

Зависимости  $VA(S) = f_{VA(S)}(t, n)$  и  $SS = f_{SS}(t, n)$  представим графически (рис. 2).

Выводы:

1. Из таблицы 1 видно, что информационный сигнал вибродатчика, установленного на шпиндельном узле не зависит от глубины фрезерования и подачи на зуб при постоянной частоте вращения.
2. Информационный сигнал вибродатчика, установленного на заготовке, не зависит от подачи на зуб при постоянной частоте вращения. В то же время информационный сигнал звукового датчика зависит и от глубины фрезерования, и от подачи на зуб.
3. Информационные сигналы звукового датчика и вибродатчиков, установленных на шпинделе и заготовке, при постоянной подаче на зуб зависят от глубины фрезерования и частоты вращения фрезы.
4. Информационные сигналы от звукового датчика (микрофон) и вибродатчика, например, установленного на заготовке, аналогичны по характеру изменения (рис.2).

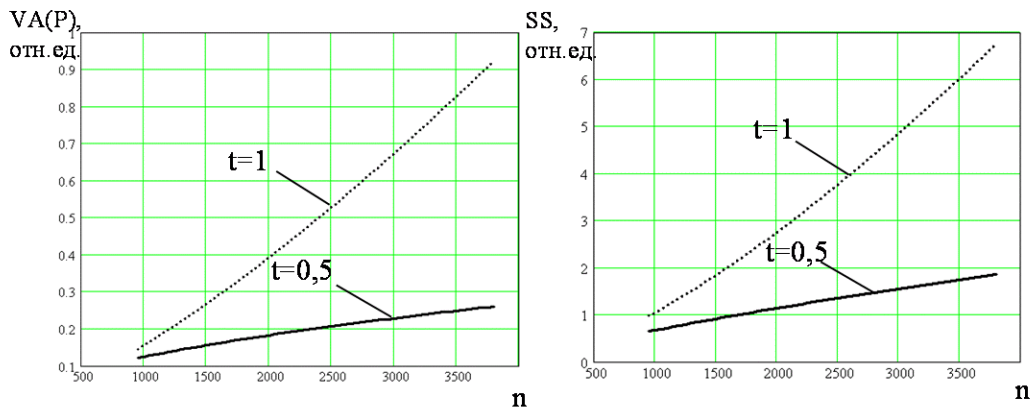


Рис. 2. Зависимость информационного сигнала виброускорения (вибродатчик на детали) и звукового сигнала (микрофон) от частоты вращения фрезы при указанных глубинах фрезерования.

5. С увеличением частоты вращения от 950 до 3800 мин<sup>-1</sup> информационные сигналы, характеризующие виброускорение и звуковой сигнал увеличиваются (рис.2).
6. С увеличением глубины резания от 0,5 мм до 1 мм информационные сигналы, характеризующие виброускорение и звуковой сигнал, увеличиваются.
7. Установлено, что изменять уровень вибросигнала и звукового сигнала наиболее эффективно за счет изменения частоты вращения фрезы.

#### Информационные источники

1. Ермаков С.М. Математическая теория оптимального эксперимента / С.М. Ермаков, А.А. Жиглявский. — М.: Наука, 1987.— 320 с.
2. Кацев П.Г. Статистические методы исследования режущего инструмента.— М.: Машиностроение, 1974.— 240 с.
3. Дупшинский В.В. Оптимизация технологических процессов в машиностроении / В.В. Дупшинский, Е.С. Пуховский, С.Г. Радченко Под общ. ред. к.т.н. Г.Э. Таурита.— К.: Техніка, 1977.— 176 с. УДК 621.822

УДК 621.822

Ю.А. Лук'яничук, к.т.н., А.А. Корпусов, О.А. Лукашук  
Луцький національний технічний університет

#### ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПОВЕРХОНЬ ОБЕРТАННЯ РОЛІКІВ ПІДШИПНИКІВ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЇХ ОБРОБЛЕННЯ

