

КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ

На правах рукопису

ПАРШИНА Олена Анатоліївна



**ДОСЛІДЖЕННЯ УСТАЛЕНОСТІ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ
ПРИ ЛЕЗВІЙНІЙ ОБРІВЦІ**

Спеціальність 05.02.08 — Технологія машин, лудування

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття вченого ступеня
кандидата технічних наук

Київ — 1994

АВ. 31.346

Дисертація є рукопис.

Робота виконана в Донбаській державній машинобудівній академії на кафедрі технології машинобудування.

ЛІНБ України ім. В. Стефаника



00777177 (-)

Науковий керівник

доктор технічних наук,
професор Ковалевський С.В.

Офіційні опоненти

академік АІН України,
доктор технічних наук,
професор Проволоцький О.Є.

кандидат технічних наук,
доцент Душинський В.В.

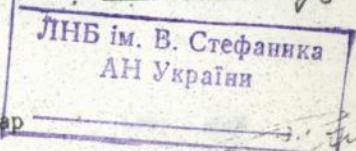
Провідне підприємство

Акціонерне об'єднання
"Новокраматорський машино-
будівний завод"

Захист дисертації відбудеться "19" грудня 1994 г.,
о 15 год. на засіданні Спеціалізованої вченої ради К 068.14.15
Київського політехнічного інституту за адресою:
252056, м.Київ-56, проспект Перемоги, 37, учбовий корп.19,
ауд.340.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Київського
політехнічного інституту.

Автореферат розісланий "15 листопада" 1994 г.



Вчений секретар

Спеціалізованої вченої ради К 068.14.15

Романенко В.В.

АНОТАЦІЯ

Дисертаційна робота присвячена проблемі підвищення усталеності технологічних систем за рахунок стабілізації показників якості при лезвійній обробці.

Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності лезвійної обробки деталей типу тіл обертання на основі розробки типового технологічного процесу з адаптивною схемою керування стабільністю показників якості та критеріїв усталеності технологічної системи.

В роботі вирішені наступні завдання:

- розроблено метод визначення оптимальних технологічних умов переходу вхідної заготовки з одного стану в інший на множині можливих та допустимих значень показників якості;

- виходячи з технологічних умов функціонування системи обґрунтовано показник стабільності технологічного процесу лезвійної обробки, розкрито його фізичну сутність та технологічне значення;

- з метою вивчення взаємозв'язку показника стабільності технологічного процесу з відомими критеріями усталеності Найквіста, Михайлова, амплітудно-фазовими частотними характеристиками, логарифмічним декрементом затухання коливань, енергією та амплітудою коливань, розроблено методика дослідження усталеності технологічних систем та алгоритм машинного експерименту;

- експериментально досліджено взаємозв'язок показника стабільності з найбільш загальними характеристиками якості лезвійної обробки: шорсткістю, точністю, поверхневою твердістю обробленої деталі та іншими якісними показниками інформативності технологічної системи;

- розроблено технологічні рекомендації використання резуль-

татів розробок, які спрямовані на підвищення ефективності технологічного процесу та стабілізацію показників якості лезвіної обробки:

- розроблено типовий технологічний процес лезвіної обробки на основі теоретичної моделі усталеності технологічної системи.

АВТОР ЗАХИЩАЄ:

- теоретичну модель усталеності технологічної системи, котра відображає фізичну сутність взаємодії технологічних факторів та їх вплив на стабільність показників якості при лезвіній обробці:

- методику дослідження усталеності технологічної системи;
- розрахункову схему визначення показника стабільності технологічного процесу при лезвіній обробці:

- алгоритми керування стабільністю показників якості у діапазоні усталеної роботоздатності технологічної системи;

- метод підвищення усталеності технологічних систем при лезвіній обробці за рахунок стабілізації показників якості:

- метод визначення оптимальних технологічних умов переходу вхідної заготовки з одного стану в інший на множині можливих та допустимих значень показників якості;

- результати теоретичних та експериментальних досліджень усталеності технологічних систем;

- результати експериментальних досліджень показників якості лезвіної обробки;

- результати модельного експерименту взаємозв'язку запропонованого показника стабільності технологічного процесу лезвіної обробки з відомими критеріями усталеності технологічних систем;

- типовий технологічний процес лезвіної обробки з адаптив-

КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ

На правах рукопису

ПАРШИНА Олена Анатоліївна

УДК 621.002.5:621.941.1

**ДОСЛІДЖЕННЯ УСТАЛЕНОСТІ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ
ПРИ ЛЕЗВІЙНІЙ ОБРОБЦІ**

Спеціальність 05.02.08 — Технологія машинобудування

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття вченого ступеня
кандидата технічних наук

Київ — 1994

Дисертація є рукопис.

Робота виконана в Донбаській державній машинобудівній академії на кафедрі технології машинобудування.

Науковий керівник

доктор технічних наук,
професор Ковалевський С.В.

Офіційні опоненти

академік АІН України,
доктор технічних наук,
професор Проволоцький О.Є.

кандидат технічних наук,
доцент Душинський В.В.

Провідне підприємство

Акціонерне об'єднання
"Новокраматорський машино-
будівний завод"

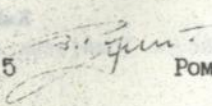
Захист дисертації відбудеться "___" _____ 1994 г.,
о 15 год. на засіданні Спеціалізованої вченої ради К 068.14.16
Київського політехнічного інституту за адресою:
252056, м.Київ-56, проспект Перемоги, 37, учбовий корп.19,
ауд.340.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Київського
політехнічного інституту.

Автореферат розісланий "___" _____ 1994 г.

Вчений секретар

Спеціалізованої вченої ради К 068.14.15


Романенко В.В.

АНОТАЦІЯ

Дисертаційна робота присвячена проблемі підвищення усталеності технологічних систем за рахунок стабілізації показників якості при лезвійній обробці.

Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності лезвійної обробки деталей типу тіл обертання на основі розробки типового технологічного процесу з адаптивною схемою керування стабільністю показників якості та критеріїв усталеності технологічної системи.

В роботі вирішені наступні завдання:

- розроблено метод визначення оптимальних технологічних умов переходу вхідної заготовки з одного стану в інший на множині можливих та допустимих значень показників якості;

- виходячи з технологічних умов функціонування системи обґрунтовано показник стабільності технологічного процесу лезвійної обробки, розкрито його фізичну сутність та технологічне значення;

- з метою вивчення взаємозв'язку показника стабільності технологічного процесу з відомими критеріями усталеності Найквіста, Михайлова, амплітудно-фазовими частотними характеристиками, логарифмічним декрементом затухання коливань, енергією та амплітудою коливань, розроблено методика дослідження усталеності технологічних систем та алгоритм машинного експерименту;

- експериментально досліджено взаємозв'язок показника стабільності з найбільш загальними характеристиками якості лезвійної обробки: шорсткістю, точністю, поверхневою твердістю обробленої деталі та іншими якісними показниками інформативності технологічної системи;

- розроблено технологічні рекомендації використання резуль-

татів розробок, які спрямовані на підвищення ефективності технологічного процесу та стабілізацію показників якості лезвівної обробки:

- розроблено типовий технологічний процес лезвівної обробки на основі теоретичної моделі усталеності технологічної системи.

АВТОР ЗАХИЩАЄ:

- теоретичну модель усталеності технологічної системи, котра відображає фізичну сутність взаємодії технологічних факторів та їх вплив на стабільність показників якості при лезвівній обробці;

- методику дослідження усталеності технологічної системи;

- розрахункову схему визначення показника стабільності технологічного процесу при лезвівній обробці;

- алгоритми керування стабільністю показників якості у діапазоні усталеної роботоздатності технологічної системи;

- метод підвищення усталеності технологічних систем при лезвівній обробці за рахунок стабілізації показників якості;

- метод визначення оптимальних технологічних умов переходу вхідної заготовки з одного стану в інший на множині можливих та допустимих значень показників якості;

- результати теоретичних та експериментальних досліджень усталеності технологічних систем;

- результати експериментальних досліджень показників якості лезвівної обробки;

- результати модельного експерименту взаємозв'язку запропонованого показника стабільності технологічного процесу лезвівної обробки з відомими критеріями усталеності технологічних систем;

- типовий технологічний процес лезвівної обробки з адаптив-

ною схемою керування стабільністю показників якості обробки на основі запропонованих критеріїв усталеності технологічної системи.

ОСНОВНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

АКТУАЛЬНІСТЬ. Для підвищення ефективності та конкурентоздатності виробництва в умовах риночної економіки дуже важлива розробка типових технологічних процесів, котрі забезпечують досягнення стабільності показників якості.

Відомо, що в зонах усталеної роботоздатності технологічної системи вихідні показники якості обробки нестабільні, також неоднозначно їх характеризує величина запасу усталеності. При цьому відхилення показників якості зменшуються при забезпеченні умов стабільності технологічного процесу.

В наш час не існує єдиного показника, за допомогою якого було б можливо провести діагностику умов забезпечення стабільності показників якості у діапазоні усталеності технологічної системи. Основний недолік існуючих критеріїв усталеності полягає в тому, що вони дозволяють оцінювати усталеність системи тільки по параметрам її роботоздатності. Визначити технологічні умови функціонування системи, за якими її чутливість до дії шкідливих обурюючих факторів та відхилення від встановившихся оптимальних значень показників якості лезвійної обробки мінімальні, до теперішнього часу не уявлялось можливим.

Аналіз літературних джерел та досвіду машинобудівних підприємств показав, що необхідні нові підходи для вирішення завдань забезпечення стабільності показників якості, котрі дозволяють також виявити резерви зниження енергосмкості технологічних процесів лезвійної обробки та намітити шляхи розвитку ресурсозберігачих технологій.

Тому створення технологічних процесів на основі адаптивних схем керування стабільністю показників якості лезвівної обробки є актуальним науково-технічним завданням.

ЗАГАЛЬНА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ. Дослідження усталеності технологічних систем при лезвівній обробці виконано з використанням теоретичних, машинних та експериментальних методів досліджень. В роботі використано фундаментальні положення технології машинобудування, основні принципи теорії усталеності, теорії інформації, методи оптимізації та методи статистичної обробки даних.

В продовження розвитку гіпотези про оптимальне перетворення використовуваної технологічним устаткуванням енергії розроблено загальну методику теоретичних та експериментальних досліджень усталеності технологічних систем при лезвівній обробці.

Експериментальні дослідження виконані у лабораторних та промислових умовах на реальних деталях, з використанням металорізального устаткування, профілографа-профілометра мод. 201 для виміру шорсткості обробленої поверхні, приладу мод. ТШ-2М для виміру поверхневої твердості оброблених деталей та мікротвердоміру ПМТ-3 для виміру мікротвердості феритних зерен стружки, а також електротехнічних приладів для аналізу використаної енергії металорізальним устаткуванням.

Математичне узагальнення результатів виконано з використанням пакетів прикладних програм "MathCAD", "ARMSTAT", "Simplex Fortran 5".

Достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, підтверджується відтворенням досліджень, адекватністю отриманих математичних моделей процесів а також дослідно-промисловою перевіркою отриманих результатів.

НАУКОВА НОВИНА. На основі сформульованого положення про існування інформаційної моделі технологічної системи та гіпотези про упорядкування системи внаслідок оптимального перетворення використовуваної металорізальним устаткуванням енергії, розроблено теоретичну модель усталеності технологічної системи при лезвійній обробці. Знайдено та обґрунтовано показник стабільності технологічного процесу лезвійної обробки для оцінки усталеності технологічної системи. Надано розрахункову схему визначення показника стабільності.

