

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
“ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”**

Сичов Юрій Іванович

УДК 621.9

**ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ І ЯКОСТІ БАГАТОПОЗИЦІЙНОЇ ОБРОБКИ ВИБОРОМ
СТРУКТУРИ І ПАРАМЕТРІВ АГРЕГАТОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ**

Спеціальність 05.02.08 – технологія машинобудування

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2007

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрах автоматизованого виробництва в машинобудуванні Української інженерно-педагогічної академії та технології машинобудування та металорізальних верстатів Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут" Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор **Тимофієв Юрій Вікторович**,
Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", завідувач кафедри "Технологія машинобудування та металорізальні верстати", м. Харків.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор **Мовшович Олександр Якович**,
Науково-виробниче підприємство „Оснастка”, заступник директора з наукової роботи; м. Краматорськ,

кандидат технічних наук, доцент

Коноплянченко Євген Владиславович,

доцент кафедри „Технічний сервіс”, Сумський національний аграрний університет, м. Суми.

Провідна установа: Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”, кафедра технології машинобудування, м. Київ.

Захист відбудеться 14 червня 2007р. о 14 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.12 у Національному технічному університеті "Харківський політехнічний інститут" за адресою: 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут" (Харків, вул. Фрунзе, 21).

Автореферат розісланий 12 травня 2007р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради

Пермяков О.А.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Особливе значення на сучасному етапі має розвиток та удосконалення верстатобудування як бази науково-технічного прогресу в машинобудуванні, що в першу чергу має на увазі виготовлення робото-технічних комплексів, автоматичних і напівавтоматичних ліній, агрегатних верстатів, підвищення та надійне забезпечення точності і якості обробки поверхонь на цьому, в основному, багатопозиційному металорізальному обладнанні. Специфіка роботи агрегатних верстатів та іншого багатопозиційного обладнання полягає в нерівномірності виникаючих навантажень при обробці в різних позиціях внаслідок неодночасності початку і кінця роботи інструментів при багатоінструментній та багатопозиційній обробці, в одночасному виконанні чорнових, напівчистових і чистових операцій в одній технологічній системі, в спадковості похибок попередніх (чорнових) на наступних (чистових) позиціях, що потребує різкого підвищення жорсткості як основних вузлів, так і всього верстата для досягнення необхідної точності (особливо в динаміці). В зв'язку з недостатніми дослідженнями цієї проблеми конструктор вирішує питання забезпечення необхідної точності на основі особистого досвіду, а це нерідко призводить до того, що для знов створеного верстата не вдається забезпечити необхідну точність при обробці деталей.

Таким чином, проблема встановлення умов динамічної сталості, послідовності та структури циклів обробки, конструкції системи позиціювання, що в найбільшій мірі впливає на якість обробки деталей в умовах багатоінструментної наладки, є актуальною в промисловому комплексі країни.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Напрямок досліджень пов'язаний з госпдоговорною тематикою. Дослідження проводилось при розробці теми „Удосконалення структури та якості створювання агрегатних верстатів”, яка є часткою госпдоговорної роботи № 2301, що виконувалася кафедрою „Технологія машинобудування та металорізальні верстати” Національного технічного університету „Харківський політехнічний інститут” разом із Спеціальним конструкторським бюро агрегатних верстатів та Харківським заводом агрегатних верстатів.

Мета і задачі дослідження. Мета дисертаційної роботи - підвищення точності і якості обробки поверхонь в багатопозиційних технологічних системах при забезпеченні динамічної сталості елементів системи за рахунок впливу на режими процесу і структуру робочих циклів формоутворення та зміни структури системи позиціювання, що забезпечується рішенням наступних задач:

- встановленням послідовності навантаження в системі при багатопозиційній обробці;
- розробкою математичної моделі динамічної сталості при обробці на багатопозиційних агрегатних верстатах з круговим транспортуванням заготовок по технологічному циклу;
- моделюванням динамічної сталості системи при різних структурах циклів обробки;

- розробкою методики визначення точності обробки в залежності від структури циклів і системи позиціювання;

- розробкою рекомендацій для раціонального проектування систем позиціювання при багатопозиційній обробці.

Об'єкт дослідження – багатопозиційна агрегатована технологічна система, яка використовується при багатоінструментній обробці деталей.

Предмет дослідження – структура циклів обробки, системи позиціювання, характеристики жорсткості силових вузлів і планшайб поворотно-ділильних столів багатопозиційних технологічних систем.

Методи дослідження. Робота виконана на основі теоретичних і експериментальних досліджень циклів обробки, системи позиціювання, динамічної сталості багатопозиційних технологічних систем з використанням положень технології машинобудування, теорії коливань, методів теорії ймовірності, математичної статистики і математичного моделювання. Експериментальні дослідження проводились з використанням теорії математичного планування експерименту і статистичної обробки даних, сучасного дослідницького і промислового обладнання.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Вперше сформульовані принципи забезпечення динамічної сталості процесу багатоінструментної обробки, які складаються в призначенні оптимальних параметрів багатопозиційних технологічних систем та побудованні раціональних структур циклів роботи багатоінструментних наладок в межах цикла обробки.

