

УДК 53.088.22:004.942:621.7.08:621.833

О.Л. Войчишен, В.А. Дербаба, В.І. Корсун, С.Т. Пацера

Національний гірничий університет, Дніпропетровськ

ІМІТАЦІЙНО-СТАТИСТИЧНА МОДЕЛЬ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ ПОХИБОК ВИМІРЮВАННЯ РАДІАЛЬНОГО БИТТЯ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС

Від інструментальних похибок залежить достовірність допускового контролю. Однак залишилися не визначені закономірності впливу інструментальних похибок вимірювання радіального биття евольвентних зубчастих коліс на відсоток неправильно забракованих деталей. Дослідження виконувалися методом імітаційно-статистичного моделювання в середовищі Microsoft Excel стосовно зубчастих коліс різного ступеню точності. За результатами числових експериментів визначені залежності впливу граничного інтервалу випадкових інструментальних похибок на відсотки неправильно забракованих деталей.

Ключові слова: вимірювання, похибка, модель, зубчасте колесо, радіальне биття.

Вступ

Постановка проблеми. Актуальною є проблема визначення допустимого рівня інструментальних похибок вимірювання нормованих геометричних параметрів евольвентних зубчастих коліс.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наукові проблеми і практичні питання визначення необхідної точності засобів вимірювань розглянуті у загальному вигляді в роботах Сергеева А.Г., Рубічева М.О., Фрумкіна В.Д. [1]. У роботах [2,3] обґрунтовано застосування методу імітаційно-статистичного моделювання та визначені залежності впливу граничного інтервалу випадкових інструментальних похибок на відсотки неправильно забракованих деталей. Але одержані залежності стосуються лише товщини зубців та довжини спільної нормалі.

Мета та задачі статті. Однак залишаються не визначені закономірності впливу інструментальних похибок вимірювання радіального биття евольвентних зубчастих коліс на відсоток неправильно забракованих деталей при пасивному контролі. Саме це і є ціллю викладеної статті, а для досягнення вказаної цілі вирішені такі задачі: уточнено структурну модель та методику імітаційно-статистичного моделювання, здійснено моделювання випадкових процесів вимірювання та контролю радіального биття з подальшими розрахунками відсотків неправильно забракованих, чи неправильно прийнятих зубчастих коліс, визначені відповідні залежності.

Виклад основного матеріалу

Структуру моделі контрольно-вимірювальної системи будемо розглядати так, як показано на рис. 1.

Застосовано такі позначення блоків: T_1 – моделювання радіального биття зубчастого колеса за умов відсутності похибок вимірювання, K_1 – імітація попередньої процедури контролю за умов відсутності похибок вимірювання, M_1 – моделювання

інструментальних похибок першого виміру, M_2 – моделювання інструментальних похибок другого виміру, M – моделювання результату вимірювання, K_2 – імітація процедури контролю з урахуванням похибок вимірювання, ПЗ, НЗ, ПП, НП – визначення відповідності зубчастого колеса групам правильно забракованих, неправильно забракованих, правильно прийнятих, неправильно прийнятих коліс.

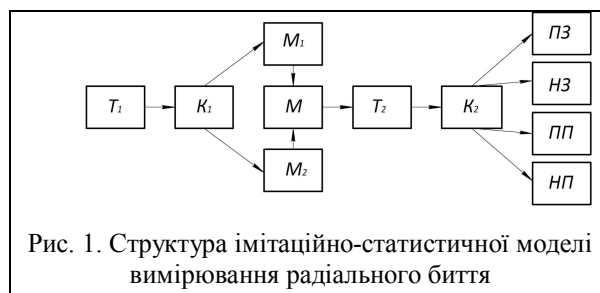


Рис. 1. Структура імітаційно-статистичної моделі вимірювання радіального биття

Далі розглянута послідовність алгоритму моделювання на прикладі конкретного циліндричного прямозубого колеса. Колесо має наступні конструктивні параметри і допуски: m – модуль 3 мм, d – дільний діаметр 150 мм, z – кількість зубців 50, F_r – допуск на радіальне биття 36, 50, 63 мкм відповідно для 6, 7, 8 ступенів точності зубчастого колеса. У середовищі Microsoft Office Excel створено електронну таблицю, окремі фрагменти якої показані у табл. 1. У рядках таблиці імітуються події – результати вимірювання і контролю деталей, а у стовпцях відображаються результати статистичного моделювання.

Стовпці 1 та 2 (номер зубчастого колеса та «Істинне» биття зубчастого вінця, мкм) відповідають блоку T_1 , у якому реалізоване моделювання радіального биття зубчастого колеса за умов відсутності похибок вимірювання. Обсяг вибірки для моделювання складає 5000 коліс, що забезпечує довірчий інтервал 0,1% при довірчій ймовірності 0,95.

