https://www.sworldjournal.com/index.php/swj/article/view/swj39-01-068
DOI: 10.30888/2663-5712.2026-39-01-068

УДК 621. 941

ACCURACY CONTROL OF BEARING RING MACHINING

КОНТРОЛЬ ТОЧНОСТІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ КІЛЬЦЯ ПІДШИПНИКА

Halchuk T.N. / Гальчук Т.Н.
c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.
ORCID: 0000-0003-3474-9848
Lutsk National Technical University, Lutsk, Lvivska, 75, 45018
Луцький національний технічний університет, Луцьк, Львівська, 75, 43018

Анотація. *Показана ефективність комп'ютерної обробки статистичних даних контролю точності виробів машинобудування. Так як в на даний час математична обробка результатів дослідження точності механічної обробки ведеться на основі комп'ютерних пакетів статистичного аналізу. Набір статистичних програмних продуктів на світовому ринку дуже великий і різноманітний. Добираючи програмне забезпечення, необхідно враховувати придатність звітних форм та графічної інтерпретації отриманих даних для конкретного виробництва. Найбільш доцільним використанням програмного продукту Minitab статистичної обробки даних для аналізу точності обробки виготовлення виробів у вигляді тонкостінних кілець. Дана програма дає змогу виявити та уникнути похибок під час виготовлення різноманітних виробів, має невисоку вартість і трудомісткість та дає можливість встановити умови оптимального функціонування досліджуваного процесу. В роботі представлено реалізацію на виробництві контролю якості продукції за допомогою обчислювальної техніки для обробки результатів вимірювань параметрів точності деталей, що послідовно обробляються та для підтвердження правильності налагодження верстата.*

Ключові слова*: контроль, точність, виріб, статистичний аналіз, програма.*

Вступ.

Успішний розвиток багатьох галузей машинобудівної промисловості пов'язаний з використанням великої кількості підшипників кочення, що виготовляються в умовах серійних виробництв. Часто якість функціонування машин залежить від експлуатаційних характеристик підшипникових вузлів, а показники якості прямо залежать від експлуатаційних характеристик підшипників. Через це вимоги до якості виготовлення підшипників і до їх експлуатаційних показників постійно зростають, а технологічне забезпечення цих вимог стає все проблематичнішим [1]. Саме якість продукції є одним з найважливіших засобів конкурентної боротьби, завоювання і утримання позицій на ринку. Тому підприємства приділяють особливу увагу забезпеченню високої якості продукції [2]. Одним з таких факторів підвищення якості вироблених деталей є своєчасне усунення похибок під час обробки [3]. У цих умовах

актуальною є проблема виявлення резервів підвищення точності оброблюваних поверхонь. Вирішується ця проблема аналітичною обробкою за допомогою програмного забезпечення для управління якістю, виявлення та уникнення похибок під час виготовлення різноманітних виробів.

Метою дослідження є аналіз точності токарної обробки кілець підшипника за допомогою програмного продукту статистичної обробки даних для умов серійного виробництва.

Виклад основного матеріалу.

