

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ

На правах рукопису

ЛЯПІН ДМИТРО ВАДИМОВИЧ

УДК 621.9.01:519.688

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕРИВНОЇ ОБРОБКИ
ПО МЕТОДУ ФРЕЗОТОЧІННЯ

Спеціальність 05.03.01 - Процеси механічної та
фізико-технічної обробки; верстати та інструмент

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

дисертації на здобуття вченого ступеню кандидата технічних наук

Київ - 1993

1627154

Робота виконана у Київському політехнічному інституті на кафедрі інструментального виробництва механіко-машинобудівного факультету.

Науковий керівник: доктор технічних наук,
професор, Равська Н.С.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук,
професор Перепелиця Б.О.

кандидат технічних наук,
професор Румбешта В.О.

Провідне підприємство: Київське ВО "Октава"

Захист відбудеться 17 травня 1993 року в 15⁰⁰ годин на засіданні спеціалізованої Ради К 068.14.15 по присудженню вченого ступеню кандидата технічних наук при Київському Політехнічному Інституті.

Адреса інституту: 252056, Київ, проспект Перемоги, 37, КПІ.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотечі Київського політехнічного інституту.

Автореферат був разіслан 16 квітня 1993 р.

Відгуки на автореферат дисертації у двох примірниках, затвердженні гербовою печаткою установи, просимо направити в адресу Київського політехнічного інституту, вченому секретарю.

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00803093 (N)

Вчений секретар

Спеціалізованої Ради К 068.14.15

к.т.н. Блон. В. Стефані
АН України

В. Романенко
Романенко В.В.

АНОТАЦІЯ

Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності обробки поверхонь обертання та складних фасоних поверхонь на верстатах з ЧПУ, забезпечення надійного стружкоподроблення шляхом використання преривної обробки по методу фрезоточіння.

Для досягнення поставленої мети у роботі вирішені наступні задачі:

- розглянуто загальний випадок формоутворення поверхонь, для котрого розроблено методику геометричного моделювання процесу обробки;
- для загального випадку формоутворення, кінематична схема якого включає два рухи обертання та три лінійних переміщення, розроблено новий метод численого графо-аналітичного профілювання поверхонь, який містить також визначення геометричної складової шорсткості обробленої поверхні;
- розроблено алгоритми геометричного моделювання роботи різальних інструментів численими методами;
- вирішені питання визначення границь початкового інтервалу суміщення точки інструменту з рухомою січною площиною, що забезпечує визначення точок, профілюючих поверхню;
- отримані залежності для визначення статичних та кінематичних геометричних параметрів інструменту у загальному випадку формоутворення;
- розроблено пакет прикладних програм, який забезпечує графо-аналітичне моделювання процесу формування оброблюваної поверхні для загального випадку формоутворення;
- виконано дослідно-пронислову перевірку нового методу профілювання, алгоритмів розрахунків та програм.

А В Т О Р З А Х И Щ А Е :

1) Методику геометричного моделювання процесу фрезоточіння для загального випадку формоутворення, кінематична схема якого включає два рухи обертання та три лінійних переміщення.

2) Новий метод численого графо-аналітичного профілювання поверхні для загального випадку формоутворення з обліком усіх кінематичних рухів, який містить також визначення геометричної складової шорсткості оброблюваної поверхні.

3) Алгоритми геометричного моделювання роботи різальних інструментів на

базі числених методів.

4) Методику визначення границь початкового інтервалу сумішення точки інструменту з рухоною січною площиною, яка пов'язана з деталлю.

5) Залежності для визначення статичних та кінематичних геометричних параметрів інструменту для загального випадку формоутворення.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ:

Актуальність:

Розширення використання обладнання з ЧПУ та ГВС підіймає проблему підвищення надійності їх функціонування, що в значної ступені залежить від вирішення питань подроблення стружки. Рішення цих завдань найбільш ефективно при використанні вищих схем формоутворення, к узагальненої моделі яких відноситься процес фрезоточіння, при котрому інструмент та деталь здійснюють два рухи обертання навколо своїх вісів, які схрещуються, та рух подачі.