*У роботі проведено порівняння експериментального дослідження оброблення поверхні кочення роликів підшипників та моделювання цього процесу за допомогою програмного забезпечення, яке дозволить прогнозувати значення мікрогеометрії поверхонь оброблення, що призведе до підвищення продуктивності праці та швидкого виявлення неполадок у разі їх виникнення.*

**Ключові слова:** безцентрове шліфування, роликів підшипник, шорсткість, мікрогеометрія, моделювання.

## ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

*В работе проведено сравнение экспериментального исследования обработки поверхности качения роликоподшипников и моделирование этого процесса с помощью программного обеспечения, которое позволит прогнозировать значение микрогеометрии поверхностей обработки, что приведет к повышению производительности труда и быстрого обнаружения неполадок в случае их возникновения.*

**Ключевые слова:** бесцентровое шлифование, роликоподшипник, шероховатость, микрогеометрия, моделирование.

*In this paper, a comparison of experimental research rolling surface processing and modeling this process using software that will predict the value microgeometry surfaces processing, leading to increased productivity and rapid detection of problems as they occur.*

**Keywords:** centreless grinding roller, roughness, microgeometry, modeling.

У практиці світового машинобудування відбувається постійне підвищення вимог до якості та конкурентоспроможності виробів.

Оскільки, надійність та довговічність машин і механізмів багато в чому визначається надійністю опор кочення, то проблема підвищення експлуатаційних характеристик підшипників кочення, які вирішальним чином залежать від точності геометричної форми і якості робочих поверхонь їх деталей є актуальною і надзвичайно важливою.

В технологічному циклі виготовлення підшипників провідне місце займають шліфувальні операції оброблення поверхонь кілець та роликів. Технологічний процес виготовлення роликів складається з заготівельних операцій та операцій чорнового і чистового шліфування, які виконуються до та після термічного оброблення.

Мікро- та макрогеометричні параметри робочих поверхонь роликів формуються на шліфувальних операціях, число яких складає: три операції до термічного оброблення і сім операцій після загартування. 80% з загального числа шліфувальних операцій оброблення роликів займають безцентрово-шліфувальні операції попереднього та викінчувального шліфування поверхонь обертання. Від рівня вдосконалення цих операцій у великій мірі залежить якість виробів та ефективність підшипникового виробництва.

Дослідження, моделювання та прогнозування параметрів мікрогеометрії поверхонь обертання роликів підшипників є важливою метою роботи інженера-метролога. Було проведено експериментальне дослідження по виготовленню конічних роликів, а також створено алгоритмічне та програмне забезпечення для прогнозування значення шорсткості поверхні обертання.

Процес шліфування проводився на безцентрово шліфувальному верстаті SWaAKM 25/1A (рис.1), робочу зону якого представлено на рис.2.

