0564$ мм, оцінка середнього квадратичного відхилення $\sigma_b(R)=0,0275$ мм, оцінка квадрату коефіцієнта асиметрії $b_1=0,1489$, оцінка коефіцієнту ексцесу $b_2=2,4988$. При цьому $r_{b_2}=0,1427$ мм та $\alpha_2=2,0612$. Для технології з використанням індукційного нагрівання: $\bar{r}=0,048$ мм; $\sigma_b(R)=0,0245$ мм; $b_1=0,1490$; $b_2=2,5826$; $r_{b_2}=0,1301$ та $\alpha_2=2,4225$.

За результатами експериментів з биття з'єднань, складених як з використанням пресування, так й з індукційним нагріванням, використавши критерій згідності Пірсона, при рівні значущості 0,05, також доведено згоду з запропонованою моделлю (1).

Аналіз даних вимірювань, використовуючи λ - характеристику и μ - характеристику, довів, що запропонована модель більш адекватна, ніж модель Релея. Адекватність запропонованої моделі доводить також і близькість точок з координатами: η_1 - квадрат коефіцієнту асиметрії та η_2 - коефіцієнт ексцесу до теоретичної кривої моделі (1), ніж до точки моделі Релея (рис. 4).

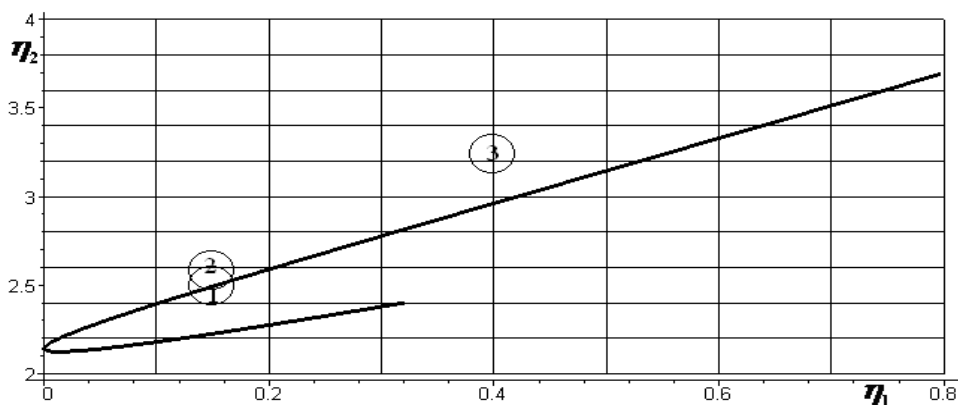


Рис.4. Графік порівняння значень та теоретичної кривої моделі (1):

- 1 – експериментальна точка по даним складання з пресуванням;
- 2 - експериментальна точка по даним складання з індукційним нагрівом;
- 3 – теоретична точка моделі Релея.

Було проведено порівняльний аналіз технологій складання зубчастого колеса з валом по параметру якості – торцеве биття. З цього аналізу випливає, що зменшення середньої величини биття дорівнює: $\frac{0,0564 - 0,048}{0,0564} \cdot 100\% \approx 14,89\%$.

Середнє значення биття є суттєвою характеристикою технологічного процесу, але не достатньою для його оцінки, тому що при меншому середньому значенні биття може бути велике розкидання цих значень, що говорить про низьку якість цього процесу. Тому якісною характеристикою технологічного процесу по параметру биття служить введена характеристика – верхня межа биття. Різниця між межами биття 0,0126 мм та у півтора рази більша різниці між їхніми середніми значеннями. З одержаних значень верхньої межі торцевого биття випливає, що його зменшення при складанні з індукційним нагрівом, дорівнює: $\frac{0,1427 - 0,1301}{0,1427} \cdot 100\% \approx 8,83\%$.

