

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"

Фадєєв Андрій Валерійович

УДК 621.9.06

**АНАЛІЗ І СИНТЕЗ КОМПОНУВАНЬ УСТАНОВЧО-ЗАТИСКНИХ
ПРИСТОСУВАНЬ БАГАТОПОЗИЦІЙНИХ АГРЕГАТОВАНИХ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ**

Спеціальність 05.02.08 - технологія машинобудування

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків - 2006

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі “Технологія машинобудування і металорізальні верстати” Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут” Міністерства освіти та науки України, м.Харків

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Пермяков Олександр Анатолійович,
Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”, професор кафедри “Технологія машинобудування і металорізальні верстати”

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Жолткевич Григорій Миколайович,
Харківський національний університет ім.В.Н.Каразіна, завідувач кафедри “Теоретична та прикладна інформатика”;

кандидат технічних наук, доцент
Радчук Олег Володимирович,
Сумський національний аграрний університет, доцент кафедри “Проектування технічних систем”

Провідна установа: Інститут проблем машинобудування ім. А.М.Підгорного НАН України, м. Харків

Захист відбудеться “26” червня 2006 року в 14 годин на засіданні спеціалізованої вченої ради Д64.050.12 у Національному технічному університеті “Харківський політехнічний інститут” за адресою: 61002, м.Харків, вул.Фрунзе, 21.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут” за адресою: 61002, м.Харків, вул.Фрунзе, 21.

Автореферат розісланий “26” травня 2006 року.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Узунян М.Д.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Підвищення ефективності технологічного устаткування нерозривно пов'язане з розвитком та удосконаленням принципу агрегування при створенні верстатів і систем. Подальший розвиток технологічного устаткування, що створюється за агрегатно-модульним принципом, розглядається насамперед під кутом зору створення досконалої елементної бази, куди в першу чергу треба віднести установчо-затискні пристосування (УЗП). Технологічне оснащення агрегованих технологічних систем механообробки (АТСМ) традиційно створювалось як спеціальне. На противагу цьому проблема підвищення ефективності технологічного оснащення в механообробці в цей час вирішується різними шляхами, у тому числі за рахунок широкого використання систем розбірного й переналагоджуваного оснащення. Очевидно, що перспективний напрямок розвитку АТСМ може складатися в зниженні трудомісткості проектування й виготовлення УЗП за рахунок уніфікації компоновальних схем та елементної бази. У цьому випадку повною мірою може бути реалізовано одне з основних достоїнств принципу агрегування - оборотність, що дозволить вирішувати насущну проблему агрегованого технологічного устаткування, що пов'язана з підвищенням технологічної гнучкості. Все сказане дозволяє стверджувати, що рішення науково-технічних завдань, пов'язаних з удосконаленням структур і параметрів УЗП АТСМ є актуальним, що дозволяє істотно підвищити техніко-економічну ефективність дорогого технологічного устаткування і його конкурентоздатність.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тема дисертації є частиною напрямку наукових досліджень кафедри технології машинобудування та металорізальних верстатів Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”, що пов'язаний з підвищенням ефективності використання агрегованих технологічних систем і принципу агрегування при створенні металорізального устаткування. Цей напрямок розробляється відповідно до Держбюджетних науково-дослідних робіт (тема №2304) і госпдоговірними роботами з Державним підприємством “Харківський машинобудівний завод “ФЭД”, де автор був відповідальним виконавцем.

Мета і задачі дослідження. Мета дисертаційного дослідження - подальше підвищення ефективності використання багатопозиційних агрегованих технологічних систем із круговим транспортуванням заготовки по технологічному циклу обробки за рахунок уніфікації елементів УЗП і на цій основі підвищення серійності виготовлення і рівня переналагодження при переході на обробку інших по розмірах або конфігурації деталей, та за рахунок

мінімізації габаритних розмірів УЗП і, таким чином, мінімізації габаритів технологічного устаткування.

Завдання дослідження:

- виконати структурно-параметричний аналіз компоновань УЗП багатопозиційних АТСМ із круговим транспортуванням заготівлі з метою встановлення їхніх класифікаційних ознак для наступної типізації;
- розробити математичні моделі об'ємів функціональних зон транспортування заготівки в багатопозиційних АТСМ і типових компоновальних схем УЗП;
- виконати уніфікацію елементної бази типових компоновань УЗП багатопозиційних АТСМ;
- розробити методикау композиційного проектування УЗП на основі типових рішень і їхнього перекомпоновання при зміні об'єктів виробництва;
- розробити комплекти уніфікованих деталей і вузлів, що реалізують типові компоновальні схеми УЗП, використання яких знижує трудомісткість проектування і виготовлення та дозволяє здійснювати перекомпоновання при зміні об'єктів виробництва;
- узагальнити отримані результати теоретичних і експериментальних досліджень з метою впровадження їх у виробництво і навчальний процес.

Об'єкт дослідження – процес проектування установчо-затискних пристосувань багатопозиційних АТСМ.

Предмет дослідження – компоновання УЗП багатопозиційних АТСМ з круговим транспортуванням заготівлі.

Методи дослідження. Методи системного аналізу, теорії множин використовувалися для дослідження процесу проектування УЗП, аналізу їхніх структур і параметрів. Основи проектування пристосувань і теорія базування використовувалися для систематизації компоновань і розробки методів автоматизованого проектування УЗП АТСМ. Методи математичного моделювання і оптимізації покладені в основу розробки математичних моделей компоновань УЗП АТСМ і методики автоматизованого проектування за критеріями компактності і економічності. Для автоматизації процесу синтезу просторового компоновання УЗП АТСМ, яке представлено координатними системами заготівки, що базується, і елементів пристосування, використаний математичний апарат афінних перетворень.