Розроблено та досліджено метод визначення оптимальних технологічних умов переходу вхідної заготовки з одного стану в інший на множині можливих та допустимих значень показників якості обробки в діапазоні усталеної роботовадатності технологічної системи. Встановлено вплив технологічних факторів на стабільність вихідних показників якості. З'ясовані резерви зниження енергоємності технологічних процесів.

Отримані математичні моделі, які показують кількісний зв'язок між технологічними факторами і стабільністю вихідних показників якості обробки.

На основі результатів теоретичних досліджень та машинного експерименту розкрито фізичну сутність та технологічний зміст показника стабільності технологічного процесу. Обґрунтовано спільність запропонованого показника стабільності з вже відомими критеріями усталеності та доведено його універсальність, яка полягає у можливості проведення діагностики умов підвищення усталеності технологічної системи за рахунок стабілізації показників якості.

На базі цього розроблено типовий технологічний процес з адаптивною схемою керування стабільністю показників якості лезвійної обробки.

ПРАКТИЧНА ЦІННІСТЬ. Досліджено та отримано підтвердження в промислових умовах методу підвищення усталеності технологічної системи за рахунок стабілізації показників якості при лезвійній обробці.

Встановлено фактори, котрі впливають на усталеність технологічної системи. Визначені умови забезпечення стабілізації вихідних показників, які дозволяють прогнозувати якість та точність лезвійної обробки. Показано шляхи використання виявлених резервів зниження енергоємності технологічних процесів.

Використання розроблених рекомендацій та технологічної інструкції, котра регламентує умови стабілізації технологічного процесу, дозволило забезпечити підвищення якості лезвійної обробки (за показниками Ra, δ , HB) у 1,2 - 1,3 рази без введення додаткових операцій. При цьому встановлено можливість підвищення продуктивності процесу лезвійної обробки на 16 - 19 %.

Результати теоретичних та експериментальних досліджень дозволяють створити основу для розробки нових систем автоматизованого керування верстатним устаткуванням.

РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ. Результати роботи використовувались в промислових підприємствах при лезвійній обробці особливо відповідальних великогабаритних деталей типу валів. Очікуемий економічний ефект складає 150 тис. крб. на рік (у цінах 1990 року).

АПРОВАЦІЯ РОБОТИ. Основні положення та результати роботи апробовувались та були схвалені на кількох

науково-технічних конференціях та семінарах:

- республіканська науково-технічна конференція "Качество и надежность технологических систем мех. обработки".

Краматорськ, 1991, травень;

- науково-технічна конференція "Прогрессивные технологические методы отделочно-упрочняющих, вибростабилизирующих и других ресурсосберегающих технологий". - Краматорськ, 1991, жовтень;

- конференція "Технологические методы повышения эффективности и качества механосборочного производства". - Дombай, 1992, травень;

- міжвузівська науково-технічна конференція "Качество и надежность технологических систем". - Краматорськ, 1992, липень;

- 8 конференція "Термофизика технологических процессов". - Рибінськ, 1992, вересень;

- науково-технічна конференція "Прогрессивные технологии машиностроения". - Дніпропетровськ, 1992, листопад;

- міжвузівська науково-технічна конференція "Термодинамика технологических систем". - Краматорськ, 1993, вересень;

- науково-технічна конференція "Ресурс- и энергосберегающие технологии в машиностроении". - Одеса, 1994, вересень.

Робота пройшла апробацію на кафедрі "Технологія машинобудування" Київського політехнічного інституту та науковому семінарі механічного факультету Донбаської державної машинобудівної академії.

ПУБЛІКАЦІЇ. Основний зміст та результати роботи відтворені у 13 наукових публікаціях.

СТРУКТУРА ТА ОБ'ЄМ РОБОТИ. Дисертація складається із вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку

використаної літератури та додатків. Робота викладена на 199 стор. машинописного тексту, має 133 малюнка, 7 таблиць, список літератури із 147 найменувань, 4 додатки.

У вступі обгрунтовано актуальність теми досліджень, викладено мету та завдання досліджень, коротко відображено етапи виконання роботи.

Перший розділ присвячений аналізу літературних джерел в області дослідження ефективності та якості обробки на основі критеріїв усталеності технологічних систем. Сформульовано мету та завдання досліджень.

У другому розділі виконано теоретичні дослідження усталеності систем головною метою яких є встановлення якісних та кількісних показників стабільності технологічного процесу. Розроблено теоретичну модель усталеності технологічної системи, яка дозволяє створити основу адаптивної схеми керування якістю лезвівної обробки. Знайдено та обгрунтовано показник стабільності технологічного процесу для оцінки усталеності технологічної системи. Розроблено розрахункову схему для визначення показника стабільності, на основі якої запропоновано метод визначення оптимальних технологічних умов переходу вхідної заготовки із одного стану в інший у діапазоні усталеної робочої здатності технологічної системи.

Розроблено алгоритми та методику досліджень взаємозв'язку показника стабільності з загальновідомими критеріями усталеності технологічних систем. Розкрито фізичну сутність та технологічний зміст показника стабільності технологічного процесу. Показано спільність запропонованого показника з відомими критеріями усталеності та доведено його універсальність, яка полягає у можливості проведення діагностики технологічних умов стабілізації показників якості у діапазоні усталеності

технологічної системи при лезвійній обробці.

Розроблено типовий технологічний процес з адаптивною схемою керування якістю лезвійної обробки.

У третьому та четвертому розділах надано результати експериментальних досліджень. Дослідження базуються на вивченні взаємозв'язку запропонованого показника стабільності з точністю (δ), шорсткістю обробленої поверхні (R_a), поверхневої твердості обробленої деталі (H_B), а також з іншими якісними показниками інформативності технологічного процесу (коефіцієнт стиснення ($\delta_{\text{сж}}$), коефіцієнт усадки (ξ), радіус (R), кількість витків (N) та типічна форма стружки). Розроблено ряд методик експериментальних досліджень та комплекс програм для обробки експериментальних даних на ПЕОМ.