За знайденою формулою оцінки ймовірності браку з параметру биття

$$P(T) = (r_{b2} - T) \cdot (r_{b2} + (1 + \alpha_2) \cdot T) / r_{b2}^{2+\alpha_2}, \quad (11)$$

де T - допуск на биття, та $T \leq r_{b2}$, визначаємо при допуску $T=0,1$ мм, що відсоток браку після складання пресуванням - $P(0,1) \cdot 100\% = 7,84\%$, а відсоток браку після складання з використанням індукційного нагріву - $P(0,1) \cdot 100\% = 2,43\%$. Різниця між ними складає – 5,41%, що свідчить про значне зниження відсотку технологічного браку при використанні технології складання з індукційним нагріванням зубчастого колеса.

У четвертому розділі представлені методики розрахунків показників якості технологічних процесів складання з'єднань з параметру биття, а також визначені ці показники при складанні зубчастого колеса з валом за допомогою індукційного нагрівання та пресування.

Одержана модель (1) привела до зміни методології визначення показників якості технологічного процесу з параметру биття. В моделі (1) величина биття є обмеженою. Якщо $r_b < T$, то відсоток виходу виробів з параметру биття за допуск відсутній. Це дало можливість введення нових понять характеристики якості технологічного процесу.

Коефіцієнт точності радіального чи торцевого биття

$$K_T = \frac{r_{b2}}{T}, \quad (12)$$

де r_{b2} - оцінка верхньої межі биття.

Оцінка гарантованого резерву технологічної точності

$$\omega = T - r_{b2}. \quad (13)$$

Гарантована верхня величина биття - r_γ , тобто така, при якій з гарантією $\gamma = 1 - \delta$ можливо стверджувати, що биття не перевищує цього значення. Це значення для моделі знаходиться з розв'язку рівняння

$$(r_b - r_\gamma)^{\alpha_1} (r_b + (1 + \alpha) r_\gamma) = r_b^{\alpha_1 + 2} \delta, \quad (14)$$

де параметри r_b та α можуть бути знайдені з їхніх оцінок r_{b2} та α_2 ; δ - припустима ймовірність ризику.

На основі введеної γ - відсоткової верхньої величини биття, можна запропонувати таке поняття, як гарантований коефіцієнт точності

$$K_\gamma = \frac{r_\gamma}{T} \quad (15)$$

За допомогою K_γ дуже просто проводити контроль – повинна виконуватися умова:

$$K_\gamma < 1.$$

Для досліджених процесів складання зубчастого колеса з валом з використанням індукційного нагрівання оцінка верхньої межі биття $r_{b2} = 0,1301$ мм, та оцінка параметра форми $\alpha_2 = 2,4225$, з використанням пресування відповідно - $r_{b2} = 0,1427$ мм, $\alpha_2 = 2,0612$. Припустиме торцеве биття для з'єднання - $T = 0,1$ мм. Тоді для складання з використанням індукційного нагрівання:

$\omega = -0,0301$ мм, для пресування: $\omega = -0,0427$ мм. Це означає, що обидва процеси не забезпечують стовідсоткового гарантованого резерву технологічної точності. Задаючи припустиму нормативну ймовірність ризику $\delta = 0,05$, знайшли γ - відсоткову верхню величину биття для складання зубчастого колеса з валом з використанням індукційного нагрівання: $r_\gamma \approx 0,0923$, з пресуванням - $r_\gamma \approx 0,1063$.

Тоді для складання з використанням індукційного нагрівання - $K_\gamma \approx 0,923$, для пресування - $K_\gamma \approx 1,063$. Це означає, що з гарантією 95% можна стверджувати, що технологічний процес складання зубчастого колеса з валом з використанням індукційного нагрівання забезпечує якість складання по параметру биття, а пресування – ні. Запропонована наступна методика розрахунку якості технологічного процесу з параметру биття:

1. Знаходимо оцінку верхньої межі биття r_{b2} за формулою (6).
2. За формулою (12) визначаємо коефіцієнт точності з биття при заданому допуску на биття T .
3. За формулою (13) знаходимо оцінку стовідсоткового гарантованого резерву технологічної точності - ω .

4. Якщо оцінка стовідсоткового резерву технологічної точності ω прийняла від'ємне значення, то за формулою (11) знаходимо ймовірність браку.