2. Встановлені принципи навантаження і чисельні значення деформацій елементів в багатопозиційній технологічній системі при багатоінструментній обробці, що дозволяє визначати точність і якість формоутворення на кожній позиції.

3. Вперше запропоновано математичну залежність для визначення спектру власних частот коливань планшайби, форм коливань при прикладених силах різання, мінімуму амплітуд коливань при одночасній дії кількох сил різання, які змінюються, що дозволяє забезпечити побудовання раціональних структур циклів роботи багатоінструментних наладок.

4. Розроблено загальний підхід до побудови раціональних структур циклів роботи багатоінструментних наладок, що дозволяє досягати високої точності і якості робочих поверхонь при забезпеченні необхідної продуктивності.

Практичне значення одержаних результатів складається з розробки методик, що можуть бути використані при проектуванні технологічного процесу обробки в багатопозиційних технологічних системах, які дозволяють найбільш ефективно призначати режими роботи і структури циклів роботи інструментів. Отримано деклараційний патент України на корисну модель агрегатного верстата, що включає в себе супутникову систему позиціювання. Результати

дослідження впроваджені в практику проектування і виготовлення багатопозиційних агрегатних верстатів середнього розміру в Спеціальному конструкторському бюро агрегатних верстатів (СКБ АВ) та на Харківському заводі агрегатних верстатів (ХЗАВ) із загальним економічним ефектом близько 240 тис. гривень (частка автора).

Особистий внесок здобувача. Результати наведених теоретичних та експериментальних досліджень отримані автором самостійно. За результатами статистичного аналізу і промислового експерименту визначений напрямок удосконалювання розрахунків показників точності багатопозиційних технологічних систем (БТС) і вирішена задача підвищення вихідних характеристик точності БТС за рахунок раціонального вибору структури циклів обробки.

Апробація результатів дисертації. Основні положення і результати дисертаційної роботи доповідалися й обговорювалися на науково-технічних семінарах кафедри „Технологія машинобудування та металорізальні верстати” Національного технічного університету „Харківський політехнічний інститут”, кафедри „Автоматизоване виробництво в машинобудуванні” Української інженерно-педагогічної академії, на міжнародній науково-технічній конференції „Технології XXI сторіччя” (м. Алушта 2005 р.), конференції „Механіка і машинобудування” (Харків, УІПА, 2006).

Публікації. Основні результати дисертації опубліковані в 7 науково-технічних роботах, у тому числі 3 статті у наукових фахових виданнях ВАК України і одна стаття - в спеціалізованому виданні Росії, отримано деклараційний патент України.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається з вступу, 6 розділів, висновків до розділів, загальних висновків, списку літератури, що використана і додатків. Повний обсяг дисертації складає 144 сторінки з 71 малюнком, 23 таблицями та список використаних джерел з 138 найменуваннями на 12 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність розробленої наукової теми, сформульовані мета і задачі досліджень, визначена наукова новизна роботи і практична цінність отриманих результатів

У першому розділі наведені експериментальні дослідження точності обробки на агрегатних верстатах (АВ), які виявили значні відхилення від необхідної точності. Із загальної кількості вимірних деталей тільки 20% відповідає встановленому допуску, що дозволяє зробити висновок про актуальність вивчення даної проблеми.

Проведено аналіз науково-технічної літератури по темі дисертації, включаючи роботи Б.М.Базрова, Б.С.Балакшина, А.П.Гавриша, Х.Гебеля, А.І.Дашенко, В.С.Корсакова, А.Г.Косилової, Є.Г.Нахапетяна, М.П.Новікова, Л.В.Перегудова, В.Т.Портмана, Е.А.Сателя, А.П.Соколовського, Ю.В.Тимофієва, О.А.Пермякова, В.Є.Карпуся, А.І.Федотова, В.Д.Хіцана, К.Мютца, М.В.Латишева, Г.Опітца та інших.

В цілому дослідники вивчали вплив окремих факторів на точність обробки деталей на агрегатних верстатах. Дотепер, в основному, розглядалися питання точності і жорсткості окремих складальних одиниць агрегатних верстатів і їх вплив на точність обробки, однак впливу динамічної сталості, як основного фактора при експлуатації, не приділялося достатньої уваги, не вирішені питання впливу структури циклів обробки та системи позиціонування на точність при багатопозиційній обробці на АВ. Назріла необхідність вирішення взаємозалежності точності обробки від системи позиціонування, структури циклів обробки і жорсткості основних вузлів при роботі багатопозиційних агрегатних верстатів, що дозволить створити методи вибору значень вихідних параметрів агрегатованого металорізального устаткування в залежності від його цільового призначення.

У другому розділі було проведено експериментальне дослідження впливу пружних деформацій на точність розміщення осі отвору. Взаємозв'язок похибок розміщення осі отвору на переході, що виконується, з погрішністю переходу, що відбувся, було досліджено при зенкерування після свердління при $S=0,035\text{мм/об}$; при розгортанні після зенкерування при $S=0,02\text{мм/об}$. Були встановлені залежність коефіцієнта зміщення осі отвору від вилету інструмента при зенкеруванні після свердління і розгортанні після зенкерування, залежність зміщення осі отвору діаметром 40мм при чорновому зенкеруванні від зміщення осі отвору у відливці і величини подачі (при $S=0,02\text{мм/об}$; $L_{\text{вт}}=80\text{мм}$ – довжина кондукторної втулки; $L_x=75\text{мм}$ – довжина вилету інструмента).