Наукова новизна отриманих результатів. На основі системного аналізу компоновань і узагальнень досвіду проектування технологічного оснащення агреатованого технологічного устаткування сформульовані, обґрунтовані, теоретично і практично розроблені принципи синтезу компоновань УЗП при проектуванні багатопозиційних АТСМ, що забезпечують їхнє можливе перекомпоновання при зміні об'єктів виробництва і вбудовування в мінімально

можливий або обмежений об'єм зони транспортування заготовки по технологічному циклу обробки. Ці принципи ґрунтуються на:

- подальшому розвитку типізації і уніфікації компоувальних схем УЗП на основі встановленого необхідного і достатнього набору класифікаційних ознак;
- вперше розроблених моделях компоувань УЗП багатопозиційних АТСМ і утворення мінімального об'єму зони транспортування заготовки, що залежить від конструктивних і технологічних параметрів об'єкту і процесу обробки, структури і параметрів УЗП;
- удосконаленому спрямованому виборі структури і параметрів елементів УЗП АТСМ, що компоуються, при проектуванні з обґрунтуванням необхідних у кожному конкретному випадку перепроєктування АТСМ методів і способів переналагодження або перекомпоування УЗП при зміні об'єктів виробництва.
- використанні апарату афінних перетворень при синтезі просторових компоувань УЗП АТСМ і їхньої оптимізації за критерієм компактності.

Практичне значення отриманих результатів. На основі виконаних теоретичних досліджень і практичних розробок, підготовлено елементна база і комплекс методичного, інформаційного і алгоритмічного забезпечення процесу проектування УЗП багатопозиційних агрегованих технологічних систем, що включають у себе:

- методику спрямованого вибору компоувальних схем УЗП при проектуванні технологічного компоування багатопозиційних АТСМ із коловим транспортуванням заготовки ;
- методику автоматизованого композиційного проектування УЗП АТСМ на основі структурно-параметричної оптимізації за критерієм компактності;
- методику перекомпоування УЗП АТСМ при зміні об'єкта обробки на основі використання уніфікованих деталей і вузлів.

У рамках госпдоговору “Удосконалення технологічних процесів виготовлення корпусних деталей при зміні об'єктів виробництва шляхом впровадження елементів ГВС та методів перекомпоування агрегатних верстатів” між кафедрою технології машинобудування та металорізальних верстатів НТУ“ХПІ” із ДП ХМЗ “ФЭД” (м. Харків) розроблено і впроваджено у виробництво складальний комплект уніфікованих деталей і вузлів УЗП агрегатних верстатів, що використовуються при виготовленні деталей гідроарматури, а також методика перекомпоування УЗП при зміні об'єкта обробки. Загальний економічний ефект, підтверджений актами про впровадження в ДП ХМЗ “ФЭД”, склав 140 тис. грн.

Результати досліджень, виконаних у дисертації, знайшли відображення в навчальному процесі Національного технічного університету “Харківський

політехнічний інститут” при викладанні дисциплін “Металорізальне устаткування” і “Проектування та дизайн технологічної оснастки” для студентів спеціальностей 7.902.202 й 7.902.203. Методичні розробки використовуються в ході курсового і дипломного проектування.

Особистий внесок здобувача. Результати досліджень отримані автором самостійно. Постановка завдань дослідження і аналіз деяких результатів виконані з науковим керівником і частково зі співавторами публікацій.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертації доповідалися, обговорювалися і одержали позитивну оцінку на: міжнародної НТК “Машинобудування і техносфера на рубежі XXI століття” (м. Севастополь, 1999 р.) міжнародної НТК “Проблеми теорії і практики технології машинобудування, механічної і фізико-технічної обробки” (м. Харків, 2000 р.); міжнародної НТК “Фізичні й комп'ютерні технології в народному господарстві” (м. Харків, 2001 р.); 12-й міжнародної науково-методичної конференції “Технології XXI століття” (м. Алушта, 2005 р.). Повністю дисертація доповідалася на науково-технічному семінарі кафедри “Технологія машинобудування і металорізальні верстати” НТУ “ХПИ”.

Публікації. Основні положення дисертації викладені в 5 науково-технічних статтях, 3 з яких - статті в спеціальних виданнях ВАК України.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається із введення, п'яти розділів з висновками наприкінці кожного розділу, загальних висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 163 сторінки, включаючи 46 малюнків, 17 таблиць, 125 найменувань використаних джерел на 12 сторінках і додатків на 18 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Введення містить обґрунтування актуальності роботи, опис загального напрямку досліджень і характеристики роботи, що дозволяють судити про наукову новизну, практичну цінність дослідження, ступеня апробації і впровадження результатів.

У першому розділі розглядаються особливості, проблеми і напрямки удосконалення компонувань багатопозиційних АТСМ із коловим транспортуванням заготовок по технологічному циклу.

