

„Розробка системи автоматизованого проектування технологічних операцій оброблення складних поверхонь на верстатах з ЧПК”

«Разработка системы автоматизированного проектирования технологических операций обработки сложных поверхностей на станках с ЧПУ»

«Development of computer-aided of technological machining operations of complex surfaces on machine-tools with CNC»

1. Номер державної реєстрації 0109U000818

2. Науковий керівник:

Петраков Ю.В., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри Технології машинобудування.

Петраков Ю.В., доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой Технологии машиностроения.

Petrakov Y.V., doctor of science, professor, chief of the department of manufacturing engineering.

3. Суть розробки, основні результати.

Вперше розроблена концепція оптимального управління обробкою різанням на верстаті з ЧПУ за апіорною інформацією через САМ систему автоматизованої підготовки програм залежно від квазістаціонарних умов різання у напрямі формоутворювальної координати і часу обробки. Доведена наявність оптимальної глибини різання при багатопрохідній обробці, що дозволило формалізувати завдання проектування траєкторій на чорновій обробці і завдання оптимізації режиму різання. Таким чином, вперше знайдений критерій, за яким можна проектувати траєкторії відносного руху інструменту і заготовки на чернових проходах.

Вперше створений програмний модуль, як складова інтегрованої CAD/CAM-системи технологічної підготовки токарної обробки на верстаті з ЧПК, який в автоматичному режимі, на етапі моделювання, розраховує не тільки траєкторії формоутворюючих рухів, а й оптимальний режим різання і прогнозує зношування інструменту по задній поверхні.

Знайшли уточнення і уявлення в найбільш загальній формі обмеження, які утворюють область допустимих значень на фазовій площині «повздовжня подача - частота обертання шпинделя», що дозволило створити алгоритм автоматичного визначення оптимального режиму різання на кожному кроці моделювання.

Розроблена нова математична модель і програмне забезпечення для розрахунку складових сили різання при точінні, яка враховує як режим різання, так і геометричні параметри різальної частини інструменту, що дозволило істотно скоротити емпіричну частину і зробити більш універсальною процедуру визначення оптимального режиму різання.

Розроблена нова математична модель, алгоритм чисельного методу і програмне забезпечення для визначення шорсткості при точінні, яка є композиційною і враховує як детерміновану, так і випадкові складові процесу.

Впервые разработана концепция оптимального управления обработкой резанием на станке из ЧПУ по априорной информации через САМ систему автоматизированной подготовки программ в зависимости от квазиустановившихся условий резания в направлении формообразующей координаты и времени обработки. Доказано наличие оптимальной глубины резания при многопроходной обработке, что позволило формализовать задание проектирования траекторий на черновой обработке и задания оптимизации режима резания. Таким образом, впервые найден критерий, за которым можно проектировать траектории относительного движения инструмента и заготовки на черновых проходах.

Впервые создан программный модуль, как составляющая интегрированной CAD/CAM-системы технологической подготовки токарной обработки на станке из ЧПК, который в автоматическом режиме, на этапе моделирования, рассчитывает не только траектории формообразующих движений, но и оптимальный режим резания и прогнозирует изнашивание инструмента по задней поверхности.

Нашли уточнение и представление в наиболее общей форме ограничения, которые образуют область допустимых значений на фазовой плоскости «продольная подача - частота вращения шпинделя», которое позволило создать алгоритм автоматического определения оптимального режима резания на каждом шагу моделирования.

Разработана новая математическая модель и программное обеспечение для расчета составляющих силы резания при точении, которая учитывает как режим резания, так и геометрические параметры резательной части инструмента, что позволило существенно сократить эмпирическую часть и сделать более универсальной процедуру определения оптимального режима резания.

Разработана новая математическая модель, алгоритм численного метода и программное обеспечение для определения шероховатости при точении, которая является композиционной и учитывает как детерминированную, так и случайные составляющие процесса.