Отримано експериментальне підтвердження типового технологічного процесу з адаптивною схемою керування стабільністю показників якості лезвійної обробки на основі запропонованих критеріїв усталеності. Показано можливість вирішення завдання енергозбереження при лезвійній обробці.

У п'ятому розділі надано аналіз економічної ефективності впровадження результатів розробок в технологію виготовлення деталей типу валів.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТ.

Численні дослідження Родіна П.Р., Гавриша А.П., Старкова В.К., Резнікова А.Н., Резнікова Л.А., Ядеріцина П.І., Макарова А.Д., Пронікова О.С., Душинського В.В. Шустера Л.Ш., Кабалдіна Ю.Г. та інших показали, що фактичні значення вихідних параметрів усіх елементів технологічної системи, а, отже, і якість продукції є випадковими функціями сумарної дії багатьох факторів та їх взаємодії. При цьому великий вплив на якість

оброблених деталей та їх експлуатаційні властивості дає усталеність технологічної системи.

Не дивлячись на велику різноманітність критеріїв усталеності, треба відмітити відсутність кількісних та якісних показників для оцінки стабільності процесу лезвіної обробки у зоні усталеної роботоздатності технологічної системи. Основний недолік загальновідомих підходів до дослідження усталеності складається в тому, що за допомогою відомих до цього часу критеріїв неможливо достатньо точно визначити умови функціонування технологічної системи, при яких її чутливість до дії збурюючих факторів та відхилення від оптимальних показників якості лезвіної обробки найменші.

В продовження розвитку гіпотези про угорядкованість системи за рахунок оптимального перетворення використовуваної технологічним устаткуванням енергії, здійснена спроба створення теоретичної моделі усталеності технологічної системи. Теоретична модель подається як структурна модель сильних та слабких взаємодій технологічних факторів. Структура цих взаємодій оцінюється ступенем їх упорядкованості. На основі притаманній системі упорядкованості робиться оцінка інформативності технологічної системи. Технологічний процес лезвіної обробки розглядається як процес переносу деякої апріорної інформації на заготовку під впливом енергії, в результаті чого отримується деталь заданої форми та розмірів. Такий підхід дозволяє уявити технологічний процес як проявлення системи інформаційних зв'язків. У роботі виконано дослідження цих взаємозв'язків з метою вирішення завдань забезпечення потрібної якості лезвіної обробки та підвищення усталеності технологічної системи за рахунок стабілізації якісних показників.

На основі існуючого взаємозв'язку ступеня упорядкованості

з інформаційним змістом структури технологічної системи, отримано наступний вираз:

$$IN(X) = k * S(X) = \left[E_0(X) - X * \frac{dF(X)}{dX} \right] = K \quad (1)$$

де: IN - показник стабільності технологічного процесу;

k - постійний коефіцієнт;

S - ступінь упорядкованості системи;

$E_0(X)$ - загальний енергетичний потік, використовуваний технологічним устаткуванням;

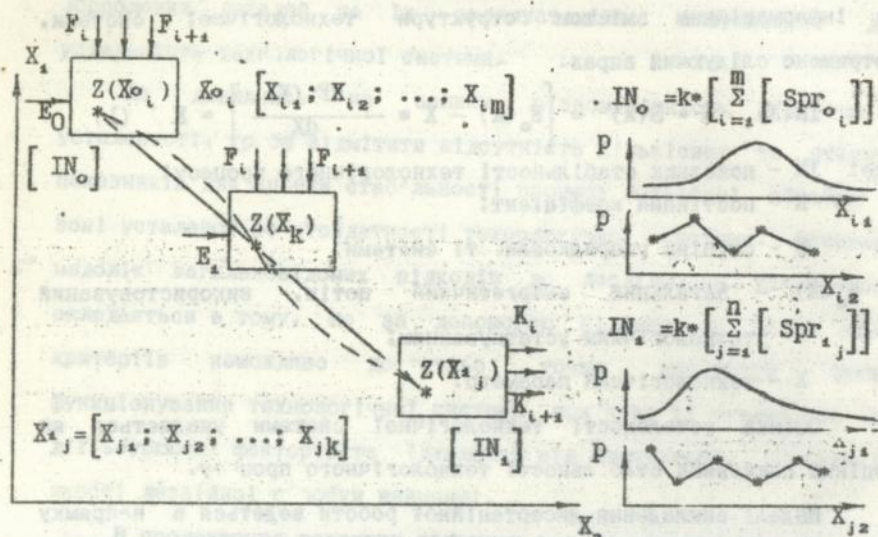
X - технологічний параметр.

Оцінка усталеності технологічної системи уявляється як оцінка показника стабільності технологічного процесу.

Надалі викладення дисертаційної роботи ведеться в напрямку вибору, обґрунтування та дослідження з запропонованого показника до проблеми підвищення усталеності технологічної системи за рахунок стабілізації показників якості лезвійної обробки. Усталеність при цьому розглядається як властивість стабільного технологічного процесу, при якому технологічна система найменш чутлива до збурення шкідливих факторів. При цьому стабільним вважається такий процес, відхилення показників якості якого від встановлених оптимальних значень найменше.

Із сутності самого визначення поняття усталеності технологічної системи випливає, що критерій такої усталеності повинен забезпечити такі умови функціонування системи, при яких буде досягнуто підвищення стабільності показників якості за рахунок зменшення витрат енергії, витрачаємої технологічним устаткуванням у процесі лезвійної обробки.

На мал.1 показано розрахункову схему визначення показника стабільності технологічного процесу при переході вхідної заготовки з одного стану в інший.