Процеси фрезоточіння досліджені недостатньо, хоч і мають ряд позитивних ваг: автоматично забезпечують стружкоподроблення на всіяких оброблювальних матеріалах; дозволяють обробляти різноманітні фасонні поверхні при високій стійкості інструменту та продуктивності процесу обробки.

У зв'язку зі складністю процесу формування поверхні при фрезоточінні, особливо при використанні інструментів, які працюють по прогресивним схемам зрізування припуску, актуальні розробка та створювання методики математичного моделювання процесу фрезоточіння, в частковості: вирішення завдань визначення профілю обробляємої поверхні.

Є велика кількість робіт, які присвячені моделюванню часткових процесів обробки, але прийняті у них припущення не дозволяють використовувати розроблені залежності для моделювання узагальненого процесу обробки (фрезоточіння).

Тому математичне геометричне моделювання процесів фрезоточіння з обліком усіх кінематичних рухів є актуальним.

Загальна методика дослідів:

При виконанні роботи використовувалися теоретичні та експериментальні методи дослідження. При розробці методики визначення профілю поверхні, що оброблюється фрезоточінням, використовувався апарат векторної алгебри, матричного обчислювання, аналітичної та диференційної геометрії. У роботі широко використовувалися числені методи вирішення задач. Експерименти виконувалися на верстатах з ЧПУ з використанням сучасної апаратури.

Наукова новизна:

- Розвинута теорія профілювання для загального випадку формоутворення, кінематична схема якого включає два рухи обертання та три лінійних переміщення.
- Розроблена узагальнена методика та алгоритми численого визначення профілю поверхні для загального випадку формоутворення.
- Розроблено алгоритми геометричного моделювання процесів роботи різальних інструментів численими методами.
- Розроблена методика визначення границь початкового суміщення точки інструменту з рухомою січною площиною, що забезпечує визначення профілюючих поверхню точок.
- Набули подальшого розвитку числені методи вирішення задач профілювання.

Практична цінність:

Практичну цінність дисертації становлять:

- пакет прикладних програм, який дозволяє моделювати геометрично різноманітні процеси обробки деталей машинобудування;
- ряд часткових технічних рішень, які можуть бути використанні у виробництві (при обробці циліндричних поверхонь, поверхонь різі, та інших типів поверхонь), у тому числі захищені авторськими свідоцтвами СРСР.

Реалізація роботи:

Розроблений пакет прикладних програм <ROTARI-2.0> прийнято до впровадження для використання при розробці систем автоматизованного проектування різальних інструментів на ВО "Знамя" (м.Полтава). На АО "КАМАЗ" виконано впровадження розроблених та виготовлених твердосплавних пластин замість імпортованих фірми Widia-Krupp (Німеччина). При цьому для найкращого вибору та обґрунтування параметрів розроблених пластин, а також при дослідженні їх розміщення у корпусі охоплюючої фрези (при обробці колінчастого валу), використовувалась розроблена методика. На Київському Верстатобудівному ВО ім. М.Горького виконано дослідно-промислово перевірку способу фрезоточіння, а також впроваджено стандарт підприємства "Відновлення різальної спроможності змінних багатограних пластин". Результати роботи використовувались в учбовому процесі при виконанні курсових та дипломних робіт.