Обробка на агрегатних верстатах характеризується високою концентрацією технологічних переходів за рахунок одночасної роботи значної кількості інструментів. А коли в час обробки одного отвору починає роботу другий інструмент, силове навантаження системи змінюється, що і призводить до зміни напрямку та значень деформації (віджиму). Вплив одночасно працюючих інструментів на зміщення їх осей ілюструє осцилограма (рис.1), де **а** - варіанти сполучення працюючих інструментів і крива зміни величин зсуву осей; **б** - осцилограма положення осей інструментів у процесі одночасної обробки двох отворів.

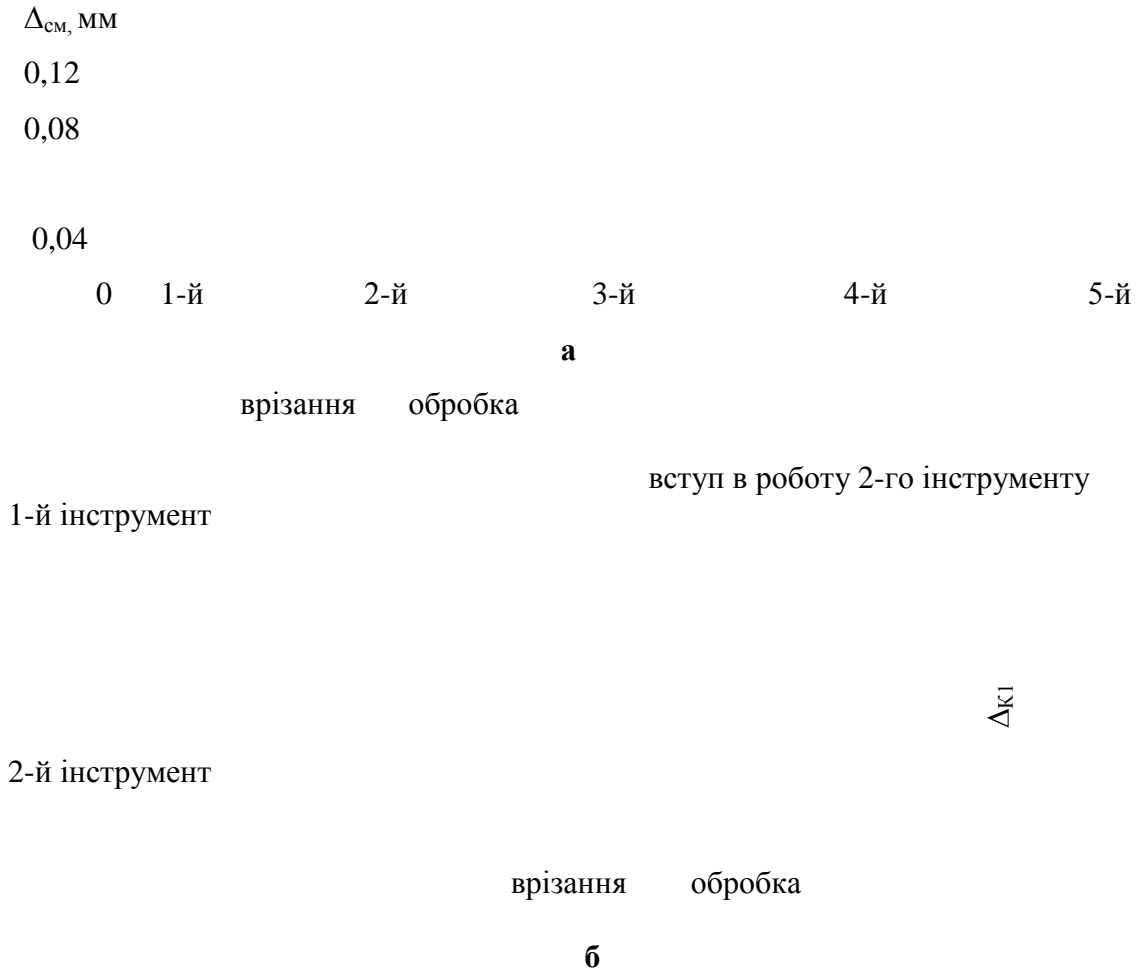


Рис.1. Експериментальне дослідження положення осей отворів при багатоінструментній обробці.