Мал.І.Розрахункова схема визначення показника стабільності техн. логічного процесу при переході заготовки із одного координатного стану $Z(X_0)_i$ в інший $D(X_j)_j$.

Зміну показника стабільності технологічного процесу за час t формування показників якості, можна виразити у наступному вигляді:

$$\frac{dIN}{dt} = k \cdot \frac{dSpr}{dt} = k \cdot \frac{\sum_{i=1}^n Spr_1 - \sum_{j=1}^n Spr_0}{t} \quad (2)$$

де: $\sum_{i=1}^n Spr_1$ и $\sum_{j=1}^n Spr_0$ - сумарний приведений ступінь упорядкування технологічної системи відповідно у крапці 1 та крапці 0, визначається з використанням принципу адитивності за формулою:

$$Spr = \sum_{i=1}^n \left[p_i \cdot \frac{\sigma}{n} \cdot \ln \left(p_i \cdot \frac{\sigma}{n} \right) \right]; \quad (3)$$

t - час формування показників якості;

p_i - імовірність якісного показника;

σ - середньо-квадратичне відхилення;

n - кількість досліджень.

В результаті математичних перетворень, отримано

зміну показника стабільності технологічного процесу у кінцевому вигляді (для нормального закону розподілення):

$$\frac{dN}{dt} = k * \frac{dSpr}{dt} = k * \frac{S_i - S_o}{dt} \quad (4)$$

Оптимальний перехід заготовки із одного координатного стану $Z(X_o)$ в інший $D(X_i)$ (за час однієї операції), можна характеризувати часом формування складу показників якості обробки: шорсткості обробленої поверхні (Ra), точності обробки (δ) та поверхневої твердості обробленої деталі (HB):

$$t_{Ra} = \frac{Ra_i - Ra_o}{\frac{dRa}{dt}} ; t_{\delta} = \frac{\delta_i - \delta_o}{\frac{d\delta}{dt}} ; t_{HB} = \frac{HB_i - HB_o}{\frac{d(HB)}{dt}}$$

на комплексі заданих умов:

$$t_{Ra} = t_{\delta} = t_{HB} = \dots = t_x \quad (5)$$

Виходячи з викладеного, умову оптимального переходу з одного координатного стану $Z(X_o)$ в інший $D(X_i)$, можна записати у вигляді:

$$\frac{Ra_i - Ra_o}{\frac{dRa}{dt}} = \frac{(S_i - S_o) * k}{\frac{dN}{dt}} = \dots = \frac{HB_i - HB_o}{\frac{d(HB)}{dt}} = t \quad (6)$$

На основі цього розроблено метод пошуку оптимальних технологічних умов переходу заготовки $Z(X_o)$ в стан готової деталі $D(X_i)$ у діапазоні усталеної роботоzдатності системи.

Розроблено блок-схема алгоритму вирішення задачі усталеності, реалізація якої виконана з використанням ПФМ у середовищі багатифункціонального інтегрованого пакету "MathCAD".

З використанням розробленої блок-схеми проведено комплекс теоретичних досліджень взаємозв'язку показника стабільності технологічного процесу з відомими критеріями усталеності.

Мета теоретичних досліджень була в доказі можливості використання запропонованого показника стабільності для дослідження усталеності технологічних систем. Дослідження виконані з використанням ПЕОМ.

На основі результатів проведених теоретичних досліджень та машинного експерименту розкрито фізичну сутність та технологічний зміст показника стабільності.

Фізична сутність полягає в забезпеченні умов стабільності показників якості технологічного процесу лезвійної обробки. При цьому з'являється можливість виявлення зон взаємодії технологічних факторів, за якими використовувана технологічним устаткуванням енергія спрямована не на зміну величин факторів, а на зміну характеру їх взаємозв'язків. Результати досліджень показали суттєвий вплив цих взаємозв'язків на якість системи в області її усталеної роботоздатності. Встановлено, що показник стабільності дозволяє з'ясувати умови функціонування системи, при яких баланс взаємодії технологічних факторів досягає такого рівня, коли ці взаємодії проходять з найменшими витратами використовуваної технологічним устаткуванням енергії. Наслідком цього є виникнення усталеної структури технологічної системи, яка стабілізується за рахунок обміну енергією з навколишнім середовищем та оптимальним її перетворенням в процесі лезвійної обробки.

Технологічний зміст показника стабільності складається у можливості визначення умов функціонування технологічної системи, які відповідають найменшій чутливості системи до впливу шкідливих факторів. Показник стабільності технологічного процесу дозволяє прогнозувати область підвищення якості обробки та стабілізацію показників якості у зоні усталеності системи. Це і є основною перевагою запропонованого критерія усталеності за

його практичним використанням у порівнянні з традиційними критеріями Найквіста, Михайлова, амплітудно-фазовими частотними характеристиками, які дозволяють оцінити усталеність системи тільки за параметрами її робоздатності.

Аналіз результатів проведеного комплексу експериментальних досліджень з'ясував існування взаємозв'язку між показниками стабільності та якості обробки. Встановлено, що за оптимальними значеннями показника стабільності ($IN \rightarrow \min$) - процес лезвівної обробки можна характеризувати підвищенням точності (δ), зменшенням шорсткості (Ra) та підвищенням стабільності показників якості. Підвищення якості лезвівної обробки та стабілізація вихідних показників технологічного процесу досягається в результаті виникнення усталеної структури технологічної системи.

Результати експериментальних даних були оброблені на ПЕОМ. Отримані рівняння регресії поверхневої твердості деталі та шорсткості обробленої поверхні, а також теоретичні залежності показника стабільності технологічного процесу та критерія оптимальності перетворень використовуваної технологічним устаткуванням енергії у процесі лезвівної обробки. Отримані математичні моделі дозволяють характеризувати вплив технологічних факторів на стабільність показників якості.