Апробація роботи:

Основні результати роботи докладалися на науково-технічній конференції молодих вчених, яка була присвячена 100-річчю з дня народження Семко М.Ф. (Харків, 1986); міжнародній науково-технічній конференції "Молоді вчені у вирішенні комплексної програми науково-технічного прогресу стран-членів РЕВ" (Київ, 1989); науково-технічних семінарах: "Досвід автоматизації проектування і виробництва технологічної оснастки" (Київ, 1989); "Шляхи підвищення продуктивності та економічності гнучкого автоматизованого виробництва в приладобудуванні та точному машинобудуванні" (Суздаль, 1989); науково-технічних конференціях: "Стійкість та діагностика різального інструменту в умовах автоматизованого виробництва" (Іжевськ, 1988); "Метало- та енергозберігаюча технологія термічної та хіміко-термічної обробки" (Москва, 1990); "Ресурсозберігаючі технології механоскладального виробництва" (Днепропетровськ, 1990); "Якість та ефективність технологічних систем механообробки" (Краматорськ, 1991), "Типові механізми та технологічна оснастка верстатів-автоматів, верстатів з ЧПУ та ГВС" (Чернігів, 1991).

Публікації: По темі дисертації опубліковано 16 робіт, у тому числі 3 авторських свідоцтва СРСР.

Структура та обсяг роботи:

Дисертаційна робота складається з вступу, п'яти глав, загальних висновків, 21 додатку та списку використаних джерел з 160 найменувань. Обсяг роботи: 136 стор. м.п. тексту, 64 малюнків, 4 таблиці.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Аналіз різноманітних методів вирішення задач визначення профілю поверхні показує, що найбільш загальна методика їх реалізації базується на визначенні теоретичної вихідної інструментальної поверхні. З метою спрощення вирішення задачі визначення профілю поверхні звичайно проводиться у межах конкретного інструменту стосовно заданої кінематичної схеми обробки. При цьому кінематичні рухи, які приводять до ковзання поверхні "самої по собі" не приймаються до уваги, а кінематичні складові, які включають швидкість руху подачі, найбільш часто приймаються за достатньо малі і також часто не враховуються у кінцевих рівняннях. Такий підхід може бути виправдан для досить вузького діапазону змін

технологічних параметрів, але він далеко не в повній мірі враховує широкі властивості, притаманні для узагальненої схеми формоутворення вищих класів, реалізація якої можлива на сучасному обладнанні з ЧПУ.

Коли ріжучий зуб інструменту переміщується у просторі, то дістає зміниттєвий напрям вектора результуючої швидкості та положення його [зубу] входу/вихіду/ у матеріал заготовки. Багатоваріантність цього процесу ускладнює аналітичне дослідження геометричної моделі процесу обробки. Тому при вирішенні задачі визначення профілю поверхні використан графо-аналітичний метод.

Кінцевою метою вирішення задачі визначення профілю поверхні деталі є визначення профілю в січній площині, яка пов'язана з деталлю. В загальному випадку профіль поверхні з геометричної точки зору може бути отриман як деяке число (множення) слідів миттєвих положень ріжучих кромки зуба інструменту у січній площині, положення якої задано. При використанні графо-аналітичного методу в рухомій системі координат, яка пов'язана з деталлю, аналітично визначають лише координати слідів вузлових точок ріжучих кромки, які задані у системі координат, що пов'язана з інструментом. Миттєвий слід зуба у січній площині, що розглядається, визначається шляхом поєднання сусідніх вузлових точок різальної кромки відрізками прямих, дугами кола, чи відрізками сплайнів. Множення слідів різальних кромки визначає геометричну теоретичну складову профілю поверхні.

Методика визначення профілю оброблюваної поверхні базується на аналізі процесу формоутворення з обліком усіх складових кінематичних рухів, які виконуються при обробці. Кінематична схема формоутворення містить два рухи обертання інструменту та деталі з кутовими швидкостями ω_t та ω_w навколо вісів, що схрещуються, та миттєве результуюче поступальне переміщення S_e , яке складається з складових руху подачі уздовж осей системи координат (вісів S_a , радіальна S_c , тангенціальна S_t), а також осьового руху подачі інструменту S_{ta} . Графічна інтерпретація запропонованої методики наведена на мал. 1. Методика складається з трьох модулів, які включають наступні етапи:

1) Увід та підготовка початкових даних:

- на ріжучих кромках інструменту задаються вузлові точки (у системі координат, яка пов'язана з ріжучим зубом інструмента);
- визначаються їх координати у системі координат, яка пов'язана з віссю інструмента;
- задаються величина та напрям складових кінематичних рухів, які виконуються у процесі обробки;
- задається положення січної площини, яка пов'язана з деталлю;
- виконується визначення кутового та лінійного відносного положення систем

координат інструменту та деталі.