Conception of optimum control machining is first developed on a machine-tool with CNC on a priori information through system of the automated preparation of the programs depending on the conditions of cutting in the direction of shape-generating co-ordinate and time of machining. The presence of optimum depth of cutting is well-proven at multi-pass machining, that allowed to formalize the task of planning of trajectories on draft machining and task optimization of the cutting mode. Thus, a criterion after which it is possible to design the trajectories of relative motion of instrument and purveyance on draft-passage-ways is first found.

The programmatic module, as constituent of computer-integrated CAD/CAM-system of technological preparation of lathe machining, is first created on a machine-tool from CNC, which in the automatic mode, on the stage of design, expects not only the trajectories of forming motions but also optimum mode of cutting and forecasts the wear of instrument on a back surface.

Found clarification and presentation in the most general form limitations, which form the region of acceptability on a phase plane a «longitudinal serve is frequency of rotation of spindle, which allowed to create the algorithm of automatic determination of the optimum mode of cutting at every step design.

A new mathematical model and software is developed for the calculation of constituents of cutting force at sharpening, which takes into account both the cutting mode and geometrical parameters of cutting part of instrument, that allowed substantially to shorten empiric part and do more universal procedure of determination of the optimum mode of cutting.

A new mathematical model, algorithm of numeral method and software, is developed for determination of roughness at sharpening, which is composition and takes into account both determined and casual constituents of process.

4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності

Петраков Ю.В., Пасічник В.А., Кореньков В.М., Ковальчук Д.П. Пристрій контролю 3-D деталі. Заявник НТУУ «КПІ», № справи у відділі 2145, 2010р.

Петраков Ю.В., Пасічник В.А. Адаптивний лунет для шліфування нежорстких фасонних деталей круглого перерізу. Заявник НТУУ «КПІ», № справи у відділі 2146, 2010р.

5. Порівняння зі світовими аналогами.

Проведений аналіз існуючих у світовій практиці наукових розробок з вирішення зазначених вище проблем показав, що виконані дослідження гарантовано можна віднести до нових у галузі машинобудування. Так, створені наукові методики з автоматизованого

проектування управляючих програм для верстатів з ЧПК не мають світових аналогів, а запропоновані принципи управління обробленням на верстатах з ЧПУ, що знайшли втілення в інтегрованій CAD/CAM системі, й досі ще не використовуються при розробці аналогічних систем провідних фірм світу. Проте, останні публікації з таких питань показують, що наукові розробки провідних фірм ведуться саме у цьому напрямі.

6. Економічна привабливість для просування на ринок .

Подальше використання результатів роботи передбачається у галузі високих технологій, а саме, в інтегрованих CAD/CAM-системах програмування верстатів з ЧПУ, що дозволить на **порядок** підвищити продуктивність технологічної підготовки виробництва, надати нову якість, що полягає в автоматичному проектуванні оптимального режиму різання. Такі нові властивості розробленої інтегрованої CAD/CAM системи дозволяють **підвищити продуктивність** оброблення на токарних верстатах з ЧПК від 1,3 до 2 разів в залежності від складності деталі. Причому, чим складніша деталь – тим більший вигреш при безумовному виконанні всіх вимог за якістю.

7. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, відомства, підприємства, організації).
Машинобудування.

8. Стан готовності розробки (лабораторний або промисловий зразок, технічна документація, бізнес-план, готова до впровадження).

Дослідницький зразок інтегрованої CAD/CAM системи автоматизованого програмування оброблення ступінчастих валів на верстатах з ЧПК.

9. Існуючі результати впровадження.

Результати роботи були апробовані та передані для впровадження на ВАТ «Меридіан» ім. С.П.Корольова (Акт випробувань). Створені прикладні програми (demo-версія) передані для аналізу та апробації з метою укладення угоди на фірму «Index» (ФРН, Штудгарт, лист-відзив зі Штудгартського університету). Також виконується робота по включенню розроблених програмних продуктів у якість нових стратегій обробки в САМ систему фірми Delcam (Бірмінгем, Англія) для токарних верстатів з ЧПК.