5. Задавши припустиму нормативну ймовірність ризику δ , використавши формулу (14), де верхня межа биття r_b замінена на її оцінку r_{b2} , а параметр форми α на його оцінку α_2 , знаходимо γ - відсоткову верхню величину биття.

6. Знаходимо гарантований коефіцієнт точності K_γ для γ - відсоткової верхньої величини биття, маючи допуск на биття T по формулі (15).

Для розрахунку за цією методикою створена комп'ютерна програма.

Ця методика була впроваджена на ВАТ «АВТРАМАТ» для оцінки точності технологічного процесу виготовлення канавок поршнів ДВС.

В зв'язку з тим, що вибір технологічного процесу повинен бути зумовлений не тільки якістю продукції, але й її ціною, була запропонована методика порівняння технологій складання за економічним критерієм з урахуванням відсотку браку.

Відсоток браку при складанні зубчастого колеса з валом при пресуванні – 7,84%, з індукційним нагріванням – 2,43%.

Нехай m - кількість складених виробів в партії; m_1 – кількість виробів, складених пресуванням, m_2 – з індукційним нагріванням. Тоді кількість якісних виробів, складених пресуванням – $0,9216m_1$, а з нагріванням - $0,9757m_2$. Значить собівартість складання одного якісного виробу з технологією пресування - $c_1 = \frac{C_1}{0,9216m_1}$, з індукційним нагріванням – c_2

$= \frac{C_2}{0,9757m_2}$, де C_1 та C_2 – собівартості виробництва партії виробів по двом технологіям. Зробивши

порівняння c_1 та c_2 робиться висновок про економічну доцільність вибору однієї з технологій складання.

Для рішення практичних задач визначення часу безвідмовної роботи, тобто довговічності з'єднань, що обертаються, дано методику оцінки цього часу до виходу биття за заданий допуск:

1. За малою кількістю випробувань ($n \geq 3$), користуючись формулою (6), знаходимо оцінку верхньої межі биття r_{b2} в заданий проміжок часу τ .

2. За допомогою лінійної, квадратичної та кубічної апроксимації за методом найменших квадратів знаходять функціональну залежність оцінки верхньої межі биття r_{b2} від часу τ .

3. Визначають мінімальну припустиму величину часу - τ_0 за всіма видами апроксимації, яка є рішенням функціональної залежності відносно τ , де замість r_{b2} ставиться припустиме

биття виробу – T (рис.5). Для цієї методики розрахунку часу τ_0 , при якому верхня межа биття знаходиться у межах допуску, створена програма в Maple 9.5.

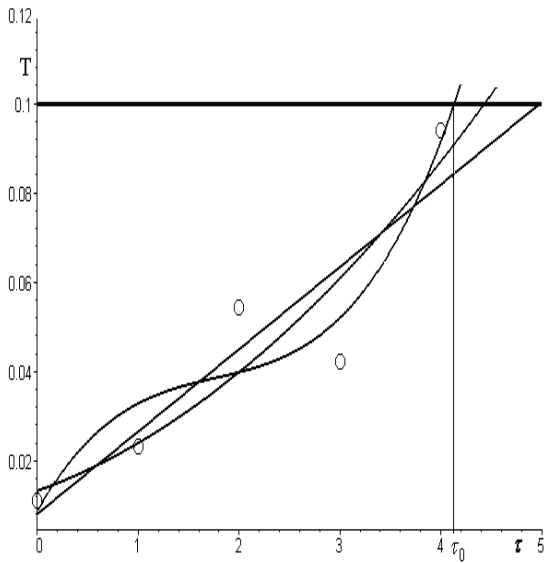


Рис. 5. Графічне представлення методики розрахунку часу τ_0 .

