

УДК 510:621.9

В.Б. Крижанівський, к.ф.-м.н., доц.**М.С. Баранівський, магістр***Житомирський державний технологічний університет***КОМП'ЮТЕРНА ЛАБОРАТОРІЯ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ
ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ МІКРОГЕОМЕТРІЇ ПОВЕРХНІ ПРИ
ТОРЦЕВОМУ ФРЕЗЕРУВАННІ**

Розглянуто проблему моделювання параметрів мікрогеометрії плоскої поверхні при торцевому фрезеруванні. Розроблено та реалізовано проблемно-орієнтований програмний комплекс на основі SolidWorks API та MATLAB, який дає можливість досліджувати процеси впливу параметрів обробки на геометричні показники якості плоскої поверхні.

Постановка проблеми у загальному вигляді. У сучасному машинобудуванні розвиваються три принципово різні підходи до забезпечення якості механічної обробки [1, 2]: загальновизнаний – лабораторні дослідження для з'ясування залежностей між параметрами якості та режимами обробки, визначення раціональних режимів механічної обробки на ЕОМ, використання їх при налагодженні технологічного обладнання; нетрадиційний – постановка експериментів безпосередньо, наприклад, на верстаті с ЧПУ у процесі його налагодження, раціоналізація режимів обробки вбудованою в обладнання спеціалізованою ЕОМ та автоматизоване налагодження верстата командами цієї ЕОМ; найбільш перспективний – технологічне забезпечення якості механічної обробки на основі математичного моделювання процесу формування параметрів стану поверхні.

Перші два підходи проаналізовані у роботі [2], їх переваги та недоліки відомі. Стосовно третього підходу наведемо наступні переваги: покращується прогнозування та управління процесом формування якості поверхні, з'являється можливість формування поверхні з наперед заданими параметрами якості, забезпечується значна економія коштів за рахунок заміни експериментальних досліджень комп'ютерним моделюванням.

У даній роботі пропонується програмне забезпечення для підтримки прийняття рішень на етапі технологічної підготовки виробництва на основі комп'ютерного моделювання процесу формування геометричних параметрів стану плоскої поверхні при торцевому фрезеруванні.

Комп'ютерний експеримент, на відміну від натурних випробувань, значно знижує трудомісткість і металоємність підготовчих заходів, спрощує експериментальну частину роботи, наочніше і детальніше розкриває суть процесів, що відбуваються, правильно оцінити які при проведенні реального експерименту вдається далеко не завжди.

Інформація про мікрогеометрію поверхні дозволяє обґрунтовано розв'язувати задачу про формування потрібних властивостей поверхневого шару виробу. Тому розробка спеціалізованих засобів моделювання поверхні є необхідною складовою частиною для розв'язання важливої практичної задачі формування поверхні з заданими властивостями.

Аналіз досліджень і публікацій. Результати робіт вчених пострадянського простору підсумовані в монографії [3]. Розглянуті питання оцінки якості поверхневого шару деталей машин. На основі теоретичного та емпіричного опису експлуатаційних властивостей встановлений їх взаємозв'язок з параметрами якості поверхонь. Дані рекомендації по вибору параметрів якості, виходячи з функціонального призначення поверхонь. Але питання про те, як раціонально обрати режими обробки для досягнення потрібних параметрів якості, залишається відкритим.

Роботи [4–7] присвячені шорсткості поверхні, яка відіграє важливу роль в якості та плануванні процесу виробництва. Дані роботи націлені головним чином на розробку емпіричних моделей для прогнозування шорсткості поверхні. У моделях розглядаються наступні робочі параметри: шорсткість деталі, подача, радіус леза, швидкість шпинделя та глибина різання. Головним чином використовуються два підходи: нелінійний регресійний аналіз та комп'ютерні нейронні мережі. Шорсткість, прогнозована за цими моделями, потім порівнюється з опублікованими експериментальними результатами. Моделі забезпечують задовільні характеристики. Розглянуті роботи, список яких можна було б продовжувати, викликають інтерес і становлять наукову цінність. Але для них характерно те, що кожне дослідження концентрується на окремому явищі. Тобто сам процес максимально спрощується для полегшення контролю за параметрами моделі. Виникає природне питання: як отримані результати можна поширити на інші процеси обробки різанням? Зокрема на торцеве фрезерування.