Проведений аналіз особливостей створення АТСМ показав, що реалізований принцип агрегування і уніфікація елементної бази зачіпають в основному виконавчі вузли, елементи несучої системи і практично не зачіпають засоби технологічного оснащення. Розмаїтість конструкторських виконань установочно-затискних пристосувань пояснюється більшим числом факторів,

серед яких у першу чергу - широта номенклатури оброблюваних в АТСМ деталей. Різноманіття геометричних форм, состава, виду і параметрів оброблюваних поверхонь деталей робить процес технологічного проектування АТСМ багатоваріантним, а розв'язувану в його рамках задачу визначення способу транспортування, базування і закріплення заготовки по справжньому творчою. Багато в чому із цієї причини УЗП є оригінальними не уніфікованими елементами АТСМ. По суті своєї УЗП з закріпленою заготовкою є ядром функціонування АТСМ, багато в чому визначаючи основні їхні якості - точність і якість обробки, продуктивність, зручність обслуговування і т.і.

Завдання проектування УЗП для багатопозиційних АТСМ із коловим транспортуванням заготовки ускладнюються ще й тим, що в порівнянні з іншим устаткуванням вони мають малі об'єми зони обробки (рис.1).

Багатопозиційність обробки висуває додаткові вимоги до компактності конструкції УЗП, як одній з умов зменшення габаритів і металоємності АТСМ. Очевидно, що подальше підвищення ефективності АТСМ повинне складатися в зниженні трудомісткості проектування і виготовлення УЗП за рахунок уніфікації компоновальних схем і елементної бази. У цьому випадку повною мірою може бути реалізовано одне з основних достоїнств принципу агрегування - оборотність, що дозволить вирішувати насущну проблему агрегатованого технологічного встаткування, пов'язану з підвищенням технологічної гнучкості. Можливість і трудомісткість переналагодження багатопозиційних АТСМ прямо залежить від можливості і трудомісткості переналагодження/перекомпонування УЗП.

Питанням дослідження, моделювання, формалізації і автоматизації проектування технологічного устаткування, створюваного за принципом агрегування, присвячені роботи: О.І.Аверьянова, Л.С.Брона, А.П.Владзиевского, Ю.Д.Врагова, Х.Гебеля, А.И.Дащенко, В.Є.Карпуся, Ю.М.Кузнецова, Ю.В.Тимофієва, В.Д.Хіцана, Б.І.Черпакова і інших учених. Теорії і практиці створення верстатних пристосувань присвячені роботи: М.А.Ансерова, В.С.Корсакова, Г.І.Плашея, А.Г.Схиртладзе, та ін. У роботах Г.К.Горанского, А.Г.Раковича покладений початок розробки принципів автоматизованого проектування пристосувань. Аналіз виконаних досліджень і літературних джерел показав, що незважаючи на розвиток теорії проектування УЗП і принципів конструювання пристосувань універсальних верстатів, найменше досліджені питання уніфікації компоновальних схем і елементної бази УЗП спеціального устаткування, створюваного за принципом агрегування. Відсутні формалізовані методики синтезу і оцінки ефективності проектних рішень при створенні УЗП АТСМ.

Перспективи подальшого розвитку агрегатного верстатобудування варто розглядати насамперед під кутом зору створення досконалої елементної бази,

куди в першу чергу треба віднести установочно-затискні пристосування.

У другому розділі проводиться аналіз вироблених практикою проектування компонувань УЗП АТСМ.

Установочно-затискні пристосування АТСМ є складним, функціонально самостійним вузлом, що складається з певного набору елементів, кожний з яких виконує свою підфункцію в його роботі. Складність вибору основи для класифікації УЗП АТСМ визначається в першу чергу різноманіттям ознак, якими вони володіють.

У зв'язку з цим класифікатор повинен містити як основу декілька найбільш істотних факторів. У процесі класифікації пристосувань виконаний аналіз більше 200 конструкцій УЗП за матеріалами Харківського СКБ АС з виділенням найбільш істотних компонувальних рішень з попередньою систематизацією по типу вузла затискача. По типу вузла затискача УЗП АС можна розділити на три основні групи: з механізмом двостороннього клина, одностороннього клина і прямої дії. По розташуванню основного циліндра: з вертикальною і горизонтальною віссю циліндра. По кількості заготівок, що закріплюють: одномісні і двомісні. Вже перший погляд на наведені варіанти компонувальних рішень дозволяє виявити схожі ознаки в кожній із трьох основних груп і запропонувати необхідний і достатній набір класифікаційних ознак УЗП (рис.2). Запропонована схема класифікації описує як пристосування в цілому, так і конструкцію його основних функціональних елементів: вузол затискача і його розташування; привод і його розташування; схему базування деталі з набором базових елементів і їхнім розташуванням; корпус.

Статистичний аналіз застосовності систематизованих компонувань дозволив установити конструкції УЗП, які доцільно використати для уніфікації (рис. 3).

Простір, займаний УЗП АС, описаний нами об'ємом компонування. Завдання забезпечення компактності конструкції УЗП є першочерговою в рішенні загального завдання компактного укладання елементів багатопозиційних АТСМ. При круговому транспортуванні заготівки УЗП визначає об'єм зони обробки, а зона обробки у свою чергу є центром компонування АТСМ.

Завдання синтезу компонування УЗП - різноманітна оптимізаційна задача. При розробці технологічного компонування АТСМ можуть бути сформовані конкуруючі варіанти просторового розташування і базування заготівки в системі АТСМ. У свою чергу, при конструкторському проробленні (компонуванні) УЗП можуть бути сформовані конкуруючі варіанти компонувальних схем з різним сполученням і просторовим розташуванням силового механізму і вузла затискача. Критерієм оцінки варіантів компонувальних схем УЗП доцільно прийняти компактність конструкції і її

собівартість:

$$H \rightarrow \min, L \rightarrow \min, B = f(R_{TC}; \alpha) \rightarrow \min,$$

де R_{TC} – радіус транспортної системи АТСМ; α - розмір сектора під позицію обробки.

$$C_E = n \cdot \left(\sum_i Z_{ВИГi} + Z_{ЗБ} \right) \rightarrow \min,$$

де $Z_{ВИГ}$, $Z_{ЗБ}$ - витрати на виготовлення і зборку УЗП відповідно; n – число УЗП в АТСМ.