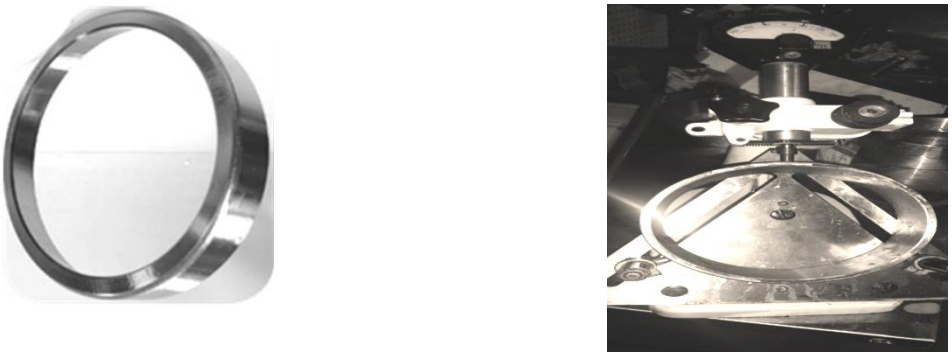
Аналітична обробка інформації дуже трудомістка сама по собі і вимагає великого обсягу різноманітних обчислень. З переходом до ринкових відносин потреба в аналітичній інформації значно збільшується. У зв'язку з цим автоматизація аналітичних розрахунків стала об'єктивною необхідністю, обумовленою зростанням значення якісного інформаційного обслуговування процесу виготовлення виробів, стрімким розвитком технічних можливостей сучасних комп'ютерних технологій. Застосування комп'ютерних технологій підвищує ефективність аналітичної роботи, що досягається за рахунок скорочення термінів проведення аналізу, більш повного охоплення впливу факторів на результати обробки, заміни наближених чи спрощених розрахунків точними обчисленнями, що потребують значних затрат у часі в разі використання традиційних методів. Обробка статистичних та дослідних даних полягає у систематизації та встановленні якісних і кількісних залежностей між факторами, що досліджувались. Їх оцінка, зведення та інтерпретація проводиться на основі методів математичної статистики [4]. В сучасних умовах на шляху комп'ютеризації та інформатизації всіх процесів математична обробка результатів дослідження точності механічної обробки ведеться на основі комп'ютерних пакетів статистичного аналізу. Набір комп'ютерних систем та статистичних програмних продуктів на світовому ринку дуже великий і різноманітний. Добираючи програмне забезпечення, необхідно звернути увагу на деякі важливі характеристики, такі як придатність звітних форм та графічна інтерпретація отриманих даних. У рамках застосування комп'ютерних

технологій використовується інформаційний фонд підприємства, який представлений у формі баз даних і програмних засобів. Бази даних являють собою фактографічні дані певного процесу на виробництві. Програмні засоби утворюють інструмент автоматизованого виконання аналітичних задач для інформаційного обслуговування виробництва [5].

Для підвищення точності обробки різанням в технології машинобудування важливим елементом є дослідження технологічних процесів обробки поверхонь деталей. Найбільше застосування отримав статистичний метод, що має невисоку вартість і трудомісткість та дає можливість встановити умови оптимального функціонування досліджуваного процесу. Статистичний метод ґрунтується на отриманні та обробці великої кількості експериментальних даних, які забезпечують необхідний обсяг інформації. Його застосовують для дослідження точності технологічних процесів у серійному виробництві. Для реалізації статистичного методу на виробництві широко застосовують програми: Statistica; SPSS; SAS; Statgraphics+; Minitab; Systat; Stadia; Excel, тощо [6].

Найбільш кращим для вирішення задач точності обробки кільцевих заготовок є програмний продукт Minitab [7]. Особливістю є те, що для роботи з використанням комп'ютерної програми MINITAB необхідним є заповнення: для карти медіан X – карти розмахів R; для карти індивідуальних значень X – карти зміщуваних розмахів mR.

Для визначення величини деформації деталі в процесі обробки було прийнято дослідити точність форми кільця однорядного роликового конічного підшипника 32017X за зовнішнім діаметром (рис. 1, а). Досліджувальний параметр відхилення форми не круглість, а саме її частковий випадок огранка. Огранка виникає після проведення обточування кільця під час його затиснення у токарному патроні [8]. Для контролю застосовували найбільш простий метод, що гарантує достовірність вимірювання, за допомогою мікрокатора ІГПВ і встановленням кільця у приладі ПП-1М, що гарантує достовірність вимірювання (рис. 1, б).



а **б**

Рисунок 1 - Кільце підшипника 32017Х (а) та вимірювання огранки кільця підшипника у приладі ПП-1М (б)