10. Назва підрозділу, телефон, e-mail.

Кафедра технології машинобудування, тел.406-81-06, тел. факс 454-95-29,

E-mail: tm-mmi@kpi.ua

11. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання: (монографії, підручники, посібники, наукові статті, дисертації, інші публікації).

Монографії, підручники та навчальні посібники

1. Петраков Ю.В., Драчев О.И. Теория автоматического управления технологическими системами / М.:Машиностроение, 2009. – 336с.

Статті у фахових виданнях

1. Петраков Ю.В., Амин Афшар Камбиз. Технологическая подготовка токарной обработки на станках с ЧПУ // Вісник національного технічного університету України «КПІ». Машинобудування, №56, 2009. - С.26-36

2. Петраков Ю.В., Паньків К.М., Живцов С.П. Формирование геометрических моделей ручья калибров станов холодной прокатки труб // Вісник національного технічного університету України «КПІ». Машинобудування, №57, 2009. –С. 63-71.

3. Петраков Ю.В., Ван Цичень. Управление шлифованием внутренних сферических поверхностей / Сб. Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем, Краматорськ, вип.№24, 2009.-С.169-176

4. Петраков Ю.В. Пути развития интегрированных CAD/CAM систем в машиностроении // Зб. Сучасні технології в машинобудуванні. Вип.3, ХНТУ «ХПИ», Харків, 2009.-С.160-167.
 5. Петраков Ю.В., Писаренко В.В. (магістр), Розенберг О.О. Нова концепція проектування 3-D моделі ендопротезу суглобу людини // Вісник Житомирського державного технологічного університету, Вип..IV (51), 2009.- С.73-80.
 6. В.А. Пасечник, Ш. Таслими, Р.В. Галайда. К вопросу определения параметров припуска, срезаемого при профильном шлифовании // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Зб. наук. праць. – Краматорськ, вип. № 24, 2009. – С.253-258.
 7. В.А. Пасічник, Ю.В. Лашина, В.М. Кореньков. До питання виявлення кінематичних ланцюгів у складальних виробках // Вісник НТУУ «КПІ».– К.: 2009.– № 5 6 / Машинобудування. С. 134-140.
 8. В.А. Пасічник, Ю.В. Лашина. Синтез технологічного процесу складання виробу на основі інформації про бінарні відношення обмежень рухливості // Вісник НТУУ «КПІ» № 57 / Машинобудування.– К.: 2009.– С.75-82.
 9. Петраков Ю.В., Амин Афшар Камбиз. Оценка стойкости инструмента при оптимизации токарной обработки // Прогресивні технології і системи машинобудування: Міжнародний збірник наукових праць, вип.38. – Донецьк: ДонНТУ, 2009.-С.183-189.
 10. Петраков Ю.В., Писаренко В.В. (магістр). Підготовка програми шліфувального верстату з ЧПК для виготовлення штучного суглоба людини // Прогресивні технології і системи машинобудування: Міжнародний збірник наукових праць, вип.40. – Донецьк: ДонНТУ, 2010.-С.200-206.
 11. Петраков Ю.В., Шкуренко Д.П. Моделирование точности розташування отворів при обробці на верстаті з ЧПК / Процеси механічної обробки в машинобудуванні, Збірник наукових праць ЖДТУ, Випуск 8, 2010, с149-158.
 12. Петраков Ю.В., Писаренко В.В. (магістр) Підготовка геометричної моделі штучного суглоба людини до виготовлення на верстаті з ЧПК / Вісник НТУУ «КПІ», №59.: Машинобудування. К.:2010, с.64-69.
 13. Петраков Ю.В., Галайда Р.В. (аспірант) Технологічна підготовка шліфування оправок стану холодної прокатки труб. Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем, Вип.26, Краматорськ, 2010, с.134-141.
- Статті у спеціалізованих та зарубіжних виданнях*
1. Петраков Ю.В., Галайда Р.В. Моделирование процесу шліфування оправки стану холодної прокатки труб // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Прогресивні напрями розвитку машино-приладобудівних галузей і транспорту», Севастополь, 2009. – С.181-184
 2. V. Pasiiecznik, W. Korenkow, J. Laszina. Formalizacja identyfikacji kinematycznych i silowych lancuchow w wyrobach montazowych // Technika i technologia montazu maszyn. – 2009. – z.76. – С.15-19
 3. I.Ratusznaja, V. Pasiiecznik. Transformacja modelu matematycznego montowanego wyrobu w model o ograniczonym szeregowaniu technologicznych operacji montazu // Technika i technologia montazu maszyn. – 2009. – z.76. – С.45-51.
 4. Y.V.Petrakov, M.Raoufinia, K.Abou-El-Hossein Error Compensation of Complex Three-Dimensional Surfaces Machined on Computer-Numeric-Control Grinding Machine Tools. Journal of Applied Sciences, 2009, volume 9, p.1356-1361.
 5. Petrakov Y. CAD/CAM systems for machine-tools with CNC / Zbornik radova. Proceeding, Beograd, 2010, pg.2.1-2.5.
 6. Korenkov V., Subin A.A. Automatyizacja formowania początkowej informacji dla analizy montowanych wyrobów // Zeszyty naukowe Politechniki Rzeszowskiej №273. – 2010. – Mechanika z.79 Polaczenia montazowe. – С.11-16
 7. Петраков Ю.В. Електронний лабораторно-комп'ютерний практикум «Моделирование процесів обробки матеріалів різанням» Сертифікат НМП №1698, УПТО, 2009.-19 Мбайт (13 екранів).