Об'єм зони обробки багатопозиційних АТСМ із коловим транспортуванням заготовки визначається об'ємом УЗП з закріпленою деталлю (заготовкою):

$$V_{ZO} = V_D \cup V_{УЗП} \leq V_{ZO}^{\max},$$

де V_D – об'єм зони деталі як область простору, що може займати деталь найбільших розмірів у пристосуванні; $V_{УЗП}$ - об'єм зони установочно-затискного пристосування як область простору, що може займати УЗП найбільшої висоти в межах сектору позиції обробки; V_{ZO}^{\max} – максимальний (обмежуючий) об'єм зони обробки, що залежить від габаритів уніфікованих транспортних вузлів АТСМ.

Зменшення радіуса транспортування заготовлі R_{\max} веде до зменшення об'єму зони обробки. Рішення завдання мінімізації радіуса транспортування безпосередньо пов'язане з можливостями розміщення об'єкта обробки і УЗП в обмеженому об'ємі зони обробки:

$$V_{ZO}^{\max} = \frac{\pi \cdot R_{\max}^2 \cdot H}{n} \rightarrow \min.$$

Таким чином, завдання синтезу оптимального компонування УЗП може бути сформульоване, як завдання знаходження такої структури УЗП (состава елементів), при якій компонувальні елементи з мінімально припустимими геометричними параметрами з умови міцності забезпечили б компактне укладання в обмеженому об'ємі зони обробки при мінімальній собівартості пристосування. При цьому систему обмежень становлять точність базування і закріплення заготовлі, що забезпечують необхідну точність обробки деталі, а також надійність закріплення заготовки

$$\Delta \varepsilon_Y = \sqrt{(\Delta \varepsilon_B)^2 + (\Delta \varepsilon_3)^2 + (\Delta \varepsilon_{ПР})^2 + (\Delta \varepsilon_{ПОЗ})^2} \leq \Delta \varepsilon_Y.$$

де $\Delta \varepsilon_B$, $\Delta \varepsilon_3$, $\Delta \varepsilon_{ПР}$, $\Delta \varepsilon_{ПОЗ}$ – похибка базування, закріплення, пристосування і позиціонування відповідно; $[\Delta \varepsilon_Y]$ – припустима похибка установки.

Для рішення двокритеріального завдання оптимізації

$$C_E \rightarrow \min, V_{30} \rightarrow \min, \Delta \varepsilon_y \leq [\Delta \varepsilon_y]$$

можна використати метод знаходження умовного екстремуму. Причому залежно від того, яке проектне завдання вирішується (компонування або перекомпонування), один із критеріїв приймається за основний, а інший як додатковий. При проектуванні УЗП перевагу варто віддавати собівартості, оскільки габарити робочої зони технологічної системи ще не визначені, і навпаки, при перекомпонуванні УЗП у заданому об'ємі критерієм повинна бути компактність.

	знаходження умовного екстремума
Перекомпонування	$x^* = \arg \{ \min_{x \in X} V_{30}(x) \mid C_E \leq [C_E] \}$
Компонування	$x^* = \arg \{ \min_{x \in X} C_E(x) \mid V_{30} \leq [V_{30}] \}$

У третьому розділі наведені результати розробки математичних моделей компоновки УЗП.

Модель площі функціональної зони УЗП багатопозиційних АТСМ із коловим транспортуванням заготовки (рис.4) дає розрахункову залежність для визначення радіуса транспортної системи або габаритної ширини зони обробки в межах однієї позиції обробки

$$R_{TC} = \frac{B}{2 \cdot \sin \frac{180^\circ}{n}} = \frac{r + l_1}{\cos \frac{180^\circ}{n}}, \quad R_{TC} \in \{250, 315, 400\}$$

де B – габаритна ширина УЗП; n – число позицій поворотно-ділильного столу; r – радіус “вільної” зони ПДС; l_1 – довжина УЗП у межах планшайби ПДС.

Оскільки при проектуванні УЗП може в радіальному напрямку виходити за габарит планшайби поворотно-ділильного столу, радіус транспортування УЗП визначається залежністю

$$R^{\max} \approx R_{TC} + l_2,$$

де l_2 – довжина УЗП за межами планшайби ПДС.

Мінімізація габаритного радіуса транспортування УЗП як підзадача зниження габариту АТСМ вимагає при проектуванні технологічного компоновання підвищення концентрації операцій і зменшення числа позицій обробки, у протилежному випадку відбувається зменшення сектора і обмеження габаритної ширини УЗП. Оскільки завдання забезпечення високої

продуктивності обробки для багатопозиційних АТСМ може вирішуватися в тому числі і за рахунок диференціації обробки, насамперед збільшенням числа позицій обробки, прагнення знижувати габаритний радіус транспортування може ввійти в суперечність з можливістю розміщення УЗП у межах обмеженої габаритної ширини позиції обробки. Тільки розробка компоувальних схем і моделей, що дозволяють управляти габаритними розмірами (у першу чергу шириною) УЗП, дасть можливість здійснювати оптимізацію компоувань АТСМ за критеріями компактності і домагатися зниження металоємності. На основі систематизації основних компоувальних схем були розроблені моделі компоувань, використовуваних надалі для синтезу варіантів УЗП. У межах кожної компоувальної схеми варіантність визначається характером взаємного просторового положення приводу (основного циліндра) і вузла затискача. На рис.5 наведені узагальнені геометричні моделі компоувальної схеми УЗП.