Авторська розробка

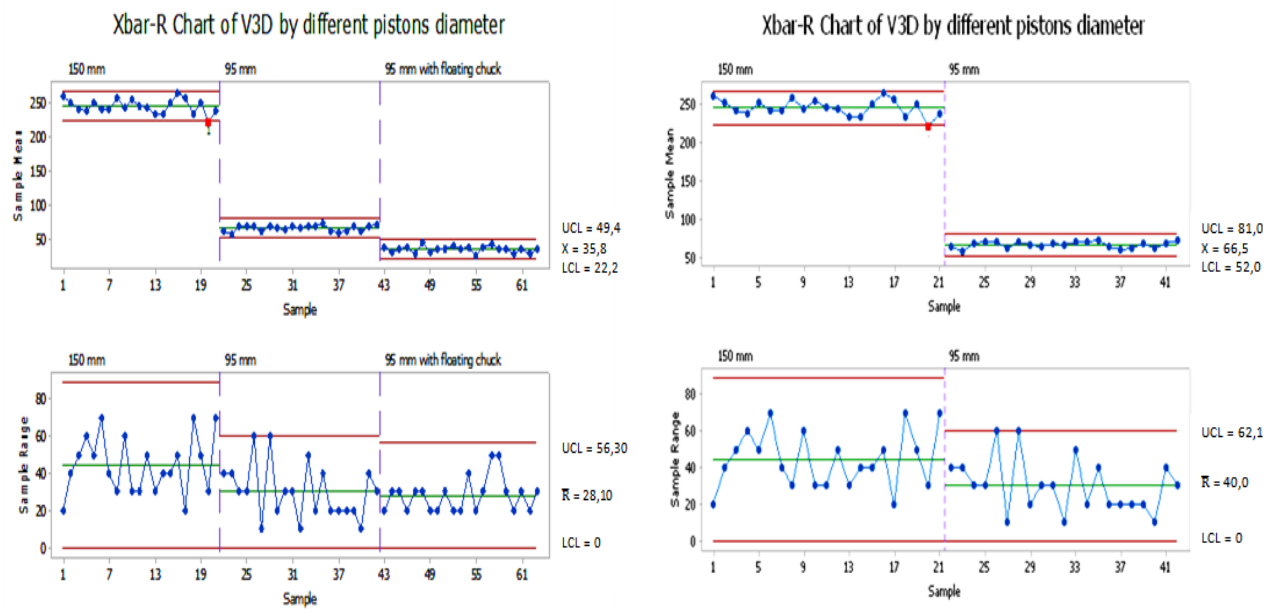
Деталі для дослідження вибиралися безпосередньо у виробничому підрозділі – дільниці токарної обробки АТ «СКФ Україна» (публічне) в порядку обробки. Всі деталі оброблялися за однакових режимів обробки (подача − 0,3 мм/об, частота обертання шпинделя верстата − 376 об/хв,), без охолодження і з однаковим зусиллям затиску в патроні (тиск в гідросистемі верстата становить 10…15 кг/см²). Деталі відбиралися після токарної обробки із затисканням у 3-х кулачковому патроні з пневмоциліндром діаметрами поршнів Ø 150 мм і Ø95 мм та плаваючому 6-ти кулачачковому патроні – пневмоциліндром діаметром поршня Ø95 мм.

Дослідження проводилося у виробничих умовах згідно з інструкцією підприємства ПАТ «СКФ – Україна» (публічне) для оцінювання можливостей обладнання та процесів. Перед проведенням дослідження перевіряли: відповідність технічного стану обладнання паспортним даним; відповідність технічного оснащення конструкторській документації; відповідність встановлених режимів обробки технологічному процесу; відповідність засобів вимірювальної техніки: вимогам технологічного процесу, терміну придатності, відхиленню контрольованих характеристик. Збір даних проводили шляхом відбору деталі в порядку обробки без втручання в процес. Вибірки відбиралися: послідовно, через визначені інтервали часу; з однаковою кількістю деталей; з охопленням якомога більшої кількості особливих причин мінливості.

Вимірювальна система, яка використовується для проведення замірів була прийнятною. Заміри характеристик деталей вибірок заносилися в контрольний лист.

Для подальшого аналізу даних додатково фіксували: час початку та закінчення збору даних; кожне втручання в процес обробки деталей; всі зупинки в роботі обладнання; зміна /оператора; непередбачувані перерви в процесі обробки; зміна партії заготовок.

Всі деталі, які використовуються для проведення дослідження зберігалися до завершення проведення статистичної оцінки. Величина вибірки становила 130 штук. За даними досліджень побудовані графіки: перший–за даними різниці між значеннями попередньої та наступної вибірок (партія з 5 послідовно заміряних деталей), брали абсолютне значення (рис. 2,а); другий– за різницею між максимальним та мінімальним значенням замірів кожної вибірки (рис. 2,б). Заміри характеристик деталей вибірок проводилися у послідовності їх відбору. Після замірів, проводили розрахунки за допомогою комп'ютерної програми Minitab.