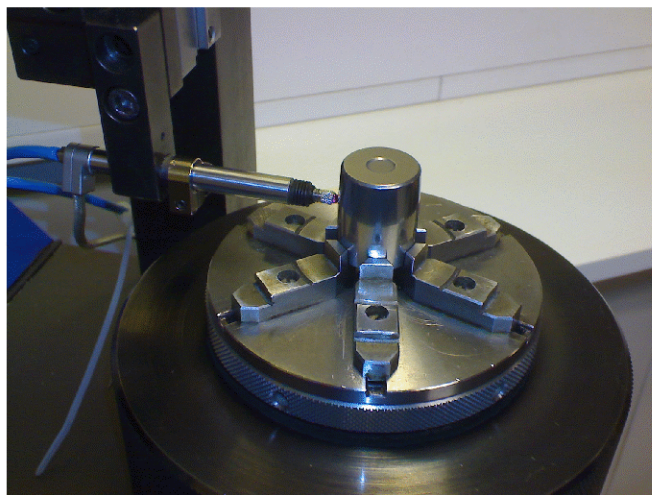
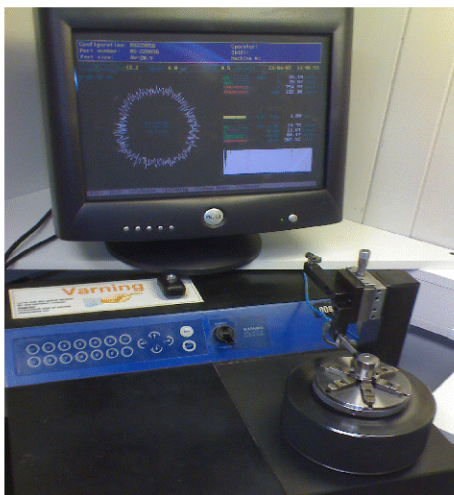
Для дослідження й аналізу геометричної структури поверхонь, а також для визначення параметрів мікрорельєфу формоутворених поверхонь використовувалось сучасне метрологічне устаткування – MEF100C для знаходження профілю доріжки кочення та торця ролика, Surtronic для вимірювання шорсткості доріжки кочення та торця ролика, MWA100C (рис.3) для вимірювання мікрогеометрії доріжки кочення та торця ролика. Температурні показники досліджувались за допомогою використання датчиків температури (термопари типу ХА) та знімались самописцем Н115.



Рис. 1. Безцентрово-шліфувальний верстат SWaAKM25/1A для оброблення конічних роликів.



Рис. 2. Робоча зона безцентрово-шліфувального верстату SWaAKM25/1A.



Прилад MWA100C для вимірювання мікрогеометрії доріжки кочення та торця ролика

Останнім часом зростає кількість робіт, пов'язаних з моделюванням процесу шліфування із застосуванням обчислювальної техніки. Наприклад, у роботах [1, 2, 3, 4] мікропрофіль деталі розглядається як результат копіювання оброблюваною поверхнею певного числа зерен, форма, розміри і положення яких на робочій поверхні інструменту відповідають заданим законам, що реалізовані у відповідних комп'ютерних програмах.

Однак алгоритми цих програм не враховують повний комплекс взаємозалежних процесів, що відбуваються під час шліфування металів (процеси утворення робочої поверхні шліфувального круга в процесі його правки, перетворення стану робочої поверхні у зв'язку із зносом інструменту; виникнення та збільшення коливань інструмента щодо заготовки, зняття металу на етапі виходжування за рахунок пружності технологічної системи, впливу теплових і силових факторів процесу шліфування на оброблюваний матеріал). Варто зазначити, що недостатньо приділяється уваги питанню розроблення і реалізації алгоритмів розрахунку фізико-механічних параметрів якості поверхневого шару. У зв'язку з цим розроблення алгоритмічного та програмного забезпечення за вибором методів і умов шліфування поверхонь деталей, в яких би враховувався весь комплекс взаємозалежних факторів процесу абразивної обробки, є актуальним завданням.

В основу розробленого алгоритмічного та програмного забезпечення був покладений комплекс взаємопов'язаних математичних моделей, отриманих на основі системного аналізу технологічних операцій шліфування.

У комплекс моделей входять:

- Модель робочої поверхні шліфувального круга, яка подається як сукупність поверхонь вершин зерен, які контактували і не контактували з інструментом правки, і яка дає можливість оцінити її стан після правки і під час шліфування;
- Модель профілю шорсткості поверхні, побудована на описі закономірностей копіювання рельєфу робочої поверхні абразивного інструменту на шліфовану поверхню, яка дозволяє розкрити можливості процесу шліфування в забезпеченні заданої сукупності значень висотних і крокових параметрів шорсткості поверхні;
- Моделі формування геометричних і фізико-механічних параметрів якості поверхні, що враховують всі основні фактори процесу шліфування і відрізняються можливістю розрахунку параметрів якості оброблюваної поверхні при різних способах шліфування абразивом в будь-який момент часу протягом всього періоду стійкості шліфувального круга;
- Модель процесу формоутворення поверхонь деталей при обробленні абразивними кругами, яка дозволяє вибрати умови реалізації даного методу оброблення, що забезпечують необхідний стан поверхневого шару (задану шорсткість, хвилястість, що стискають залишкові напруги I роду, відсутність припалювань).