Як наслідок постає проблема комп'ютерного відтворення досліджуваного процесу з максимальною реалістичністю. У загальному випадку така віртуальна комп'ютерна лабораторія є деяким

інформаційним середовищем, що дозволяє проводити експерименти, не маючи безпосереднього доступу до об'єкта дослідження.

Віртуальною комп'ютерною лабораторією в рамках даної роботи називається трирівневий програмний комплекс, що складається з розробленого програмного додатку, сервера MATLAB та програмного пакету SolidWorks (рис. 1).

У даний час як в науковій роботі, так і в освіті набули широкого поширення віртуальні лабораторії, проте більшість з них побудовані з використанням Java або інших подібних технологій і не використовують спеціалізованого програмного забезпечення. Зокрема вони не призначені для роботи з відомими CAD/CAM/CAE системами на зразок SolidWorks.

Слід відзначити такі важливі можливості віртуальних математичних лабораторій, як моделювання, експеримент та «динаміка», тобто варіація параметрів на «льоту». Остання можливість дозволяє безпосередньо спостерігати зміну досліджуваного об'єкта і управляти цією зміною. Цим досягаються дві мети: 1) високий рівень інтерактивності середовища, в якому працює дослідник; 2) на фоні поступових змін об'єкта особливо ясно видно його незмінні властивості, тобто виявляються властиві йому закономірності, адже в цьому і полягає, як правило, мета дослідження.

Концепція комп'ютерної лабораторії. У сучасному світі особливої актуальності набувають питання, пов'язані з розробкою спеціалізованих додатків, що забезпечують розв'язування прикладних наукових та інженерних задач шляхом інтеграції різних програмних додатків з метою створення єдиної інформаційної системи (ІС). Інтеграція додатків є завданням більш складним у порівнянні з традиційною інтеграцією даних. Однак інтеграція на рівні додатків володіє також низкою незаперечних переваг, до числа яких, у першу чергу, відносяться: забезпечення наскрізного циклу інформаційної взаємодії додатків в рамках ІС; автоматизоване виконання сервісних додатків по команді з базових компонентів ІС; високу швидкодію, зумовлену відсутністю необхідності в проміжних форматах даних, мінімізацією дискових операцій і т. п. Тому одним з основних вимог, які висуваються до компонентів сучасної інформаційної системи, будь то САПР, PDM або ERP, є можливість програмного управління набором функціональних засобів, реалізованих у цих компонентах. Іншими словами, наявність в тому чи іншому додатку інтерфейсу прикладного програмування (Application Programming Interface, API) представляється необхідним і достатнім для розв'язку задачі інтеграції компонентів інформаційної системи на рівні додатків.

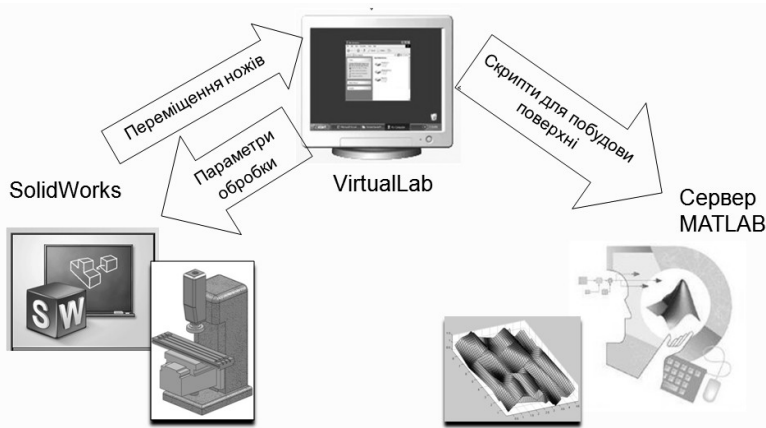


Рис. 1. Принципова схема комп'ютерної лабораторії

SolidWorks API – це інтерфейс прикладного програмування, що дозволяє розробляти користувальницькі програми на платформі САПР SolidWorks. API містить сотні функцій, які можна викликати з програм Microsoft Visual Basic, VBA (Microsoft Excel, Word, Access і т. д.), Microsoft Visual C, C++, C#, .NET або з файлів-макросів SolidWorks. API-функції забезпечують прямий програмний доступ до функціональних можливостей пакета SolidWorks. Здавалося б, навіщо це потрібно, якщо SolidWorks надає користувачеві широкий спектр функціональних можливостей, що дозволяють створювати і модифікувати як 2D-, так і 3D-геометрію? На практиці виявляється, що якщо для проектування виробів у середовищі CAD-системи можливостей звичайного користувачького інтерфейсу більш ніж достатньо, то для вирішення завдань інтеграції додатків на рівні єдиної ІС потрібно пов'язати між собою різноманітні програмні продукти, налагодивши між ними повноцінну інформаційну взаємодію. Тут без API вже не обійтися. Таким чином, найважливішою сферою застосування інтерфейсу прикладного програмування SolidWorks є розробка прикладних модулів, що додають до базових можливостей САПР SolidWorks додатковий функціонал у будь-якій спеціальній предметній області, наприклад, у задачі моделювання поверхні при торцевому фрезеруванні.