Таблиця 1

Фрагмент електронної таблиці моделювання вимірювально-контрольної системи (показано не всі стрічки)

Відповідні блоки структурної моделі														
T ₁	K ₁	M ₁				M ₁			M	K ₂	ПЗ	НЗ	ПП	НП
Номери стовпців														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1,8	1	0	-40,2	-40,2	1,8	46,0	47,7	88	0	0	1	0	0
2	32,7	1	0	-1,7	-1,7	32,7	-23,5	9,1	11	1	0	0	1	0
2597	10,8	1	0	-12,6	-12,6	10,8	18,0	28,9	42	0	0	1	0	0
2598	30,2	1	0	-20,6	-20,6	30,2	23,3	53,5	74	0	0	1	0	0
2599	21,7	1	0	42,7	42,7	21,7	-35,5	-13,8	56	0	0	1	0	0
2600	11,2	1	0	-7,0	-7,0	11,2	-15,1	-3,9	3	1	0	0	1	0
2601	36,9	0	0	-3,3	-3,3	36,9	-3,6	33,3	37	0	1	0	0	0
2602	43,1	0	0	46,8	46,8	43,1	-21,4	21,8	25	1	0	0	0	1
3483	21,9	1	0	-5,2	-5,2	21,9	4,2	26,2	31	1	0	0	1	0
3484	0,6	1	0	-18,7	-18,7	0,6	38,5	39,1	58	0	0	1	0	0
3485	15,5	1	0	-6,2	-6,2	15,5	-0,9	14,6	21	1	0	0	1	0
3486	18,0	1	0	-19,5	-19,5	18,0	32,9	50,9	70	0	0	1	0	0
3487	44,2	0	0	-22,2	-22,2	44,2	16,8	61,0	83	0	1	0	0	0
4999	28,9	1	0	19,6	19,6	28,9	-24,0	4,9	15	1	0	0	1	0
5000	6,6	1	0	45,9	45,9	6,6	-32,5	-26,0	72	0	0	1	0	0
Загалом, шт.	3618					Загалом, шт.			2572	794	1634	1984	588	
Усього, %						Усього, %			51,44	15,88	32,68	39,68	11,76	

У другому стовпці моделюється величини радіального биття при нульовій похибці вимірювання. При цьому приймався нормальний закон розподілу. Розрядність значень у стовпці 2 відповідає одному знаку після коми, тобто 0,1 мкм, чого цілком достатньо для точності моделювання радіального биття.

У стовпці 3 (оцінка придатності зубчастого вінця за критерієм радіального биття), який відповідає блоку K₁, проводиться оцінка придатності зубчатих коліс за двобальною шкалою: придатним деталям присвоюється бал β_i=«1», а бракованим – відповідно бал β_i=«0». Для комп'ютерного заповнення стовпця 3 використовується логічна формула

$$IF(F_{ritr} \leq Fr; 1; 0),$$

де F_{ritr} – «істинне» значення радіального биття (за умови нульової похибки при його вимірюванні). Сума балів (3618) у стовпці 3 відображає частку (72,36%) придатних деталей при обраних для моделювання параметрами точності технологічного процесу.

Стовпці 4, 5 та 6 (моделювання першого виміру за умов відсутності похибки, похибка першого виміру, результат першого виміру з урахуванням похибки, мкм); відповідають блоку M₁, стовпці 7, 8 та 9 (моделювання другого виміру за умов відсутності похибки, похибка другого виміру, результат другого виміру з урахуванням похибки, мкм) – блоку M₂. На

разі відтворюється методика вимірювання радіального биття, за якою визначається найменший, а потім найбільший покази вимірювального засобу (перший та другий виміри). При цьому виконують регулювання шкали таким чином, щоб найменший показ дорівнював нулю (стовпець 4). В такому випадку результат другого виміру у стовпці 7 (за відсутністю похибки) буде дорівнювати значенню, змодельованому у блоці T₁. У стовпцях 4 та 8 моделюються похибки вимірювання радіального биття. В наведеному прикладі граничне значення похибки складає 50 мкм. Для моделювання похибок вимірювань застосовано рівномірний розподіл. Параметрами розподілу являються граничні значення похибки Δ. В прикладі, що наведено в даній статті розглядається випадок, коли систематична похибка відсутня. Результати першого та другого вимірів з урахуванням похибок відображуються у стовпцях 6 та 9. У стовпці 10 (виміряне биття, мкм, блок M) відображається виміряне радіальне биття F_{ri}, за умов урахування похибок. Для цього проведено підсумовування відповідних клітинок зі стовпців 6 та 9.

У стовпці 11 (оцінка придатності зубчастого вінця, блок K₂) придатним деталям присвоюється бал β_d=«1», а бракованим відповідно бал β_d=«0» за формулою

$$IF(F_{ri} \leq Fr; 1; 0),$$

де F_{ri} – значення радіального биття, що одержане при вимірюванні з урахуванням похибок.