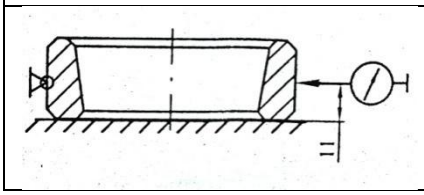
а **б**

Рисунок 2 – Графіки ймовірності для дослідження огранки

Авторська розробка

Фактичні відхилення контрольованого параметру максимально наближені до середини поля допуску. Відхилень огранки знаходяться в межах допуску (0,27 мм), а подекуди значення значно менші (до 0,15 мм) від тих, що передбачені на карті контролю (табл. 1).

Таблиця 1–Карта контролю точності токарної обробки зовнішнього кільця підшипника

Схема	Засоби вимірювання	Параметри		
		назва	умовні позначення	значення граничних відхилень, допуск, мм
	ПП-1М	Огранка	V3D	0,27

Авторська розробка

Однак є випадки виявлення незвичайної поведінки кривої (як на карті розмахів R/ зміщуваних розмахів mR, так і на карті медіан X/ індивідуальних значень X), що характеризується одним або декількома критеріями статистичної некерованості процесу. Так наприклад, на рис. 3 є випадки коли заміряне значення перевищує передбачені шкалою значення тому необхідне негайне втручання в технологічний процес.

Висновки.

Якість продукції формується під впливом використання сучасних комп'ютерних технологій, як на усіх етапах виготовлення так і контролю деталей особливо для умов гнучких автоматизованих виробництв машинобудування, зокрема виробництва підшипників. Перевірка оператором чи наладчиком параметрів точності деталей, що послідовно обробляються необхідна для підтвердження правильності налагодження верстата. Фактичні відхилення контрольованих параметрів повинні бути максимально наближені до середини поля допуску. Якщо результати перевірок не відповідають встановленим вимогам, то необхідно визначити причини невідповідностей та розробити

необхідні коригувальні дії. На виробництві для цього розробляється та реалізується план реагування за результатами статистичної оцінки, в якому ідентифікуються і вказуються засоби усунення особливих причин: технологічні можливості обладнання, засоби вимірювальної техніки, технологічний процес, а також джерело мінливості, що впливає лише на деякі виходи процесу, найчастіше діє на процес стрибкоподібно та непередбачуваною.

Література

1. Марчук В.І., Михалевич В.Т. (2008). Відхилення форми поверхонь та їх вплив на розмірну точність тіл обертання. Наукові нотатки: міжвузівський збірник за напрямом "Інженерна механіка", Випуск 23. С.197–202.

2. Сніжной Г.В., Томашевський О.В., Степаненко С.М. (2022). Моніторинг і контроль складних стохастичних систем : монографія. Запоріжжя: Національний університет «Запорізька політехніка». 124 с.

3. Ruihong, L. Shulin, T. Youfu, and L. Yinghui. (2015). A novel method of fault diagnosis for rolling element bearings based on the accumulated envelope spectrum of the wavelet packet. Journal of Vibration and Control, Vol. 21 (8), p. 1580–1593. DOI: https://doi.org/10.1177/1077546313499391

4. Дерибо О. В., Дусанюк Ж. П. (2020). Особливості визначення похибки установлення як складової припуску для механічної обробки. Вісник ВПІ. вип. 2. С. 67–72. DOI: https://doi.org/10.31649/1997-9266-2020-149-2-67-72

5. Fredriksson, M. J., Petersson, P., Axelsson C.S., Bylund, D. (2015). An automatic peak finding method for LC-MS data using Gaussian second derivative filtering. Journal of Separation Science, Vol. 32 (22), P. 3906–3918. DOI: https://doi.org/10.1002/jssc.200900395.

6. Томашевський О.В., Рисіков В.П. (2006). Комп'ютерні технології статистичної обробки даних: навчальний посібник. Запоріжжя: Запорізький національний технічний університет. 175 с.

7. Гальчук Т. Н. (2018). Обробка статистичних даних контролю точності виробів машинобудування за допомогою програмного продукту Minitab.

Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2018): матеріали VIII міжнародної науково-практичної конференції: у 2-х т. Чернігів : ЧНТУ. Т. 1. С. 39–40.URS: https://drive.google.com/file/d/1pfss7tIYm9K AHpVOD6wHlSUusdYqzfWY/view

8. Halchuk T. **N**. (2026). Ensuring the precision of the turning of bearing outer rings. Journal «Modern engineering and innovative technologies», №. 43 (1), P. 3 – 11. DOI: https://doi.org/10.30890/2567-5273.2026-43-01-031

References

1. Marchuk V.I., Mykhalevych V.T. (2008). Vidkhylennia formy poverkhon ta yikh vplyv na rozmirnu tochnist til obertannia. Naukovi notatky: mizhvuzivskyi zbirnyk za napriamom "Inzhenerna mekhanika", Vypusk 23. S.197–202.

2. Snizhnoi H.V., Tomashevskyi O.V., Stepanenko C.M. (2022). Monitorynh i kontrol skladnykh stokhastychnykh system : monohrafiia. Zaporizhzhia: Natsionalnyi universytet «Zaporizka politekhnika». 124 s.

3. Ruihong, L. Shulin, T. Youfu, and L. Yinghui. (2015). A novel method of fault diagnosis for rolling element bearings based on the accumulated envelope spectrum of the wavelet packet. Journal of Vibration and Control, Vol. 21 (8), p. 1580–1593. DOI: https://doi.org/10.1177/1077546313499391

4. Derybo O. V., Dusaniuk Zh. P. (2020). Osoblyvosti vyznachennia pokhybky ustanovlennia yak skladovoi prypusku dlia mekhanichnoi obrobky. Visnyk VPI. vyp. 2. S. 67–72. DOI: https://doi.org/10.31649/1997-9266-2020-149-2-67-725.

5. Fredriksson, M. J., Petersson, P., Axelsson C.S., Bylund, D. (2015). An automatic peak finding method for LC-MS data using Gaussian second derivative filtering. Journal of Separation Science, Vol. 32 (22), P. 3906–3918. DOI: https://doi.org/10.1002/jssc.200900395

6. Tomashevskyi O.V., Rysikov V.P. (2006). Kompiuterni tekhnolohii statystychnoi obrobky danykh: navchalnyi posibnyk. Zaporizhzhia: Zaporizkyi natsionalnyi tekhnichnyi universytet. 175 s.

7. Halchuk T. N. (2018). Obrobka statystychnykh danykh kontroliu tochnosti vyrobiv mashynobuduvannia za dopomohoiu prohramnoho produktu Minitab. Kompleksne zabezpechennia yakosti tekhnolohichnykh protsesiv ta system (KZIaTPS–2018): materialy VIII mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii: u 2-kh t. Chernihiv: ChNTU. T.1. S. 39–40. URS: https://drive.google.com/file/d/ 1pfss7tIYm9K AHpVOD6wHlSUusdYqzfWY/view

8. Halchuk T. **N**. (2026). Ensuring the precision of the turning of bearing outer rings. Journal «Modern engineering and innovative technologies», №. 43 (1), P. 3 – 11. DOI: https://doi.org/10.30890/2567-5273.2026-43-01-031

Abstract. *The effectiveness of computer-based processing of statistical data regarding the accuracy control of manufactured engineering components is demonstrated. Currently, the mathematical processing of data on machining accuracy relies on statistical analysis software packages. The range of statistical software products available on the global market is vast and diverse. When selecting software, it is essential to consider the suitability of report formats and the graphical representation of the obtained data for the specific production environment. The Minitab statistical data processing software is highly suitable for analyzing the manufacturing precision of thin-walled ring components. This program enables the detection and prevention of errors during the production of various items, is cost-effective and requires minimal labor, and allows for the determination of optimal operating conditions for the process under study. The paper presents an industrial implementation of product quality control using computing technology to process*

measurement results of part accuracy parameters—for parts undergoing sequential machining—and to verify the correctness of machine tool setup.

Keywords: *control, accuracy, product, static information, program.*

Статтю надіслано: 24.09.2026р.

© Гальчук Т.Н.