Проведені дослідження розробленого типового технологічного процесу, які базуються на адаптивній схемі керування якістю обробки, дозволили з'ясувати умови стабільного проходження обробки, вказати шляхи використання знайдених резервів зниження енергоємності процесу лезвівної обробки, а також забезпечити базу для розробки нових систем автоматизованого керування верстатним устаткуванням.

Виконаний аналіз економічної ефективності запровадження

ДНБ ім. В. Стефанива
АН України

розробок в технологію виготовлення деталей типу валів показав можливість підвищення ефективності виробництва за рахунок стабілізації показників якості та усталеності технологічної системи.

Очікуемый економічний ефект від впровадження вказаних розробок на машинобудівному підприємстві складає 150 тис. крб. на рік (у цінах 1990 року).

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз існуючих методів та критеріїв для дослідження усталеності технологічних систем показав, що в зонах її усталеної роботоzдатності - вихідні показники якості обробки нестабільні, також неоднозначно їх характеризує величина запасу усталеності. Експериментальними дослідженнями встановлено, що відхилення показників якості обробленої деталі зменшуються при забезпеченні умов стабільності технологічного процесу.

2. Розроблено спосіб оптимізації технологічних режимів лезвійної обробки, заснований на:

- розрахунковій схемі визначення показників стабільності технологічного процесу (IN);

- методу з'ясування оптимальних технологічних умов переходу вхідної заготовки з одного стану $Z(X_0)$, в інший $D(X_1)$ на множині можливих та допустимих значень показників якості обробки з діапазону усталеної роботоzдатності технологічної системи.

3. Розроблено теоретичну модель усталеності технологічної системи, яка відображає фізичну сутність взаємодії технологічних факторів та їх вплив на стабільність показників якості при лезвійній обробці. Вивчено взаємозв'язок показника стабільності технологічного процесу (IN) з логарифмічним декрементом затухання коливань (λ), амплітудою коливань (A) та впливом

зовнішніх факторів (E), що дозволило вирішити задачу підвищення усталеності технологічної системи за рахунок стабілізації вихідних показників якості технологічного процесу.

Доведена спільність показників стабільності технологічного процесу (IN) з критеріями усталеності Михайлова $D(j\omega)$, Найквіста $N(j\omega)$ та амплітудно-фазовими частотними характеристиками $W(j\omega)$. Показано його універсальність, яка полягає в можливості визначення умов стабілізації показників якості лезвіної обробки з діапазону усталеної робоздатності технологічної системи.

Встановлено, що ступінь усталеності технологічної системи знаходиться у тісному взаємозв'язку з показником стабільності технологічного процесу (IN). При цьому виявлено, що із зменшенням (IN) підвищується ступінь упорядкованості системи (S), відповідно зменшується амплітуда коливань (A), логарифмічний декремент затухання коливань (λ), а так ж знижується чутливість технологічної системи до дії зовнішніх збурюючих факторів.

4. На основі аналізу та дослідження гіпотези про оптимальне перетворення використовуваної технологічним устаткуванням енергії та виникненням за рахунок цього усталеної структури технологічної системи визначено теоретично та підтверджено експериментально умови оптимізації технологічних режимів лезвіної обробки: $IN \rightarrow \min$; $ST = 0$; $tg(ST) \rightarrow \min$. (ST - критерій оптимальності перетворення використовуваної технологічним устаткуванням енергії E_p).

Отримані математичні моделі, які характеризують вплив технологічних факторів на стабільність показників якості при обробці сталей: 9XC, 3, 45, 45X, 40X, P18. Встановлено значення постійних коефіцієнтів $K_1 \dots K_5$, які враховують закономірність зміни енергетичних перетворень з механічними

властивостями сталей 40, 40X, 45X та які дозволяють визначити функціональну залежність впливу технологічних факторів на умови оптимального перетворення використовуваної технологічним устаткуванням енергії у процесі лезвіної обробки. Надано уявлення про взаємозв'язок факторів та умов їх впливу на стабільність показників якості та усталеності технологічної системи.

5. Отримано результати досліджень кількісних та якісних показників стабільності технологічного процесу лезвіної обробки. При цьому встановлено, що якісні показники комплексно характеризують вплив кількісного показника.

Показано, що розроблений комплекс технологічних рішень забезпечує підвищення якості лезвіної обробки за показниками шорсткості (Ra), точності (δ) та поверхневої твердості обробленої деталі (HB) у 1,2 - 1,3 рази без введення додаткових операцій.

6. Виконано комплекс теоретичних та експериментальних досліджень, який дозволив розробити типовий технологічний процес лезвіної обробки на основі критеріїв оцінки усталеності технологічної системи. Встановлено принципіальну можливість діагностики та підвищення усталеності технологічних систем за рахунок стабілізації показників якості. Показано шляхи використання виявлених резервів зменшення енергоємності процесу лезвіної обробки. Створено базу для розробки нових інформаційних систем автоматизованого керування верстатним устаткуванням.

7. Розроблено технологічну інструкцію, яка регламентує технічні умови лезвіної обробки.

Результати роботи пройшли промислово апробацію на машинобудівних підприємствах.

Очікуємий економічний ефект складає 150 тис. крб. на рік (у цінах 1990 року).

Результати теоретичних та експериментальних досліджень лягли в основу розробленого практичного курсу з технології машинобудування (згідно з програмою навчання), а також включені у план перспективних напрямків досліджень проблемної лабораторії якості, надійності та оптимізації технологічних систем Донбаської державної машинобудівної академії.

ОСНОВНІ ДРУКОВАНІ РОБОТИ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ:

1. Ковалевский С.В., Паршина Е.А. Способ оптимизации технологических режимов резания. //Машиностроитель. - М.: Машиностроение, 1993. № 12. с.11.

2. Ковалевский С.В., Паршина Е.А. Термодинамика технологических процессов. //Сборник научных статей. Выпуск I. - Краматорск: КИИ, 1993. с.157 - 163.