При послідовному вступі в роботу двох інструментів спостерігаємо додатковий зсув першого інструмента на величину $\Delta_{\text{к1}}$ у момент врізання в заготівку другого інструмента. В експериментальному дослідженні визначалася точність координат отвору діаметром 15 мм, що оброблюється, при різних умовах: коли в позиції працювала тільки одна розгортка і коли після початку нею обробки вступав в роботу інший інструмент. Похибки від вступу в роботу свердла незначні. Якщо ж зенкерування або розгортання отвору з нерівномірним розподілом припуску проводиться одночасно, то виникає додатковий зсув осі досліджуваного отвору. Так, якщо при роботі однієї розгортки зсув осі оброблюваного нею отвору дорівнює 0,03 мм, то при вступі в роботу разом з розгорткою свердла діаметром 25 мм зсув збільшується незначно і складає 0,035 мм. При вступі ж у роботу іншої розгортки діаметром 15 мм при $DZ=0,6$ мм зсув зростає до 0,05 мм, зенкера діаметром 15 мм при $DZ=2,5$ мм — до 0,07 мм і, нарешті, зенкера діаметром 40 мм при $DZ=4,0$ мм - до 0,11 мм. Таким чином, при багатоінструментній обробці сумарну величину зсуву осі одного з отворів

можна знайти з рівняння: $D_{см} = D_{см.о.} + D_{доп.}$, де $D_{см.о.}$ - зсув осі отвору для умов одноінструментної обробки; $D_{доп.}$ - додатковий зсув осі отвору під впливом роботи інших інструментів.

У третьому розділі проведений аналіз компоновок і систем позиціювання агрегатованої технологічної системи, що є одним з найважливіших показників якості агрегатних верстатів, тому що впливає на точність обробки і якість оброблюваної поверхні, продуктивність і довговічність верстатів. Структура системи позиціювання у значній мірі залежить від компонування агрегатного верстата. Основні типи компонувань показані на рис.2 (а, б), причому в більшості випадків на верстаті встановлюється значно більше число силових голівок, ніж показано на рис.2



Рис.2. Схеми компоновок агрегатних верстатів

В багатопозиційних технологічних системах, які працюють за схемою **а, б**, зусилля, що виникають при обробці, викликають зсув планшайби поворотно-ділильного столу, а це впливає на точність обробки інструментами як вертикальної, так і горизонтальної головок. У ряді випадків діючі на планшайбу поворотно-ділильного столу навантаження можуть значною мірою компенсувати один одного.

Були проведені дослідження точності фіксації планшайб поворотно-ділильних столів агрегатних верстатів при прикладених зусиллях різання. Точнісні параметри ділильних столів є функцією віджимань D планшайби, що виникають під дією сили різання внаслідок наявності зазорів $D_{ф}$ і $D_{ц}$ у вузлах фіксатора і центрального валу і деформацій $D_{ж}$ від нежорсткості окремих деталей і стиків, тобто $D = f(D_{ф}, D_{ц}, D_{ж})$

В процесі механічної обробки планшайба ділильного столу сприймає сили різання \bar{P}_i від N силових головок, рівнодіюча яких $\bar{P} = \sum_{i=1}^N \bar{P}_i$. Напрямок дії рівнодіючої може мінятися в процесі обробки, оскільки силові головки вступають в роботу і закінчують її неодноразово і величини зусиль різання різні. Найбільш розповсюдженим варіантом є такий, коли напрям дії сили \bar{P}_i проходить через центральну опору планшайби (рис. 3). В цьому випадку планшайба

переміщується у напрямі сили, що діє, на величину зазору у вузлі центрального валу (при відсутності прижиму).

Зазор $\Delta_{ц}$ у вузлі центрального валу при умовно прийнятому зазорі у вузлі фіксатора $\Delta_{\Phi} = 0$ дозволяє планшайбі обернутися на кут 2ψ навколо точки F .

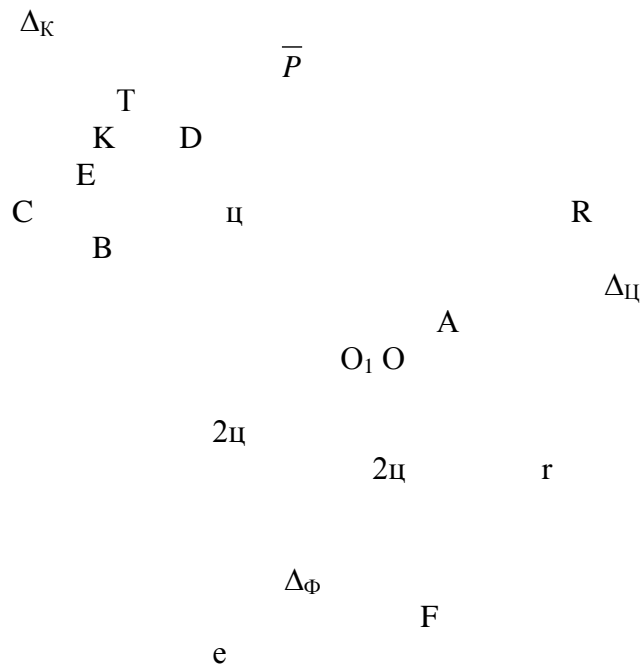


Рис.3. Схема визначення віджимань планшайби при одинарній фіксації.

Величина цього кута може бути знайдена з виразу

$$\operatorname{tg} \varphi \approx \varphi = \frac{OO_1}{OF} = \frac{0,5\Delta_{ц}}{r},$$

де r - радіус, на якому розташована вісь фіксатора, в мм.

З точністю, достатньою для розрахунку, дугу CD можна замінити дугою $BT = 2(BE + EK)$. При куті BO_1E , що дорівнює ψ , знайдемо $BE = \psi R_1 = \frac{0,5\Delta_{ц}}{r} R_1$, де $R_1 = O_1E = OK - OA = R + 0,5\Delta_{ц} \sin e$ (тут R і e - відповідно радіус, на якому розташована розрахункова точка і її кутова координата).