Серед засобів пакету MATLAB, які можна використати для створення єдиної ІС, було обрано COM технологію. Це дозволяє створювати,

маніпулювати й видаляти COM-об'єкти (як клієнта, так і сервера). Завдяки COM підтримується також технологія ActiveX. Всі COM-об'єкти належать до спеціального COM-класу пакета MATLAB. Всі програми, що мають функції контролера автоматизації (англ. automationcontroller), можуть мати доступ до MATLAB як до сервера автоматизації (англ. automationserver).

Опис функціональності комп'ютерної лабораторії. До початку роботи з даною програмою потрібно переконавшись, що на комп'ютері встановлений SolidWorks 2009 і вище та MATLAB R2007b і вище. Запускаємо SolidWorks, активуємо додаток "SolidWorks Simulation", далі необхідно відкрити зборку, яка містить модель фрезерного верстата, а потім запускаємо VirtLab.exe (рис. 1). Модель верстата та прикладна програма розміщуються в кореневому каталозі проекту.

Кожна модель – це окрема інформаційна сутність. Модель має зручний графічний інтерфейс з різними елементами управління, за допомогою яких користувач має можливість змінювати параметри, що дозволяє аналізувати її поведінку за різних умов.

При запуску програми відкривається головна форма програми (рис. 2).

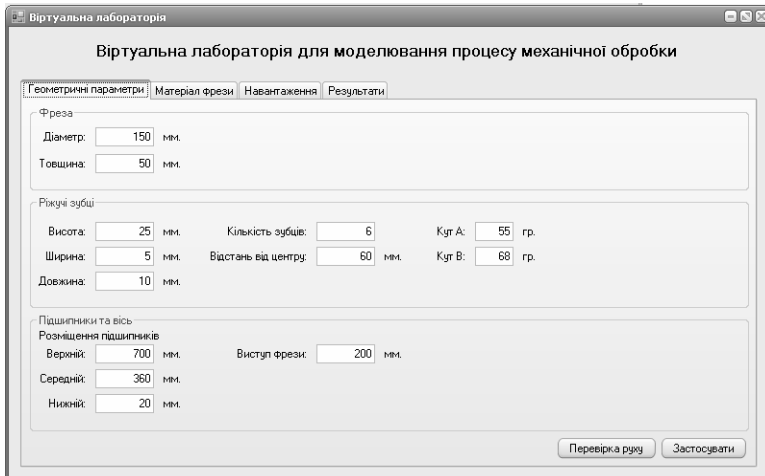


Рис. 2. Головна форма програми

Головна форма містить 4 вкладки: геометричні параметри, матеріал фрези, навантаження, результати.

Вкладка «Геометричні параметри». Як видно з рис. 2, дана вкладка є першою і вона активізується при запуску програми по замовчуванню.

Основні дії, що можна виконати на даному етапі, – це встановити потрібні нам геометричні параметри фрези, ножів та підшипників шпиндельного вузла.

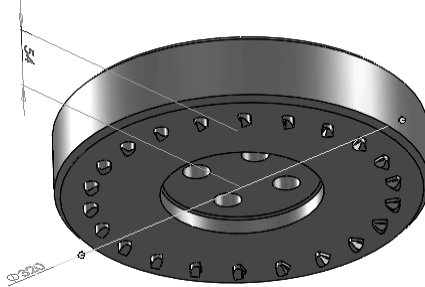


Рис. 3. Параметризація корпусу фрези

Зокрема програмою передбачено можливість зміни діаметра та товщини корпусу фрези (рис. 3). Щодо ножів, то передбачена можливість параметризації як самих ножів, так і їх положення в корпусі фрези. Також параметризоване положення підшипників шпиндельного вузла (рис. 4).