Рис.5. Геометричні моделі взаємного просторового положення приводу та вузла затискача, що визначає компоування УЗП

На основі аналізу розроблених моделей компоувань УЗП визначався необхідний состав (комплект) компоувальних елементів для кожного варіанту систематизованої компоувальної схеми. Сформовані для кожного компоування УЗП схеми навантаження елементів дозволили одержати розрахункові залежності визначення їхніх геометричних параметрів з умов міцності. У свою чергу, розрахункові залежності при визначенні необхідного діапазону навантажень можуть використатися для визначення параметричних рядів уніфікованих деталей УЗП.

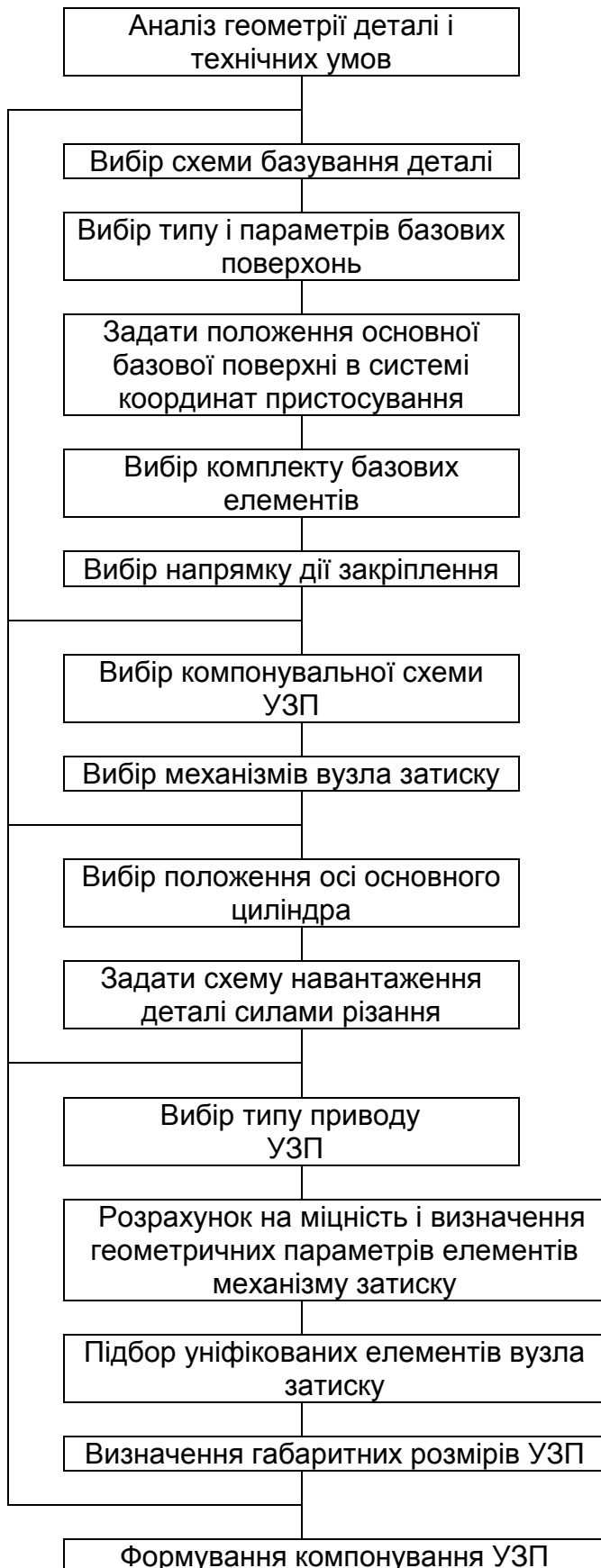
У четвертому розділі наведена методика композиційного проектування УЗП і переналагодження при зміні об'єктів виробництва.

Наявність уніфікованої елементної бази проектування дає можливість практично повної формалізації більшості проектних процедур. Для можливості автоматизації процесу проектування компоувань УЗП і їхніх елементів розроблена методика спрямованого синтезу компоувань установочо-затискних пристосувань (рис.6).

Ядром методики є база знань, сформована з таблиць відповідності, отриманих, у свою чергу, на основі аналізу і класифікації конструкцій УЗП. Використання уніфікованих схем, вузлів і деталей УЗП дає можливість формалізації проектних процедур. Високий ступінь формалізації предметної області забезпечує дотримання принципу гарантованості результату.

Проведена декомпозиція “від загального до частки” і відбита у вигляді таблиць вибору дозволяє реалізувати зворотний процес композиції “від вибору

елементів системи до синтезу системи в цілому”. Декомпозиція ієрархічних структур УЗП на основі класифікації типових компоувальних схем, механізмів затискача, варіантів розташування силового механізму, схем базування, конструкцій базових елементів дозволяє сформувати з безлічі уніфікованих елементів варіанти компоувань і потім провести їхню оцінку за критеріями компактності.