Також запропоновано ввести:

1. Коефіцієнт миттєвого розсіювання

$$K_p(\tau) = \frac{r_{b2}(\tau)}{T}, \quad (16)$$

де $r_{b2}(\tau)$ – верхня межа биття в момент часу τ ;

2. Коефіцієнт зміщення по биттю – функція верхньої межі биття від часу τ

$$K_c(\tau) = \tilde{r}_b(\tau); \quad (17)$$

3. Коефіцієнт запасу точності з биття

$$K_3(\tau) = T - r_{b2}(\tau). \quad (18)$$

Якщо замість оцінки верхньої межі биття r_{b2} у формулах (16), (17), (18) взяти оцінку γ - відсоткової

верхньої межі биття, яка визначається за формулою (14) в кожний момент часу $\tau - r_\gamma(\tau)$, то аналогічно можна запропонувати такі поняття, як:

1. Гарантований коефіцієнт миттєвого розсіювання з биття

$$K_p(\tau) = \frac{r_\gamma(\tau)}{T}.$$

2. Гарантований коефіцієнт зміщення по биттю - функція γ - відсоткової верхньої величини биття від часу τ

$$K_c(\tau) = r_\gamma(\tau).$$

3. Гарантований коефіцієнт запасу точності з биття

$$K_3(\tau) = T - r_\gamma(\tau).$$

Для визначення економічно доцільного часу початку ремонтно-профілактичних робіт з'єднань, що обертаються, запропонована методика визначення цього часу з урахуванням вартості ремонту та втрат від відмови, якщо вона залежить від биття.

Нехай час безвідмовної роботи - τ має довільне розподілення $Q(\tau) = P\{\psi < \tau\}$ та призначений час до чергової профілактики дорівнює τ_0 , тобто $\tau < \tau_0$. Це означає, що в момент часу τ необхідно буде провести аварійну заміну з'єднання, вартість якого (з урахуванням втрат від відмови) дорівнює C_3 . Якщо $\tau > \tau_0$, то в момент τ_0 проводиться профілактична заміна

з'єднання, що обертається, та втрати від цієї заміни дорівнюють C_4 . З умови економічної доцільності профілактичних заміन $C_4 < C_3$. Необхідно знайти мінімум функції

$$C(\tau_0) = \frac{C_3 Q(\tau_0) + C_4 [1 - Q(\tau_0)]}{\int_0^{\tau_0} [1 - Q(\tau)] d\tau}. \quad (19)$$

Для знаходження $Q(\tau)$ прийемо, в першому наближенні, що величина τ - час відмови з'єднання, зв'язаний з випадковою величиною биття R співвідношенням

$$\tau = \tau_b \left(1 - \frac{r}{r_m} \right),$$

де τ_b - час роботи виробу, який має близьке до нуля биття, r_m - максимальне можливе биття даного виробу, при якому робота в часі наближена до нуля. Тоді

$$Q(\tau) = \frac{\tau^{\alpha+1} [\tau_b + (\alpha+1)(\tau_b - \tau)]}{\tau_b^{\alpha+2}}. \quad (20)$$

Оцінки параметрів функції надійності $Q(\tau)$ за методом моментів мають вигляд:

$$\tilde{\alpha}^2 + 5\tilde{\alpha} + 4 = \frac{2(\bar{\tau})^2}{D_b[\tau]}, \quad \text{при } \tilde{\alpha} > -1, \quad \tilde{\tau}_b = \frac{\tilde{\alpha} + 3}{\tilde{\alpha} + 1} \bar{\tau}$$

де $\bar{\tau}$ - середній наробіток до відмови, $D_b[\tau]$ - вибіркова дисперсія.

Підставляючи (20) в (19) та визначаючи мінімум функції $C(\tau_0)$, маємо рівняння

$$\begin{aligned} (C_3 - C_4)(\alpha + 2)(\alpha + 1)\tau_0^\alpha (\tau_b - \tau_0) [(\alpha + 3)\tau_{0b}(\tau_b^{\alpha+1} - \tau_0^{\alpha+1}) + (\alpha + 1)\tau_0^{\alpha+3}] = \\ = (\alpha + 3) ((C_3 - C_4)(\tau_b + (\alpha + 1)(\tau_b - \tau_0)\tau_0^{\alpha+1} + C_4\tau_b^{\alpha+2})(\tau_b(\tau_b^{\alpha+1} - \tau_0^{\alpha+1}) - (\alpha + 1)\tau_0^{\alpha+1}(\tau_b - \tau_0)), \end{aligned}$$

розв'язання якого відносно τ_0 дає нам те τ_0 , при якому маємо мінімум втрати від відмови. Для цього розрахунку побудована комп'ютерна програма.