2) Розрахунок вузлових точок профілю:

- визначаються моменти часу, при котрих точки інструменту, які були задані, суміщуються з січною площиною, яка пов'язана з деталлю;
- визначаються координати точок шуканого суміщення у рухомій системі координат, яка пов'язана з деталлю.

3) Графічне визначення профілю обробленої поверхні:

- шукані точки суміщення, які відносяться до i -го положення зубу, з'єднуються відрізками прямих, що й визначає шуканий слід ріжучого зубу;
- сукупність у заданій січній площині участків слідів ріжучого [-их] зубу [-ців], які найбільш близько знаходяться до вісі деталі, приймаються за шуканий теоретичний геометричний профіль оброблюємої поверхні.

При розробці алгоритму за початкові дані прийнято:

- а) кінематичні параметри процесу обробки;
- б) форма та розміри ріжучого інструменту, які містять: радіус кола, яке описано навколо інструменту (теоретичний радіус інструмента); число та розміщення у корпусі інструменту ріжучих зубців та геометричні параметри їх різальної частини;
- в) положення вісі обертання інструменту відносно вісі обертання деталі;
- г) положення точки початкового дотику інструменту та деталі, яка визначає відносне положення систем координат, пов'язаних з деталлю та інструментом.

Розроблений узагальнений алгоритм визначення профілю поверхні, структурна блок-схема якого наведена на мал.2, містить наступні модулі:

1). Модуль вводу та підготовки даних:

- Обирається положення січної площини (поздовжна - $z_w=0$; поперечна - $x_w=const$) та її тип обробки (наружна, внутрішня, охоплююча).
- Різальна кромка інструменту завдається масивом вузлових точок з координатами: $(x_{0_i}, y_{0_i}, z_{0_i})$.
- Завдається теоретичний номінальний радіус інструменту R_t та теоретичний радіус оброблюємої поверхні R_w .
- Завдаються величини кінематичних параметрів процесу обробки.
- Визначається початкове ладнання кутове та лінійне положення нерухомої системи координат інструменту.
- Визначається мінімально необхідний інтервал часу моделювання.

2) Модуль визначення шуканих вузлових точок профілю:

- Визначаються моменти часу, коли траєкторія руху і-ї точки інструменту (j-а точка і-го зубу) перетинається з січною площиною, яка задана. Тобто за час моделювання розглядаємого процесу обробки відносно параметру (часу) вирішуються рівняння переходу від рухомої системи координат інструменту до рухомої системи координат деталі $[z_w=0$ - для поздовжньої січної площини; $x_w=0 \pm \text{const}$ - для поперечної].

Момент часу перетинання траєкторії руху і-ї точки інструменту з заданою січною площиною однозначно визначає шукану точку суміщення і в математичному аспекті є коренем рівняння переходу від рухомої системи координат інструмента до рухомої системи координат деталі. У зв'язку зі складністю кінцевого рівняння для його вирішення використовуються числені методи. Відомо, що при численому рішенні необхідно задавати інтервал початкового наближення шуканого кореня. При цьому необхідною умовою коректності численого вирішення і визначення кореня є його [кореня] одиниця у початковому інтервалі. Розроблені у роботі основні положення вирішення цієї задачі полягають у тому, що шукане суміщення і-ї точки інструменту і рухомої січної площини можливо лише тоді, коли площина знаходиться "усередині" траєкторії руху і-ї точки інструменту; при цьому за граничні умови перетину розглядаються ті положення січної площини, при котрих вона є дотичною до траєкторії руху точки інструменту. Траєкторія руху заданої точки інструменту і миттєві положення січної площини при цьому розглядаються у нерухомій системі координат $X_j Y_j Z_j$.