3. Ковалевский С.В., Паршина Е.А. Управление эксплуатационной надежностью деталей машин путем стабилизации качественных показателей. Тез. докл. научно-техн. конф. "Прогрессивные технологические методы отделочно-упрочняющих, вибростабилизирующих и других ресурсосберегающих технологий." - Краматорск: НПО "НИИТМаш", 1991. с.44.

4. Паршина Е.А., Ковалевский С.В. Качество и структура энергетических преобразований технологического процесса. Тез. докл. конф. "Технологические методы повышения эффективности и качества механосборочного производства". - Киев: Общ-во "Знание". 1992. с.4 - 6.

5. Ковалевский С.В., Сазунки В.Т., Паршина Е.А., Савилюк М. Энергетическая оптимизация процесса резания на токарно-карусельном станке. Тез. докл. межвузовской научно-техн. конф.

"Качество и надежность технологических систем". - Краматорск: КИИ, 1992. с.8. - 10.

6.Ковалевский С.В., Паршина Е.А. Энтропия и качество процессов резания. Тез. докл. 8 конференции "Теплофизика технологических процессов". - Убинск: РАТИ, 1992. с.96 - 97.

7.Ковалевский С.В., Тедюшенко Н.Н., Паршина Е.А. Разработка новых технологических методов обработки на основе оптимизации показателей энтропии. Тез. докл. нау.-техн. конф. "Прогрессивные технологии машиностроения". - Днепропетровск: Укр. НИИТМ, 1992. с.16.

8.Ковалевский С.В., Паршина Е.А. Постановка задач исследования термодинамической устойчивости технологической системы. Тез. докл. межвузовской научно-техн. конф. "Термодинамика технологических систем". - Краматорск: КИИ, 1993. с.77 - 78.

9.Паршина Е.А. Устойчивость показателей качества технологических систем механообработки. Тез. докл. межвузовской научно-техн. конф. "Термодинамика технологических систем". - Краматорск: КИИ, 1993. с.102 - 104.

10.Ковалевский С.В., Паршина Е.А. Термодинамика и проблема устойчивости технологических процессов и систем. Тез. докл. конф. "Новые технологические процессы в машиностроении" 28 - 30 сент. 1993 г. г.Одесса - Киев: Общ-во "Знание", 1993. с.56.

11.Ковалевский С.В., Паршина Е.А. Энтропийные оценки в перспективных технологиях. Тез. докл. 2-й научно-технической конференции стран Содружества Независимых Государств "Контроль и управление в технологических системах", г.Винница 25-28 сентября 1993 г. - Винница: ВПИ, 1993. с.54.

12.Медведев В.С., Паршина Е.А., Скибин В.В., Ковалевский С.В. Управление системой механообработки эффективными способами автоматического контроля процесса стружкообразования. Тез. докл.

научно-техн. конф. "Новые технологии и системы обработки в машиностроении" - г.Донецк: ДонГТУ, 1994. с.84-85.

ИЗ.Ковалевский С.В., Паршина Е.А. Исследование упорядоченности технологических объектов. Тез. докл. конф. 6-8 сент. г.Одесса "Ресурсо- и энергосберегающие технологии в машиностроении" - К.: Общество "Знание", 1994. с.106.

Паршина Е.А. Исследование устойчивости технологических систем при лезвийной обработке.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08 - "Технология машиностроения", Киевский политехнический институт, Киев, 1994.

Защищается 13 научных работ, которые содержат результаты исследований устойчивости технологических систем. Разработана теоретическая модель устойчивости технологической системы, отражающая физическую сущность взаимодействия технологических факторов и их воздействие на стабильность показателей качества. На основе критериев оценки устойчивости технологической системы разработан типовой технологический процесс лезвийной обработки. Установлена принципиальная возможность диагностики и повышения устойчивости технологических систем в результате стабилизации показателей качества. Показаны пути снижения энергоемкости процесса лезвийной обработки. Создана основа для разработки новых информационных систем автоматизированного управления станочным оборудованием.

Результаты работы получили производственную апробацию в промышленных предприятиях.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований положены в основу разработанного практического курса по технологии машиностроения, а также включены в план перспективных направлений исследований проблемной лаборатории качества, надежности и оптимизации технологических систем Донбасской государственной машиностроительной академии.

Parshina Y.A. The investigation of stability of technological systems of cutting processing.

Desertation submitted for a higher university degree Master's degree in engineering Speciality 05.02.08 - "Technology of mechanical engineering", Kiev Polytechnical institute, 1994.

13 research works are submitted. They include the results of investigations of stability of technological systems. A theoretical model of stability of technological systems has been designed. It reflects the physical essence of interaction of technological factors and their influence on stability of quality rate. A standard technological method of cutting processing has been designed on the technological base of stability testing system. It has been found the principal possibility of determination and increasing the stability of technological systems due to the stability of quality rate. It has been indicated the ways of lowering of power consuming at cutting processing. The foundation for designing of new automatic control systems has been made.

The results of the work have been approved at the machine building plant.

The main data of the experimental and theoretical researches have been included both into the practical teaching course of technology of engineering and the plan of perspective researches of the laboratory of the problems of quality, reliability and optimisation of technological systems of the Donbass State Engineering Academy.

КЛЮЧОВІ СЛОВА

Усталеність, критерії усталеності, технологічна система, ступінь упорядкованості системи, технологічний процес, лезвійна обробка, показник стабільності, роботоздатність, якість, ресурсозберігаючі технології.

Очікуємий економічний ефект складає 150 тис. крб. на рік (у цінах 1990 року).

Результати теоретичних та експериментальних досліджень лягли в основу розробленого практичного курсу з технології машинобудування (згідно з програмою навчання), а також включені у план перспективних напрямків досліджень проблемної лабораторії якості, надійності та оптимізації технологічних систем Донбаської державної машинобудівної академії.