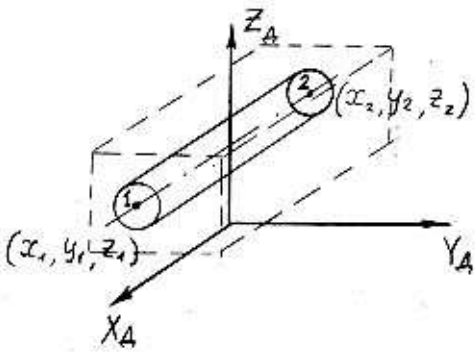


проекування просторового
їх перетворень координатних
оложення системи координат
оложення в системі координат

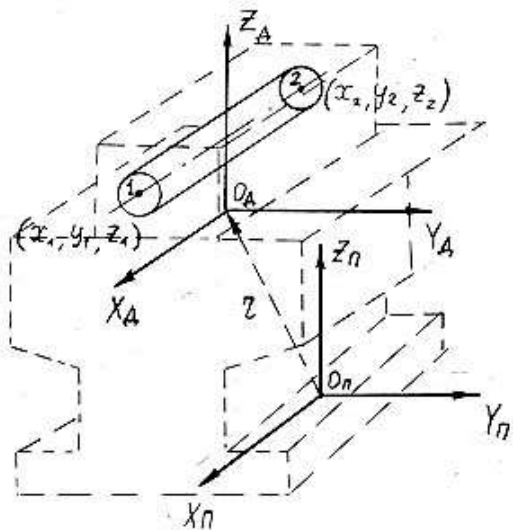
емі координат пристосування,
ння в системі координат
вузла затискача і повернення.
на компактність виконується
іцність обраних уніфікованих

На основі аналізу робочого
креслення об'єкта обробки (деталі)
задати положення системи
координат деталі.

Задати положення оброблюваних і базових поверхонь у системі координат деталі.



Задати положення системи координат деталі в системі координат пристосування



Задати положення базових елементів, основного циліндра, елементів вузла затиску і повернення в системі координат пристосування

Рис.6. Загальна послідовність синтезу компоновання УЗП

Розрахунок зусиль у механізмі затиску

ρ , атм
4

η
0,85

$D_{ц}$, мм
75
100
125
150
180

Q , Н

1 502
2 670
4 172
6 008
8 652

$i_{кп}$
3,84

$i_p (a/b)$
 $P_3 = Q * i_{кп} * i_p$, Н

1

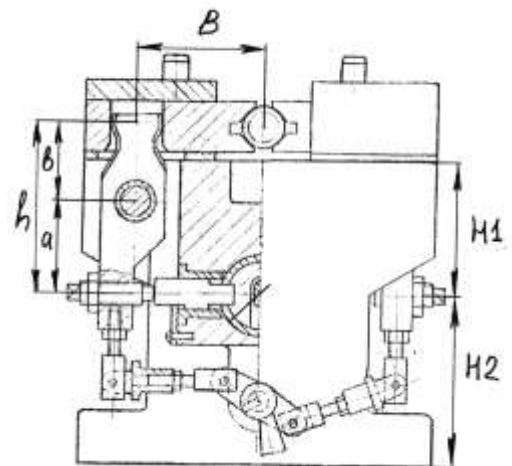
5 768
10 254
16 022
23 072
33 223

1,25

7 210
12 818
20 028
28 840
41 529

1,6

9 229
16 407
25 005



Інформаційна база методики синтезу компоновань УЗП АС повною мірою може бути використана при рішенні завдань, пов'язаних з необхідністю переналагодження або перекомпоновання пристосування при зміні об'єкта обробки. Відмінність методики переналагодження УЗП від методики синтезу компоновання полягає в перевірці можливості використання реалізованої компоновальної схеми і елементної бази для базування і закріплення нової деталі.

У п'ятому розділі виконана експериментальна перевірка отриманих результатів досліджень.

Для компоновальної схеми УЗП з пневмопривідом, двостороннім клином і плунжерно-важільним механізмом затискача розроблений і впроваджений у виробництво складальний комплект уніфікованих деталей УЗП. Формування параметричних рядів компоновальних елементів виконувалося по десятковому ряду переважних чисел R10 з урахуванням моделей формування габаритних розмірів УЗП за критерієм компактності на основі силового розрахунку привода затискача і перевірки міцності (рис.7).

З використанням розроблених методик і елементної бази УЗП проведена їхня апробація на реальних завданнях переналагодження агрегатних верстатів на випуск інших деталей (на прикладі деталей гідроарматури).

Практичне впровадження результатів досліджень проведено в рамках госпдоговору “Удосконалення технологічних процесів виготовлення товарів народного споживання при зміні об'єктів виробництва шляхом впровадження ГВС та методів перекомпоновання агрегатних верстатів” між кафедрою технології машинобудування і металорізальних верстатів НТУ“ХПИ” із ДП “Машинобудівний завод ФЭД” (м. Харків). Загальний економічний ефект, досягнутий за рахунок зниження трудомісткості переналагодження АС, підтверджений актами про впровадження в ДП “Машинобудівний завод ФЭД”, склав 140 тис. грн.

У додатку представлені таблиці допоміжного характеру, що є частиною інформаційного забезпечення методик проектування УЗП, деякі результати практичного використання проектних процедур, а також акти впровадження результатів дисертаційної роботи.

ВИСНОВКИ

1. На основі системного аналізу процесу проектування і компоновань УЗП АТСМ встановлено, що недостатній рівень уніфікації їхньої елементної бази і проектних компоновальних рішень не дозволяє повною мірою реалізувати одну із ключових ідей принципу агрегативності, а саме, оборотність елементної бази, при рішенні завдань перепроєктування і перекомпоновання АТСМ на випуск

інших деталей.