8. Петраков Ю.В. Електронний лабораторно-комп'ютерний практикум «Дослідження основних характеристик процесів обробки матеріалів різанням» Сертифікат НМП №1699, УІТО, 2009.-8 Мбайт (13 екранів).

Участь у конференціях і семінарах

1. В.В.Писаренко, Ю.В.Петраков Вибір схеми формоутворення 3-D форми ендопротезу колінного суглоба людини // Дев'ята Всеукраїнська молодіжна науково-технічна конференція «Машинобудування України очима молодих. Прогресивні ідеї – наука – виробництво» ЗНТУ, Запоріжжя, 25-27 листопада 2009 р.

2. Галайда Р.В., Петраков Ю.В. Розробка програмного забезпечення з моделювання процесу шліфування нежорстких деталей // Міжнародна науково-технічна конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Прогресивні напрями розвитку машино-приладобудівних галузей і транспорту», Севастополь, 14-16 травня 2009 р.

3. Ван Цичень, Петраков Ю.В. Моделирование шлифования сферических поверхностей / Тези доповідей загальноуніверситетської науково-технічної конференції молодих вчених та студентів, НТУУ «КПІ», 2009.

4. Писаренко В.В., Петраков Ю.В. Аналіз схем формоутворення 3-D поверхні штучного суглоба людини / Тези доповідей загальноуніверситетської науково-технічної конференції молодих вчених та студентів, НТУУ «КПІ», 2009.

5. Січкара О.І., Петраков Ю.В. Динамічна компенсація коливань при розточуванні отворів деталей / Тези доповідей загальноуніверситетської науково-технічної конференції молодих вчених та студентів, НТУУ «КПІ», 2009.

6. Харченко В.М., Петраков Ю.В. Управління контурним фрезеруванням на верстатах з ЧПК / Тези доповідей загальноуніверситетської науково-технічної конференції молодих вчених та студентів, НТУУ «КПІ», 2009.