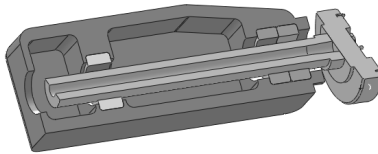


Рис. 4. 3D-модель шпиндельного вузла

Щоб зміни вступили в силу, необхідно натиснути кнопку «Застосувати». При цьому геометричні параметри 3D-моделі верстата змінюються відповідно до введених значень. Зовнішній вигляд 3D-моделі верстата зображено на рис. 5.

На даній вкладці, ліворуч від кнопки «Застосувати», розміщена кнопка «Перевірка руху», при натисканні якої у SolidWorks активується вкладка «Дослідження руху» і запускається процес аналізу руху та візуалізації роботи верстата протягом заданого проміжку часу.

Під час аналізу SolidWorks Motion може прораховувати різні аспекти руху: швидкість, тертя, можливі перешкоди тощо.

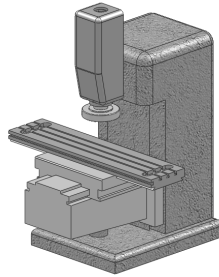


Рис. 5. Загальний вигляд 3D-моделі верстата

Вкладка «Матеріал фрези». Зовнішній вигляд вкладки зображено на рис. 6. Дана вкладка надає можливість змінювати матеріал фрези та ножів. Для вибору матеріалу досить вибрати його зі списку зліва і натиснути «Застосувати». Причому при натисканні на матеріал у правій частині одразу з'явиться таблиця з характеристиками обраного матеріалу.

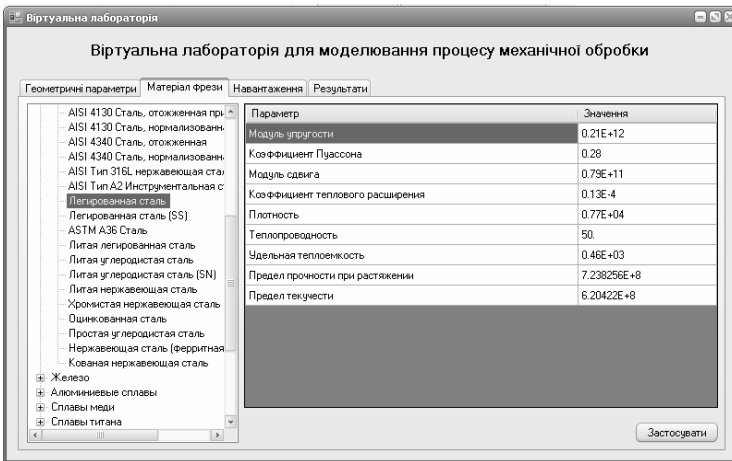


Рис. 6. Вкладка «Матеріал фрези»

Вкладка «Навантаження». Зовнішній вигляд даної вкладки зображено на рис. 7.

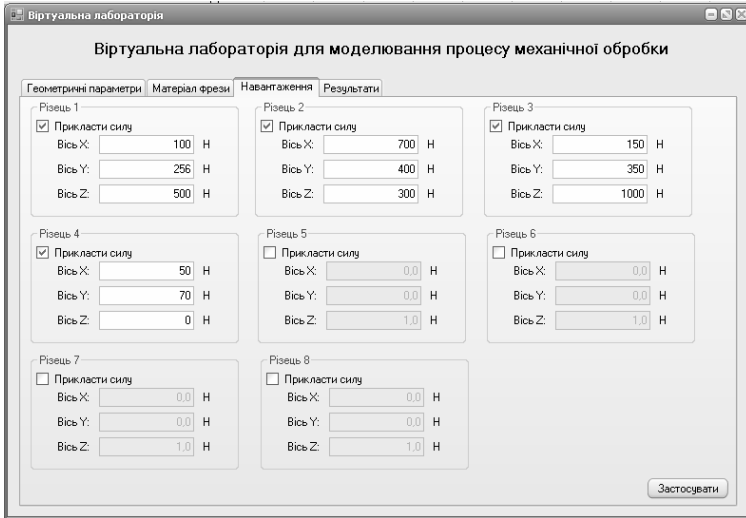


Рис. 7. Вкладка «Навантаження»

Дана вкладка містить поля, які призначені для прикладання сили по X, Y та Z координатах до ножів фрези. Кількість блоків відповідає кількості ножів. Якщо змінюється кількість ножів на вкладці «Геометричні параметри», то на даній вкладці кількість полів зміниться відповідно. Після введення всіх необхідних сил натискаємо «Застосувати». SolidWorks, точніше додаток SolidWorks Simulation, прикладає сили до ножів. Візуалізація прикладених сил зображена на рис. 8.