ВИСНОВКИ

Технологією складання з'єднань з натягом, яка дозволила покращити всі показники якості виробу, є технологія з використанням індукційного нагрівання з режимами, що відповідають конструкції. Отримані результати з теоретичних та експериментальних досліджень технології з використанням індукційного нагрівання підтвердили, що такий параметр як торцеве биття зубчастого колеса з'єднання покращується. Локальне нагрівання зубчастого колеса зі ступицею та диском дає допустимі температурні напруження. Відсоток браку по параметру торцеве биття вінця зубчастого колеса з'єднання при використанні технології з індукційним нагріванням скоротився у 3,2 рази.

1. Визначено для яких посадкових діаметрів, рекомендованих ГОСТ посадок при сьомому квалітеті в системі отвору можливо застосовувати складання з індукційним нагріванням

зубчастого колеса зі збереженням якісних показників. Так, застосування технології з індукційним нагріванням, що виключають деформації, наслідком яких є збільшення величини биття, рекомендується для посадкових діаметрів, більших за 50 мм.

2. Запропонована модель радіального та торцевого биття, яка адекватно описує цей процес, знайдені оцінки її параметрів, що дозволяє прогнозувати величину биття по невеликій кількості випробувань (20-30).

3. Запропонована методика оцінки моделі на адекватність з використанням чуттєвих λ – характеристики та вперше μ – характеристики, яка дозволила ідентифікувати закон розподілу випадкових величин.

4. Розроблена методика розрахунку показників якості технологічного процесу з параметру биття, яка дозволяє проводити аналіз точності та стабільності технологічного процесу складання за параметром биття. При складанні зубчастого колеса з валом з ймовірністю 95% при використанні технології індукційного нагрівання r_γ складає 0,0923, $K_\gamma \approx 0,923$, для пресування $r_\gamma \approx 0,1063$, $K_\gamma \approx 1,063$. Це означає, що з гарантією 95% можна стверджувати, що технологічний процес складання зубчастого колеса з валом при використанні індукційного нагрівання забезпечує якість складання з параметру торцеве биття, а пресування – ні.

5. Побудована модель надійності з'єднань, що обертаються, та за її допомогою дано розрахунок часу початку профілактичних робіт цих з'єднань з урахуванням ціни ремонту та втрат від відмови, де її причиною є биття. Це дозволить у період експлуатації з'єднань економічно доцільно проводити профілактичний ремонт

6. Запропонована методика оцінки часу роботи з'єднань, що обертаються, до виходу за допуск по биттю, що дозволяє оцінити час вичерпання технологічного резерву - τ_0 у період його експлуатації.

7. Розроблена методика порівняння технологій за економічним критерієм з урахуванням відсотку браку за параметром биття, що дає змогу визначити економічну доцільність використання технології складання.

Для розрахунків за запропонованими методиками та аналітичними формулами розроблені комп'ютерні програми в Maple 9.5, що дозволяє швидко одержувати результат.

ПУБЛІКАЦІЇ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Трищ Р.М., Яновский Ю.А., Ламнауэр Н.Ю. Применение оптимальных линейных оценок для оценки точности механической обработки // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ». -2004. -№ 28. –С.157-164.

Здобувач запропонував для малої кількості випробувань оцінювати поле розсіювання розмірів деталей сьомого квалітету, застосувавши порядкові статистики.

2. Ламнауэр Н.Ю., Трищ Р.М. Модель поля рассеивания погрешности геометрической формы и ошибки взаимного положения поверхностей // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ». -2004. -№44. –С.106-110.

Здобувач запропонував адекватну модель биття, для неї знайдені початкові моменти будь-якого порядку. Запропоновано для оцінки адекватності моделі використовувати λ -характеристику. Методом моментів знайдені оцінки параметрів побудованої моделі.

3. Арпентьев Б.М., Ламнауэр Н.Ю. Оценка качества сборки соединений по критерию биения // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ». -2005. -№9. –С.48-54.