7. Петраков Ю.В., Амин Афшар Камбиз. Технологическая подготовка токарной обработки на станках с ЧПУ / X міжнародна науково-технічна конференція «Прогресивна техніка та технологія – 2009»

8. Петраков Ю.В. Совершенствование интегрированных CAD/CAM-систем в современном машиностроении / X міжнародна науково-технічна конференція «Прогресивна техніка та технологія – 2009», Севастополь 22-25 червня 2009р. Пленарна доповідь.

9. Баясте Абдолреза, Кореньков В.Н. Программирование обработки искусственного коленного сустава на 4-х координатном станке с ЧПУ. Тези доповідей загальноуніверситетської науково-технічної конференції молодих вчених і студентів, присвяченої дню Науки. Секція «Машинобудування», 1 частина. НТУУ «КПІ», ММІ. Київ, 2009.

10. Клавак А.М., Кореньков В.М. Вплив відцентрових сил на значення затиску кулачків, розтискання кулачків. Тези доповідей загальноуніверситетської науково-технічної конференції молодих вчених і студентів, присвяченої дню Науки. Секція «Машинобудування», 1 частина. НТУУ «КПІ», ММІ. Київ, 2009.

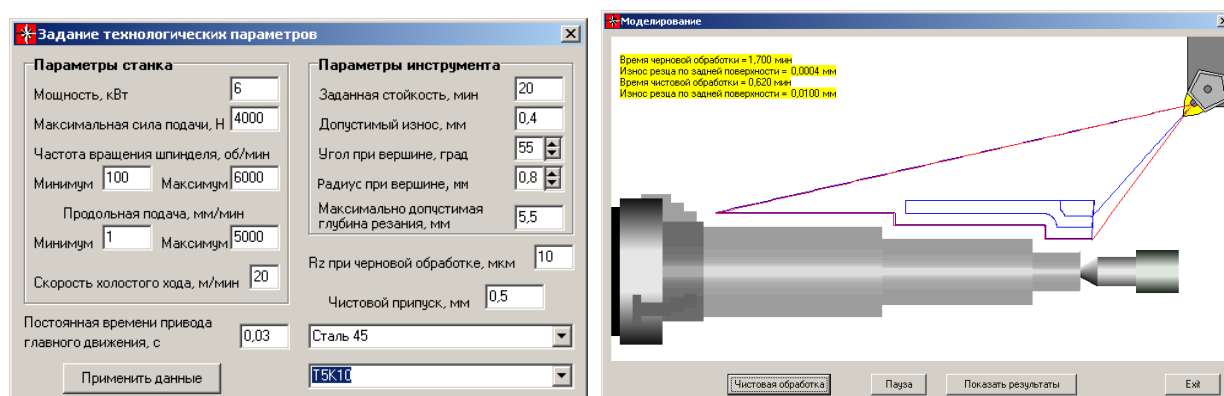
11. Ковальчук Д.П., Кореньков В.М. Дослідження процесу різання при свердлінні в середовищі LABVIEW. Тези доповідей загальноуніверситетської науково-технічної конференції молодих вчених і студентів, присвяченої дню Науки. Секція «Машинобудування», 1 частина. НТУУ «КПІ», ММІ. Київ, 2009.

12. Скрипник Т.М., студ.; Кореньков В.Н. Створення специфікацій за допомогою програмного середовища DELPHI. Тези доповідей загальноуніверситетської науково-технічної конференції молодих вчених і студентів, присвяченої дню Науки. Секція «Машинобудування», 1 частина. НТУУ «КПІ», ММІ. Київ, 2009.

13. Чкалов В.А., студ.; Кореньков В.Н. Способы представление данных о 3D моделях в САМ-системах. Тези доповідей загальноуніверситетської науково-технічної конференції молодих вчених і студентів, присвяченої дню Науки. Секція «Машинобудування», 1 частина. НТУУ «КПІ», ММІ. Київ, 2009.