Взаємозв'язок моделей проявляється в наявності спільної системи основних рівнянь і можливості визначення характеру і ступеню впливу кожного фактора абразивного оброблення на формування якості поверхневого шару.

Нижче в ілюстрованій формі показані приклади використання розробленого для операційної системи Microsoft Windows на мові програмування Сі в середовищі Borland C++ Builder Enterprise v6.0 програмного забезпечення (рис. 4-6), що підтверджують його працездатність.

Дане алгоритмічне та програмне забезпечення дозволить значно знизити трудомісткість технологічної підготовки виробництва в тій її частині, яка стосується проектування технологічних операцій шліфування.

## ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

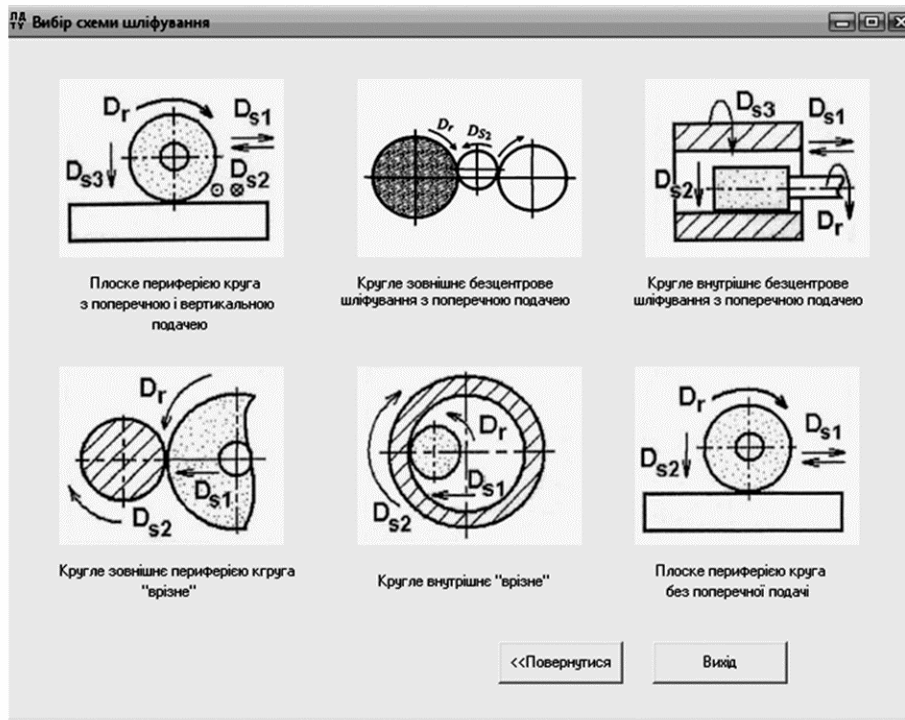


Рис.4. Вибір схеми шліфування

Проводяться роботи з розширення можливостей даного програмного забезпечення, що надалі дозволить:

- Цілеспрямовано удосконалювати технологічні операції шліфування, виходячи із забезпечення заданої якості оброблюваної поверхні;
- Враховувати конкретні умови виробництва на стадії проектування виробів машинобудування;
- Проводити багатокритерійну оптимізацію умов абразивного шліфування з урахуванням забезпечення необхідної сукупності параметрів якості оброблюваної поверхні;
- Проводити дослідження по створенню теоретичних основ проектування нових методів шліфування і технологічних операцій абразивного оброблення з точки зору підвищення експлуатаційних властивостей деталей машин.