- По знайденим моментам часу визначаються координати точок шуканого суміщення заданих точок інструменту з рухомою січною площиною в рухомій системі координат деталі.

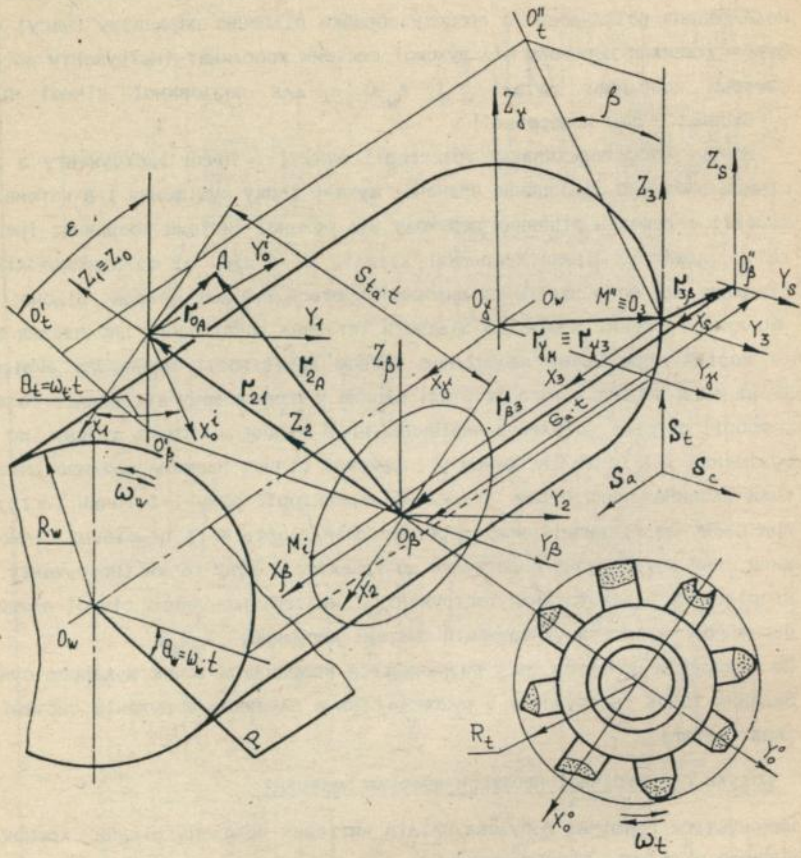
3) Модуль геометричної побудови профілю поверхні:

- Виконується графічна побудова слідів миттєвих положень ріжучих кромок інструменту у заданій січній площині.

Таким чином складовою частиною розробленого алгоритму є рівняння переходу від рухомої системи координат інструменту $X_0 Y_0 Z_0$ до рухомої системи координат деталі $X_w Y_w Z_w$, які ураховують усі кінематичні складові руху різання (мал. 3):

$$r_w = M_{X_w X_j} [r_{jz} + r_{j\beta} + r_{j\beta s} + M_{X_\beta X_2} (M_{X_1 X_0} r_0 + r_{21} + r_{21}')] \quad (1)$$

де $r_0 = \{x_0, y_0, z_0\}$ - радіус-вектор розглядаємої вузлової точки на профілі ріжучої кромки інструменту, який задано у системі координат $X_0 Y_0 Z_0$; $M_{X_1 X_0}$ - матриця