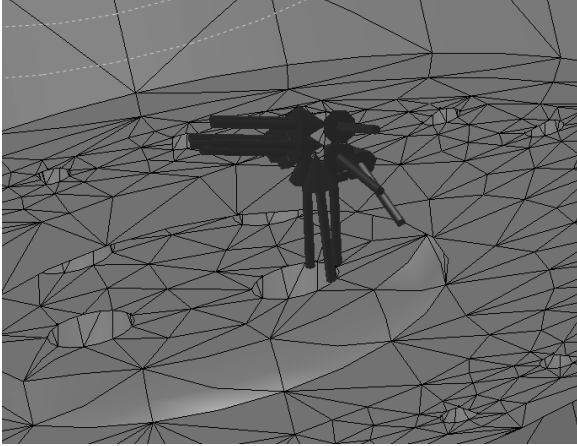


Рис. 8. Скінченно-елементна сітка на корпусі фрези і сили, які прикладені до ножа

Вкладка «Результати». Дана вкладка дозволяє переглянути отримані результати прикладання сил у вигляді переміщення. Вкладка «Результати» з тестовими результатами прикладання сил зображена на рис. 9. Як видно, ми отримуємо переміщення для всіх ножів по осі X, Y та Z та сумарне переміщення. Одиниці – міліметри. Поле переміщень також може бути візуалізоване в різних масштабах (рис. 10).

На даній вкладці є також кнопка «Змоделювати поверхню», при натисканні якої операція прикладання сил та фіксування результатів буде повторена задану кількість разів, при цьому сили змінюються випадковим чином з нормальним розподілом із заданими параметрами, фреза здійснює обертальний рух із заданим кроком, а стіл з деталлю зміщується.

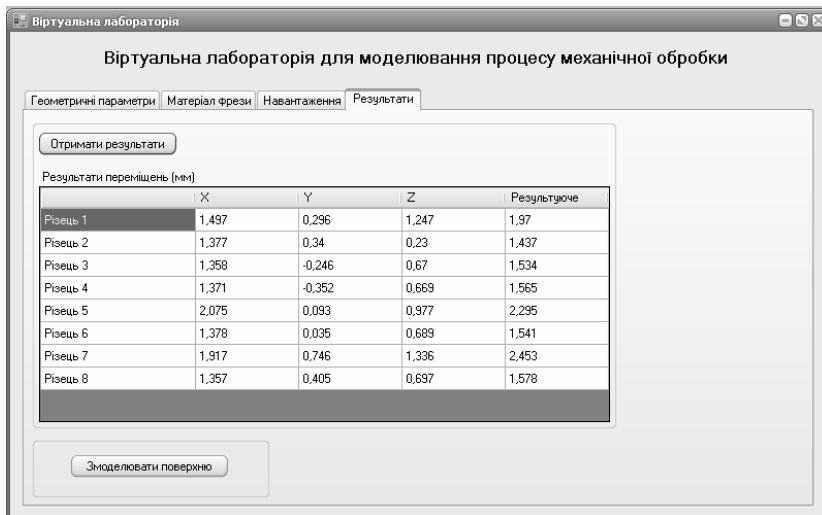


Рис. 9. Вкладка «Результати»

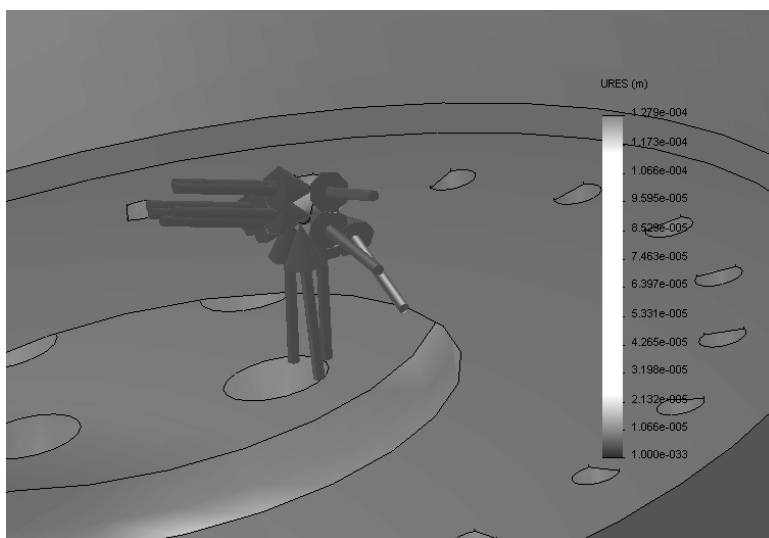


Рис. 10. Візуалізація поля переміщень при навантаженні ножа фрези

У результаті цього формується масив переміщень точок ножів фрези, який передається в MATLAB. Після відпрацювання скрипта

MATLAB за методикою, яка описана в [8], будується, модель поверхні (рис. 11).