Якщо допустити при малих переміщеннях заміну дуг BE і EK відрізками прямих BE і EK і дуги OO_1 прямої OO_1 , то з трикутника OO_1A визначимо $EK = 0,5D_{Ц} \sin(e - 90^0) = -0,5D_{Ц} \cos e$. Тоді зсув D_K в точці K планшайби внаслідок наявності зазору у вузлі центрального валу:

$$D_K = 2(BE + EK) = \pm 0,5 D_{Ц} \left(\frac{R_1}{r} - \cos \varepsilon \right). \quad (1)$$

Знаки у (1) враховують віджим планшайби в обох напрямках від нейтрального положення. З достатньою для розрахунку точністю формула (1) придатна для визначення віджиму планшайби ділильних столів, у яких зазор у вузлі фіксатора вибирається в один бік (наприклад, у столів з подвійною фіксацією).

У четвертому розділі приведено дослідження власних частот коливань планшайби поворотно-ділильного столу. Планшайба поворотно – ділильного столу являє собою металеву пластину визначеного діаметру і товщини. Рівняння динамічного вигину такої конструкції в полярних координатах

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2} \right) \left(\frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial w}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 w}{\partial \varphi^2} \right) = \frac{\rho h}{D_e} \frac{d^2 w}{dt^2}, \quad (2)$$

де w – прогин; r - радіальна координата; φ - кутова координата; ρ - щільність матеріалу планшайби,

для сталі $\rho = 7900 \text{ кг/м}^3$; h -товщина планшайби; D_e -твердість, $D_e = \frac{E \cdot h^3}{12(1-\mu^2)}$; E -модуль пружності,

для сталі $E = 2 \cdot 10^5 \text{ Мпа}$; μ - коефіцієнт Пуассона, для сталі $\mu = 0,3$.

Крайові умови : при $r = 0$ і $r = R$ прогин $w = 0$

Після математичного перетворення рівняння маємо:

$$\sum_k \int_0^\pi \sin k\psi \left\{ \sin j\psi \left[j^4 + \frac{j^2}{\psi^2} \left(1 + 2i^2 - \frac{3}{\psi^4} \right) \right] + \cos j\psi \left[\frac{j}{\psi^3} - \frac{2j^3}{\psi} \right] \right\} = \frac{R^4 \rho h}{\pi^4 D_e} \omega_{ij} \sum_k \int_0^\pi \sin k\psi \cdot \sin j\psi d\psi. \quad (3)$$

Неважко переконатися, що інтеграл від правої частини рівняння – табличний:

$$\sum_k \int_0^\pi \sin k\psi \cdot \sin j\psi d\psi = \frac{\pi}{2}.$$

Тоді власну частоту коливань планшайби поворотного столу можна знайти, використовуючи рівняння

$$\omega_{ij} = \frac{D_e \pi^3}{2R^4 \rho h} \sum_k \int_0^\pi \sin k\psi \left\{ \sin j\psi \left[j^4 + \frac{j^2}{\psi^2} \left(1 + 2i^2 - \frac{3}{\psi^4} \right) \right] + \cos j\psi \left[\frac{j}{\psi^3} - \frac{2j^3}{\psi} \right] \right\}. \quad (4)$$

У результаті рішення інтеграла знаходимо спектр частот планшайби столу у вигляді

$$\omega_{ij} = \frac{D_e \pi^3}{2R^4 \rho h} A_{i,j}. \quad (5)$$

Для розрахунку змушених коливань скористаємося схемою, що представлена на рис.4. При багатопозиційній обробці схема навантаження трансформується в одну з тих, що приведені на рис.5,а

Досліджуємо змушені коливання. Згинальний момент у точці з координатами $r = r_0$ і $\varphi = \varphi_0$ $-M=M(t)$.

Рис.4. Схема для розрахунку змушених коливань планшайби поворотно-ділильного столу

Причому значення моменту визначається з рівняння

$$M = -D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \mu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right). \quad (6)$$

Переходячи до полярної системи координат, одержимо

$$M_r = -D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial r^2} (\cos^2 \varphi + \mu \sin^2 \varphi) - 2(1 - \mu) \frac{\partial^2 w}{r \partial \varphi \partial r} \sin \varphi \cos \varphi + \right. \\ \left. + \frac{1}{r} \frac{\partial w}{\partial r} (\sin^2 \varphi + \mu \cos^2 \varphi) + \frac{2}{r^2} \frac{\partial w}{\partial \varphi} (1 - \mu) \sin \varphi \cos \varphi + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 w}{\partial \varphi^2} (\sin^2 \varphi + \mu \cos^2 \varphi) \right). \quad (7)$$

Подальший план: на основі цих рівнянь одержати так звані власні форми – амплітуди коливань при дії сил різання. При цьому актуальним питанням є вивчення одночасної дії декількох інструментів на коливання планшайби поворотно - ділильного столу. Проведемо дослідження максимальної амплітуди вібрацій для одночасної дії трьох сил різання. Подібні сполучення дають поверхневі

розподіли максимальних амплітуд для різних сполучень діючих сил (рис.5: б- F, F_2, F_4 ; в – F, F_2, F_6 ; г – F, F_1, F_2).