Здобувачем знайдені різними методами оцінки параметрів запропонованої моделі биття. Проведено порівняльний аналіз цих оцінок з використанням методу Монте-Карло. Запропоновано для перевірки на адекватність моделі використовувати μ -характеристику. Запропоновано визначати показник точності технологічного процесу через верхній поріг биття.

4. Ламнауэр Н.Ю. Оценка надежности изделий по радиальному биению // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2005. -№39. –С. 29-33.

5. Ламнауэр Н.Ю. Технологическое обеспечение качества соединений по параметру биения // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2005. - №57. – С.56-61.

6. Ламнауэр Н.Ю., Трищ Р.М., Яновський Ю.А. Анализ точности механической обработки высокоточных деталей // Восточно-Европейский журнал передовых технологий - Харьков. -2005. – Вып.2/2 (14). –С. 11-13.

Здобувачем аналізуються існуючі та запропоновані оцінки за методом Монте-Карло поля розсіювання дійсних розмірів виготовлення деталей на предмет їхньої величини похибки та зміщення.

7. Ламнауэр Н.Ю., Трищ Р.М. Оценка радиального биения деталей в машиностроении // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. -Харьков. -2005. –Вып.1/2 (13). –С. 76-78.

Здобувачем запропонована модель для оцінки похибки деталей, що спонукають радіальне биття, з верхнім граничним значенням та методом максимальної правдоподібності, знайдені оцінки її параметрів.

8. Ламнауэр Н.Ю., Трищ Р.М. Анализ оценок точности изготовления деталей на автоматических и полуавтоматических станках // Український метрологічний журнал. Науково-технічне видання. - Харків. -2005. -№1. – С.24-27.

Здобувачем пропонується використовувати порядкові статистики для оцінки точності механічної обробки заготовок на станках. За малою кількістю спостережень знайдені оцінки поля розсіювання розмірів деталей високоточної обробки.

9. Ламнауэр Н.Ю. Прогнозирование начала времени профилактических работ соединений с ограниченным биением // Високі технології в машинобудуванні. – Харків: НТУ «ХПІ». -2006. – І ч. С.245 – 250.

10. Ламнауэр Н.Ю. Об исследовании закона радиального биения втулок // Збірник тез доповідей XXXVIII науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, науковців, аспірантів та співробітників УПА. - Харків: УПА. -2005. – Іч. С. 73.

11. Ламнауэр Н.Ю. Обоснование закона распределения радиального и торцевого биений вращающихся деталей и оценивание его параметров // Неопределенность измерения: нормативные, научные, методические и производственные аспекты: Тезисы докладов научно-технического семинара –Харьков: Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Держспоживстандарт України, Национальный научный центр «Институт метрологии». -2005. – С.37-38.

12. Ламнауэр Н.Ю. Определение параметров модели биения вращающихся соединений типа «вал – втулка» // Збірник тез доповідей XXXIX науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, науковців, аспірантів та співробітників УПА. - Харків: УПА. -2006. – Іч. С. 43.

АНОТАЦІЇ

Ламнауер Н.Ю. «Забезпечення якості з'єднань, що обертаються, складанням з термодією». – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.08 – технологія машинобудування. Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, 2006.

Дисертація присвячена вибору технології та режимів складання з'єднань, що обертаються, які забезпечують їхню якість з параметру биття.

На основі теоретичних та експериментальних досліджень процесу биття отримана нова модель биття, адекватніша за запропоновану ГОСТ модель Релея, яка дозволяє за невеликою кількістю випробувань робити висновки про якість технологічного процесу з цього параметру, що дає можливість зменшити, як матеріальні так і часові витрати. За допомогою параметра нової моделі - верхньої межі биття, з'явилась можливість визначення таких понять, які характеризують якість технологічного процесу складання з параметру биття, як: стовідсотковий резерв технологічної точності, коефіцієнт точності, гама-відсоткову верхню межу биття.

Запропоновано методики розрахунку показників якості технологічного процесу складання з'єднань, що обертаються, з параметру биття, а також для вибору технології складання - методику порівняння технологій за економічним критерієм з урахуванням відсотку браку з параметру биття. Додатково запропоновано методику розрахунку часу роботи з'єднань, що обертаються, до виходу

за заданий допуск з параметру биття, і методику розрахунку часу початку профілактичних робіт з'єднань, що обертається, при мінімальних втратах на відмову, де її причиною є биття.