14. Асади Амин, студ.; Кореньков В.Н. Программирование обработки детали "искусственный коленный сустав" в САМ-системах POWERMILL и MASTERCAM X3. Тези доповідей загальноуніверситетської науково-технічної конференції молодих вчених і студентів, присвяченої дню Науки. Секція «Машинобудування», 1 частина. НТУУ «КПІ», ММІ. Київ, 2009
15. Пасічник І.В., Малафєєв Ю.М. Інтеграція сучасних технологій в виробництві додаткового оснащення стрелецької зброї// Тези доповідей загальноуніверситетської конференції молодих вчених та студентів,
16. В.А Пасічник, Ю.В. Лашина, В.М. Кореньков. До питання виявлення кінематичних ланцюгів у складальних виробках // Тези X міжнародної науково-технічної конференції «Прогресивна техніка і технологія – 2009». – Київ – Севастополь, 2009. – С.83
17. О.О. Данильчик, В.А Пасічник. Основні схеми чорнової токарної обробки напіввідкритих зон на верстатах з ЧПК // Тези загально університетської науково-технічної конференції молодих вчених та студентів, присвяченої дню Науки. Секція «Машинобудування». Ч.1.- Київ, 2009. – С.11
18. О.М. Майструк, В.А Пасічник. До питання визначення кількості інструментів для фрезерування закритих зон // Тези загально університетської науково-технічної конференції молодих вчених та студентів, присвяченої дню Науки. Секція «Машинобудування». Ч.1.- Київ, 2009. – С.72
19. І.В. Ратушна, В.А. Пасічник. Формування моделі обмеженої кількості варіантів послідовності складання // Тези загально університетської науково-технічної конференції молодих вчених та студентів, присвяченої дню Науки. Секція «Машинобудування». Ч.1.- Київ, 2009. – С.80-81
20. V Miedzynarodowa Konferencja Naukowo – Techniczna «MODUŁOWE TECHNOLOGIE I KONSTRUKCJE W BUDOWIE MASZYN – MTK'09», RZESZÓW – REGIETÓW, 26– 29 MAJA 2009 r. / Pasiecznik W., Korenkow W., Łaszina J.: Formalizacja identyfikacji kinematycznych i siłowych łańcuchów w wyrobach montazowych
21. V Miedzynarodowa Konferencja Naukowo – Techniczna «MODUŁOWE TECHNOLOGIE I KONSTRUKCJE W BUDOWIE MASZYN – MTK'09», RZESZÓW – REGIETÓW, 26– 29 MAJA 2009 r. / Ratusznaja I., Pasiecznik W.: Transformacja modelu matematycznego montowanego wyrobu w model o ograniczonym szeregowaniu technologicznych operacji montazu
22. Міжнародна науково-технічна конференція "Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку", м. Краматорськ, 2-5 червня 2009 р. / В.А. Пасечник, Ш. Таслими, Р.В. Галайда. К вопросу определения параметров припуска, срезаемого при профилном шлифовании
23. X міжнародна науково-технічна конференція «Прогресивна техніка і технологія – 2009». – Київ – Севастополь, 24-27 червня 2009. / В.А. Пасічник, Ю.В. Лашина, В.М. Кореньков. До питання
24. Зараменських В.В., Фролов В.К. Використання 3-D моделювання при технологічній підготовці в реальному виробництві// Тези загальноуніверситетської науково-технічної конференції молодих вчених та студентів, присвяченої дню Науки. Секція «Машинобудування». Ч.1.- Київ, 2009.
25. Зарецький Д.В., магістрант; Фролов В.К. Автоматизація процесу правки фасонних шліфувальних кругів// Тези загальноуніверситетської науково-технічної конференції молодих вчених та студентів, присвяченої дню Науки. Секція «Машинобудування». Ч.1.- Київ, 2009.
26. Оринчак С.О., Фролов В.К. Оптимізація процесу внутрішнього шліфування з урахуванням зміни різальної здатності круга// Тези загальноуніверситетської науково-технічної конференції молодих вчених та студентів, присвяченої дню Науки. Секція «Машинобудування». Ч.1.- Київ, 2009.
27. Попов Д.Є., Фролов В.К. Зменшення сумарної похибки обробки шляхом підвищення точності шпindelного вузла внутрішньошліфувального верстату// Тези