рівнянь переходу до проміжної нерухокої системи координат $X_1Y_1Z_1$, яка пов'язана з інструментом; r_{Z1} - радіус-вектор, який визначає початкове лагодження положення системи координат $X_1Y_1Z_1$ і нерухокої системи координат $X_gY_gZ_g$, яка пов'язана з деталлю; r_{Z1} - радіус-вектор, який урахує осьовий рух подачі інструменту у системі координат $X_2Y_2Z_2$; $M_{X_gX_2}$ - матриця рівнянь переходу до проміжної системи координат $X_gY_gZ_g$, одиничні орти котрої колінеарні ортам простору $X_gY_gZ_g$; r_{BS} - радіус-вектор, який урахує рух подачі інструменту у системі координат $X_3Y_3Z_3$, орти координатних вісів котрої колінеарні ортам системи координат $X_gY_gZ_g$ і центр котрої належить площині Y_gZ_g ; r_{3g} - радіус-вектор, який визначає перехід від початкового положення системи координат $X_gY_gZ_g$ до системи координат $X_3Y_3Z_3$; r_{3g} - радіус-вектор, який визначає перехід від проміжної системи координат $X_3Y_3Z_3$ до системи координат $X_gY_gZ_g$; $M_{X_gX_3}$ - матриця рівнянь переходу до рухокої системи координат $X_gY_gZ_g$, яка пов'язана з деталлю.

З метою аналізу роботоспроможності у роботі отримані уточнені залежності для визначення геометричних статичних параметрів на ріжучій частині інструментів, які оснащенні змінними багатограними пластинами. При визначенні кінематичних геометричних параметрів інструментів стосовно узагальненого процесу формування розроблено методику, яка містить визначення миттєвого вектору швидкості результуючого руху різання та положення площин, які обмежують різальну частину зубу. Складові вектору швидкості результуючого руху різання визначаються при диференціюванні складових залежності (1) по часу. Миттєве положення площин, які обмежують різальну частину зубу, визначається методами векторної алгебри.

На мал. 4 наведено результати геометричного математичного моделювання на ЕОМ типу IBM PC-XT/AT процесів роботи токарного прохідного різця [$\varphi=45^\circ$; $\eta_t=0$; $\eta_w=500 \text{ хв}^{-1}$; $R_w=30 \text{ мм}$; $S_a=0.07 \text{ мм/оберт}$ (0.58 мм/сек)] і інструменту типу дисккової фрези [4-и різця; кутовий крок зубців - 90° ; вершини зубців належать одній площині; геометрія кожного ріжучого зубу: $\varphi=\varphi_1=45^\circ$; $\alpha=\alpha_1=12^\circ$; $\gamma=\gamma_1=\lambda=\lambda_1=0^\circ$; $S_a=0.07 \text{ мм/оберт}$ (1.40 мм/сек); вісь інструменту паралельна вісі деталі ($\varepsilon=90^\circ$, $\beta=0^\circ$); $\eta_t=300 \text{ хв}^{-1}$; $\eta_w=1200 \text{ хв}^{-1}$; $R_w=15 \text{ мм}$; $R_t=24 \text{ мм}$; моделюється процес попутного різання] при обробці циліндричної поверхні обертання.

Показано, що як при точінні, так і при фрезоточінні може бути досягнута поверхня одного класу шорсткості - теоретична висота шорсткості по параметру $Rz = 50 \text{ мкм}$, однак при фрезоточінні при цьому забезпечується більша продуктивність та стійкість інструменту.

Експериментальна перевірка процесу фрезоточіння виконана на лабораторних

стендах, утворених на базі токарно-гвинторізного верстата мод. 1К62 та верстату з ЧПУ мод. 16К20Т1.02 та оснащених фрезерною агрегатною головкою УХ4131. Як привод використовується високомоментний електродвигун постійного струму типу ДК1-5,2-100-АТ з пристієм керування типу БУ 3609-31Т2У4, а також асинхронний електродвигун АИР80А6У3.