ОСНОВНІ ДРУКОВАНІ РОБОТИ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ:

1. Ковалевский С.В., Паршина Е.А. Способ оптимизации технологических режимов резания. //Машиностроитель. - М.: Машиностроение, 1993. № 12. с.11.

2. Ковалевский С.В., Паршина Е.А. Термодинамика технологических процессов. //Сборник научных статей. Выпуск I. - Краматорск: КИИ, 1993. с.157 - 163.

3. Ковалевский С.В., Паршина Е.А. Управление эксплуатационной надежностью деталей машин путем стабилизации качественных показателей. Тез. докл. научно-техн. конф. "Прогрессивные технологические методы отделочно-упрочняющих, вибростабилизирующих и других ресурсосберегающих технологий." - Краматорск: НПО "НИИТМаш", 1991. с.44.

4. Паршина Е.А., Ковалевский С.В. Качество и структура энергетических преобразований технологического процесса. Тез. докл. конф. "Технологические методы повышения эффективности и качества механосборочного производства". - Киев: Общ-во "Знание". 1992. с.4 - 6.

5. Ковалевский С.В., Саушкин В.Т., Паршина Е.А., Смилла М. Энергетическая оптимизация процесса резания на токарно-карусельном станке. Тез. докл. межвузовской научно-техн. конф.

"Качество и надежность технологических систем". - Краматорск: КИИ, 1992. с.8. - Ю.

6.Ковалевский С.В., Паршина Е.А. Энтропия и качество процессов резания. Тез. докл. 8 конференции "Теплофизика технологических процессов". - Убинск: РАТИ, 1992. с.96 - 97.

7.Ковалевский С.В., Федюченко Н.Н., Паршина Е.А. Разработка новых технологических методов обработки на основе оптимизации показателей энтропии. Тез. докл. научно-техн. конф. "Прогрессивные технологии машиностроения". - Днепропетровск: Укр. НИИТМ, 1992. с.16.

8.Ковалевский С.В., Паршина Е.А. Постановка задач исследования термодинамической устойчивости технологической системы. Тез. докл. межвузовской научно-техн. конф. "Термодинамика технологических систем". - Краматорск: КИИ, 1993. с.77 - 78.

9.Паршина Е.А. Устойчивость показателей качества технологических систем механообработки. Тез. докл. межвузовской научно-техн. конф. "Термодинамика технологических систем". - Краматорск: КИИ, 1993. с.102 - 104.

10.Ковалевский С.В., Паршина Е.А. Термодинамика и проблема устойчивости технологических процессов и систем. Тез. докл. конф. "Новые технологические процессы в машиностроении" 28 - 30 сент. 1993 г. г.Одесса - Киев: Общ-во "Знание", 1993. с.56.

11.Ковалевский С.В., Паршина Е.А. Энтропийные оценки в перспективных технологиях. Тез. докл. 2-й научно-технической конференции стран Содружества Независимых Государств "Контроль и управление в технологических системах", г.Винница 25-28 сентября 1993 г. - Винница: ВПИ, 1993. с.54.

12.Медведев В.С., Паршина Е.А., Скибин В.В., Ковалевский С.В. Управление системой механообработки эффективными способами автоматического контроля процесса стружкообразования. Тез. докл.

научно-техн. конф. "Новые технологии и системы обработки в машиностроении" - г.Донецк: ДонГТУ, 1994. с.84-85.

ІЗ.Ковалевский С.В., Паршина Е.А. Исследование упорядоченности технологических объектов. Тез. докл. конф. 6-8 сент. Г.Одесса "Ресурсо- и энергосберегающие технологии в машиностроении" - К.: Общество "Знание", 1994. с.106.

Паршина Е.А. Исследование устойчивости технологических систем при лезвийной обработке.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08 - "Технология машиностроения", Киевский политехнический институт, Киев, 1994.

Защищается ІЗ научных работ, которые содержат результаты исследований устойчивости технологических систем. Разработана теоретическая модель устойчивости технологической системы, отражающая физическую сущность взаимодействия технологических факторов и их воздействие на стабильность показателей качества. На основе критериев оценки устойчивости технологической системы разработан типовой технологический процесс лезвийной обработки. Установлена принципиальная возможность диагностики и повышения устойчивости технологических систем в результате стабилизации показателей качества. Показаны пути снижения энергоемкости процесса лезвийной обработки. Создана основа для разработки новых информационных систем автоматизированного управления станочным оборудованием.

Результаты работы получили производственную апробацию в промышленных предприятиях.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований положены в основу разработанного практического курса по технологии машиностроения, а также включены в план перспективных направлений исследований проблемной лаборатории качества, надежности и оптимизации технологических систем Донбасской государственной машиностроительной академии.

454802

Parshina Y.A. The investigation of stability of technological systems of cutting processing.

Desertation submitted for a higher university degree Master's degree in engineering Speciality 05.02.08 - "Technology of mechanical engineering", Kiev Polytechnical institute, 1994.

13 research works are submitted. They include the results of investigations of stability of technological systems. A theoretical model of stability of technological systems has been designed. It reflects the physical essence of interaction of technological factors and their influence on stability of quality rate. A standard technological method of cutting processing has been designed on the technological base of stability testing system. It has been found the principal possibility of determination and increasing the stability of technological systems due to the stability of quality rate. It has been indicated the ways of lowering of power consuming at cutting processing. The foundation for designing of new automatic control systems has been made.

The results of the work have been approved at the machine building plant.

The main data of the experimental and theoretical researches have been included both into the practical teaching course of technology of engineering and the plan of perspective researches of the laboratory of the problems of quality, reliability and optimisation of technological systems of the Donbass State Engineering Academy.

КЛЮЧОВІ СЛОВА

Усталеність, критерії усталеності, технологічна система, ступінь упорядкованості системи, технологічний процес, лезвійна обробка, показник стабільності, роботоздатність, якість, ресурсозберігаючі технології.