2. У ході дослідження встановлений функціональний взаємозв'язок компоувального об'єму зони обробки багатопозиційних АТСМ з круговим транспортуванням заготовки по технологічному циклі обробки з компоувальними схемами і показниками компактності установочно-затискних пристосувань. Будучи по суті ядром функціонування АТСМ, оброблювана деталь з УЗП у значній мірі визначають ступінь компактності багатопозиційних АТСМ.

3. На основі систематизації основних компоувальних схем та встановлення класифікаційних ознак статистично обґрунтований склад компоувальних схем УЗП АТСМ. У межах кожної компоувальної схеми варіантність визначається характером взаємного просторового положення привода (основного циліндра) і вузла затискача на основі розроблених моделей.

4. Ґрунтуючись на виконаній типізації компоувань УЗП і визначенні схем просторового положення елементів, отримані математичні моделі типових компоувань, що дозволяють провести уніфікацію елементної бази і створити складальні комплекти.

5. Розроблена методика спрямованого вибору компоувань УЗП дозволяє підвищити ефективність проектних рішень як за рахунок уніфікації і удосконалювання принципу агрегування, так і за рахунок забезпечення необхідного рівня компактності конструкцій при проектуванні. Для формування просторового компоування УЗП багатопозиційних АТСМ у методиці використовується апарат афінних перетворень, як ефективний засіб тривимірного моделювання при відпрацюванні компоувальних схем на компактність.

6. Розроблено складальний комплект уніфікованих деталей УЗП компоувальної схеми з двостороннім клином, що дозволяє здійснювати переналагодження-перекомпоування при обробці однотипних деталей гідроарматури. Дано рекомендації із застосування складального комплекту в діючому виробництві. Економічний ефект, що досягається за рахунок зниження трудомісткості переналагодження АТСМ, підтверджений актами про впровадження в ДП ХМЗ "ФЕД", склав 140 тис. грн.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Тимофеев Ю.В., Пермьяков А.А., Приходько О.Ю., Фадеев А.В. Информационная модель объекта обработки в САПР агрегатных станков. // "Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье". Сборник научных трудов ХГПУ. - Харьков:ХГПУ. – 1998. –Вып. 6.

- С.219-223.

Здобувачем виконано аналіз класифікаційних ознак об'єктів обробки.

2. Пермяков А.А., Яковенко И.Э., Фадеев А.В. Анализ применимости конструкций установочно-зажимных приспособлений агрегатных станков среднего размера. //Вестник ХГПУ. - Харьков:ХГПУ. - 2000. - Вып.81. - С.37-39.

Здобувачем виконано систематизацію компоновань УЗП.

3. Пермяков А.А., Приходько О.Ю., Фадеев А.В. О структуре процесса проектирования и компоновке агрегатированных технологических систем металлообработки. //Вісник інженерної академії України. - К.:ІАУ. – 2000. - (специальный выпуск). - С.136-139.

Здобувач запропонував загальну послідовність синтезу УЗП при компонованні АТСМ.

4. Пермяков А.А., Фадеев А.В. О композиционном проектировании установочно-зажимных приспособлений агрегатных станков //Вестник Харьковского государственного технического университета сельского хозяйства. – Харьков:ХДТУСХ. – 2003. – Вып.18.

Здобувачем розроблено методику спрямованого проектування компоновань УЗП.

5. Пермяков А.А., Яковенко И.Э., Фадеев А.В. О моделировании компоновок УЗП многопозиционных агрегатных станков //Вісник Національного технічного університету “ХПІ”. – Харків: НТУ “ХПІ”. – 2003. - №6.

Здобувач виконав типізацію та розробив модель уніфікованої компоновки УЗП.

АНОТАЦІЇ

Фадеев А.В. Аналіз та синтез компоновань установочно-затискних пристосувань багатопозиційних агрегатованих технологічних систем.

Дисертація у вигляді рукопису на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.08 – технологія машинобудування. Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”, Харків, 2006 р.

Дисертація присвячена рішенням актуальної задачі – підвищенню ефективності використання багатопозиційних агрегатованих технологічних систем механічної обробки із круговим транспортуванням заготівки за рахунок уніфікації компоновальних схем та елементів установочно-затискних пристосувань, що дозволяє підвищити серійність виготовлення та рівень переналадження технологічного оснащення. На основі системного аналізу

компонувань та узагальнення досвіду проектування УЗП АТСМ, які традиційно створювалися як спеціальні, сформульовано, обґрунтовано та розроблено принципи синтезу компонентів УЗП, що забезпечують їхнє можливе перекомпонування/переналагодження при зміні об'єкту виробництва. Типізація та уніфікація компонентівних схем покладені в основу методики спрямованого композиційного проектування УЗП. Використання апарату афінних перетворень дозволяє відпрацьовувати УЗП на компактність, що є необхідним при перекомпонуванні установчо-затискних пристосувань в обмеженому об'ємі зони обробки на планшайбі багатопозиційних поворотно-ділительних столів. Результати роботи впроваджено у виробництво (ДП ХМЗ "ФЕД") та навчальний процес.

Ключові слова: технологічна система, технологічна оснастка, установчо-затискне пристосування, компонентування, типізація, уніфікація, агрегативання, компактність, композиційне проектування.

Фадеев А.В. Анализ и синтез компоновок установочно-зажимных приспособлений многопозиционных агрегатированных технологических систем.