На мал. 4 також наведено профілограми поверхонь, які оброблені по методу точіння і фрезоточіння, звідки можна бачити їх відповідність до результатів математичного моделювання. Однією з причин викривлення дійсного профілю від теоретичного є утворення радіусу округлення вершини зубу ($r=0.1$ мм) при заточці, а також огріхи лагодження інструменту на супорті. При моделюванні радіус округлення умовно вважався нульовим.

Також на мал. 4 наведено результати моделювання інструменту типу дискової фрези при зміні частоти обертання інструменту. З наведених геометричних побудов випливає можливість визначення миттєвих параметрів зрізу, які припадають на і-й ріжучий зуб.

У роботі показана можливість і наведені зразки поверхонь різноманітних типів, які оброблені фрезоточінням - циліндричні поверхні обертання, багатогранні поверхні, гвинтові поверхні (поверхні різі).

Характерне формування обробленої поверхні деталі при фрезоточінні, обумовлене сукупністю великого числа елементних зрізів від кожного ріжучого зубу, визначає можливість розширення використання деталей машинобудування, оброблених по розглянутому способу. При цьому забезпечується покращення триботехнічних параметрів поверхонь деталей машин, що сполучаються. Це впливає з того, що "мікро-поверхні" елементних зрізів можуть відігравати роль "мастильних карманів", включаючи можливість нанесення та кращого утримання не тільки мастильної плівки, но і твердих мастил. А отримання при фрезоточінні у поверхніх слоях матеріалу деталі напруження стиску забезпечує підвищення довговічності і несучої здатності поверхні деталі, що дозволяє використовувати такі поверхні (наприклад після чистового шліфування) у підшипникових вузлах.

Дослідно-промислова перевірка підтвердила великі можливості процесу фрезоточіння і відповідність практичних результатів обробки до результатів теоретичного геометричного математичного моделювання процесу фрезоточіння.

Розроблений пакет прикладних програм <ROTARI-2.0> прийнято до впровадження для використання при розробці систем автоматизованного проектування різальних інструментів на ВО "Знамя" (м.Полтава) з очікуваним економічним ефектом у 20 тис.крб. На АО "КАМАЗ" (м.Набережні Човни) виконано впровадження розроблених та виготовлених твердосплавних пластин замість імпортованих фірми Widia-

Кгирр (Німеччина). При цьому для найкращого вибіру та обґрунтування параметрів розроблених пластин, а також при дослідженні їх розміщення у корпусі охоплюючої фрези (при обробці колінчастого валу) використовувалась розроблена методика. Економічний ефект від впровадження становить 25 тис. крб. (у цінах 1991 р.). На Київському Верстатобудівному ВО ім. М.Горького виконано дослідно-промислово перевірку способу фрезоточіння з очікуваним економічним ефектом у 4.5 тис. крб.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ:

1. Для загального випадку формоутворення поверхонь, кінематична схема якого містить два рухи обертання та три лінійних переміщення, розроблена методика геометричного моделювання процесу обробки.

2. Розроблено новий метод численого графо-аналітичного профілювання поверхонь для загального випадку формоутворення з обліком усіх кінематичних рухів, який містить визначення геометричної складової шорсткості оброблювальної поверхні.

3. Розроблено алгоритм геометричного моделювання роботи інструментів численими методами.

4. В загальному вигляді вирішені питання визначення границь початкового інтервалу суміщення точки інструменту з рухою січною плоскістю, яка пов'язана з деталлю, що дозволяє визначити профілюючі поверхню точки ріжучих кромок.

5. Виведені залежності для визначення статичних та кінематичних геометричних параметрів на ріжучій частині інструменту (оснащеного змінними багатограними пластинами) для загального випадку формоутворення.

6. Використання розробленої методики та алгоритму дозволяє визначити нитеві величини параметрів зрізу, який падає на і-й зуб інструменту.

Друковані праці по темі дисертації:

1. Аналитическое определение параметров установки державки при обработке опорной поверхности гнезда под многогранную неперетачиваемую пластину /Родин П.Р., Равская Н.С., Ляпин А.В. //Резание и инструмент (Харьков), 1988, Вып.40 - с.42-47.