а

б

в

г

Рис.5. Поверхня розподілу амплітуд коливань планшайби поворотно-ділильного столу при різних співвідношеннях сил F_1, F_2, F_4, F_6 . Кутова координата сил, що співвідносяться з силою F : F_1-45^0 , F_2-90^0 , F_4-180^0 , F_6-270^0 .

З графіків видно, що різні сполучення дають можливість забезпечувати раціональне сполучення зусиль різання при одночасній дії трьох сил (перша сила приймається за одиницю). Значення, що рекомендуються для двох інших сил, приведені на рис.6.

Рис.6. Раціональні співвідношення трьох сил різання в різних позиціях обробки.

У п'ятому розділі розглядаються експериментальні дослідження точності і якості обробки в багатопозиційних технологічних системах, а також наводиться приклад проектування технологічного процесу обробки на АВ. Для дослідження виробничим методом була використана лабораторна установка (рис.7)

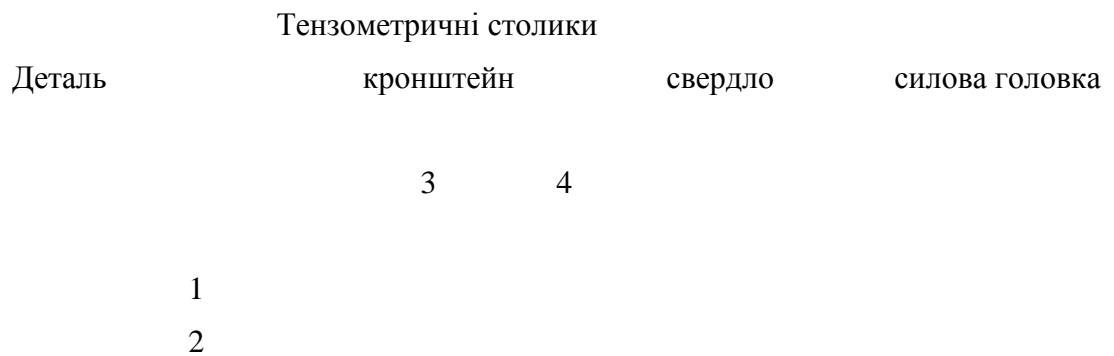


Рис.7. Схема установки для визначення коливань планшайби поворотно-ділильного столу.

Тензометричні столики, які призначені для вимірювання осьового зусилля, використовувалися при дослідженні динамічної жорсткості планшайби поворотно-ділильного столу. Тензодатчики 1, 2, 3, 4 показували віджим планшайби в горизонтальній і вертикальній площинах. Навантаження при виробничому методі досліджень верстата були отримані в процесі механічної обробки різних деталей. При цьому для створення різних осьових навантажень вибиралися різні матеріали оброблюваних деталей, а обробка проводилась свердлами різних діаметрів. Вирахування величин навантажень виконувалась за допомогою осцилограм. Відповідно навантаженням були визначені величини деформацій планшайби поворотно-ділильного столу в заданих точках і побудовані графіки (рис.8, 9, 10). При порівнянні практичних результатів з теоретичними (графіки на рис.6) було встановлено, що розбіжність складає не більше 10%.

$W \times 10^{-3} \text{ мм}$
 $F2 \times 10^2 \text{ Н}$
 $F1 \times 10^2 \text{ Н}$

Рис.8. Амплітуди коливань планшайби столу при одночасній дії сил F , $F1$, $F2$. Кутова координата прикладення сил в співвідношенні до сили F : $F1-45^0$, $F2-90^0$.

 $W \times 10^{-3} \text{ мм}$
 $F2 \times 10^2 \text{ Н}$
 $F6 \times 10^2 \text{ Н}$

Рис.9. Амплітуди коливань планшайби столу при одночасній дії сил F , $F2$, $F6$. Кутова координата прикладення сил в співвідношенні до сили F : $F2-90^0$, $F6-270^0$.

 $W \times 10^{-3} \text{ мм}$
 $F4 \times 10^2 \text{ Н}$
 $F2 \times 10^2 \text{ Н}$

Рис.10. Амплітуди коливань планшайби столу при одночасній дії сил F , $F2$, $F4$. Кутова координата прикладення сил в співвідношенні до сили F : $F2-90^0$, $F4-180^0$.

При дослідженні обробки деталі „ Корпус масляного фільтру” на шестипозиційному агрегатному верстаті вирішувалася задача по визначенню впливу структури циклів роботи, тобто зміщення початку і кінця циклів обробки по позиціях, на точність обробки . Було встановлено, що зміщення початку чистових операцій на момент закінчення врізання інструменту на чорнових переходах (в межах циклу чорнової операції) дозволяють підвищити точність обробки на чистових позиціях. Інший шлях підвищити точність обробки на чистових операціях – перенести чистову операцію на інший верстат, або починати чистовий цикл обробки після закінчення чорнової обробки, але це призведе до зниження продуктивності верстата.

В шостому розділі представлена промислова реалізація положень дисертації, виконаний розрахунок економічного ефекту від впровадження розробок і надані рекомендації з виконаних досліджень для втілення в практику проектування агрегатних верстатів.