Рис.5. Введення даних для розрахунку

За результатами досліджень можна зробити висновок, що різниця між експериментальними дослідженнями та теоретичними розрахунками становить 2%. Це значення похибки не виходить за межі допустимих значень. Дане програмне може бути використане для дослідження, моделювання та прогнозування значень мікрогеометрії поверхонь оброблення, що призведе до підвищення продуктивності праці та швидкого виявлення неполадок у разі їх виникнення.

Середнє арифметичне відхилення профілю Ra, мкм	0.53999961853027
Висота згладжування профілю шорсткості Rp, мкм	1.4399993801117
Глибина згладжування профілю шорсткості Rv, мкм	2.15999984741211
Найбільша висота профілю нерівностей Rmax, мкм	3.5999990463257
Висота нерівностей профілю по десяти точкам Rz, мкм	3.45599985122681
Середній крок нерівностей профілю по вершинам S, мкм	0.0106252757832408
Середній крок нерівностей профілю Sm, мкм	0.0265631880611181

Відносна опорна довжина профілю Tr, %  
(p - рівень перерезу профілю)

15%	0.5	110%	2	120%	8	130%	16	140%	32
-----	-----	------	---	------	---	------	----	------	----

Продовжити розрахунок

Рис.6. Виведення результатів

### Інформаційні джерела

1. Грабченко А.И. Расширение технологических возможностей алмазного шлифования. / А.И. Грабченко. – Харьков: Вища школа. Изд-во при Харьковском университете, 1985. – 184с.
2. Грабченко А.И. Расширение технологических возможностей алмазного шлифования / А.И. Грабченко. – Харьков : Высш. Школа, 1985. – 184 с.
3. Якимов А.В. Оптимизация процесса шлифования / А.В. Якимов. – М.: Машиностроение, 1975. – 172 с.
4. Ящерицын П.И. Шлифование металлов / П.И. Ящерицын, Е.А. Жельнерович. – Минск, 1970. – 249 с.

УДК 621.822

Ю.А. Лук'яничук, к.т.н., Л.М. Равенець, Ю.В. Ільчук  
Луцький національний технічний університет

### ФОРМУВАННЯ МІКРОПРОФІЛЮ ПОВЕРХОНЬ ОБЕРТАННЯ НА ОПЕРАЦІЯХ БЕЗЦЕНТРОВОГО ПЕРЕРИВЧАСТОГО ШЛІФУВАННЯ

*У статті розглянуто процес формування мікрогеометрії поверхонь обертання роликів в процесі їх оброблення абразивними переривчастими шліфувальними кругами та проведено порівняння результатів проведеного теоретичного аналізу і розрахунку мікропрофілю шліфованої поверхні, що утворюється, з даними експериментальних досліджень по вимірюванню шорсткості, яка отримана в процесі оброблення.*

**Ключові слова:** роликопідшипник, шорсткість, мікропрофіль поверхні, хвилястість, макровідхилення, переривчастий абразивний інструмент.

*В статье рассмотрен процесс формирования микрогеометрии поверхностей вращения роликов в процессе их обработки абразивными прерывистыми шлифовальными кругами и проведено сравнение результатов проведенного теоретического анализа и расчета микропрофиля шлифованной поверхности, образующийся данным экспериментальных исследований по измерению шероховатости, полученной в процессе обработки.*

**Ключевые слова:** роликподшипник, шероховатость, микропрофиль поверхности, волнистость, макроотклонение, прерывистый абразивный инструмент.

*The article deals with the formation microgeometry surfaces rotation rollers during their processing intermittent abrasive grinding wheels and compared the results of theoretical analysis and calculation microprofile polished surface that forms with those of experimental studies to measure the roughness generated in the course of treatment.*

**Keywords:** roller, roughness, microprofile surface waviness, intermittent abrasive tools.