Диссертация в виде рукописи на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08 – технология машиностроения. Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", Харьков, 2006 г.

Диссертация посвящена решению актуальной задачи – повышение эффективности использования многопозиционных агрегатированных технологических систем механической обработки с круговым транспортированием заготовки за счет унификации компоновочных схем и элементов установочно-зажимных приспособлений, что позволяет повысить серийность изготовления и уровень переналаживаемости технологической оснастки. На основе системного анализа компоновок и обобщения опыта проектирования УЗП АТСМ, которые традиционно создавались как специальные, разработаны принципы синтеза компоновок УЗП, обеспечивающие их возможную перекомпоновку/переналадку при смене объекта производства. Малые размеры зоны обработки в пределах сектора многопозиционного поворотно-делительного стола предъявляют жесткие требования к компактности УЗП, делая невозможным использование систем УСП, однако, идея создания разборной и переналаживаемой оснастки реализуема путем типизации и унификации компоновочных схем.

Статистический анализ применимости систематизированных компоновок позволил установить конструкции УЗП, которые целесообразно использовать

для унификации. На основе унификации основных компоновочных схем были разработаны модели компоновок, используемых в дальнейшем для синтеза вариантов УЗП. В пределах каждой компоновочной схемы вариантность определяется характером взаимного пространственного положения привода (основного цилиндра) и узла зажима. Для разработанных моделей компоновок УЗП определен необходимый состав (комплект) компонуемых элементов для каждого варианта унифицированной компоновочной схемы. Сформированные для каждой компоновки УЗП схемы нагружения элементов позволили получить расчетные зависимости определения их геометрических параметров из условий прочности. В свою очередь, расчетные зависимости при определении необходимого диапазона нагрузок использовались для определения параметрических рядов унифицированных деталей УЗП. Формирование параметрических рядов компонуемых элементов выполнялся по десятичному ряду предпочтительных чисел R10 с учетом моделей формирования габаритных размеров УЗП по критерию компактности на основе силового расчета привода зажима и проверки прочности.

Задача синтеза компоновки УЗП – многовариантная оптимизационная задача. При разработке технологической компоновки АТСМ могут быть сформированы конкурирующие варианты пространственного расположения и базирования заготовки. В свою очередь, при конструкторской проработке УЗП могут быть сформированы конкурирующие варианты компоновочных схем с различным сочетанием и пространственным расположением силового механизма и узла зажима. Задача синтеза оптимальной компоновки УЗП АТСМ сформулирована как задача нахождения такой структуры УЗП (состава элементов), при которой компонуемые элементы с минимально допустимыми геометрическими параметрами из условия прочности обеспечили бы компактную укладку в ограниченном объеме зоны обработки АТСМ при минимальной себестоимости приспособления. При этом систему ограничений составляют точность базирования и закрепления заготовки, обеспечивающие требуемую точность обработки детали, а также надежность закрепления заготовки. Для решения двухкритериальной задачи оптимизации можно использовать метод нахождения условного экстремума. Причем, в зависимости от того, какая проектная задача решается (компоновки или перекомпоновки) один из критериев принимается за основной, а другой как дополнительный. При проектировании УЗП предпочтение следует отдавать себестоимости, поскольку габариты рабочей зоны станка еще не определены, и наоборот, при перекомпоновке УЗП в заданном объеме критерием должна быть компактность.

Наличие унифицированной элементной базы проектирования дает возможность практически полной формализации большинства проектных процедур. Для возможности автоматизации процесса проектирования

компоновок УЗП и их элементов разработана методика направленного синтеза компоновок установочно-зажимных приспособлений. Для формирования пространственной компоновки УЗП многопозиционных АТСМ используется аппарат афинных преобразований, как эффективное средство трехмерного моделирования при отработке компоновочных схем на компактность.

Результаты работы внедрены в производство (ГП ХМЗ “ФЭД”) и учебный процесс. Для компоновочной схемы УЗП с пневмоприводом, двухсторонним клином и плунжерно-рычажным механизмом зажима разработан и внедрен в производство сборочный комплект унифицированных деталей УЗП. С использованием разработанных методик и элементной базы УЗП проведена их апробация на реальных задачах переналадки многопозиционных агрегатных станков среднего габарита на выпуск других деталей (на примере деталей гидроарматуры).

Ключевые слова: технологическая система, технологическая оснастка, установочно-зажимное приспособление, компоновка, типизация, унификация, агрегатирование, компактность, композиционное проектирование.

Fadeev A.V.. The analysis and synthesis of layouts of locating-clamping device of multiposition unit-building technological systems.

The dissertation as the manuscript on competition of a scientific degree of the candidate of engineering science on a speciality 05.02.08 - technology of machine building. National technical university “The Kharkov polytechnic institute”, Kharkov, 2006.

The thesis is dedicated to the solution of an actual problem - increase of efficiency of usage of multiposition unit-building technological systems of engineering work with circle transportation of bar at the expense of unification of the general-arrangement diagrams and units of locating-clamping device, that allows to increase level reset-up of a technological equipment. On the basis of the systems analysis of layouts and the generalizations of experience of designing of locating - clamping device, which traditionally formed as special, are designed principles of synthesis of layouts of locating - clamping device ensuring their possible(probable) rearrangement at change of object of production. On the basis of unification of the main general-arrangement diagrams the models of layouts used for synthesis of versions of locating - clamping device are designed.

Keywords: a technological system, technological equipment, locating-clamping device, layout, unification, unit-building principle, compactness, composite designing.