ВИСНОВКИ

1. Проведені дослідження показали, що існує зв'язок між похибками на переході, який відбувся, з похибками переходу, що виконується. При багатоінструментній обробці при послідовному вступі в роботу інструментів спостерігається додатковий зсув одного інструменту в момент врізання в заготовку іншого інструменту.
2. При дослідженні обробки отворів було встановлено, що вісь обробленого отвору зміщується порівняно з віссю на початку обробки. Величина цього зміщення залежить від співвідношення тангенційної і радіальної складових сил різання. Круглограми досліджуваних отворів, які були зроблені в трьох перетинах на всій довжині отворів, показали, що вісь отворів складається з ломаних відрізків внаслідок включення в роботу різних інструментів.
3. Встановлено, що на переміщення планшайби поворотно-ділильних столів агрегатних верстатів, а отже і на точність обробки деталей більшою мірою впливають зазори і у меншій мірі - пружні деформації в сполученнях вузлів центрального валу і фіксатора. Величина і характер переміщень залежать від співвідношення зазорів у вузлах центрального валу і фіксаторів, від розташування точки прикладення і напрямку дії рівнодіючої всіх сил різання.
4. Створена методика розрахунку амплітуди коливань планшайби поворотно-ділильного столу при одночасній дії кількох сил різання, яка дозволяє вираховувати раціональне співвідношення зусиль різання по позиціях при багатоінструментній обробці, а отже структуру циклів роботи багатоінструментних наладок.
5. Доведено, що можна підвищити точність обробки в багатопозиційних технологічних системах за рахунок вибору циклів обробки в межах заданої продуктивності. Для більш високої точності обробки необхідно змінити систему транспортування заготовок з позиції на позицію.

6. На основі теоретичних розрахунків і експериментальних досліджень розроблена нова система транспортування заготовок для багатопозиційних технологічних систем і отримано деклараційний патент України на модель агрегатного верстата, що включає в себе супутникову систему позиціонування.

7. Економічний ефект від впровадження результатів дослідження на Харківському виробничому об'єднанні по випуску агрегатних верстатів складає близько 240 тис. гривень. Результати дослідження використовуються в навчальному процесі кафедри “Технологія машинобудування і металорізальні верстати” Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”, кафедри “Автоматизоване виробництво в машинобудуванні” Української інженерно-педагогічної академії.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Сычев.Ю.И. Определение величины смещения оси сверла при обработке отверстий на агрегатных станках //Автоматизированные станочные системы и роботизация производства.-Сборник научных трудов. – Тула. - 1992. -С.83-91.

2. Пат.20783 Україна, МПК (2007) В23Q 39/00 Агрегатний верстат: Пат.20783 Україна, В23Q 39/00 / Заявник (Україна); Тимофієв Юрій Вікторович, Сичов Юрій Іванович - № у 2006 08532; Заявл.28.07.2006; Опубл.15.02.2007, Бюл. №2.

3. Науменко В.К., Пермяков А.А., Сычев Ю.И., Кондратюк О.Л., Корж О.В. Математическое моделирование статических и динамических характеристик шпиндельных узлов металлорежущих станков//Вестник ХГПУ. – Харьков: ХГПУ. -1999. - №75. -С.44-48.

Здобувачем розроблено модель визначення статичних характеристик шпиндельних вузлів металорізальних верстатів.

4. Мельниченко А.А.,Сычев Ю.И., Кондратюк О.Л. Математическое моделирование статической жесткости шпинделя силовой головки агрегатного станка //Резание и инструмент в технологических системах.. –Харьков: ХГПУ. -1999.- № 54. -С.171-174.

Здобувачем розроблено математичну модель статичної жорсткості шпинделя силової головки агрегатного верстата.

5. Мельниченко А.А.,Сычев Ю.И., Кондратюк О.Л. Обработка мелкоразмерных отверстий // Международный информационно-технический журнал”Оборудование и инструмент”. - Харьков: -2004. - №4.-С.28.

Здобувачем проаналізовано умови , які необхідно враховувати при обробці малих отворів.

6. Мельниченко О.О, Рябчиков М.Л., Сичов Ю.І., Чибіряк Я.І. Аналіз динаміки ділільних столів агрегатних верстатів в режимі власних коливань // Вісник Сумського національного аграрного університету. – Суми: СНАУ. -2004. - випуск 11. - С.103-106.

Здобувачем виведено рівняння, які дозволяють знайти спектр власних частот коливань пружної системи поворотного столу.

7. Мельниченко О.О, Рябчиков М.Л., Сичов Ю.І., Чибіряк, Бей Р.В. Дослідження впливу власних коливань деталей агрегатних верстатів на їх динаміку // Технології XXI: Сборник наукових статей по матеріалам 12-й міжнародної науково-технічної конференції в 2-х томах. Том 1. Под ред. д.т.н., проф. Захарова Н.В. – Суми: СНАУ. – 2005. – С.49-52.

Здобувачем розроблено методіку побудування алгоритму для визначення власних частот коливань.

8. Перевірка жорсткості агрегатних верстатів // Технології XXI: Сборник наукових статей по матеріалам 12-й міжнародної науково-технічної конференції в 2-х томах. Том 1. Под ред. д.т.н., проф. Захарова Н.В. – Суми: СНАУ. – 2005. – С.86-88.