- загальноуніверситетської науково-технічної конференції молодих вчених та студентів, присвяченої дню Науки. Секція «Машинобудування». Ч.1.- Київ, 2009.
28. Степанчук Г.П., Фролов В.К. Автоматизація розрахунків та побудова кривої нормального розподілу за допомогою програмного продукту MICROSOFT EXCEL // Тези загальноуніверситетської науково-технічної конференції молодих вчених та студентів, присвяченої дню Науки. Секція «Машинобудування». Ч.1.- Київ, 2009.
29. Цинь Енин, Фролов В.К., Гладский М.Н. Расчет упругих деформаций инструмента при фрезеровании концевыми фрезами // Тези загальноуніверситетської науково-технічної конференції молодих вчених та студентів, присвяченої дню Науки. Секція «Машинобудування». Ч.1.- Київ, 2009.
30. Петраков Ю.В., Писаренко В.В. Підготовка геометричної моделі штучного суглоба людини для виготовлення на верстаті з ЧПК / XI міжнародна науково-технічна конференція «Прогресивна техніка і технологія 2010» присвячена 100-річчю від дня народження академіка НАН України Г.С.Писаренка. травень 2010, м.Київ.
31. Петраков Ю.В., Галайда Р.В. Технологічна підготовка шліфування оправок стану холодної прокатки труб / VIII міжнародна науково-технічна конференція «Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку» червень 2010, м.Краматорськ.
32. Петраков Ю.В. Адаптація можливостей САМ-систем Delcam для шліфовальних операцій на станках с ЧПУ. I міжнародна науково-технічна конференція «Прогресивні інформаційні технології Delcam в освіті та наукових дослідженнях, Севастополь, травень, 2010р.
33. Петраков Ю.В., Клавак А.М. Фрезерування багатогранників на токарних обробляючих центрах. Десята всеукраїнська молодіжна науково-технічна конференція «Машинобудування України очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво», Суми, жовтень, 2010р.
34. Кореньков В.М., Баясте Абдолреза Современные методы управления процессами обработки 3d поверхностей на станках с ЧПУ // Тези доповідей загально-університетської науково-технічної конференції молодих вчених та студентів, присвяченої дню Науки. Секція Машинобудування. НТУУ «КПІ», ч.2, травень 2010. С.100
35. Чан Тхань Туан, Кореньков В.М. Програма автоматизованого проектування траєкторії обробки площини, обмеженої контуром довільної конфігурації // Тези доповідей загально-університетської науково-технічної конференції молодих вчених та студентів, присвяченої дню Науки. Секція Машинобудування. НТУУ «КПІ», ч.2, травень 2010. С.97
36. Ковальчук Д.П., Кореньков В.М. Моделювання процесу різання методом кінцевих елементів в середовищі Deform 3D // Тези доповідей загально-університетської науково-технічної конференції молодих вчених та студентів, присвяченої дню Науки. Секція Машинобудування. НТУУ «КПІ», ч.2, травень 2010. С.24
37. Клавак А.М., Кореньков В.М. Модуль токарно-фрезерної обробки для верстатів з ЧПК в середовищі T-Flex CAD 3D // Тези доповідей загально-університетської науково-технічної конференції молодих вчених та студентів, присвяченої дню Науки. Секція Машинобудування. НТУУ «КПІ», ч.2, травень 2010. С.84



Інтерфейс інтегрованої CAD/CAM системи автоматизованого програмування



Стойка ЧПК верстату SL-10 HAAS та оброблена деталь за автоматично спроектованою програмою