Далі у стовпцях 12-15 (правильно забраковані деталі, неправильно забраковані деталі, правильно прийняті деталі, неправильно прийняті деталі) проводиться розбракування коліс. Для цього використовуються відповідні логічні умови:

для правильно забракованих (ПЗ) деталей

$$IF(\beta_i = 0, \beta_d = 0; 1; 0);$$

для неправильно забракованих (НЗ) деталей

$$IF(\beta_i = 1, \beta_d = 0; 1; 0);$$

для правильно прийнятих (ПП) деталей

$$IF(\beta_i = 1, \beta_d = 1; 1; 0);$$

для неправильно прийнятих (НП) деталей

$$IF(\beta_i = 0, \beta_d = 1; 1; 0).$$

Для перевірки моделювання потрібно визначити суму відсотків по вказаних групах деталей, яка повинна складати 100%.

Залежності долі неправильно забракованих деталей для зубчастих коліс різного ступеню точності під граничного значення інструментальної похибки наведені на рис. 2. Аналіз графіків показує, що похибки вимірювання суттєво впливають на результати контролю.

Висновки та перспективи подальших досліджень

1. Метод імітаційно-статистичного моделювання є ефективним при дослідженні впливу похибок вимірювання на результати пасивного контролю радіального биття зубчастих коліс.

2. При контролі радіального биття зубчастих коліс 6 і 7 ступенів кінематичної точності для обмеження кількості неправильно забракованих деталей на рівні до 5% необхідно обмежити похибки вимірювання до 5 мкм.

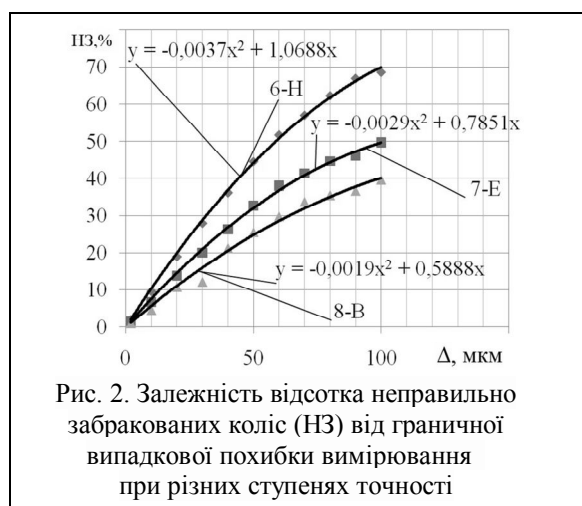


Рис. 2. Залежність відсотка неправильно забракованих коліс (НЗ) від граничної випадкової похибки вимірювання при різних ступенях точності

3. При контролі радіального биття зубчастих коліс 8 ступеню кінематичної точності для обмеження кількості неправильно забракованих деталей на рівні до 5% похибки вимірювання не повинні перевищувати 10 мкм.

4. В перспективі імітаційно-статистичні дослідження можуть стосуватися контрольно-вимірювальних систем для зубчастих коліс, точність яких оговорюється нормами плавності роботи.

Список літератури

1. Рубичев Н.А. Достоверность допускового контроля качества / Н.А. Рубичев, В.Д. Фрумкин. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 171 с.
2. Derbaba V.A. Evaluation of the adequacy of the statistical simulation modeling method while investigating the components presorting processes / V.A. Derbaba, V.V. Zil, S.T. Patsera // Scientific bulletin of National Mining University Dnipropetrovsk. – 2014. – № 5 (143). – P. 45-50.

Надійшла до редколегії 2.04.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Р.П. Дідик, Національний гірничий університет, Дніпропетровськ.

ИМИТАЦИОННО-СТАТИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ РАДИАЛЬНОГО БИЕНИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

А.Л. Войчишен, В.А. Дербаб, В.И. Корсун, С.Т. Пацера

От инструментальных погрешностей зависит достоверность допускового контроля. Однако оставались не определены закономерности влияния инструментальных погрешностей измерения радиального биения эвольвентных зубчатых колес на проценты неправильно забракованных деталей. Исследования выполнялись методом имитационно-статистического моделирования в среде Microsoft Excel относительно зубчатых колес различной степени точности. По результатам численных экспериментов определены зависимости влияния предельного интервала случайных инструментальных погрешностей на проценты неправильно забракованных деталей.

Ключевые слова: измерение, погрешность, модель, зубчатое колесо, радиальное биение.

IMITATION-STATISTICAL MODEL OF THE INSTRUMENTAL ERRORS OF MEASURING THE RADIAL RUNOUT OF GEAR WHEELS

O.L. Voichishen, V.A. Derbaba, V.I. Korsun, S.T. Patsera

The accuracy tolerance control depends on the instrumental errors. However, the regularities of the influence of instrumental errors measurement of the radial runout of involute gear wheels on the percentage of incorrectly rejected parts remained undetermined. The study was carried out by simulation-statistical modeling in Microsoft Excel concerning gear wheels of varying degrees of accuracy. According to the results of numerical experiments we determined the dependence of the influence of the limiting interval of the random instrumental errors on the percentage of incorrectly rejected parts.

Keywords: measurement error, model, gear wheel, radial runout.