На основі одержаних результатів запропоновано використовувати для складання з'єднань, що обертаються (вал - зубчасте колесо), технологію індукційного нагрівання зубчастого колеса, яка по параметру якості – биттю, виявилася найкращою в порівнянні з пресуванням.

Ключові слова: технологія, складання, якість, з'єднання, що обертаються, радіальне та торцеве биття, пресування, індукційний нагрів.

Ламнауэр Н.Ю. «Обеспечение качества вращающихся соединений сборкой с термовоздействием». – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08 – технология машиностроения. Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков, 2006.

Диссертация посвящена выбору технологии и режимов сборки вращающихся соединений, обеспечивающих их качество по параметру биения.

Теоретические исследования технологии сборки с использованием локального индукционного нагрева позволили определить, при каких посадочных диаметрах целесообразно ее применение для улучшения качества вращающихся соединений типа «ступица с диском - вал».

Экспериментально установлено, что радиальные и тангенциальные напряжения, возникающие вследствие локального индукционного нагрева, находятся в допустимых пределах.

На основе теоретических и экспериментальных исследований радиального и торцевого биения получена новая модель биения, которая более точно описывает этот процесс, чем предлагаемая ГОСТ модель Рэлея, что позволяет по небольшому количеству испытаний судить о качестве технологии сборки и прогнозировать его изменение во времени. Это сокращает материальные и временные затраты. Предложенная модель учитывает наличие верхнего порога биения, что дает возможность определения таких понятий, которые характеризуют качество технологического процесса сборки по этому параметру как: стопроцентный гарантированный резерв технологической точности, коэффициент точности, гамма - процентная верхняя величина биения.

Предложена методика расчета показателей качества технологического процесса сборки вращающихся соединений по параметру биения и методика сравнения технологий по экономическому критерию, учитывающая возможный процент брака по этому параметру. Предложены также методики расчета времени работы соединения до выхода величины биения за заданный допуск и расчета времени начала профилактических работ при минимальных потерях на отказ, где его причиной является биение. Предложенная модель биения деталей соединений и

разработанные методики могут использоваться и для технологий изготовления деталей, у которых параметр биения является определяющим качеством.

На основании исследований результатов сборки соединений «вал - зубчатое колесо» предложено применять технологию индукционного нагрева зубчатого колеса с определенными режимами, которые обеспечивают лучшие показатели качества по параметру биения, что дает снижение брака в сравнении с запрессовкой.

Технология и методики используются на производстве.

Ключевые слова: технология, сборка, качество, вращающиеся соединения, радиальное и торцевое биения, запрессовка, индукционный нагрев.

Lamnauer N.Y. «Provision of quality of rotating joints of term assembly». - Manuscript.

Thesis for a degree of the candidate of technical sciences in specialty 05.02.08 – Technology of machine-building. The National Engineering University, Kharkov, 2006.

Thesis deals with the choice of technology and assembling conditions of rotating joints providing their accuracy by beating parameter. Values of beating distribution model are given and its parameter valuations have been found. The given model takes into account upper threshold of beating that gives an opportunity to introduce and determine concepts which characterize quality of technological process assembly by this parameter: hundred-per-cent reserve of technological accuracy, accuracy factor, gamma-per-cent upper threshold of beating.

Methods of indices calculation of technological process quality in rotating joints assembly by beating parameter and comparison of technologies by economical criterion taking into account possible per-cent of joint flaw by beating are suggested. Methods of joint working time calculation before value beating exit out of a specified tolerance and timing of preventive works beginning at minimal losses by refusal where its cause is beating are suggested.

On the basis of research results of shaft-gear joint assembly an induction heating technology of gear under certain conditions is given. These conditions provide better indices of quality by beating parameter so it reduces the flaw in comparison with pressing in.

Key words: technology, assembly, quality, rotating joints, radial and end beating, pressing in, induction heating.