Здобувачем систематизовано фактори, які впливають на жорсткість.

АНОТАЦІЇ

Сичов Юрій Іванович. „Підвищення точності і якості багатопозиційної обробки вибором структури і параметрів агрегатованих технологічних систем”. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за фахом 05.02.08 – технологія машинобудування. Національний технічний університет „Харківський політехнічний інститут”, Харків, 2007.

Дисертація присвячена підвищенню точності і якості обробки поверхонь в багатопозиційних технологічних системах при забезпеченні динамічної сталості формоутворюючих рухів і елементів системи за рахунок вибору режимних параметрів і структури робочих циклів.

У роботі проведено дослідження, які дозволили проаналізувати процес багатоінструментної багатопозиційної обробки і створити математичну модель динамічної і статичної жорсткості агрегатного верстата. Автором запропоновано математичні рівняння, які дозволяють оцінити точність вихідного параметра агрегатного верстата на стадії проектування. Внаслідок цього з'явилася можливість коректувати послідовність обробки заготовки, враховуючи динамічні характеристики пружної системи поворотно-ділільного столу.

Розроблено і побудовано графіки, які дозволяють визначити раціональне співвідношення сил різання по позиціях агрегатного верстата.

Ключові слова: технологічна система, багатоінструментна наладка, точність, робочий цикл, силова головка, планшайба поворотно-делительного стола, динамічна сталість, жорсткість, позиціонування, якість.

Сычев Юрий Иванович. „Повышение точности и качества многопозиционной обработки выбором структуры и параметров агрегатированных технологических систем”. – Рукопись.

Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08 – технология машиностроения. Национальный технический университет „Харьковский политехнический институт”, Харьков, 2007.

Диссертация посвящена повышению точности и качества обработки поверхностей в многопозиционных технологических системах при обеспечении динамической устойчивости элементов системы за счет выбора параметров режимов резания и структуры рабочих циклов.

На основании проведенного анализа точности обработки на агрегатных станках исследованы вопросы обеспечения стабильности качества поверхности и точности обработки в многопозиционных системах и обосновывается необходимость проведения теоретических и производственных исследований.

В результате проведенных экспериментальных исследований было доказано влияние упругих деформаций, возникающих в процессе многопозиционной многоинструментной обработки, на точность обработки детали. Для многоинструментных наладок было установлено появление дополнительных смещений одного инструмента в момент врезания следующего.

Исследования показали, что на точность и качество обработки влияет смещение планшайбы поворотно-делительного стола при многопозиционной обработке. Доказано, что величина и характер смещения зависят от величины зазоров в узлах центрального вала и фиксаторов.

Разработана модель динамической устойчивости элементов многопозиционной технологической системы при изменяющихся режимах нагружения, которая позволяет учесть влияние каждого из них на точность и качество обработки. Приводятся уравнения для определения амплитуды колебаний планшайбы поворотно-делительного стола под действием сил резания. По результатам исследований динамической модели определены прогибы 3-х и 4-х позиционной планшайбы поворотно-делительного стола при различных соотношениях сил резания на каждой позиции.

С целью проверки и уточнения результатов исследований модели проведена промышленная экспериментальная проверка статической и динамической устойчивости элементов

многопозиционной технологической системы при многоинструментной обработке. Максимальная величина расхождения теоретических и практических результатов составляет не более 10%.

Внедрение результатов исследований в практику проектирования и изготовления многопозиционных агрегатных станков в Специальном конструкторском бюро агрегатных станков (СКБ АС) и на Харьковском заводе агрегатных станков (ХЗАС) позволило получить экономический эффект, который составляет 240 тыс. грн.

Ключевые слова: технологическая система, многоинструментная наладка, точность, рабочий цикл, силовая головка, планшайба поворотного-делительного стола, динамическая устойчивость, жесткость, позиционирование, качество.

Sychev Jury Ivanovich. "Increase to exactness and quality of multiposition treatment by the choice of structure and parameters of the paclaged technological systems". - the Manuscript.

Thesis on competition of a scientific degree of the candidate of engineering sciences on a speciality 05.02.08 is technology of engineer. National technical university „the Kharkov polytechnic institute”, Kharkov, 2007.

Dissertation is devoted the increase of exactness and quality of treatment of surfaces in the multiposition technological systems at providing of dynamic firmness of formmake motions and elements of the system due to the choice of regime parameters and structure of duty cycles.

Researches which allowed to analyse the process of multiinstrument of multiposition treatment and create the mathematical model of dynamic and static inflexibility of aggregate machine-tool are conducted in work. An author is offer mathematical equalizations which allow to estimate exactness of initial parameter of aggregate machine-tool on the stage of planning. Possibility to do arrangement of aggregate machine-tool appeared hereupon, leaning against the sequence of treatment of purveyance, and to correct this sequence, taking into account dynamic descriptions of the resilient system of turning-point divide table.

Graphic arts which allows to define rational correlation of cutting forces on positions of aggregate machine-tool are developed and built.

Keywords: technological system, multiinstrument adjusting, exactness, duty cycle, power head, planshayba turning-dividing table, dynamic constancy, inflexibility, positioning, quality.