2. Геометрическое моделирование условий работы режущих инструментов /Родин П.Р., Равская Н.С., Ляпин А.В. // Тезисы докладов н.-техн. конф. "Новые,

высокоэффективные конструкции режущего инструмента и оснастки для механической обработки деталей" -С.-Петербург, 1992 - с.53.

3. Исследование работоспособности инструмента повышенной виброустойчивости / Ляпин Д. В., Тихоненко Ю. В., Городилов В. В. // Тезисы докладов н.-техн. конф. "Качество и надежность технологических систем механообработки", Крайторск, 1991 - с.74-75.

4. Методика определения профиля детали при фрезоточении / Ляпин Д. В. - Киев. политехн. ин-т., - Киев, 1990 - 8с. - Деп. в УкрНИИТИ - N 109-Ук90.

5. Некоторые аспекты переточки сменных многогранных пластин /Ляпин Д. В.; Киев. политехн. ин-т., - Киев, 1988 -14с. -Деп. в УкрНИИТИ, N 2632-Ук88.

6. О повышении эффективности использования инструмента при замене материала опорных пластин/ Ляпин Д. В., Городилов В. В., Тихоненко Ю. В. // Тезисы докладов н.-техн. конф. "Типовые механизмы и технологическая оснастка станков-автоматов, ЧПУ и ГПС", Чернигов, 1991 - с.56-57.

7. Переточка сменных многогранных пластин/ Ляпин Д. В.; Киев. политехн. ин-т., - Киев, 1988, 10 с. - Деп. в УкрНИИТИ, N1216-Ук88.

8. Переточка сменных многогранных пластин / Ляпин Д. В.// Тезисы докладов научно-технической конференции "Стойкость и диагностика режущего инструмента в условиях автоматизированного производства", г.Ижевск, 11-12 октября 1988г. - с.7-9.

9. Повышение эффективности использования сменных многогранных пластин путем их переточки / Ляпин Д. В. // В сборнике тезисов докладов республиканской научно-технической конференции "Повышение эффективности производства машиностроительных предприятий", г. Душанбе, 23-24 мая 1990 года -с.111-112.

10. Проектирование резцов с механическим креплением многогранных неперетачиваемых пластин /Родин П. Р., Равская Н. С., Ляпин Д. В.//Резание и инструмент (Харьков), 1988, Вып.39 - с.3-7.

11. Технологические возможности процесса фрезоточения цилиндрических поверхностей. Геометрическая модель точности обработки /Ляпин Д. В. // В сб. тезисов докладов конференции "Металло- и энергосберегающая технология термической и химико-термической обработки", часть 1, ЦНИИИТЭИ, г.Москва, 4-7 марта 1990 года - с.84-87.

12. Упрощенная методика определения профиля поверхности при фрезоточении / Ляпин Д. В. - Киев. политехн. ин-т., -Киев, 1990 - 15с. -Деп. в УкрНИИТИ - N 110-Ук90.

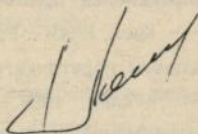
13. Устройство для измерения износа инструмента на базе микроскопа МЕС / Ляпин Д. В., Яблонский А. С. - Киев. политехн. ин-т. - Киев, 1989 - 8с. - Деп. в

Українінти - N 2515-Ук89.

14. Авторське свідоцтво СРСР N 1685615 "Режущий інструмент", МКВ⁵
В23б27/16, Б.В. 39, 1991.

15. Авторське свідоцтво СРСР N 1717292 "Режущий інструмент", МКВ⁵
В23б27/16, Б.В. 9, 1992.

16. Авторське свідоцтво СРСР N 1726137 "Способ токарной обработки", МКВ⁵
В23б1/00, Б.В. 14, 1992.



465096

AB 27.154