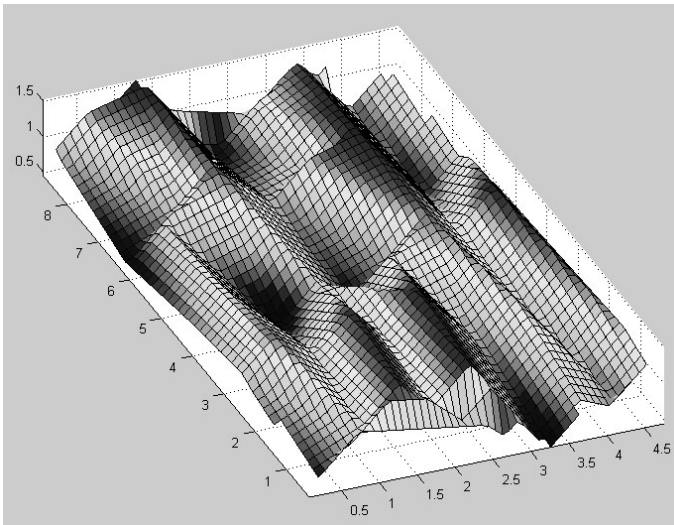


Рис. 11. Модель поверхні, побудована засобами MATLAB за даними, які отримані з SolidWorks

Висновок. Запропоноване проблемно-орієнтоване програмне забезпечення реалізує комп'ютерну лабораторію для розрахунку геометричних характеристик плоскої поверхні при торцевому фрезеруванні. У результаті виникає можливість здійснювати цілеспрямований вибір параметрів обробки, які забезпечують необхідні геометричні показники якості обробки поверхні.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Горленко О.А. Методы управления процессом формирования качества поверхности при механической обработке заготовок деталей машин / О.А. Горленко, С.Г. Бишутин // Технологическое управление качеством поверхности деталей. – К. : АТМ України, 1998. – С. 51–60.
2. Рыжов Э.В. Математические методы в технологических исследованиях / Э.В. Рыжов, О.А. Горленко. – К. : Наук. думка, 1990. – 184 с.

3. Суслов А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин / А.Г. Суслов. – М. : Машиностроение, 2000. – 320 с.
4. Tosun N., Ozler L. Optimisation for hot turning operations with multiple performance characteristics // Int. J. Adv. Manuf. Technol. – 2004. – № 23. – P. 777–782.
5. Tae-Sung Jung, Min-Yang Yang, Kang-Jae Lee. A new approach to analysing machined surfaces by ball-end milling, Part II: Roughness prediction and experimental verification Advanced Manufacturing Technology // Int. J. Adv. Manuf. Technol. – 2004. – № 20. – P. 274–283.
6. Junz Wang J.J., Zheng M.Y. On the machining characteristics of H13 tool steel in different hardness states in ball end milling // Int. J. Adv. Manuf. Technol. – 2003. – № 22. – P. 855–863.
7. Tugrul Ozel, Yigit Karpat Predictive Modeling of Surface Roughness and Tool Wear in Hard Turning using Regression and Neural Networks // International Journal of Machine Tools & Manufacture. – 2005. – № 45. – P. 467–479.
8. Мельничук П.П. Прогнозування якості плоскої поверхні при торцевому фрезеруванні / П.П. Мельничук, В.Ю. Лосєв, В.Б. Крижанівський // Вісник ЖДТУ / Технічні науки. – 2007. – № 2 (41). – С. 19–28.

КРИЖАНІВСЬКИЙ Вячеслав Борисович — кандидат фізико-математичних наук, докторант кафедри технології машинобудування та конструювання технічних систем Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- комп'ютерне моделювання;
- технологія машинобудування.

БАРАНІВСЬКИЙ Михайло Сергійович – магістр Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

— математичне моделювання та обчислювальні методи в наукових дослідженнях.

Подано 24.09.2009